



HAL
open science

Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes

Patrick Durand, Thierry Raimbault, François Oehler, Benjamin Robert, Jordy Salmon-Monviola

► **To cite this version:**

Patrick Durand, Thierry Raimbault, François Oehler, Benjamin Robert, Jordy Salmon-Monviola. Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes. [Contrat] Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne. 2014. hal-01461119

HAL Id: hal-01461119

<https://hal.science/hal-01461119>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Rapport Final

Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes :
Mise en œuvre du modèle agro-hydrologique TNT2 et évaluation de scénarios.



Titre de l'étude	Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes
Référents du projet	P. DURAND T. RAIMBAULT UMR 1069 SAS Agrocampus Ouest - INRA Rennes
Rédacteurs de ce rapport	T. RAIMBAULT, P. DURAND, F. OEHLER
Collaborateurs principaux	B. ROBERT J. SALMON-MONVIOLA F. OEHLER
Période faisant l'objet du rapport	Janvier 2010 – Juin 2013

SOMMAIRE

Liste des abréviations	7
1 Introduction	8
1.1 Problématique environnementale : les marées vertes	8
1.2 Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes	10
2 Matériel et méthode	13
2.1 Le modèle agro-hydrologique spatialisé TNT2	13
2.1.1 Les modèles agro-hydrologiques	13
2.1.2 Description du modèle TNT2	14
2.2 Les bassins versants	26
2.2.1 Contours des bassins versants	26
2.2.2 Données de suivi nitrate et débit	28
2.3 Les données d'entrée et leur préparation : phase d'implémentation du modèle	30
2.3.1 Données météorologiques	30
2.3.2 Données de déposition d'azote atmosphérique	31
2.3.3 Données cartographiques	31
2.3.4 Bases de données des pratiques agricoles	39
2.4 Phase de paramétrisation/calage	53
2.4.1 Les paramètres du modèle et stratégie de paramétrisation	53
2.4.2 Données disponibles et utilisation pour le paramétrage	59
2.5 Evaluation de l'effet de scénarios de changements de pratiques	61
2.5.1 Catégories de scénarios testés dans les études précédentes	61
2.5.2 Scénarios envisagés et analyse des effets de ces scénarios	61
3 Résultats	63
3.1 Les bassins versants : données de suivi nitrate et débit	63
3.2 Les données d'entrée et leur préparation : phase d'implémentation du modèle	64
3.2.1 Données de déposition d'azote atmosphérique	64
3.2.2 Données cartographiques	65

3.2.3	Bases de données des pratiques agricoles	71
3.3	Phase de paramétrisation/calage	88
3.3.1	Ajustement des données d'entrées	88
3.3.2	Événements critiques pour la calibration	88
3.3.3	Résultats de calibration et validation	89
3.4	Evaluation des scénarios de changements de pratiques agricoles	98
3.4.1	Scénarios définis et traduction en entrées du modèle	98
4	EVALUATION CRITIQUE de l'étude et de son déroulement	153
4.1	Retour sur les objectifs	153
4.2	Retour sur le déroulement de l'étude	154
5	Résumé opérationnel	156
6	Références bibliographiques	161
7	ANNEXES	171

Liste des abréviations

BEP Bretagne Eau Pure

BV Bassin Versant

CC Cell Center

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

ETP Evapotranspiration Potentielle

ITK Itinéraire Technique

MCA Maximum Combined Area

MNT Modèle Numérique de Terrain

PMPOA : Programme de Maitrise des Pollutions d'Origine Agricole

RA Recensement Agricole

RGA Ray Grass Anglais

RPG Registre Parcellaire Graphique

RU Réserve Utile (d'un sol)

SAMO Surface Amendée en Matières Organiques

SAU Surface Agricole Utile

SIG Système d'Information Géographique

SRD Surface Recevant des Déjections

SRISE : Service Régional pour l'Information Statistique et Economique de la DRAAF

TB Trèfle Blanc

UCS Unités de Cartographies pédopaysagères

ZES Zone d'Excédent Structurel

ZH Zone Humide

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique environnementale : les marées vertes

Le phénomène d'eutrophisation des eaux côtières à l'origine des marées vertes touche au minimum 25 pays dans le monde (Morand et Briand, 1996). En Europe, les sites européens touchés (mis à part ceux situés en Bretagne) se trouvent au Danemark, en Hollande, en Angleterre, au Portugal, en Espagne, en Italie et en France (bassin d'Arcachon et étang de Thau) (Tableau 1) (Merceron, 1999).

Tableau 1 : Autres sites de prolifération d'algues vertes en Europe (hors Bretagne)

Site	Genre algal	Référence
Fjord de Roskilde (DK)	Ulva	(Geertz-Hansen et al, 1993)
Veer Meere (NL)	Ulva et Chaetomorpha	(Malta & Verschuure, 1997)
Langstone Harbour (GB)	Ulva et Enteromorpha	(Soulsby et al, 1985)
Arcachon (F)	Monostroma	(Auby, 1994)
Estuaire de Mondego (P)	Enteromorpha	(Flindt et al, 1997)
Estuaire de Palmones (E)	Ulva	(Hernandez et al, 1997)
Etang de Thau (F)	Ulva et Monostroma	(Gerbal, 1994)
Lagune de Venise (I)	Ulva	(Sfriso et al, 1989)

En Bretagne, deux espèces d'ulves sont sujettes à prolifération : *Ulva rotundata* et *Ulva armoricana* (Merceron, 1999). La croissance des algues vertes se produit principalement entre mi-avril et mi-juillet. Ce phénomène est lié à 3 conditions simultanément nécessaires :

- l'apport par les rivières d'un flux significatif d'azote au printemps ;
- une faible profondeur d'eau marine sur une grande étendue ;
- un confinement hydrodynamique des eaux côtières (baie fermée).

Les conséquences de ces marées vertes en Bretagne peuvent être de différents ordres (Merceron, 1999) :

- écologique : les échouages de haut de plage présentent souvent une épaisseur suffisante pour qu'une décomposition anaérobie ait lieu à leur base. Ainsi, la faune endogée sous-jacente est privée d'oxygène et irriguée par les jus de fermentation, ce qui est lui très néfaste. Les populations d'algues immergées représentent de fortes biomasses algales et ont pour effet de faire varier fortement la teneur en oxygène dissous entre le jour et la nuit. La faune endogée subirait une diminution de sa diversité et de sa biomasse, tandis que l'épibenthos verrait sa biomasse et son nombre d'individus augmenter (Nicholls, 1981).

- économique : les marées vertes occasionnent d'importants coûts de ramassage supportés par les collectivités territoriales. La fréquentation touristique des sites touchés est réduite du fait de la gêne ou l'impossibilité d'y pratiquer la plupart des loisirs habituels : baignade, pêche, jeux de plage et la valeur patrimoniale du foncier, de l'immobilier et des fonds de commerce de ces zones est évidemment diminuée. Dans les zones conchylicoles atteintes, le placage des ulves sur les mollusques élevés sur bouchots, en pochons ou à plat sur le sol diminue le

renouvellement de l'eau et l'apport de nourriture au cheptel. De plus il augmente la quantité de travail, donc le coût de l'élevage.

- sanitaire : la libération dans l'atmosphère de composés volatils soufrés malodorants et polluants (H₂S) lors de la décomposition anaérobie des algues peut entraîner la mort (ANSES, 2010 ; INERIS, 2011).

Le rôle limitant de l'azote dans la prolifération des ulves a été démontré (Piriou et Ménesguen, 1992 ; Ménesguen et Piriou, 1995). L'origine de l'azote issu des bassins versants débouchant sur des sites à marées vertes a été établie par des bilans des excédents d'origines agricole, domestique, piscicole et industrielle. Il s'avère que les excédents provenant de l'agriculture sont très fortement majoritaires dans l'excédent azoté total, à hauteur de 95-99%. (Piriou et al., 1993). Pour la France dans son ensemble, ce chiffre est de 88.8% en 2011 (Bommelaer et Devaux, 2011 ; Tableau 2).

Tableau 2 : Origine de l'excédent azoté en France (d'après Bommelaer et Devaux, 2011)

	Intitulé	Azote (t)	%
Entrées	Rejets domestiques et industriels des eaux usées	360000	8.7
	Epannage agricole d'engrais minéraux	2370000	57.2
	Epannage de déjections d'élevage	1410000	34.1
	Total	4140000	
Sorties	Exportations par l'agriculture et le couvert végétal	3064000	91.9
	Epuration des eaux usées	270000	8.1
	Total	3334000	
Solde	Rejets domestiques et industriels des eaux usées	90000	11.2
	Epannage agricole d'engrais minéraux	416000	51.6
	Epannage de déjections d'élevage	300000	37.2
	Total	806000	

C'est donc en ciblant ces flux d'azote d'origine agricole que des plans de reconquête de la qualité de l'eau ont été mis en place au fil des ans. Le premier plan Bretagne Eau Pure (BEP) est lancé à l'initiative du conseil régional en 1990. En 1994, BEP démarre les opérations de bassin versant avec une articulation forte avec le programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (PMPOA) de portée nationale et conclu entre la profession agricole, les ministères de l'agriculture et de l'environnement ainsi que les agences de l'eau. De 2002 à 2006, le programme Prolittoral complète le programme BEP en ciblant la problématique « algues vertes » pour la première fois sur 6 nouveaux bassins versants particulièrement impactés par le phénomène. En 2007, le Grand Projet 5, intégré dans le Contrat de Projets Etat-Région 2007-2013 (CPER) élargit encore les problématiques environnementales et les bassins versants (étendus vers l'exutoire) pour prendre en compte tous les enjeux de la directive cadre Européenne 200/60/CE. En février 2010, le gouvernement annonce un « plan algues vertes », doté de 134 millions d'euros, dont 92,8 millions sont financés par l'Etat. Déployé sur huit baies prioritaires, ce plan affiche l'objectif, d'ici 2015, d'une réduction des flux de nitrates de 30 à 40% au moins, comme prévu dans le SDAGE (AELB, 2009).

1.2 Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes

Selon Cherry et al. (2008), il existe différents moyens de connaître les effets de la mise en place de mesures de réduction des flux de nitrates : mesures directes (mesures de concentrations et de débits), balance et indicateurs (solde CORPEN, balance globale azotée, bilan des minéraux,...), étude de risque et modélisation. Ces auteurs soulignent que l'une des difficultés rencontrées lorsque l'on travaille à l'échelle du bassin versant est de pouvoir prendre en considération l'effet tampon du système dans l'efficacité des mesures mises en place.

Cet effet tampon est directement lié au temps de transfert de l'eau dans le système (chemins de l'eau, volume du réservoir souterrain, lame drainante), entraînant un délai entre l'application d'une mesure et l'observation de son effet sur la qualité de l'eau. Seule la mise en œuvre de modèles adaptés à ces questions permet de prendre en compte ces effets retards à travers la réalisation d'études de modélisation prospectives.

C'est en tout premier lieu dans ce cadre que l'UMR SAS (Sol Agro-hydrosystème Spatialisation) a été missionnée en 2010 pour la mise en œuvre du modèle agro-hydrologique TNT2 sur les bassins versant dits « à algues vertes » définis dans la disposition 10A1 du SDAGE Loire-Bretagne (AELB, 2009). Cette étude est financée par la DRAF Bretagne et pilotée par la DREAL et l'AELB dans le cadre du GP5.

Les objectifs de cette étude sont de différents ordres :

- « Méthodologique » avec (i) la mise en œuvre d'une chaîne de traitements à réaliser sur les données nécessaires à l'implémentation du modèle et (ii) la mise en place d'une stratégie de paramétrisation. Ces choix méthodologiques constituent une réponse aux contraintes de temps et de données disponibles liées à l'application d'un modèle détaillé à de nombreux bassins versants.
- « Appliqué » avec l'évaluation des effets de différents scénarios de changements de pratiques et/ou systèmes sur les flux d'azote à l'exutoire par l'analyse des sorties du modèle. Les scénarios seront définis en concertation avec les acteurs de terrain, puis traduits en données d'entrée du modèle.
- « Recherche » en explorant la capacité d'un modèle conçu pour des bassins versants élémentaires à reproduire les chroniques de débit et nitrates de bassin de grande taille, à travers des questions de changement d'échelle et de résolution des données d'entrées du modèle, et en prenant en compte des processus émergents à ces échelles (e.g. transformations de l'azote dans le réseau hydrographique).

Les résultats attendus sont (i) un diagnostic comparé des bassins versants alimentant les baies à algues vertes en termes de pression polluante, inertie face aux changements, sensibilité aux pertes nitriques (ii) l'évaluation de l'impact de scénarios de changements de pratiques/systèmes sur les flux de nitrate à l'exutoire et sur la dynamique de l'azote dans les bassins versants.

Ce rapport est organisé de manière à présenter en premier lieu la méthodologie mise en œuvre dans cette étude à travers le modèle TNT2, les bassins versants concernés, les données d'entrées nécessaires à la modélisation et les traitements appliqués à ces données. La seconde partie s'attache quant à elle à présenter les résultats issus de ces traitements de données et de l'analyse des sorties du modèle TNT2.

La dernière partie consiste en une discussion des résultats, un retour sur les objectifs initiaux de l'étude et une conclusion sous forme de résumé opérationnel.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 Le modèle agro-hydrologique spatialisé TNT2

2.1.1 Les modèles agro-hydrologiques

Les modèles peuvent être vus comme un ensemble d'équations mathématiques permettant une représentation simplifiée du milieu naturel. Tout modèle mathématique résulte d'une interaction complexe entre la réalité et le modélisateur, introduisant de nouvelles approximations à chaque stade de la modélisation : perception du phénomène, formalisation en un cadre conceptuel, traduction en langage informatique (Ambroise, 1998).

Ambroise (1998) utilise les critères de comparaison et de caractérisation des modèles suivants :

- modèles « déterministes » ou « stochastiques », selon la nature de leurs variables et paramètres et/ou relations ;
- modèles « empiriques » ou « physiques » (ou théoriques ou physically-based models dans la littérature anglo-saxonne), selon la nature des relations utilisées ; avec la classe intermédiaire des modèles « conceptuels » (ou « paramétriques »), reposant sur une certaine conceptualisation du fonctionnement du système mais faisant intervenir des relations empiriques pour le décrire ;
- modèles « globaux » (lumped models) ou « spatialisés » (ou à discrétisation spatiale ; spatially distributed models), selon que l'unité spatiale de base est l'ensemble du bassin ou chacun de ses points ; avec la classe intermédiaire des modèles « semi-spatialisés » (semi-distributed models) où le bassin est découpé en sous-unités homogènes sans référence spatiale, c'est-à-dire que les résultats issus de ces sous-unités sont intégrés globalement à l'échelle du bassin ;
- modèles « cinématiques » (descriptifs) ou « dynamiques » (explicatifs), selon que l'évolution temporelle est simplement décrite ou mise aussi en relation avec les forces qui la cause.

Durand et al. (2002) listent les principaux types de modèles hydrologiques suivants :

- modèles empiriques : la relation entre le signal d'entrée et le signal de sortie est définie à l'aide d'outils statistiques (régressions multivariées, analyses de longues séries de données) ou de « machine-learning » (réseau de neurones artificiels) ;
- modèles conceptuels globaux : le bassin versant est considéré dans un ensemble et le système est représenté selon une vision conceptuelle, comme une cascade de réservoirs par exemple, ou selon une représentation physique simplifiée ;
- modèles à base physique semi-distribués : le bassin versant est divisé en entités fonctionnelles qui peuvent être des surfaces homogènes du point de vue d'une ou plusieurs caractéristiques (occupation du sol, type de sol,...), ou d'élément structuraux (pente, réseau de drainage,...), ou de classe de points ayant le même comportement hydrologique. Les flux sont calculés par des équations physiques simplifiées par hypothèses et résolues analytiquement ;

- modèles à base physique distribués : le bassin versant est décrit à l'aide d'une grille (ou ensemble de mailles) qui peut être régulière ou non, carrée ou non. Les flux sont calculés avec les équations différentielles partielles de la physique des milieux poreux et de l'hydraulique, équations résolues par méthode numérique (méthode des différences finies, méthodes des éléments finis).

Le modèle TNT2 décrit dans la suite du document et utilisé dans cette étude s'inscrit dans la catégorie des modèles à base physique distribués à mailles carrées (Beaujouan et al., 2001).

2.1.2 Description du modèle TNT2

2.1.2.1 Généralités

Le modèle TNT2 (Topography-based Nitrogen Transfert and Transformations) est un modèle agro-hydrologique distribué maillé, basé sur le couplage d'un modèle hydrologique inspiré de TOPMODEL (Beven et Kirkby, 1979) et du modèle agronomique STICS de l'INRA (Brisson et al., 1998).

Il décrit, au pas de temps journalier et à l'échelle de la maille (i) l'organisation latérale et verticale des écoulements de l'eau dans le bassin versant, (ii) la croissance des plantes en fonction des conditions pédoclimatiques, (iii) les transferts et les biotransformations de l'azote dans le sol et le sous-sol.

La mise en œuvre de ce modèle se décompose de 4 phases distinctes :

- la phase d'implémentation du modèle : elle consiste en l'acquisition et la mise en forme des données nécessaires à la modélisation. De nombreux choix méthodologiques sont pris pendant le déroulement de cette phase selon les données disponibles et des contraintes de temps.

- la phase de paramétrisation/calage : Madsen (2000) donne la définition suivante : « le calage consiste à sélectionner les paramètres d'un modèle de manière à ce que celui-ci simule le comportement hydrologique du bassin versant de la meilleure façon possible. Il s'agit de rechercher le minimum d'une fonction mathématique reliant les données mesurées aux données simulées ». Dans notre cas, les données observées utilisées sont les chroniques de débit et de concentration en nitrate, les rendements des cultures, les temps de résidence de l'eau, ...

- la phase de validation : après le calage, il est nécessaire de vérifier la reproductibilité des résultats et la représentativité des paramètres calés. La validation permet ces vérifications en testant le modèle dans des conditions qui diffèrent du calage (Chahinian, 2004).

Klemes (1986) propose une validation en 4 points :

- application du modèle à une série de données non utilisée pour le calage (split-sample test) ;
- transposition du modèle à d'autres zones géographiques (proxy-basin test) ;
- application du modèle au bassin versant de calage mais avec changement du climat ou d'occupation du sol (differential split-sample test) ;

- transposition du bassin à d'autres zones climatiques (proxy-basin differential test).

Si la validation est réalisée sur une variable ou un critère, elle est mono-critère versus multi-critère si elle est réalisée sur plusieurs variables ou critères ou à différentes échelles. Ce type de validation est nécessaire afin d'évaluer que le modèle restitue bien le fonctionnement général du bassin. Les différentes approches utilisent les niveaux piézométriques, les concentrations en éléments chimiques, la teneur en eau, des débits mesurés à des stations intermédiaires (Chahinian, 2004).

Dans le cas de la présente étude, nous avons envisagé de vérifier la robustesse du paramétrage sur les chroniques de débits et nitrates simultanément et sur des chroniques situées plus en amont dans le bassin versant que les chroniques utilisées lors de la phase de calage, pour les bassins où ces chroniques existent.

- la phase d'analyse des résultats de scénarios : des scénarios d'évolution (ou de non évolution !) des pratiques sont traduits en données d'entrées, lesquelles sont implémentées dans TNT2 et les résultats de ces scénarios sont ensuite analysés afin de caractériser les impacts simulés par le modèle des changements mis en œuvre.

Mis au point sur le bassin versant de l'ORE Agrhys Kervidy-Naizin, le modèle TNT2 a été successivement appliqué à 7 bassins versants bretons (Frémur, Haut-Gouessant, Horn, Urne, Aber Wrach, Echelles et Yar) dans le cadre d'expertises. Ces expertises visaient à éclairer les décideurs sur les effets escomptés de changements de pratiques sur les concentrations et flux d'azote à l'exutoire (Durand et al., 2006 ; INRA, 2008 ; Raimbault et al., 2009).

Ce modèle a également permis d'étudier la relation entre la géomorphologie et les processus de dénitrification (Beaujouan et al., 2002), de tester l'effet de la distribution spatiale des haies sur les cycles de l'eau et de l'azote (Viaud et al., 2005), d'étudier l'importance des processus de dénitrification dans le bilan de l'azote à l'échelle du bassin versant (Oehler et al, 2009).

Il a également été mis en œuvre sur un bassin Gersois (Auradé) dans le cadre d'un travail de thèse et comparé au modèle agro-hydrologique SWAT (Ferrant, 2009).

2.1.2.2 Description du module hydrologique

Le module hydrologique de TNT2 repose sur les hypothèses de TOPMODEL qui sont :

- les flux d'eau dans la nappe sont fonction de la transmissivité T et du gradient hydraulique $\text{grad}(h)$: $Q = T * \text{grad}(h)$;
- le gradient hydraulique est constant et égal à la pente topographique ;
- la transmissivité hydraulique décroît exponentiellement avec la profondeur ;
- le ruissellement est généré sur les zones saturées en fond de vallée ;
- la dynamique est décrite par une succession d'états stationnaires.

Cependant, à la différence de TOPMODEL, les calculs sont effectués en tout point du bassin et les chemins de l'eau explicitement décrits. Le bassin versant est découpé en mailles carrées de dimension fixe. Chaque maille est découpée verticalement en "tranches" d'épaisseur variable (en général 10cm dans le sol et 50cm dans l'altérité) et en nombre variable (10 à 40).

On distingue l'eau immobile (i.e., l'eau retenue par le sol dans laquelle agissent les processus « puits-sources ») et l'eau mobile (i.e., l'eau s'écoulant par gravité, où seuls les phénomènes de mélanges interviennent). Dans l'état actuel du modèle, les écoulements profonds dans la roche mère ne sont pas distingués des écoulements dans la nappe d'altérite.

Dans la zone non saturée, les écoulements sont verticaux descendants (percolation en cascade dans les différentes tranches de sol) ou ascendants (remontées capillaires se déclenchant quand le sol ne peut fournir la demande climatique en évaporation, et variant exponentiellement avec la profondeur de la nappe).

Dans la zone saturée, les écoulements sont latéraux, chaque maille s'écoulant dans toutes les mailles voisines d'altitude inférieure au prorata du dénivelé (écoulements multidirectionnels). Quand la nappe atteint la surface du sol, le ruissellement (pour tout apport d'eau supplémentaire en surface) et l'exfiltration (débordement de nappe) sont déclenchés. Le ruissellement hortonien (c'est à dire, sur surface non saturée quand l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration du sol) est simulé en particulier pour tenir compte de l'existence de zones peu perméables dans le bassin-versant (zones bâties,...). Ce ruissellement est généré dès que l'intensité de la pluie dépasse un taux d'infiltrabilité journalière, paramètre ajustable du modèle. Pour tenir compte de la récupération de tout ou partie du ruissellement par des réseaux de fossés (en zone urbanisée par exemple), une partie du ruissellement hortonien généré atteint directement la rivière alors que le reste est routé sur les mailles en aval, comme dans le cas du ruissellement sur surface saturée. La proportion entre les deux routages est contrôlée par un autre paramètre ajustable (coefficient de partage).

2.1.2.3 Description des modules sol/plantes (d'après la notice de STICS V.5, par N. Brisson et B. Mary)

STICS est un modèle dynamique, à pas de temps journalier, qui simule le comportement du système sol-culture au cours d'une année.

La culture est appréhendée globalement par sa biomasse aérienne et sa teneur en azote, son indice foliaire ainsi que la biomasse (et leur teneur en azote) des organes récoltés.

Le sol est assimilé à une succession de couches horizontales, chacune de ces couches étant caractérisée par sa réserve en eau, en azote minéral et en azote organique. Les interactions entre le sol et la culture sont assurées par les racines, celles-ci étant définies par une distribution de densité racinaire dans le profil de sol.

STICS simule le bilan de carbone, le bilan d'eau et le bilan d'azote du système et permet de calculer à la fois des variables agricoles (rendement, consommation d'intrants) et des variables environnementales (pertes d'eau et de nitrate) dans diverses situations agricoles.

La croissance de la culture est pilotée de façon tout à fait classique par le bilan de carbone : interception du rayonnement solaire par le feuillage puis transformation en biomasse aérienne qui est orientée vers les organes de récolte pendant la phase finale du cycle.

Le bilan azoté de la culture est simulé parallèlement au bilan de carbone, dont il dépend en partie. Selon le type de plante, le développement de la culture est piloté soit par un indice thermique (degrés-jours), soit par un indice photothermique ou vernalo-photothermique.

Le modèle de développement est utilisé pour i) faire évoluer l'indice foliaire, ii) définir la phase de remplissage des organes récoltés et (iii) faire évoluer l'efficacité de conversion du rayonnement par la culture. L'existence éventuelle de stress (déficits hydrique ou azoté) est prise en compte au travers d'indices qui peuvent réduire la croissance végétative et celle des organes de stockage. Ces indices sont calculés dans les bilans hydrique et azoté.

Le bilan azoté prend en compte les processus de minéralisation-nitrification (la phase ammoniacale (NH₄⁺), résultant de l'ammonification n'est pas simulée), prélèvement racinaire, lessivage et dénitrification. La minéralisation des résidus de cultures et des amendements organiques est simulée par un couplage carbone-azote à deux compartiments, le résidu et la biomasse décomposante.

2.1.2.4 Les adaptations de STICS pour l'incorporation dans TNT2

Afin de permettre l'incorporation de STICS (version 4) dans TNT2, le modèle a été entièrement réécrit en langage C, avec un certain nombre d'adaptations et de simplifications.

La gestion des transferts est entièrement prise en charge par le module hydrologique, ce qui autorise les remontées de nappe dans le profil de sol, les remontées capillaires et les transferts latéraux.

Un module de dénitrification a été ajouté, conçu spécifiquement pour simuler le fonctionnement des zones humides. Il s'agit d'une adaptation du modèle NEMIS (Hénault, 1993), basé sur un potentiel dénitrifiant modulé par quatre facteurs environnementaux, la température, l'humidité du sol, la concentration en azote et le taux d'oxygénation de l'eau saturante, estimé grâce au temps de résidence moyen de l'eau (Oehler et al., 2009).

De plus, deux modules spécifiques ont été rajoutés, à savoir le module « prairie » et le module « résidu » explicités dans la suite du rapport.

2.1.2.4.1 Le module prairie

Dans l'état actuel de développement de STICS, la simulation des prairies n'apparaît pas assez satisfaisante pour le contexte breton en raison (1) de l'absence de gestion des prairies en rotation, (2) de l'absence de simulation du pâturage et (3) de la mauvaise simulation des dynamiques de croissances différenciées suivant les cycles de pâturage/fauche.

Un module prairie interfaçable avec STICS et TNT a donc été créé, de formalisme différent de STICS. Ce module, développé initialement par E. Sauboua, en collaboration avec F. Vertes et L. Ruiz, et suivant les conseils de J.L. Delaby, a été testé sur différents jeux de données (cases lysimétriques de l'INRA de Quimper, essais de Kerlavic,...), et affiné par la suite.

La modélisation du développement et de la croissance se fait sur une base différente de STICS. Les autres fonctions (croissance racinaire, transpiration et absorption d'azote), ainsi que les

processus affectant le sol (minéralisation, dénitrification et évaporation du sol) sont communs à l'ensemble des cultures.

Modélisation du développement

C'est la croissance en biomasse de la prairie qui pilote les différents processus physiologiques pris en compte (croissance racinaire, croissance en surface foliaire, consommation d'eau et d'azote). La croissance journalière en biomasse de la prairie s'exprime sous la forme :

$$\text{delta_MS} = \text{CDS}/10 * \text{fbiom (MS)} * \text{inns} * \text{swfac}$$

Avec:

CDS : croissance décadaire standard rapportée à la croissance journalière moyenne (kgMS/ha/j)

fbiom : facteur variant entre 0.4 et 1.1 (maximum pour une biomasse de 2.2 t/ha)

inns et swfac : indices de stress en azote et en eau calculés par STICS

L'évaluation du LAI (Leaf Area Index ou Indice foliaire : surface de feuilles exprimée par unité de surface au sol) est nécessaire pour calculer l'albédo de la surface du sol et l'évapotranspiration. Cette évaluation se fait en deux temps : d'abord en calculant la hauteur de la culture à partir de la biomasse, puis le LAI est déduit de la hauteur.

Les autres processus (transpiration, croissance racinaire...) sont modélisés avec le formalisme STICS et les paramètres proposés pour les graminées.

Cycle de l'azote en prairie

Le cycle de l'azote en prairie pluriannuelle présente des spécificités non prévues dans STICS4 :

- augmentation des flux bruts de minéralisation et d'immobilisation ;
- apports par le troupeau au pâturage ;
- sénescence foliaire et racinaire ;
- restitution, lors du retournement, de l'azote immobilisé pendant la durée où la prairie est restée en place.

Ces éléments sont essentiels dans un contexte d'élevage tel que celui de la Bretagne et sont modélisés comme suit :

- lors de la fauche ou du pâturage, une partie de la biomasse restante et des apports par le troupeau est « séquestrée » dans un pool de matière organique ;
- une partie de ce pool est humifié lentement, venant augmenter la teneur en humus actif du sol, et donc la minéralisation. La quantité restante se décompose au moment du retournement de la prairie suivant une cinétique analogue à celle d'un résidu de culture à C/N = 15. Les paramètres gérant ces processus sont calés sur différents essais disponibles dans l'Ouest.

Gestion du pâturage

Le pâturage des prairies est entièrement paramétré en interne et cette fonction est inspirée de l'article de Scholefield et al. (1991) (Figure 1).

Le pâturage par les animaux prélève 70% de la végétation au dessus de 5cm (Hteur = 0.05) et les 30% restant sont « gaspillés » (piétinement, refus,...). De l'azote ingéré, une partie seulement est métabolisée par les animaux (N_retenu). Le reste est excrété (N_excrete) sous forme d'urine (N_urine) et de fumier (N_fumier). On applique les équations suivantes :

$$N_retenu = N_ingere * 0.23$$

$$N_urine = (N_excrete / 100) * (24 + (14 * teneur_N))$$

Teneur_N = teneur en azote de l'herbe

Les restitutions d'azote sous forme d'urine et de fumier subissent les processus suivants :

- volatilisation : 15% de l'urine et 3% du fumier (la quantité d'azote volatilisé, ainsi que l'azote métabolisé, constituent des sorties d'azote du système) ;
- minéralisation rapide : 60% de l'urine et 22% du fumier ; cette quantité est alors intégrée au profil de sol sous forme minérale (hypothèse d'une minéralisation « instantanée ») ;
- le reste est incorporé dans le pool d'azote « séquestré ».

Ces valeurs peuvent être modulées si l'on dispose localement d'informations plus précises sur les caractéristiques du pâturage.

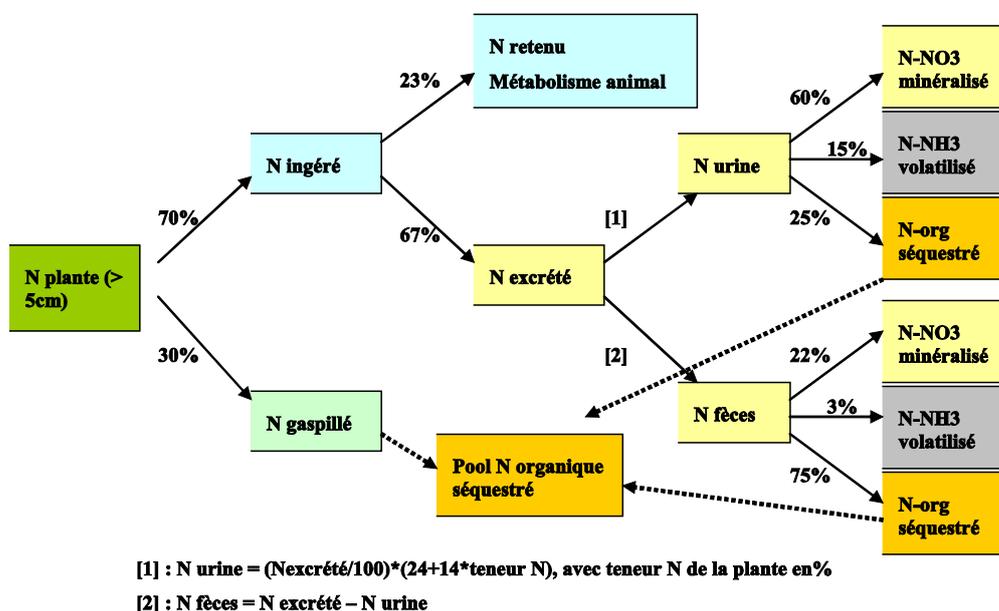


Figure 1 : Compartimentation de l'azote au pâturage

Fixation d'azote atmosphérique et prairies d'association graminées-légumineuses

La modélisation de la fixation symbiotique par les légumineuses des prairies est également développée en interne. Ce formalisme est basé sur le calcul d'une offre d'azote issue de la fixation symbiotique et mise à disposition de la plante « prairie ». La croissance en tant que telle des prairies d'association n'est donc pas simulée différemment.

Le calcul utilisé est dérivé d'une formule permettant d'estimer la fixation symbiotique à l'échelle annuelle (Bossuet et al., 2006). L'offre de la fixation est calculée de manière journalière en fonction de la croissance et du taux de trèfle :

$$\text{Offre_Fix (en kgN fixé/ha)} = \text{delta_MS (kgMS/ha/j)} * \% \text{ trèfle} * 31 \text{ kgN fixé/t MS} * 1.3$$

Une courbe théorique décadaire d'évolution du taux de trèfle est établie à partir de diverses références et données expérimentales. Dans une précédente étude (INRA, 2008), deux niveaux d'importance du trèfle en moyenne sur l'année étaient considérés : un niveau élevé (TB+) permettant d'assurer la nutrition azotée de la prairie par la fixation et un niveau plus faible (TB-). Pour les besoins de cette étude, les pourcentages de trèfle par décade des deux niveaux ont été moyennés afin d'aboutir à un seul niveau de taux de trèfle (TB) dans les prairies d'association (Tableau 3).

Tableau 3 : Taux de trèfle des prairies d'association graminée-légumineuses.

Décade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
TB+	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	
TB-	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	
TB	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	14.3	15.0	15.8	16.5	17.3	18.0	
Décade	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
TB+	26.0	29.0	32.0	35.0	40.0	43.0	45.0	50.0	53.0	55.0	52.0	48.0	
TB-	13.0	14.5	16.0	17.5	20.0	21.5	22.5	25.0	26.5	27.5	26.0	24.0	
TB	19.5	21.8	24.0	26.3	30.0	32.3	33.8	37.5	39.8	41.3	39.0	36.0	
Décade	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
TB+	45.0	40.0	35.0	30.0	27.0	24.0	22.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
TB-	22.5	20.0	17.5	15.0	13.5	12.0	11.0	9.5	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
TB	33.8	30.0	26.3	22.5	20.3	18.0	16.5	14.3	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5

Cette offre est alors mise en rapport avec la demande en azote de la plante et une compétition avec l'offre du sol a été introduite, ce qui permet de limiter la fixation lorsque la prairie est fertilisée.

2.1.2.4.2 Le module résidu

Simuler la dynamique de l'azote dans les systèmes agricoles bretons nécessite de pouvoir prendre en compte les différents types d'effluents que l'on retrouve le plus souvent dans les exploitations. Ainsi, quatre types d'effluents « classiques » ont été retenus et leurs caractéristiques ont été fixées à partir de diverses références régionales (Tableau 4). La dynamique de minéralisation de la fraction organique de ces résidus a été calée de manière à retrouver une minéralisation théorique, définie à partir de références expérimentales et bibliographiques (Thierry Morvan, com. pers).

Tableau 4 : Caractéristiques des effluents d'élevage modélisés dans TNT2

	Fumier de bovins	Lisier de bovins	Lisier de porcs	Fumier de volailles	
Ntot (kg/t de MS)	27.8	48.3	113.5	48.2	
N minéral (%)	9.4	50.0	66.4	34.0	
C/Ntot	15.1	8.7	3.7	8.7	
% Nmin volatilisé	enfouissement immédiat	10.0	6.0	5.0	11.0
	non enfoui	30.0	21.0	17.0	34.0

Concernant les résidus végétaux, trois types de résidus sont utilisés : les résidus de cultures, les résidus de légumes et les résidus de prairie. Pour les résidus de cultures, les paramètres de minéralisation par défaut de STICS ont été conservés. Les deux autres ont fait l'objet d'un paramétrage en interne à partir de références expérimentales.

En ce qui concerne les apports d'azote sous forme d'engrais minéral, 5% de la quantité totale apportée est volatilisé.

2.1.2.4.3 Les espaces non agricoles

Les haies et forêts

Deux études récentes (Viaud et al., 2005) ont permis de proposer une première modélisation du rôle des haies sur les flux d'eau et d'azote au sein de TNT2. Se basant sur une étude expérimentale précédente et sur la littérature, elles reposent sur les hypothèses suivantes :

- le coefficient cultural (ETM =kc.ETP) est égal à 2 pour les mailles avec haie et à 1,5 pour les mailles en forêt ;
- le seuil de stress hydrique pour les arbres est abaissé (donc la RU est augmentée) ;
- remontées capillaires sont facilitées (pour simuler un enracinement plus profond) ;
- les besoins potentiels en azote sont de 150 kg/ha/an. Ils sont répartis par la méthode de la somme des températures et modulés par la disponibilité en eau et en azote ;
- 50% de l'azote prélevé est restitué sous forme de litière à l'automne (C/N litière = 55) ;
- la profondeur de l'horizon biologiquement actif est augmentée.

Le rôle des haies sur l'interception du ruissellement n'est pas pris en compte.

Il faut toutefois noter que ces hypothèses restent fragiles par manque de validation expérimentale approfondie, par la difficulté d'appréhender la grande diversité de l'objet « haie », et par les problèmes méthodologiques liés à l'utilisation du format raster pour des objets linéaires. Pour ces raisons, nous avons préféré ne prendre en compte dans cette étude que les bois, et non les haies.

Les zones bâties

En ce qui concerne les surfaces bâties, elles sont supposées avoir une évaporation très limitée et des sols biologiquement inactifs.

Les rejets ponctuels domestiques ne sont pas modélisés. Si l'information était disponible, ils pourraient toutefois être injectés directement dans le réseau hydrographique.

Les processus dans le cours d'eau

Les cours d'eau, dont l'emplacement est dérivé du MNT ou d'une couche vectorielle de SIG, sont considérés comme acheminant l'eau et l'azote dans le pas de temps (journée) à l'exutoire, sans transformation (ni évaporation, ni dénitrification...).

En 2011, des modifications ont été apportées au modèle afin de pouvoir prendre en compte les processus dans le cours d'eau, et notamment les processus de dénitrification. On se base sur la formule de Liu et al. (2008) :

$$O = I e^{-kL/Q}$$

Avec :

O : flux sortant

I : flux entrant

k : coefficient contrôlant la fraction d'azote à retirer

L : longueur du drain

Q : débit (V/T, en m)

Le pourcentage d'azote retiré (R) est calculé chaque jour selon l'équation suivante :

$$R = (I - O) / I * 100$$

2.1.2.4.4 La gestion des entrées et des sorties

Différentes échelles spatiales sont prises en compte dans le modèle TNT2. Le Tableau 5 synthétise ces différents niveaux et les aspects de la modélisation concernés.

Tableau 5 : Les échelles dans le modèle TNT2

Echelle spatiale	Aspect concerné
Pixel (ou maille)	Processus : transfert d'eau, transfert et transformation de l'azote
Parcelle	Cultures et pratiques agricoles
Type de sol	Paramétrage
Zone climatique	Données météorologiques
Bassin	Chroniques à l'exutoire : débit et concentration en nitrate

Les données d'entrée qui concernent les chroniques météorologiques, les données cartographiques (sols, topographie, parcelles...) et les débits réels sont référencées dans un fichier « contexte ». Ce fichier est spécifique à chaque simulation et les paramètres de simulation y sont fixés ainsi que les sorties souhaitées.

Les données agronomiques sont regroupées dans un répertoire data et sont constituées de deux types de fichiers :

- les fichiers .tec qui décrivent les opérations successives d'un itinéraire technique donné (semis, fertilisations, récoltes) ;
- les fichiers .rot, qui récapitulent la succession des itinéraires techniques appliqués sur chaque culture de chaque parcelle pendant toute la durée de la simulation.

Les données de sortie sont à la demande de l'utilisateur.

Pour la partie agronomique, on obtient pour chaque simulation l'historique des opérations effectuées et les variables liées. Un fichier récapitule également les opérations effectuées sur chaque parcelle du bassin.

Pour la partie hydrologique, on dispose d'un fichier bilan à l'échelle du bassin versant, entre le début et la fin de la simulation.

Il est possible d'obtenir des séries chronologiques à l'exutoire du bassin versant (débit, concentration), des séries chronologiques en un point quelconque du bassin versant (même type de variable), ou des cartes présentant les valeurs instantanées, cumulées ou moyennées de certaines variables (stock de nitrate dans le sol, taux de dénitrification...). Pour chaque grand type de sortie, un grand nombre de variables est disponible. On peut distinguer les variables hydrologiques d'un côté (Tableau 6) et les variables agronomiques et biologiques de l'autre (Tableau 7).

Tableau 6 : Variables hydrologiques du modèle TNT2

Nom (Nom variable)	Unité	Description/Echelles
Nappe (Nappe_jour)	m	Hauteur d'eau de la nappe (lame d'eau équivalente)
Nnappe (Nnappe_jour)	gN/m2	Quantité d'azote dans la nappe
Recharge (Percol_jour)	m	Hauteur d'eau percolée à travers la zone non saturée (ZNS) : quantité supérieure à la macroporosité vide
Nrecharge (Npercol_jour)	gN/m2	Quantité d'azote dans la lame d'eau percolée à travers la ZNS
Percol (Percol_sol)	m	Hauteur d'eau percolée à travers le sol : quantité s'infiltrant à travers la limite inférieure du sol
Npercol (Npercol_sol)	gN/m2	Quantité d'azote dans la lame d'eau percolée à travers le sol
ETR (ETR_jour)	m	Hauteur d'eau évapotranspirée
RU (RU_jour)	m	Hauteur d'eau contenue dans la microporosité du sol
DefRU (Deficit_RU_jour)	m	Déficit en eau de la microporosité du sol
NRU (NRU_jour)	gN/m2	Quantité d'azote contenue dans la microporosité du sol
RemCap (Remontee_capil)	m	Remontées capillaires : hauteur d'eau issue de la macroporosité et alimentant la microporosité à partir du bas
NRemCap (Nremontee_capil)	gN/m2	Quantité d'azote transitant avec les remontées capillaires
Ruissel (Ruissel_jour)	m	Ruissellement : hauteur d'eau ruisselée à partir de la maille
Nruissel (Nruissel_jour)	gN/m2	Quantité d'azote contenue dans l'eau ruisselée
Exfiltra (R)	m	Exfiltration : hauteur d'eau quittant la maille par la surface du sol du fait de la remontée de la nappe
Nexfiltra (NR)	gN/m2	Quantité d'azote contenue dans l'eau exfiltrée
Ecoulp (Ecoulp_p_jour)	m	Écoulement profond : hauteur d'eau quittant la maille lors de l'écoulement en zone saturée (ZS)
Necoulp (Necoulp_p_jour)	gN/m2	Quantité d'azote transitant avec l'écoulement profond
nbj_ZS (jours_saturation)	SD (%)	Nombre de jours où la nappe a atteint la limite inférieure du sol
nbj_contrib (jours_contribution)	SD (%)	Nombre de jours où la nappe a atteint la limite supérieure du sol
DebitSim (ecoulement_reseau)	m	Débit simulé à l'exutoire, rapporté à la surface drainée : Somme sur les mailles réseaux des écoulements totaux (ruissellement, exfiltration et écoult. profond/nb mailles total)
Ndebit (Necoulement_reseau)	gN/m2	Quantité d'N transitant par les écoulements totaux
Cdebit (Cecoulement_reseau)	gN/m3	Concentration en N des écoulements totaux
Debit_R (ruissel_reseau)	m	Contribution des écoulements de surface (ruissellement et exfiltration) au débit simulé
Debit_base (ecoul_p_reseau)	m	Contribution des écoulements profonds au débit simulé
Cnappe_jour (Cnappe_jour)	g.m	moyenne sur les mailles de la zone considérée de la concentration de la nappe
N_sequestration (N_sequestration)	g/m ²	moyenne sur les mailles de la zone considérée de la quantité d'azote apportée au pool
N_sequestre (N_sequestre)	g/m ²	moyenne sur les mailles de la zone considérée de la quantité d'azote contenue au pool
N_sequestre_humification (N_sequestre_humification)	g/m ²	moyenne sur les mailles de la zone considérée de la quantité d'azote sortie du pool transformée en humus actif
N_micro_alterite (N_micro_alterite)	g/m ²	moyenne sur les mailles de la zone considérée de la quantité d'azote dans la microporosité de l'altérite

Tableau 7 : Variables agronomiques et biologiques du modèle TNT2

Nom (Nom variable)	Unité	Description/Echelles
ISstomat (swfac)	SD	Indice de stress en eau de la végétation. Agit sur la croissance en biomasse : de 0 (stress max) à 1 (stress nul)
ISsturg (turfac)	SD	Indice de stress en eau de la végétation. Agit sur la croissance foliaire: de 0 (stress max) à 1 (stress nul)
ISazote (inns)	SD	Indice de stress en azote de la végétation. Agit sur la croissance en biomasse et foliaire : de 0 (stress max) à 1 (stress nul)
LAI (lai)	m ² /m ²	Leaf Area Index : indice foliaire
Zrac (zrac)	m	Profondeur atteinte par le système racinaire
MaSeche (masec)	t/ha	Matière sèche aérienne (y compris les grains)
Magrain (magrain)	g/m ²	Matière sèche contenue dans les grains
Qngrain (Qngrain)	gN/m ²	Quantité d'azote contenue dans les grains
Qnplante (Qnplante)	gN/m ²	Quantité d'azote contenue dans la plante entière (y compris les grains et les racines)
Qnfix (Qnfix)	gN/m ²	Quantité d'azote offerte à la plante par fixation symbiotique dans les nodules racinaires
Tculture (tcult)	°C	Température de la culture (sous le couvert végétal)
Tracinaire (trac)	°C	Température du sol à la profondeur du front racinaire
Transpi (ep)	m	Hauteur d'eau transpirée par la plante
Cres1 (Cres1)	gC/m ²	Quantité de C contenue dans le pool1 de la MO fraîche (engrais organiques)
Cres2 (Cres2)	gC/m ²	Quantité de C contenue dans le pool2 de la MO fraîche (résidus de récolte)
Cres3 (Cres3)	gC/m ²	Quantité de C contenue dans le pool3 de la MO fraîche (retournement de culture)
NsurC1 (Wres1)	SD	Rapport N/C du pool1 de la MO fraîche
NsurC2 (Wres2)	SD	Rapport N/C du pool2 de la MO fraîche
NsurC3 (Wres3)	SD	Rapport N/C du pool3 de la MO fraîche
Cbio1 (Cbio1)	gC/m ²	Quantité de C contenue dans la biomasse dégradant le pool1 de la MO fraîche (engrais organiques)
Cbio2 (Cbio2)	gC/m ²	Quantité de C contenue dans la biomasse dégradant le pool2 de la MO fraîche (résidus de récolte)
Cbio3 (Cbio3)	gC/m ²	Quantité de C contenue dans la biomasse dégradant le pool3 de la MO fraîche (retournement de culture)
Nbio1 (Nbio1)	gN/m ²	Quantité d'N contenue dans la biomasse dégradant le pool1 de la MO fraîche (engrais organiques)
Nbio2 (Nbio2)	gN/m ²	Quantité d'N contenue dans la biomasse dégradant le pool2 de la MO fraîche (résidus de récolte)
Nbio3 (Nbio3)	gN/m ²	Quantité d'N contenue dans la biomasse dégradant le pool3 de la MO fraîche (retournement de culture)
Chum (Chum)	gC/m ²	Quantité de carbone contenue dans l'humus « actif »
Nmine (Nmine)	gN/m ²	Quantité d'azote minéral résultant de la minéralisation (peut être inférieure ou supérieure à 0, minéralisation nette)
Nhum (Nhum)	gN/m ²	Quantité d'azote contenue dans l'humus « actif »
Ndenit (Ndenit)	gN/m ²	Quantité d'azote minéral dénitrifié

2.2 Les bassins versants

2.2.1 Contours des bassins versants

Les contours des bassins versants sont tirés de l'application Web SIG (ou géo-serveur, <http://viviane.roazhon.inra.fr/geowww/cseb.html>) développée par Hervé Squidant (Agrocampus Ouest).

Les contours sont déterminés à partir du Modèle Numérique de Terrain au pas de 50 m et les positions des exutoires précisées de manière à prendre en compte la présence d'ouvrage humain (pont, barrage,...), la limite de salure des eaux. Ces contours correspondent aux limites hydrographiques (ou géographiques) des principaux cours d'eau des territoires identifiés dans la disposition 10A-1 du SDAGE (Figure 2, Tableau 8 et Figure 3).

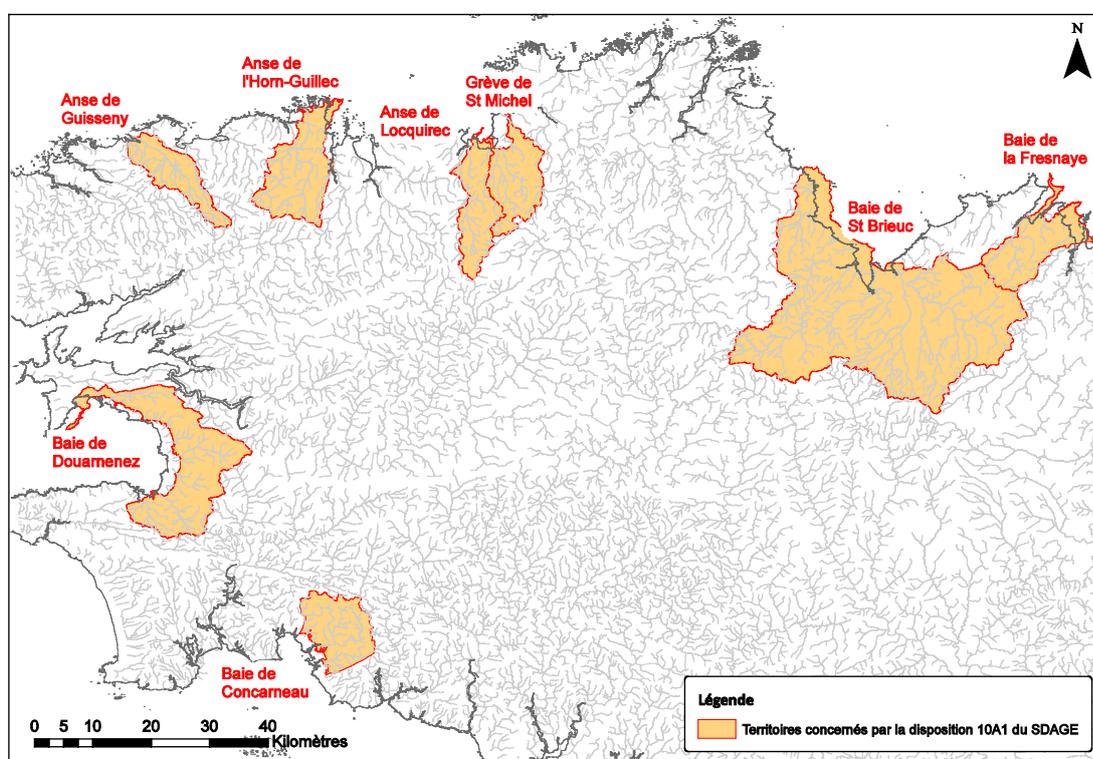


Figure 2 : Territoires ayant un objectif de réduction des flux d'azote d'au moins 30% (10A1 SDAGE LB)

Tableau 8 : Territoires concernés par la disposition 10A1 et les bassins versants principaux

Territoires	Bassins versants	Bassins versants principaux
Baie de la Fresnaye	Frémur Rat	Frémur
Baie de St Brieuc	Gouessant	Gouessant
	Urne	Urne
	Gouet	Gouet
	Ic	Ic
Grève de St Michel	Yar	Yar
	Roscoat	Roscoat
	Traobigot	
	Quinquis	
	Kerdu	
Anse de Locquirec	Douron	Douron
Anse de l'Horn-Guillec	Horn	Horn
	Guillec	Guillec
Anse de Guisseny	Alanan	
	Quillimadec	Quillimadec
Baie de Douarnenez	Kerharo	Kerharo
	Lapic	Lapic
	Ris	Ris
	Port Rhu	
Baie de Concarneau	Lesnevard	St Laurent
	Moros	Moros
	Minaouet	Minaouet

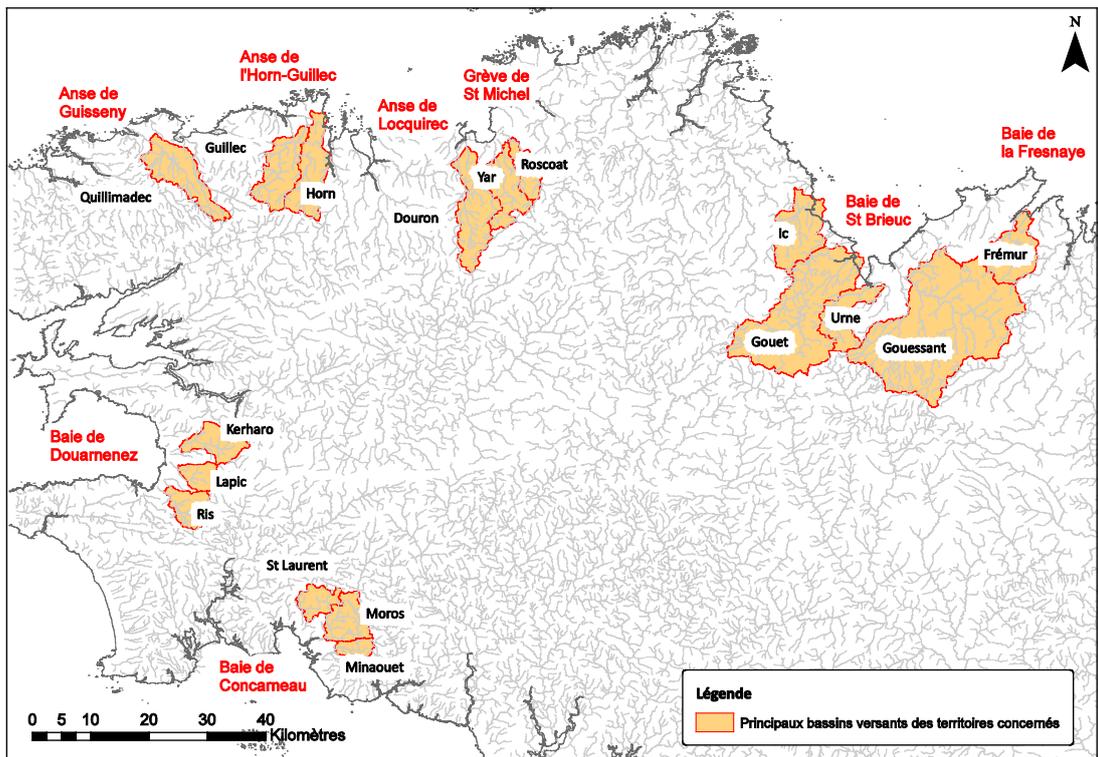


Figure 3 : Principaux bassins versants des territoires concernés par la disposition 10A1 du SDAGE LB

Les bassins versants de la Lieue de Grève (Roscoat et Yar pour les principaux) ne sont pas présentés dans la suite de ce rapport car un programme de recherche mené par l'INRA est en

cours sur ce territoire (Programme ACASSYA : ACcompagner l'évolution Agro-écologique de SYstèmes d'élevAge dans les bassins versants côtiers ; <http://www.inra.fr/acassya>). Il a pour objectif de déterminer les effets de changements de pratiques et/ou de systèmes agricoles sur la qualité de l'eau, mais avec une échelle d'analyse se situant au niveau de l'exploitation.

km ²	Surface TNT2	surface PLAV	TNT2 par baie	PLAV
Lapic	27	27		
Ris	36	36		
Kerharo	45	45	107	258
Moros	50	55		
St Laurent	30	43	80	127
Horn	78	92		
Guillec	73	75	150	169
Frémur	75	93	75	133
Quillimadec	79	82	79	98
Douron	95	111	95	111
Urne	59	119		
Ic	85	91		
Gouet	249	250		
Gouessant	420	426	814	1740

Tableau 8bis : comparaisons des surfaces modélisées par TNT2 et des périmètres des bassins algues vertes et des baies

Attention : les contours des bassins versants correspondent aux limites hydrologiques et non aux périmètres concernés par les projets « algues vertes ».

2.2.2 Données de suivi nitrate et débit

Ne sont présentés ici que les points dont le compromis entre qualité des données et position dans le bassin est le plus satisfaisant (Tableau 9). On recherche les points de suivi dont la position est la plus en aval possible car plus la surface en amont du point est grande et plus le suivi est représentatif des mécanismes de transfert d'eau et d'azote se produisant sur le territoire (Annexe 1).

Tableau 9 : Points de suivi nitrate et débit

	Exutoire (L2E en m)			Suivi nitrate (L2E en m)			Suivi débit (L2E en m)		
	x	y	ha	x	y	ha	x	y	ha
Frémur	254375	2411375	7424	253625	2409800	6283	253625	2409800	6283
Gouessant	233875	2402625	42072	237523	2398633	24300	237523	2398633	24300
Urne	229125	2399625	5904	224265	2397659	4800	223866	2397494	4344
Gouet	225375	2404125	25016	218463	2402017	19175	218615	2402689	19219
Ic	219375	2412875	8456	217649	2413169	7900	217412	2412902	7500
Douron	158375	2423125	9532	158212	2422367	9544	158634	2412045	2513
Horn	131125	2428875	7630	132511	2421958	4725	131368	2422077	5081
Guillec	129375	2427125	7262	129375	2427125	7262	127375	2420875	4443
Quillimadec	104125	2425375	7928	107762	2422813	6350	107762	2422813	6350
Kerharo	108625	2371125	4455	108763	2370964	4455	Pas de suivi, extrap. Steir		
Lapic	108875	2368625	2693	108983	2368454	2693	Pas de suivi, extrap. Steir		
Ris	106375	2364625	3608	108017	2363505	3000	106375	2364525	3595
St Laurent	130625	2341625	3021	130625	2341875	3021	130625	2341875	3021
Moros	133625	2338625	5040	135862	2338858	2069	135862	2338858	2069
Minaouet	135375	2336125	1893	Suivi depuis 2007			Suivi depuis 2007		

En grisé les points situés au même endroit
Extrap. : Extrapolation

Les autres points de suivi, c'est-à-dire ceux dont les données sont moins fréquentes ou couvrant une période plus courte, et/ou situés plus en amont, ont été consignés dans une base de données qui a permis de les réutiliser selon les besoins de l'étude. Ces données proviennent pour la plupart des bases de données de la DREAL.

Le Minaouet ne faisant l'objet d'un suivi qualité que depuis 2007 n'est pas conservé dans les bassins versants à modéliser.

Les différentes chroniques sont importées une à une dans le logiciel Hydras®, celui-ci permettant de spatialiser les points de suivi. Les données des chroniques de nitrate et de débits non journalières sont interpolées linéairement afin permettre le calcul des flux spécifiques.

La méthode de calcul consiste à extrapoler le débit au point de suivi qualité au prorata des surfaces. Les flux calculés ne sont donc pas systématiquement représentatifs de la totalité du bassin versant mais uniquement des surfaces en amont du point de suivi de la concentration en nitrate.

2.3 Les données d'entrée et leur préparation : phase d'implémentation du modèle

2.3.1 Données météorologiques

2.3.1.1 Description des données

Les données météorologiques proviennent de Météo France. Ce sont des données journalières et maillées (maille de 1000m). On dispose d'un fichier par maille avec les valeurs de précipitation (P), de températures minimale et maximale, d'évapotranspiration potentielle (ETP) et de rayonnement global (RG), du 1^{er} janvier 1998 au 28 février 2010.

Ces données météorologiques ont été actualisées en 2012 pour disposer de chroniques météo couvrant la période 1^{er} janvier 1998 au 28 février 2012.

2.3.1.2 Traitement des données et zonage météorologique

Le fait de disposer de données météo spatialisées nous permet de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale des conditions météorologiques, et ce à travers la détermination de zones météo. Le zonage météorologique est réalisé sur les données initiales non actualisées, à savoir du 1^{er} janvier 1998 au 28 février 2010.

L'hétérogénéité spatiale des conditions météo est centrale pour évaluer le risque de lessivage des nitrates, risque plus important dans les zones où la lame drainante est forte.

Ces zones météo permettront également de pouvoir implémenter des scénarios de changements de pratiques agricoles différents selon que l'on se trouve en tête de bassin (lame drainante forte) ou en zone côtière (lame drainante plus faible).

La 1^{ère} étape du traitement des données consiste à calculer pour chaque jour de chaque année hydrologique (du 01/10 au 30/09), la différence entre les précipitations (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP), pour les jours où P est supérieur à ETP, de manière à approcher la lame drainante.

On effectue ensuite la somme de ces différences P-ETP par année hydrologique ainsi que la moyenne sur la période 1999 à 2009, période correspondant aux années hydrologiques pour lesquelles les séries de données ont été obtenues en 2010.

Le classement réalisé ensuite suit la démarche suivante : en partant du minimum de P-ETP calculé tous territoires confondus, on fait des classes de 100 mm/an, ces classes constituant une zone météo (Tableau 10), on reconstitue une chronique unique par zone météo en calculant, pour chaque jour et chaque variable, la moyenne de tous les points inclus dans la zone. A chacune des zones de chaque bassin correspond donc un fichier d'entrée du modèle.

Tableau 10 : Classes de P-ETP et zonage météo des bassins versants à algues vertes

Zones météo	P-ETP (mm/an)	
	Limite inférieure	Limite supérieure
1	517.4	617.4
2	617.5	717.4
3	717.5	817.4
4	817.5	917.4
5	917.5	1017.4
6	1017.5	1117.4

2.3.2 Données de déposition d'azote atmosphérique

Les entrées atmosphériques d'azote oxydé et réduit, sous forme de dépôts secs et humides, ont été estimées à partir des résultats du modèle de déposition atmosphérique à l'échelle de l'Europe, développé dans le cadre de la convention de Genève et disponibles sur le site de l'EMEP : <http://www.emep.int/>.

La base de données de L'EMEP nous donne les quantités annuelles de dépôts d'azote secs et humides sur une carte maillée (50*50km) de la France, pour les années 2000 à 2008. La méthode consiste à définir les mailles concernant chaque territoire (ou bassin versant) et de faire la moyenne des dépôts secs et humides sur la période 2000-2008 de ces mailles. Ensuite on calcule la quantité journalière moyenne d'azote entrant dans le système sous forme de dépôts secs en divisant la quantité moyenne annuelle par 365.25.

Pour les dépôts humides, on divise la quantité moyenne annuelle d'azote par la quantité moyenne de précipitations de chaque zone météo afin de déterminer la concentration moyenne en azote de l'eau de pluie. Cette concentration est ensuite appliquée aux précipitations journalières afin de calculer la quantité d'azote déposée par jour. Enfin, on calcule, par jour, la moyenne journalière de l'ensemble des zones météo de manière à obtenir un fichier d'entrée unique par bassin.

2.3.3 Données cartographiques

2.3.3.1 Traitement du Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Cette étape consiste, pour chaque bassin versant, à traiter le MNT de l'IGN (Modèle Numérique de Terrain) à l'aide du logiciel MNTSurf. Ce traitement permet d'obtenir des cartes des altitudes, de l'arborescence de drainage (description multidirectionnelle des chemins de l'eau), du contour, du réseau hydrographique et de variables dérivées nécessaires au fonctionnement de TNT2 (Tableau 11).

Tableau 11 : Variables dérivées du MNT calculées à l'aide de MNTSurf

Variables dérivées du MNT
Surface drainée
Distance à l'exutoire
Longueur du réseau hydrographique
Surface multi-directionnelle
Pente
Indice de Beven
Pente en aval
Indice de Beven aval
Indice de confluence
Exposition
Distance au ruisseau

Le réseau hydrographique des bassins est défini en fixant un seuil de surface drainée en amont d'une maille avant d'avoir une maille réseau. Le seuil de surface drainée est dépendant du contexte climatique dans le sens où plus les précipitations de la zone sont importantes et le plus le seuil de surface drainée utilisé pour extraire le réseau hydrographique est bas. Les seuils utilisés sont présentés dans le Tableau 12 (Pierre Arousseau, comm. pers.).

Tableau 12 : Seuils de surface drainée utilisés pour définir le réseau hydrographique

Bassin versants	Surface drainée
Frémur	60 ha
Gouessant	45 ha
Urne	50 ha
Gouet	40 ha
Ic	35 ha
Yar	25 ha
Roscoat	25 ha
Douron	25 ha
Horn	25 ha
Guillec	25 ha
Quillimadec	25 ha
Kerharo	25 ha
Lapic	25 ha
Ris	25 ha
St Laurent	25 ha
Moros	25 ha
Minaouet	25 ha

2.3.3.2 Cartes des types de sol

2.3.3.2.1 Cartographie des zones bâties, en eau, boisées et agricoles

La méthode, basée sur la photo-interprétation, a pour but de distinguer les différentes catégories d'utilisation du sol : bâti, bois, eau et agricole.

Les ilots du Registre Parcellaire Graphique de 2007 (RPG 2007) sont intégrés aux zones agricoles et les surfaces agricoles manquantes identifiables sur les photos aériennes de la BD Ortho sont digitalisées (BD Ortho de 2003 pour les Côtes d'Armor et de 2005 pour le Finistère).

Les zones boisées et les zones en eau sont délimitées également à l'aide des photos aériennes. Il est parfois difficile de distinguer un bois d'un espace en cours de fermeture, le SCAN 25 de l'IGN est alors utilisé en complément afin de trancher.

Les surfaces restantes, c'est-à-dire celles ni boisées ni agricoles ni en eau sont intégrées aux zones bâties (habitations, routes, surfaces imperméabilisées,...).

Etant donné la taille du bassin versant du Gouessant (42000 ha) et des contraintes de temps liées à l'étude, les différentes occupations de ce bassin sont obtenues par des techniques d'analyse d'images satellite (ou télédétection). Ces techniques sont explicitées dans la partie 2.3.3.4.2 intitulée « Répartition spatiale des cultures pour une année de référence ».

2.3.3.2.2 Cartographie des types de sol

A partir des occupations du sol obtenues, les types de sols sont ensuite déterminés selon la hiérarchie suivante : sols sous bâti, sols sous bois, sols sous surface en eau et les sols en zone hydromorphe.

Les données utilisées pour les zones hydromorphes diffèrent selon les bassins :

- bassins versant du Finistère : Inventaire Permanent des Zones Humides du Finistère (IPZH29) ;
- bassins versants de la Baie de St Brieuc (Côtes d'Armor) : Enveloppe de référence ;
- autres bassins des Côtes d'Armor : Zones humides potentielles (indice de Beven aval).

L'IPZH 29 centralise des données cartographiques précises issues d'inventaires de terrain. Pour les zones non couvertes par ces inventaires, l'IPZH reprend les zones humides potentielles déterminées à partir de l'indice de Beven aval dérivé du MNT. L'indice de Beven aval est un indice topographique ou morphologique d'estimation des zones saturées par l'eau.

L'enveloppe de référence (bassins de la Baie de St Brieuc) délimite et caractérise les secteurs de très forte probabilité de présence de zones humides. Elle repose sur le croisement d'outils de détection qui permettent de déterminer où se trouvent les zones de sols a priori saturés en eau (carte des sols, zonage des risques d'inondation, modélisation hydrologique).

La hiérarchisation des types de sols telle qu'elle est réalisée signifie que la catégorie sols en zone hydromorphe correspond aux zones hydromorphes strictes. En effet, des zones bâties (ou boisées ou en eau) peuvent être localisées également en zone hydromorphe mais du fait de la hiérarchie des types de sols, elles sont considérées uniquement comme des sols sous bâti. On obtient donc des sols en zone hydromorphe seulement dans la catégorie des zones agricoles (Tableau 13).

Tableau 13 : Correspondance entre occupation du sol et types de sol

Occupation du sol	Type de sol
Zone bâtie	Bâti
Zone boisée	Bois
Zone en eau	Eau
Zone agricole	SAU en ZH
	SAU hors ZH

ZH : Zone Hydromorphe

Le type de sol SAU hors ZH est ensuite subdivisé en utilisant les données d'un travail mené à l'UMR SAS dans le cadre du programme national d'inventaire, de gestion et de conservation des sols (IGCS). Ce programme dispose d'un volet de cartographie des unités pédopaysagères (UCS) au 1/250 000 et d'un volet constitution d'une base de données sur les données pérennes des sols (Lemercier et al., 2010).

L'extraction des UCS selon les contours des bassins versant à algues vertes et les calculs de leur surface nous donne la part de chacune d'entre elles dans la SAU hors ZH de chaque bassin. On procède ensuite à une simplification afin de limiter le nombre de types de sols agricoles hors ZH à 6. La règle mise en œuvre est la suivante : les UCS retenues sont celles permettant d'atteindre 75% de la SAU hors ZH et les UCS dont la surface est inférieure à 5% de la SAU hors ZH sont supprimées. Pour le bassin versant du Gouessant, toutes les UCS sont conservées mais sont ensuite regroupées pour ne pas multiplier les fichiers de paramètres des types de sols.

2.3.3.3 Carte des zones météo

Le traitement des données météorologiques présenté au paragraphe 2.3.1 nous donne une carte de points spatialisés appartenant à une classe de P-ETP moyenne sur la période 1999-2009.

L'affichage de ces points sous ArcGis permet de découper le contour du bassin versant en zone englobant les points d'une même classe de P-ETP et ainsi d'obtenir la cartographie des zones météo.

2.3.3.4 Carte du parcellaire et répartition spatiale des cultures

2.3.3.4.1 Carte du parcellaire

La carte du parcellaire est obtenue en réalisant une union des couches au format vecteur des zones bâties, des zones boisées, des zones en eau et des zones agricoles.

Les zones agricoles sont composées de polygones ou parcelles correspondants aux îlots du RPG 2007 et des parcelles agricoles digitalisées lors de la constitution des cartes de types de sols (cf. paragraphe 2.3.3.2 « Cartes des types de sol »).

2.3.3.4.2 Répartition spatiale des cultures pour une année de référence

Généralités

Pour la constitution des bases de données des pratiques agricoles, il est nécessaire de reconstituer la succession des cultures sur toutes les parcelles agricoles du bassin versant. Pour ce faire, on doit disposer dans un premier temps d'une année de référence pour laquelle on connaît la culture en place de chaque parcelle agricole.

Classification sous ENVI

Les méthodes de classification, réalisées à l'aide du logiciel ENVI, permettent, à travers l'analyse d'images satellites de haute résolution, d'associer à chaque pixel un attribut correspondant à un grand type de cultures (céréale, maïs, prairie).

Les images satellites dont nous disposons sont choisies en fonction de différents critères de date pour prendre en compte le développement des cultures et de qualité (couverture nuageuse minimale) (Tableau 14). Elles sont géoréférencées et font l'objet de divers traitements visant à préparer leur analyse.

Dans un premier temps et de manière à réduire au maximum les temps de traitement, les images sont découpées de manière à ne couvrir que la surface du bassin versant et un masque est appliqué sur les zones hors parcelles agricoles pour lesquelles une classification est inutile.

Ensuite, les zones d'échantillonnage sont préparées et classées en deux catégories : les zones d'entraînement et les zones de validation. Les premières servent à calculer l'algorithme de segmentation permettant la classification et les secondes à en vérifier les performances.

Ces zones de d'entraînement et de validation sont des parcelles pour lesquelles le type de culture en place est connu (céréales, maïs, prairie) au moment de la prise de l'image satellite et correspondent aux ilots monocultureux extraits du RPG 2009.

Tableau 14 : Caractéristiques des images satellites et bassins versants concernés

<i>Images</i>			
Instrument	HRG1	HRVIR	HRVIR
Satellite	SPOT 5	SPOT4	SPOT4
Date	01/06/2009	23/06/2009	19/08/2009
Résolution spatiale	10m	20m	20m
Résolution spectrale	4 bandes	4 bandes	4 bandes
<i>Bassins versants</i>			
Frémur			X
Gouessant	X		X
Urne	X		X
Gouet	X		X
Ic	X		X
Douron		X	
Horn	X	X	
Guillec	X	X	
Quillimadec	X	X	
Kerharo		X	
Lapic		X	
Ris		X	
St Laurent		X	
Moros		X	

La classification est ensuite appliquée sur l'ensemble des pixels en SAU de l'image satellite, y compris ceux des échantillons de validation. L'évaluation de la qualité de la classification s'appuie sur des outils statistiques dont l'élément principal est la matrice de confusion, qui montre les conflits et différences entre les classes et la fiabilité de la classification. Elle compare les zones de validation avec la classification réalisée.

Un coefficient kappa est calculé à partir de cette intersection afin de connaître la précision de la classification. Habituellement, on considère une classification correcte lorsque le coefficient kappa est supérieur à 0.8 (Tableau 15).

Tableau 15 : Exemple de matrice de confusion (précision globale 96.9% et coefficient kappa 0.95)

<i>Matrice de confusion (pixels)</i>				
	céréales	maïs	prairie	total
céréales	3876	19	84	3979
maïs	33	3135	84	3252
prairie	41	46	2852	2939
total	3950	3200	3020	10170

Overall Accuracy = (9863/10170) 96.9%
Kappa Coefficient = 0.95

Finalisation et ajustements réalisés

L'étape suivante, réalisée sous ArcGis, consiste à mettre en relation les parcelles agricoles de la carte du parcellaire avec le fichier raster issu de la classification. Le type de culture majoritaire (nombre de pixel majoritaire) est attribué à l'ensemble de la parcelle grâce à des techniques de statistiques zonales.

On obtient ainsi la répartition spatiale des grands types de cultures dans le bassin versant en 2009. Il s'agit ensuite de subdiviser ces grands types de cultures de manière à ce que les proportions des différentes cultures dans le bassin versant correspondent aux proportions tirées du Recensement Agricole de 2000.

Le positionnement des prairies permanentes, des parcelles en gel et en légumes est réalisé en déterminant la culture majoritaire de chaque ilot du RPG 2009. En rastérisant cette information, il devient possible de la réinjecter au niveau des parcelles en réalisant des statistiques zonales.

2.3.3.5 Choix de la taille de la maille

Les données cartographiques à implémenter dans le modèle TNT2 sont des données maillées présentées sous forme de fichiers de type raster (juxtaposition de pixels ayant une valeur associée).

Sur chacune des mailles (ou pixels), TNT2 réalise les différents calculs liés aux processus de transfert de l'eau, de croissance des cultures, de transformation et de transfert d'azote. Le nombre de mailles d'un bassin versant est donc directement relié au temps de calcul nécessaire au modèle pour réaliser une simulation.

Par expérience, il apparaît que le processus de calage est plus rapide et plus exhaustif avec un temps de simulation court. En effet, cela permet de faire un grand nombre de simulations, d'en analyser les sorties plus rapidement et donc de tester un plus grand éventail de jeux de paramètres.

La taille de la maille de base est celle du modèle numérique de terrain provenant de l'Institut Géographique National (IGN), soit un carré de 50 par 50 mètres.

Cette taille de maille est utilisée pour la majorité des bassins versants, le nombre de mailles par bassin ne dépassant pas les 35000 (Tableau 16). Pour les plus grands bassins versants tels que le Douron, le Gouet et le Gouessant, nous avons fait le choix d'augmenter la taille des mailles, avec respectivement 75, 100 et 125 mètres.

Tableau 16 : Nombre de mailles par bassin versant selon leur taille et résolution choisie (case en vert)

	Surface	Taille des mailles (m)			
	ha	50	75	100	125
Lapic	2701	10803	4801	2701	1728
St Laurent	3030	12120	5387	3030	1939
Ris	3595	14379	6391	3595	2301
Kerharo	4452	17806	7914	4452	2849
Moros	4975	19901	8845	4975	3184
Urne	5910	23640	10507	5910	3782
Guillec	7260	29040	12907	7260	4646
Frémur	7457	29826	13256	7457	4772
Horn	7753	31011	13783	7753	4962
Quillimadec	7929	31717	14096	7929	5075
Ic	8513	34053	15135	8513	5448
Douron	9549	38197	16976	9549	6111
Gouet	24946	99782	44348	24946	15965
Gouessant	42044	168177	74745	42044	26908

2.3.3.6 Choix de la méthode de rasterisation (CELL-CENTER versus MAXIMUM-AREA)

Plusieurs méthodes de rasterisation des données au format vecteur peuvent être mises en œuvre dans le logiciel ArcGis. Les deux principales sont les suivantes :

- la méthode du cell center (CC) : le polygone qui inclut le centre de la cellule détermine l'attribut qui lui est affecté ;
- la méthode du maximum combined area (MCA) : dans chaque cellule, les entités à attributs communs sont combinées pour produire une surface unique, l'attribut de la plus grande surface étant affecté à la cellule.

Les deux méthodes ont été appliquées pour rasteriser la carte des types de sols du bassin versant du Gouet afin de connaître leur effet sur les surfaces de ces types de sol. La résolution choisie est de 100 m.

Les résultats montrent que la méthode CC permet de conserver les surfaces des différents types de sols à des valeurs proches de celles obtenues en mode vecteur, ce qui n'est pas le cas pour la méthode MCA. Le calcul des surfaces et taux de variation de ces surfaces pour les différents types de sols selon les deux méthodes de rasterisation montre cette divergence de résultats (Tableau 17). On constate d'importantes baisses de surfaces de types de sols constitués de polygones (éléments) les plus linéaires tels que les zones bâties (routes) et les zones hydromorphes en utilisant la méthode MCA.

Les taux de variations sont calculés selon la formule suivante :

$$\text{Taux de variation} = \frac{(\text{Surface raster} - \text{Surface vecteur})}{\text{Surface vecteur}} * 100$$

Tableau 17 : Surfaces et taux de variation des types de sols du bassin versant du Gouet selon la méthode de rasterisation : CC et MCA (taille de la maille 100m)

	Surface (ha)			Taux de variation (%)	
	vecteur	CC	MCA	CC	MCA
BATI	4173.0	4206.0	3415.0	0.8	-18.2
BOIS	4129.8	4226.0	3915.0	2.3	-5.2
EAU	121.9	125.0	115.0	2.6	-5.6
ZH	2686.7	2685.0	2363.0	-0.1	-12.0
UCS_106	2483.3	2466.0	2735.0	-0.7	10.1
UCS_1028	4785.5	4748.0	5339.0	-0.8	11.6
UCS_1108	936.3	981.0	989.0	4.8	5.6
UCS_4028	902.2	883.0	968.0	-2.1	7.3
UCS_4029	1398.4	1404.0	1496.0	0.4	7.0
UCS_12033	3328.5	3357.0	3569.0	0.9	7.2

ZH : zone hydromorphe

UCS : unité cartographique de sol

Pour la modélisation, il est important de conserver les surfaces des différents types de sols par rapport au vecteur, c'est pourquoi nous faisons le choix d'utiliser la méthode CC pour l'ensemble des données cartographique en mode vecteur nécessitant la mise au format raster.

2.3.4 Bases de données des pratiques agricoles

2.3.4.1 Organisation générale des bases de données et échelle de travail

2.3.4.1.1 Organisation générale des bases de données

La finalité de la constitution de ces bases de données des pratiques agricoles est de fournir au modèle des fichiers d'entrée du type .tec et rot.

Les fichiers .tec correspondent à un fichier texte dans lesquels sont consignées les opérations culturales. Ces opérations culturales et leur succession dans le temps sont liées au type de culture considéré et représentent les pratiques culturales des agriculteurs (Tableau 18).

Tableau 18 : Liste des opérations culturales pouvant être consignées dans les fichiers .tec

Opérations culturales	Signification	Précisions apportées dans le fichier .tec
semis	Semis	Nom de la culture
ferti	Fertilisation minérale	Quantité apportée (kgN/ha)
aporg	Apport organique	- Matière organique apportée : 1 = Fumier de bovins (C/N = 15.1) 2 = Résidus de culture standard 3 = Fumier de volailles (C/N = 8.7) 4 = Lisier de porcs (C/N = 3.7) 5 = Lisier de bovins (C/N = 8.7) 6 = Retournement de prairie 7 = Résidus de légumes (décomposition très rapide, C/N = 18) - Quantité apportée (tC/ha) - Rapport C/N (SD)
recol	Récolte	Type de récolte : 1 = Grains+pailles (résidus = racines) 2 = Grains seuls (résidus = racines+pailles) 3 = Enfouissement plante entière
patur	Pâturage (prairie)	/
fauch	Fauche (prairie)	Hauteur de fauche (m)
resti	Litière des forêts (C/N = 55)	/

Pour une année donnée et à l'échelle du bassin versant, on connaît la quantité d'azote à gérer. Cette quantité d'azote se décline selon son origine (bovins, porcins, volailles, minérale) et selon la forme sous laquelle il est à gérer pour les effluents d'élevage (lisier ou fumier). Ces différentes formes d'azote sont réparties sur les cultures, dans le temps et l'espace, à travers les itinéraires techniques (ou ITKs).

En parallèle, toujours pour une année donnée et à l'échelle du bassin versant, on connaît les cultures présentes sur toutes les parcelles agricoles. La mise en relation d'une culture et d'un itinéraire technique aboutit à la constitution d'une étape du fichier .rot. L'ensemble de ce fichier étant composé de la succession des différentes associations culture-itinéraire technique dans le temps, pour chaque parcelle. On obtient *in fine* autant de fichiers .rot qu'il existe de parcelles sur le bassin (Figure 4).

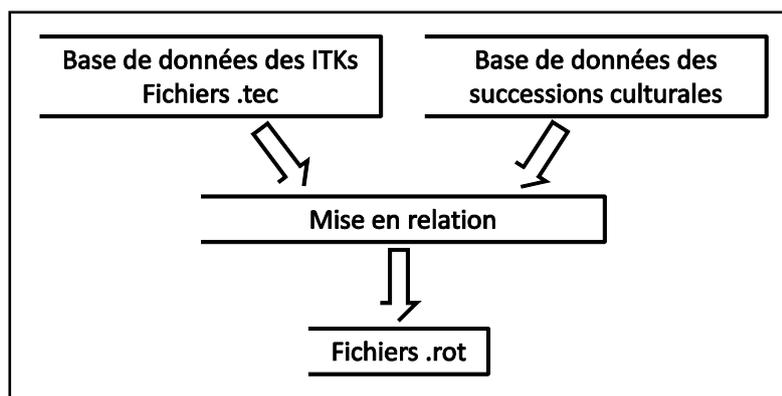


Figure 4 : Organisation générale des bases de données des pratiques agricoles

Nous expliciterons dans la suite du rapport comment sont mis en relation les deux bases de données car cette relation est directement liée à des choix méthodologiques présentés ci-après.

2.3.4.1.2 Echelle de travail : cas de figure idéal/méthodologie choisie

Le modèle TNT2 est conçu de manière à pouvoir spatialiser les pratiques agricoles en mettant en relation les quantités et formes de l'azote avec les parcelles sur lesquelles elles doivent être épandues. Cette échelle de travail nécessite de disposer de ces données au niveau de l'exploitation, quitte à ensuite agréger les exploitations selon une typologie de façon à limiter le nombre de fichiers d'entrées à créer.

Dans la présente étude, de manière à réduire le temps de traitement des données nécessaires, mais également parce que nous ne disposons pas des données nécessaires pour cause de secret statistique, nous avons choisi d'agréger les données à l'échelle du bassin versant, l'assimilant ainsi à une seule exploitation.

Cette échelle de travail implique que les pratiques agricoles ne sont pas représentées (modélisées) aussi précisément que dans des études antérieures travaillant au niveau de groupes d'exploitations (Durand et al., 2006 ; INRA, 2008 ; Raimbault et al., 2009). L'échelle de représentation des pratiques agricoles de cette étude entraîne un nivellement des extrêmes pour ne finalement considérer que des pratiques moyennes, tous types d'exploitations confondus et pour toutes les parcelles, quelque soit leur position dans le bassin versant.

2.3.4.2 Méthodologie de création des fichiers .tec

2.3.4.2.1 Fichiers .tec : cas de figure idéal/méthodologie choisie

Le cas de figure idéal pour constituer cette base de données des itinéraires techniques est de disposer des enregistrements des pratiques des agriculteurs pour chaque parcelle du bassin versant et sur l'ensemble de la période de simulation. Cette précision dans les données permettrait de retranscrire fidèlement les pratiques réelles des agriculteurs, à la fois dans le temps et dans l'espace.

Non seulement nous ne disposons pas de ces données mais si l'on considère le grand nombre d'exploitations et de parcelles sur un bassin versant, constituer une base de données de ce niveau de précision serait extrêmement coûteux en temps.

Des stratégies permettant d'approcher (de modéliser) les pratiques des agriculteurs et de gagner du temps dans l'implémentation du modèle ont donc été mises en œuvre :

- les fichiers .tec ne sont pas générés par année mais par période. Une période est définie selon une année de référence pour laquelle on dispose des données nécessaires.

Les années de références choisies sont 2000 et 2008, années à partir desquelles on reconstitue l'année de référence moyenne 2004. Les itinéraires techniques sont reconstitués pour ces trois années de référence, et appliqués ensuite aux années culturales correspondantes couvrant l'ensemble de la période de calage du modèle (Tableau 19).

Tableau 19 : Années de références, années culturales et périodes pour la constitution des fichiers .tec

Année référence	Année culturale	Période
2000	1998-1999	P1
	1999-2000	
	2000-2001	
	2001-2002	
2004	2002-2003	P2
	2003-2004	
	2004-2005	
	2005-2006	
2008	2006-2007	P3
	2007-2008	
	2008-2009	
	2009-2010	

- les fichiers .tec ne sont pas le reflet exact des pratiques réalisées par les agriculteurs mais correspondent aux pratiques moyennes ou le plus souvent rencontrées. Les itinéraires techniques sont dits « itinéraires techniques types » ou « ITKs types ».

On définit des ITKs correspondant à des pratiques de fertilisation minérale exclusivement et des ITKs avec fertilisation organique et complémentation minérale. Ces derniers sont déclinés selon le type d'effluents considérés.

Les dates d'implantation et de récolte des cultures, les dates d'exploitation des prairies ainsi que les dates des apports azotés sont donc définies au préalable et appliquées sur l'ensemble des années culturales de la période de calage. Les quantités d'azote des apports azotés sont également définies au préalable selon leur type et la culture concernée, sous forme de doses de référence.

Les caractéristiques (dates d'implantation des cultures, dates des apports azotés et doses de ces apports) des itinéraires techniques utilisées dans l'étude « contentieux » (INRA, 2008) ont été soumises à une expertise locale (animateurs agricoles, conseillers des chambres d'agriculture) et modifiées pour être adaptées à chaque territoire. Pour rappel, les itinéraires

techniques issus de l'étude contentieux proviennent de l'analyse de l'enquête « Pratiques culturales 2006 » et d'une base de données des pratiques d'exploitations laitières du Finistère.

2.3.4.2.2 Pressions azotées et formes de l'azote

Les pressions azotées présentées dans les paragraphes suivant correspondent uniquement aux entrées d'azote d'origine agricole.

La méthodologie mise en œuvre et présentée ici est appliquée à l'ensemble des bassins versants. Nous verrons par la suite que certaines précisions ont été apportées aux résultats de pressions suivant les données disponibles localement.

Année de référence 2000

Pression azotée minérale de 2000

Pour calculer la pression azotée minérale à l'échelle du bassin, on utilise les données de l'enquête BV-BEP de 2004, en faisant certaines hypothèses faute d'informations plus précises (Tableau 20) :

- la pression minérale utilisée pour le Guillec est celle de l'Horn ;
- les données du Haut-Gouessant sont utilisées pour l'ensemble du Gouessant ;
- les données du Porzay sont appliquées au Kerharo et au Lapic ;
- les données du Lesnevard sont appliquées au St Laurent ;
- les données de la Baie de la Fresnaye sont appliquées au Frémur.

Tableau 20 : Correspondance entre intitulés de BV-BEP et sous-bassins versants algues vertes

Intitulés BV-BEP	Intitulés Algues vertes
Baie Fresnaye	Frémur
Haut-Gouessant	Gouessant
Urne	Urne
Gouet	Gouet
Ic	Ic
Douron	Douron
Horn	Horn
Quillimadec	Guillec
Porzay	Quillimadec
Ris	Kerharo
Lesnevard	Lapic
Moros	Ris
	St Laurent
	Moros

On utilise ensuite les données Agreste¹ de l'évolution des ventes d'engrais minéral au niveau départemental (Tableau 21). On applique cette évolution départementale entre 2000 et 2004 à la valeur de 2004 (base 100) pour obtenir une pression minérale en 2000.

Tableau 21 : Evolution des ventes départementales d'engrais de 2000 à 2008

	2000	2004	2008
Côtes d'Armor	113.4	100	93.3
Finistère	107.6	100	108.5

Pression azotée organique brute de 2000

Les données du RA2000 fournies par la DRAAF à l'échelle du bassin versant sont utilisées pour calculer les quantités d'azote organique produites par les animaux dans les exploitations dont le siège est inclus dans le bassin. Cet azote produit se distingue selon son origine : bovins, porcins, volailles et autres animaux. Les quantités d'azote produites par la catégorie « autres animaux » sont réparties au prorata de l'importance des autres catégories.

Les quantités d'azote produites par les bovins sont obtenues en utilisant un modèle de rejet élaboré sous Excel en collaboration avec Luc Delaby (UMR PL). Cet outil permet d'intégrer le type d'alimentation et la productivité des vaches laitières pour estimer les rejets d'azote des bovins. Cet outil permet également de différencier les rejets extérieurs (azote non-maîtrisable) des rejets en bâtiment (azote maîtrisable). Une notice technique de cet outil est présentée en Annexe 2.

En ce qui concerne les formes de l'azote, on considère que la totalité de l'azote des porcins est sous forme de lisier et que la totalité de l'azote des volailles est sous forme de fumier. Pour distinguer l'azote issu des bovins sous forme de fumier et de lisier, on s'appuie sur les résultats du recensement « Bâtiment d'élevage » et des « Enquêtes PMPOA » fournis par l'Institut de l'Élevage. Ces résultats nous donnent, en fonction des bâtiments, les proportions des vaches laitières et allaitantes logées en système aboutissant à la production de fumier et/ou de lisier (Tableau 22). On applique ces proportions sur la quantité totale d'azote produite par les bovins laitiers et les bovins allaitant.

Tableau 22 : Distinction de l'azote produit par les bovins sous forme de fumier et de lisier

	% Fumier	% Lisier
Vaches laitières	72	28
Vaches allaitantes	92	8

Pression azotée organique nette de 2000

Les quantités d'azote importées sur le territoire et exportées hors du territoire étant inconnues, on considère que les imports et les exports d'azote sont du même type et s'annulent.

¹ Site web Agreste : <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>

Afin de calculer la résorption effective en 2000, on dispose de plusieurs sources de données selon l'origine de l'azote : volailles et porcs.

En ce qui concerne les volailles, on utilise les résultats d'un travail réalisé dans le but d'estimer les mesures de résorption à mettre en œuvre. La base de données constituée nous donne excédents azotés des exploitations dont le siège est situé en zone d'excédent structurel (ZES). Ces données sont ensuite agrégées au niveau cantonal. L'excédent est calculé comme suit :

- calcul des quantités d'azote produites par les animaux dont les effectifs issus du RA 2000 ;
- estimation de la surface recevant des déjections (SRD). La SRD correspond ici à 70% de la SAU auxquels on ajoute 30% des surfaces en prairies de manière à prendre en compte les prairies pâturées non-épardables ($SRD = SAU * 0.7 + 0.3 * \text{surfaces en prairies}$) ;
- calcul de l'excédent par rapport au seuil des 170kgN/ ha de SRD.

La typologie des exploitations constituée dans cette étude croise les orientations des exploitations et le niveau d'excédent (Tableau 23).

Tableau 23 : Critères de la typologie des exploitations-données cantonales des excédents azotés de 2000

Orientation des exploitations	Classe d'excédent (kgN)
Azote bovin $\geq 70\%$ de l'azote total produit	<10000
Azote porcin $\geq 70\%$ de l'azote total produit	10000-13000
Azote volaille chair $\geq 70\%$ de l'azote total produit	13000-15000
Azote poules pondeuses $\geq 70\%$ de l'azote total produit	15000-17000
Aucun azote animal $\geq 70\%$ de l'azote total produit	17000-20000
	>20000

Les hypothèses suivantes sont réalisées :

- les exploitations « Azote poules pondeuses $\geq 70\%$ de l'azote total produit » dont l'excédent est « >20000 » exportent leur fientes et l'excédent considéré comme résorbé en 2000 ;
- les exploitations « Azote volaille chair $\geq 70\%$ de l'azote total produit » dont l'excédent est supérieur à 15000 kgN/ha SRD exportent également leur fientes et l'excédent est considéré comme résorbé en 2000 ;
- une partie des exploitations « Aucun azote animal $\geq 70\%$ de l'azote total produit » dont l'excédent est « >20000 » exportent leur fientes, ce sont les exploitations mixtes bovins-volailles. Le calcul de l'excédent est présenté dans le Tableau 24 et permet de distinguer ces exploitations des mixtes bovins-porcs.

Tableau 24 : Méthode de calcul des excédents des exploitations mixtes bovins-volailles

Etape	Calcul	Formule
1	N résorbable par biphase	$N_{\text{résorbé_biphase}} = N_{\text{total}} - N_{\text{total_après_biphase}}$
2	N total des porcins (N résorbé biphase = 17% N porcins)	$N_{\text{porcins}} = N_{\text{résorbé_biphase}} / 0.17$
3	Proportion de l'N des volailles sur N total	$N_{\text{volailles}} / N_{\text{total}} = 1 - (N_{\text{porcins}} / N_{\text{total}})$
4	Calcul de l'N résorbé des volailles	$N_{\text{résorbé_volailles}} = (N_{\text{volailles}} / N_{\text{total}}) * N_{\text{excédent}}$

On peut alors calculer une quantité d'azote résorbée par ha de canton. S'en suit un travail sous SIG nous permettant de connaître les surfaces de chaque bassin versant dans les cantons en ZES et de faire une pondération selon l'importance de cette surface dans la surface totale du bassin. On rapporte ensuite les kgN/ha de bassin en kgN/ha de SAU en utilisant le rapport SAU/Surface totale du bassin versant.

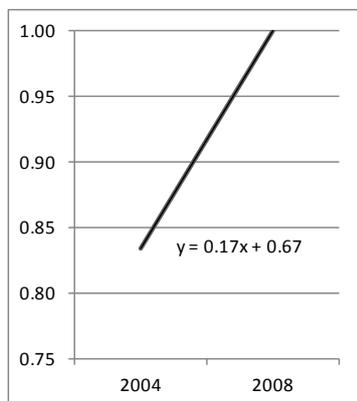
En ce qui concerne les porcins, on utilise les données de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne recensant les stations de traitement des lisiers mises en service. Ces données nous donnent les quantités d'azote traité et exportées (co-produit du traitement des lisiers) par station et par territoire. Les stations et quantités d'azote prises en compte sont celles mises en services avant 2002.

La résorption par biphase est calculée à partir des données de l'enquête BEP 2004. Cette enquête précise les quantités d'azote résorbées par biphase dans les bassins BEP en 2004. On peut ainsi calculer le niveau de résorption atteint par rapport à un niveau théorique pour les bassins versants. On fait ensuite les hypothèses suivantes :

- la réduction théorique des rejets azotés par la mise en place d'une alimentation biphase est de 17% de l'azote produit par les porcins ;
- en 2008, les 17% de réduction théoriques sont atteints ;
- la vitesse de mise en place de l'alimentation biphase est constante entre 2000 et 2008.

Ces hypothèse nous permettent de définir l'ordonnée à l'origine de la droite formée par les points correspondant aux niveaux de résorption atteints en 2004 et 2008, cette ordonnée correspondant au niveau supposé de 2000 (Figure 5).

Figure 5 : Méthode de détermination du niveau de résorption par biphasé atteint en 2000 (0.67 dans cet exemple)



Aucune résorption de l'azote des bovins n'est prise en compte en 2000. On obtient ainsi la pression azotée nette sur les bassins versants en 2000.

Assolement de 2000

Les assolements de l'année 2000 sont tirés des données du Recensement Agricole (RA2000) transmises par la DRAAF, à l'échelle du bassin versant. Ces assolements correspondent à l'agrégation des cultures des exploitations ayant leur siège dans le bassin versant. Les cultures qui représentent moins de 2% de la SAU ne sont pas prises en compte afin de simplifier la modélisation.

Afin de faciliter les comparaisons entre les bassins versants, des regroupements sont réalisés afin d'obtenir 4 classes de cultures et une classe jachère (Tableau 25).

Tableau 25 : Regroupements des cultures du RA2000

Cultures de vente	Cultures fourragères pérennes	Cultures fourragères annuelles	Cultures spécialisées
blé tendre	prairies temp. graminées	maïs fourrager	légumes frais
maïs grain	prairies temp. association	autres four. annuels	pommes de terre
orge	prairies permanentes		
colza			
autres céréales			
triticale			

temp. : temporaire ; fourr. : fourrage

Année de référence 2008

Pression azotée minérale de 2008

La méthode de calcul pour la pression minérale en 2008 est identique à celle de 2000 : on applique l'évolution départementale entre 2004 et 2008 (Tableau 21) à la valeur de 2004 pour obtenir une pression minérale 2008.

Pression azotée organique brute de 2008

Pour les effectifs bovins, les données proviennent de la Base de Données d'Identification Bovines (BDNI) de 2008. Ces données sont utilisées pour calculer les rejets azotés des bovins avec le modèle de rejets.

La pression azotée des porcins et de la volaille est calculée en prenant les valeurs fournies par la DRAF de l'azote produit par type d'animaux. Ces données proviennent des enquêtes volailles 2008 et sites porcs de 2006 et permettent de déterminer la pression organique brute sur les bassins.

Pression azotée organique nette de 2008

La méthodologie mise en place pour calculer la pression organique nette utilise les données cantonales de la résorption en leur appliquant une pondération selon les proportions de la surface du bassin de chaque canton intersecté.

Pour les cantons en ZES, on dispose des quantités d'azote résorbé selon le mode de résorption utilisé. Il s'agit ensuite de répercuter la résorption sur les quantités d'azote brutes calculées pour l'année 2008 selon le mode de résorption. Cette répercussion est réalisée avec les hypothèses suivantes :

- la résorption par la mise en œuvre du mode d'alimentation biphasé et les traitements concernant uniquement l'azote porcin ;
- la résorption par transfert ne concerne que l'azote des volailles car les transferts des coproduits issus de traitement des lisiers sont comptabilisés avec les traitements ;
- pour la résorption par réduction d'effectifs, elle n'est pas prise en compte car déjà comptabilisée grâce aux effectifs animaux issus des enquêtes utilisées pour le calcul de l'azote produit.

On obtient ainsi la pression organique nette des bassins pour l'année de référence 2008.

Pour les bassins versants du Finistère, on dispose de données de résorption plus précises à l'échelle du bassin versant, données transmises par la DDTM² 29.

Les données du RA 2010 ne seront pas utilisées dans la suite de l'étude pour implémenter le modèle (données non présentées ici) en raison de leur disponibilité trop tardive

² DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Assolement de 2008-2009

Pour l'année 2009, les assolements des bassins versants sont tirés des données du Registre Parcellaire Graphique (RPG2009). Ces assolements correspondent aux cultures déclarées par les agriculteurs à la PAC. Les cultures qui représentent moins de 2% de la SAU ne sont pas prises en compte afin de simplifier la modélisation.

Afin de faciliter les comparaisons entre les bassins versants, on utilise les mêmes classes de cultures définies pour analyser l'assolement de 2000 (cf. paragraphe « Assolement de 2000 »).

2.3.4.2.3 Répartition des différentes formes d'azote sur les cultures

Pour chaque bassin versant, les itinéraires techniques utilisés et les doses d'apports sont déterminés en fonction de l'assolement, des données disponibles sur la SAMO (surface amendée en matières organiques) et des données de pressions azotées (azote minéral, azote organique net issu des bovins, des porcs et des volailles). L'assolement utilisé est celui de 2000.

Il s'agit ici de mettre en relation la pression azotée, c'est-à-dire les quantités d'azote disponibles sur le bassin versant, et la dose d'azote apportée pour chaque itinéraire technique.

- Première étape : détermination de la SAMO par culture

Les données sur la SAMO sont issues de l'enquête BV BEP de 2004 et nous renseignent sur la SAMO globale, la SAMO sur céréales, sur maïs et sur prairies. La SAMO sur les cultures légumières est obtenue par expertise. On fait l'hypothèse que ces indicateurs de SAMO sont constants sur la période de simulation.

Cet indicateur de SAMO nous permet de distinguer les surfaces de chaque culture en fertilisation minérale seule et les surfaces recevant des effluents et complémentées en engrais minéral. Pour les surfaces fertilisées en organique et minéral, l'étape suivante consiste à déterminer les surfaces concernées par tel ou tel type d'effluent.

- Deuxième étape : détermination de la surface concernée par chaque type d'apport organique

Les surfaces concernées par les différents types d'apports sur chaque culture sont définies de manière à d'une part couvrir la SAMO par culture et d'autre part répartir les effluents en fonction des quantités d'azote disponibles (plus il y a d'azote disponible pour un type d'effluent, plus les surfaces affectées à cet effluent sont importantes).

- Troisième étape : modification des doses apportées

Nous mettons en relation les quantités d'azote disponibles pour chaque effluent ou pour l'azote minéral, avec les quantités qui seraient théoriquement apportées si l'on utilisait les doses d'azote de référence pour chaque itinéraire technique type. En cas d'inadéquation entre ces deux quantités, nous recalculons les doses apportées en appliquant un coefficient correcteur, de manière à ce que la totalité de l'azote apporté corresponde à l'azote effectivement disponible pour chacune des trois périodes.

Nous obtenons donc, pour chaque culture de chaque bassin versant et pour chacune des trois périodes, la part de surface concernée par chaque itinéraire technique et les doses d'azote correspondantes.

Les fichiers .tec peuvent ainsi être renseignés et les proportions de chaque itinéraire technique sont consignées dans un fichier nommé « proportions d'ITKs » pour une utilisation ultérieure (cf. paragraphe 2.3.4.3.3 « Mise en relation des fichiers « .tec », du fichier « %_itks » et des occupations de sol : élaboration des fichiers « .rot »).

2.3.4.3 Méthodologie de création des fichiers .rot

2.3.4.3.1 Reconstitution des occupations du sol estivales

Cette reconstitution des occupations du sol est réalisée pour les années culturales allant de 1999 à 2027. Ces années culturales couvrent la période de calage du modèle 1999-2010 et une période de prospective 2011-2027.

Elaboration de matrices de transition génériques

Le principe de calcul de matrices de transition est basé sur la comparaison de l'occupation du sol en des points répartis uniformément sur le territoire, sur plusieurs années successives. Si l'on prend deux années successives, pour chaque culture présente l'année n, on peut calculer le nombre de points pour lesquelles l'occupation du sol est différente en n+1 et quelles sont les nouvelles occupations de ces points. Ce nombre de points est ensuite transcrit en probabilités. Si ce calcul est répété pour chaque transition d'une année à une autre dont on connaît l'occupation du sol, il est également possible d'obtenir des probabilités de transition moyennes.

On obtient alors une matrice stochastique (matrice carrée dont la somme des probabilités en ligne est égale à 1) que l'on appellera matrice de transition. Dans ce cas, on a en lignes les cultures de l'année n et en colonne de l'année n+1. On nommera ce type de matrice de transition « matrice avant » (Tableau 26).

Tableau 26 : Exemple de matrice de transition

n	n+1			
	blé	maïs	prairie temporaire	prairie permanente
blé	0.10	0.80	0.10	0.00
maïs	0.35	0.35	0.30	0.00
prairie temporaire	0.10	0.10	0.80	0.00
prairie permanente	0.00	0.00	0.00	1.00

Les matrices de transition génériques ont été calculées à partir des résultats de l'enquête Terruti « observation du territoire », basée sur un échantillon de points repérés avec précision sur l'ensemble de la Bretagne et portant sur la période 1992-2003. Deux matrices avant moyennes sont calculées pour les départements 22 et 29.

Adaptation des matrices de transition génériques et application à l'année de référence 2009

La carte de l'occupation du sol, comprenant les cultures en place pour l'année de référence 2009 (cf. paragraphe 2.3.3.4 « Carte du parcellaire et répartition spatiale des cultures »), nous donne l'assolement du bassin versant. Les matrices de transition génériques sont ensuite adaptées en modifiant les probabilités de transition entre cultures de manière à ce que cet assolement de l'année 2009 soit constant sur la période 1999-2027.

En appliquant les matrices adaptées sur les parcelles de l'année de référence 2009, on génère ainsi les occupations du sol estivales postérieures à celle-ci, sur la période 2010-2027.

Cette méthode assez simple permet à la fois de reconstituer des successions de cultures cohérentes et d'obtenir un assolement relativement stable. En effet, les surfaces des cultures en année n+1, au niveau du bassin versant, sont calculées et la répartition des cultures sur les parcelles est conservée si l'écart de surface par rapport à l'année de référence est inférieur à 0.5 %. Si ce n'est pas le cas, une nouvelle application de la matrice est mise en place jusqu'à ce que cette condition soit remplie. Si cela n'est toujours pas le cas au bout de 300 essais, le seuil est augmenté de 0.5 %. De plus, cette méthode est bien adaptée pour travailler sur un nombre de parcelles important.

Dans un deuxième temps et grâce aux occupations du sol générées de 2010 à 2027, on calcule les « matrices arrières » moyennes (passage d'une année n à une année n-1). L'application d'une matrice arrière sur l'occupation du sol de l'année de référence 2009 nous permet de déterminer l'occupation du sol des années antérieures à celle-ci. On obtient *in fine* les occupations du sol de chaque parcelle du bassin sur toute la période de simulation, à partir desquelles on obtient l'assolement reconstitué (Tableau 27).

On notera que, pour des raisons de simplification dans la génération des occupations du sol, les parcelles définies en gel en 2009 n'entrent pas dans les rotations culturales.

Tableau 27 : Principe de reconstitution des occupations du sol estivales

Etapas	Années culturales		
	1999 à 2008	2009	2010 à 2027
Etat initial		OS 2009	
1 Application : Matrice avant		OS 2009+ Matrice avant	=> OS reconstituées
2 Calcul matrice arrière : OS reconstituées 2027-2010			
3 Application : Matrice arrière	OS reconstituées	<= OS 2009+ Matrice arrière	OS reconstituées
Etat final	OS reconstituées	OS 2009	OS reconstituées

2.3.4.3.2 Reconstitution des occupations du sol hivernales

Pour pouvoir reconstituer les successions de cultures sur l'ensemble de la période de simulation, il faut également reconstituer les occupations du sol en hiver. Cette reconstitution est réalisée à l'aide de règles expertes et d'indicateurs.

Le premier groupe de règles correspond à celles issues d'hypothèses et sont communes à tous les bassins versants (Tableau 28).

Tableau 28 : Règles de décision des occupations du sol hivernales communes à tous les bassins versants

Règle	Définition
Les prairies permanentes n'entrent pas dans une rotation	Si OS été suivant = prairie permanente, alors OS hiver précédent = prairie permanente
Les céréales sont des céréales d'hiver	Si OS été suivant = céréales, alors OS hiver précédent = céréales
Le colza est un colza d'hiver	Si OS été suivant = colza, alors OS hiver précédent = colza
Les prairies temporaires sont retournées au printemps avant une culture de printemps	Si OS été précédent = prairie temporaire et OS été suivant = culture de printemps, alors OS hiver précédent = prairie temporaire
Les prairies temporaires sont semées à l'automne	Si OS été précédent = culture et OS été suivant = prairie temporaire, alors OS hiver précédent = prairie temporaire
Le sol reste nu après la récolte d'un maïs grain et avant une culture de printemps	Si OS été précédent = maïs grain et OS été suivant = culture de printemps, alors OS hiver précédent = sol nu

Le second groupe de règles correspond à des règles statistiques construites à l'aide des données disponibles concernant les surfaces restant en sol nu l'hiver et les surfaces en cultures dérobées (Tableau 29). Ces données peuvent varier d'une période à l'autre entraînant une modulation des règles. Les sources de ces données sont variables selon les bassins et proviennent de l'enquête BV-BEP de 2004 ainsi que de diverses enquêtes ou diagnostics transmis par les gestionnaires des bassins versants.

Tableau 29 : Règle de décision des occupations du sol hivernales spécifiques à chaque bassin versant

Règle	Définition
Sol nu hivernal, cipans et cultures dérobées	Si OS été précédent = culture sauf maïs grain et OS été suivant = culture de printemps, alors OS hiver précédent = - x ha implantés en culture dérobée - y ha implantés en CIPAN - z ha restant nu

2.3.4.3.3 Mise en relation des fichiers « .tec », du fichier « %_itks » et des occupations de sol : élaboration des fichiers « .rot »

Nous avons obtenu, pour chaque bassin versant, les fichiers .tec, le fichier « proportions d'ITKs » et la base de données des successions de cultures. Il reste donc à construire les fichiers .rot. Ces fichiers reprennent, pour chaque parcelle, la succession des itinéraires techniques. Cela nécessite d'attribuer les itinéraires techniques aux parcelles en fonction de la culture et de l'année de manière à respecter les proportions calculées lors de la phase de mise en relation des ITKs et des pressions azotées.

Une procédure permettant de réaliser cette attribution et de générer pour chaque parcelle un fichier .rot est mise en œuvre en Java. Celle-ci contient les étapes suivantes :

- regroupement des parcelles ayant la même occupation du sol pour chaque année ;
- récupération des M ITKs (itinéraires techniques) pouvant être appliqués sur ce groupe de N parcelles. Chaque ITK_j peut être appliqué suivant une proportion (α_j) de la surface totale (S) de ce groupe de parcelle, avec $j \in [1, M]$;
- application de l'algorithme du KnapSack³, pour l'affectation des ITKs aux parcelles en respectant les contraintes de proportions :

$S_j = \alpha_j S$, est la surface sur laquelle sera appliquée l'ITK_j. Soit A_i la surface de la parcelle i , $i \in [1, N]$. Existe-il des nombres $X_i \in \{0, 1\}$ tels que $S_j = X_1 A_1 + X_2 A_2 + \dots + X_N A_N$?

X_i vaut 1 si la parcelle de surface A_i est retenue, 0 sinon ;

L'algorithme du KnapSack permet d'énumérer toutes les combinaisons des valeurs de X_i donnant des valeurs proches de S_j et de choisir la meilleure.

- génération des fichiers .rot.

Les itinéraires techniques sont donc affectés aux parcelles de façon aléatoire mais pour une situation donnée (année et culture) et en respectant des contraintes de proportions. Ces proportions permettent de respecter les quantités et types d'azote à épandre pour les différentes périodes définies.

³ En algorithmique, le **problème du sac à dos**, noté également **KP** (en anglais, *Knapsack Problem*) est un problème d'optimisation combinatoire. Il modélise une situation analogue au remplissage d'un sac à dos, ne pouvant supporter plus d'un certain poids, avec tout ou partie d'un ensemble donné d'objets ayant chacun un poids et une valeur. Les objets mis dans le sac à dos doivent maximiser la valeur totale, sans dépasser le poids maximum (wikipedia.org).

2.4 Phase de paramétrisation/calage

2.4.1 Les paramètres du modèle et stratégie de paramétrisation

2.4.1.1 Les paramètres : signification et analyse de sensibilité

L'ensemble des paramètres (non codés en dur) de TNT2 se retrouve dans les fichiers param.gen, river.xml et t_sol.

Dans le fichier param.gen, on trouve des paramètres généraux liés à la partie STICS de TNT2 dont la portée est principalement agronomique (croissance des cultures, minéralisation,...) (Tableau 30).

Dans le fichier river.xml, on trouve le paramètre k contrôlant la fraction d'azote à retirer pour modéliser la dénitrification dans le réseau hydrographique. Les valeurs de k sont modulables en fonction de l'ordre de Strahler⁴.

Dans le fichier t_sol, on trouve des paramètres ayant des impacts sur les transferts d'eau et d'azote (Tableau 31).

Tableau 30 : Paramètres du fichier param.gen

Paramètres	Définitions	Unités
jvcmi	nombre minimal de jours vernalisants	SD
vlaimax	unité de développement foliaire ulai au point d'inflexion de la courbe $\Delta t_{ai}=f(\text{ulai})$	SD
parsurg	rapport PAR/RG	SD
lvopt	densité racinaire optimale pour l'extraction de l'eau et de l'azote	cm racine/cm sol
difN	coefficient de diffusion apparente du nitrate dans le sol humide	cm ² /j
rayon	rayon moyen des racines	cm
coefb	paramètre définissant l'effet radiatif sur l'efficacité de conversion	SD
FMIN1	paramètre pour le calcul de la constante de vitesse potentielle de minéralisation	10 ⁴ /j
FMIN2	paramètre pour le calcul de la constante de vitesse potentielle de minéralisation	SD
FMIN3	paramètre pour le calcul de la constante de vitesse potentielle de minéralisation	SD
arnet	coefficient de la relation empirique pour le calcul du rayonnement net	SD
brnet	coefficient de la relation empirique pour le calcul du rayonnement net	SD
proprac	rapport masse des racines/masse des parties aériennes des cultures	SD

⁴ Dans la classification de Strahler, tout drain qui n'a pas d'affluent se voit attribuer la valeur 1. Puis, le calcul de la valeur de chaque drain se fait selon la méthode suivante : un drain d'ordre n+1 est issu de la confluence de deux drains d'ordre n.

Tableau 31 : Paramètres du fichier t_sol

Paramètres	Définitions	unités
albedo	albédo du sol a l'état sec	SD
t	transmissivité latérale	m ² /j
m	facteur de décroissance exponentiel de la transmissivité	m
seuil_mulch	hauteur d'eau facilement évaporable	m
exp_evapolim	exposant permettant de limiter la demande évaporative	SD [4;8]
kRC	paramètre pour le calcul des remontées capillaires	SD
exp_n	paramètre pour le calcul des remontées capillaires	SD
prof_sup	épaisseur de l'horizon de surface	m
porosite_grav_sup	macro-porosité de l'horizon de surface (porosité gravitaire)	cm ³ /cm ³
phi_ratio_sup	rapport des porosités de l'horizon de surface (porosité rétention/porosité gravitaire)	SD
prof_sol	profondeur du sol	m
porosite_grav_interm	macro-porosité du niveau intermédiaire	cm ³ /cm ³
phi_ratio_interm	rapport des porosités de l'horizon intermédiaire (porosité rétention/porosité gravitaire)	SD
epaiss_alterite	épaisseur d'altérite	m
porosite_grav_inf	macro-porosité de l'altérite+ horizon fissuré	cm ³ /cm ³
phi_ratio_inf	rapport des porosités de l'altérite+ horizon fissuré (porosité rétention/porosité gravitaire)	SD
prof_hum	profondeur de sol sur laquelle seront calculées les transformations de l'azote (minéralisation, dénitrification)	m
Dapp	densité apparente du sol sur prof_hum	cm ³ /cm ³
argi	teneur moyenne en argile de l'horizon humique	g/100 g
calc	teneur moyenne en calcaire de l'horizon humique	g/100 g
Norg	teneur initiale en azote organique de l'humus	g/100 g
CsurNhumus	rapport C/N de l'humus	SD
finert	fraction du stock d'humus inactive pour la minéralisation et l'humification (=MO stable/MO totale)	SD [0; 1]
Vpot_denit	vitesse potentielle de dénitrification	g/m ² /j
qqtAzoteResPool	fraction de la matière sèche résiduelle alimentant le pool de matière organique	SD [0; 1]
txHumification	taux d'humification	SD [0; 1]
Nsequestrelnit	N séquestré initial	en g/m ²
seuil_infiltr	seuil d'infiltrabilité	m
coeff_partage	coefficient de partage lors du ruissellement hortonien entre la partie qui ruisselle sur la maille aval et l'autre à l'exutoire (ruissellement aval=coeff_partage*ruissellement hortonien)	SD
coeff_rfu	coefficient pour le calcul de la réserve en eau facilement utilisable [rfu (= (1-rfu)/ru)]	SD

Une analyse de sensibilité globale selon la méthode Morris (Morris 1991 ; Campolongo et al., 2007 ; Pujol, 2008) a été menée sur un sous bassin versant du Yar. L'analyse de sensibilité de Morris est une méthode qualitative qui permet de classer les paramètres par ordre d'importance en ne faisant varier qu'un seul facteur d'une simulation à une autre (méthode « *one factor at a time* »).

Les résultats de ce type d'analyse sont un classement des paramètres selon leur effet sur la (ou les) variable(s) de sortie du modèle considérée(s). L'effet peut être négligeable ou linéaire et sans interaction effet ou non-linéaire et/ou avec interaction.

Les effets de 24 paramètres ont été testés. Les effets de 16 de ces paramètres ont été testés sur des sorties du modèle à caractère hydrologique (H) et 19 sur des sorties à caractère agronomique (effet sur l'azote, N). La sélection des paramètres à tester a été réalisée par expertise et le bornage des valeurs minimales et maximales est issu des données de la BDAT ou des valeurs utilisées dans les études précédentes (Durand et al., 2006 ; INRA, 2008 ; Raimbault et al., 2009) (Tableau 32).

Tableau 32 : Paramètres, valeurs min et max testés dans l'analyse de sensibilité de Morris

Paramètres	Unités	Sorties hydro. (H), agro. (N)	Valeurs (min-max)
t	m2/j	HN	1-10
m	m	HN	0.001-0.7
exp_evapolim	SD [4;8]	H	4-8
kRC	SD	H	0.001-0.006
exp_n	SD	H	1.8-2.7
prof_sup	m	HN	0.1-0.4
porosite_grav_sup	cm3/cm3	HN	0.1-0.7
phi_ratio_sup	SD	HN	0.5-2
prof_sol	m	HN	0.4-2
porosite_grav_interm	cm3/cm3	HN	0.1-0.7
phi_ratio_interm	SD	HN	0.5-2
epaiss_alterite	m	HN	2-50
porosite_grav_inf	cm3/cm3	HN	0.01-0.05
phi_ratio_inf	SD	HN	0.5-2
prof_hum	m	N	0.2-0.5
Dapp	cm3/cm3	N	1-1.6
argi	g/100 g	N	12-30
Norg	g/100 g	N	0.1-0.6
CsurNhumus	SD	N	8-15
finert	SD [0; 1]	N	0.45-0.75
Vpot_denit	g/m2/j	N	0.5-5
txHumification	SD [0; 1]	N	0.005-0.015
seuil_infiltr	m	H	0.015-0.1
coeff_partage	SD	H	0-1

20 sorties du modèle ont été testées, dont 9 d'entre elles concernent des données simulées à l'exutoire et 11 à l'échelle du bassin versant (Tableau 33). Nous nous intéresserons par la suite uniquement aux sorties à l'exutoire du bassin.

Tableau 33 : Sorties du modèle et analyse de sensibilité de Morris

Sorties	Unité	Définition
Sorties hydrologiques à l'exutoire		
DebitSim_cum	m	Débit cumulé simulé à l'exutoire
DebitSim_decile1	m	1 ^{er} décile des débits simulés à l'exutoire
DebitSim_decile9	m	9 ^{ème} décile des débits simulés à l'exutoire
Sorties azote à l'exutoire		
Cdebit_cum	gN/m3	Concentration cumulée en N des écoulements totaux
Cdebit_decile1	gN/m3	1 ^{er} décile des concentrations en N des écoulements totaux
Cdebit_decile9	gN/m3	9 ^{ème} décile des concentrations en N des écoulements totaux
Ndebit_cum	gN/m2	Quantité cumulée d'N des écoulements totaux
Ndebit_decile1	gN/m2	1 ^{er} décile des quantités d'N des écoulements totaux
Ndebit_decile9	gN/m2	9 ^{ème} décile des quantités d'N des écoulements totaux
Sorties azote à l'échelle du bassin versant		
NRU_moy (1 ^{er} février)	gN/m2	Quantité d'azote du sol au 1 ^{er} février
Nmine_cum	gN/m2	Quantité cumulée d'azote minéralisé
Nmine_decile1	gN/m2	1 ^{er} décile des quantités d'azote minéralisé
Nmine_decile9	gN/m2	9 ^{ème} décile des quantités d'azote minéralisé
prairie_cum	gN/sbv*	Quantité cumulée d'N exporté par les prairies
ble_cum	gN/sbv	Quantité cumulée d'N exporté par le blé
ble_decile1	gN/sbv	1 ^{er} décile des quantités d'N exporté par le blé
ble_decile9	gN/sbv	9 ^{ème} décile des quantités d'N exporté par le blé
maïs_cum	gN/sbv	Quantité cumulée d'N exporté par le maïs ensilage
maïs_decile1	gN/sbv	1 ^{er} décile des quantités d'N exporté par le maïs ensilage
maïs_decile9	gN/sbv	9 ^{ème} décile des quantités d'N exporté par le maïs ensilage

*sbv = surface du bassin versant en m2*10000

Il ressort de cette analyse de sensibilité que les paramètres ayant le plus d'effet (on prend les 4 premiers dans le classement pour au moins une sortie) sur les sorties hydrologiques concernent (i) la modélisation des écoulements latéraux avec les paramètres m et t et (ii) la profondeur et la porosité du sol et du sous-sol avec les paramètres prof_sol, porosite_grav_interm, epaiss_alterite et porosite_grav_inf (Tableau 34).

Tableau 34 : Classement des paramètres selon leur effet sur les sorties hydrologiques à l'exutoire

Paramètres	DebitSim_cum	DebitSim_decile1	DebitSim_decile9
t	5	4	5
m	2	1	1
exp_evapolim	14	14	16
kRC	13	11	11
Exp_n	12	12	13
prof_sup	6	8	7
porosite_grav_sup	10	10	8
phi_ratio_sup	11	13	12
prof_sol	1	5	4
porosite_grav_interm	3	6	3
phi_ratio_interm	7	9	10
epaiss_alterite	4	2	2
porosite_grav_inf	8	3	6
phi_ratio_inf	16	16	15
seuil_infiltr	9	7	9
coeff_partage	15	15	14

En ce qui concerne les sorties azote à l'exutoire, on retrouve les paramètres t, m, prof_sol, porosite_grav_interm, porosite_grav_inf et epaiss_alterite ayant un effet, auxquels il faut ajouter les paramètres prof_hum, Norg et finert (Tableau 35, paramètres en grisé).

Tableau 35 : Classement des paramètres selon leur effet sur les sorties azote à l'exutoire

Paramètres	Cdebit_cum	Cdebit_decile1	Cdebit_decile9	Ndebit_cum	Ndebit_decile1	Ndebit_decile9
t	18	9	9	17	3	12
m	1	1	1	12	1	1
prof_sup	10	12	12	5	8	10
porosite_grav_sup	16	17	17	16	16	14
phi_ratio_sup	14	16	16	14	17	16
prof_sol	2	5	5	8	4	4
porosite_grav_interm	9	6	6	4	7	8
phi_ratio_interm	13	14	14	11	10	11
epaiss_alterite	5	3	3	6	2	6
porosite_grav_inf	11	7	7	10	5	13
phi_ratio_inf	15	13	13	15	14	17
prof_hum	4	4	4	2	9	3
Dapp	8	11	11	9	15	9
argi	7	10	10	7	12	7
Norg	3	2	2	1	6	2
CsurNhumus	17	18	18	18	18	19
finert	6	8	8	3	11	5
Vpot_denit	12	15	15	13	13	15
txHumification	19	19	19	19	19	18

2.4.1.2 Stratégie de paramétrisation

Il existe diverses méthodes d'ajustement des paramètres. Pour des modèles complexes comme TNT2, il n'existe pas de solutions analytiques et l'ajustement se fait par essai-erreur, avec une évaluation des performances du modèle à chaque essai. Le nombre de paramètres à ajuster détermine directement le nombre d'essais. Le temps de calcul pour une simulation (un essai) est l'autre élément qui détermine le temps total de calcul nécessaire pour calibrer le modèle à un niveau satisfaisant.

L'approche automatique ou semi-automatique, par l'utilisation d'algorithmes d'optimisation nécessite souvent plus d'essais que l'approche manuelle où chaque résultat est analysé par un cerveau humain. Néanmoins, l'utilisation de clusters de calculs permet de raccourcir les temps passés à la calibration, et surtout permet de travailler sur des calibrations de bassins versants différents en parallèle. Dans cette approche, la principale contrainte est la puissance de calcul disponible.

Les principales caractéristiques de la présente étude sont le nombre important de bassins versants à calibrer et un temps de calcul pour réaliser une simulation de 10 à 70 minutes selon les bassins. Afin de diminuer à la fois le nombre d'essais nécessaires, ainsi que le temps de calcul de chaque essai, nous avons choisi un nombre réduit de paramètres à ajuster, basé sur l'analyse de sensibilité présentée précédemment. De plus, seuls des paramètres ne nécessitant pas de réinitialisation longue (au moins 5 ans) du modèle pour qu'il y ait « équilibre » ont été retenus (Tableau 36). Les paramètres touchant au dimensionnement des réservoirs (porosité, taille de la nappe...) ont donc été éliminés.

Tableau 36 : Paramètres retenus pour la calibration

Paramètres
Par type de sol
t
m
Paramètres généraux
FMIN1
[NO3]init_nappe
paramètre k

De manière à réduire également les temps de calcul nécessaires, l'évaluation des performances du modèle est réalisée uniquement sur des chroniques (de débits, de flux) portant le plus d'informations pertinentes pour la calibration. Pour ce faire, la notion « d'événement critique pour la calibration » a été utilisée. L'hypothèse de travail est que tous les événements d'une chronique de débits, par exemple, ne portent pas la même information, et que celle portée par les événements extrêmes (fortes crues, longues périodes d'étiage) est essentielle (et quasi-suffisante) pour calibrer les modèles hydrologiques.

En reprenant ce concept, développé par Singh et Bardossy (2012), nous identifions les événements critiques, définis par une fenêtre temporelle mobile, de débits et de flux d'azote, de façon progressive le long de la chronique étudiée : la criticité à chaque nouveau pas de temps est évaluée en fonction des événements passés. Au début de la chronique, beaucoup d'information est ajoutée à chaque nouvelle observation. En pratique, les premières 2 années

hydrologiques d'une série de 10 ans peuvent déjà cumuler 90% des situations critiques présentes dans l'ensemble de la série. Le seuil de 90% a été retenu pour la sélection de la durée minimale de simulation, par bassin versant, et calculé à la fois sur les débits et les flux de nitrates.

L'enjeu ensuite est d'évaluer la représentativité du modèle à l'aide d'indices (ou fonctions objectifs), c'est-à-dire sa capacité à représenter le fonctionnement du bassin versant, et ce dans les 3 volets suivants :

- quantité et dynamique des débits ;
- quantité et dynamique des flux d'azote dans le cours d'eau ;
- dynamique des concentrations en nitrate ;

Pour les chroniques de débits et de flux de nitrate, on utilise l'indice de Nash-Sutcliffe (NS) dont la formule est :

$$NS = 1 - \frac{\sum (x_{sim} - x_{obs})^2}{\sum (x_{obs} - x_{obs_moy})^2}$$

Cet indice NS évalue la performance en termes de dynamique et de quantité. La valeur maximale est 1. En dessous de 0, la moyenne est un meilleur indicateur que le modèle.

Pour la chronique de concentration en nitrate moyennée par mois, on utilise le coefficient de corrélation linéaire de Pearson élevé au carré avec la formule suivante :

$$r = \frac{\sum [(x_{sim} - x_{sim_moy}) * (x_{obs} - x_{obs_moy})]}{\sqrt{[\sum (x_{sim} - x_{sim_moy})^2]} * \sqrt{[\sum (x_{obs} - x_{obs_moy})^2]}}$$

Cet indice r évalue la qualité de représentation de la dynamique et de la tendance. Le maximum est 1. Par interprétation commune, le R² indique la variance expliquée par le modèle, en pourcentage.

2.4.2 Données disponibles et utilisation pour le paramétrage

Dans un souci de contraindre au maximum le paramétrage sur chaque bassin, on a cherché à borner les valeurs de certains paramètres en analysant les données du programme Sols de Bretagne ayant également servi à l'établissement des cartes des types de sols, (cf. 2.3.3.2 « Cartes des types de sol ») ainsi que les données issues du programme Silure⁵ du BRGM (Tableau 37).

Tableau 37 : Paramètres du fichier t_sol dont les valeurs sont bornées

Paramètres	Définitions	unités
prof_sup	épaisseur de l'horizon de surface	m
porosite_grav_sup	macro-porosité de l'horizon de surface (porosité gravitaire)	cm ³ /cm ³
phi_ratio_sup	rapport des porosités de l'horizon de surface (porosité rétention/porosité gravitaire)	SD
prof_sol	profondeur du sol	m
porosite_grav_interm	macro-porosité du niveau intermédiaire	cm ³ /cm ³
phi_ratio_interm	rapport des porosités de l'horizon intermédiaire (porosité rétention/porosité gravitaire)	SD
epaiss_alterite	épaisseur d'altérite	m
porosite_grav_inf	macro-porosité de l'altérite+horizon fissuré	cm ³ /cm ³
phi_ratio_inf	rapport des porosités de l'altérite+horizon fissuré (porosité rétention/porosité gravitaire)	SD
argi	teneur moyenne en argile de l'horizon humique	g/100 g
Norg	teneur initiale en azote organique de l'humus	g/100 g

2.4.2.1 Données Sols de Bretagne

Les données du programme Sols de Bretagne nous donnent, par UCS, l'importance relative de chaque UTS (types de sols) présent et, par strate de l'UTS (horizons superficiels, intermédiaires et altérés), les variables suivantes obtenues par descriptions des fosses pédologiques et analyse de prélèvements : les épaisseurs moyennes, minimales et maximales, les taux d'argiles, de limons et de sables et le taux de carbone organique.

Les valeurs moyennes, minimales et maximales des paramètres prof_sup, prof_sol et argi sont directement tirées des valeurs modales obtenues pour chaque type de sol et pondérées par les proportions des UTS dans l'UCS. Pour les valeurs de Norg, on applique la même méthode au taux de carbone organique que l'on divise par le rapport C/N de l'humus, soit 9.52 (Dommergue et Mangenot, 1970).

En ce qui concerne les paramètres porosite_grav_sup, phi_ratio_sup, porosite_grav_interm et phi_ratio_interm, on utilise l'équation développée par van Genuchten (1980) permettant de modéliser l'humidité du sol à différents niveaux de pression capillaire (phi, en hPa) :

$$\text{thêta}(\phi) = \text{thêta}_r + \frac{(\text{thêta}_s - \text{thêta}_r)}{[1 + (\alpha * |\phi|)^n]^{(1-1/m)}}$$

avec :

thêta (phi) l'humidité à la pression capillaire phi (cm³/cm³)

thêta r l'humidité de rétention (cm³/cm³)

thêta s l'humidité à saturation (cm³/cm³)

alpha (cm⁻¹) et n (SD) des paramètres liés à la forme de la courbe de rétention en eau

⁵ Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines

Le logiciel Rosetta Lite Version 1.0 (Schaap et al., 1998 ; Schaap et al., 2001) permet de prédire les paramètres de l'équation de van Genuchten, à savoir θ_r , θ_s , α et n , à l'aide de fonctions de pédotransfert calibrées sur un grand nombre de données expérimentales. Différents modèles prédictifs peuvent être utilisés selon les données disponibles :

- Modèle 1 (TXT) : classes texturales (classification USDA : sand, silty loam, clay loam,...) ;
- Modèle 2 (SSC) : pourcentages de sables, de limons et d'argiles ;
- Modèle 3 (SSCBD) : pourcentages de sables, de limons et d'argiles et densité apparente ;
- Modèle 4 (SSCBDTH33) : modèle 3 et humidité à 330 hPa ;
- Modèle 5 (SSCBDTH331500) : modèle 4 et humidité à 15000 hPa.

Nous utilisons le modèle 2 pour les niveaux intermédiaire et profond (altérite et horizon fissuré) et le modèle 3 pour l'horizon de surface afin de prendre en compte la densité apparente de cet horizon. Ces deux modèles permettent de déterminer les paramètres de l'équation de van Genuchten et en déduire l'humidité à la capacité au champ (θ_{cc} , 330 hPa). La macro-porosité correspond à la différence entre l'humidité à saturation et l'humidité à la capacité au champ et la micro-porosité à la différence entre l'humidité à la capacité au champ et l'humidité de rétention. Le rapport des deux porosités nous donne la valeur du paramètre ϕ_ratio calculé pour les niveaux de sols supérieur, intermédiaire et altéré.

2.4.2.2 Données Silure

Les données du programme Silure (Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eau Souterraine) ont permis l'établissement de cartes raster des épaisseurs des horizons altéré et fissuré au format SIG, ainsi que l'écart-type des valeurs (incertitude liée à l'extrapolation (ou interpolation) des données ponctuelles des forages). Le croisement de ces données avec les cartes des types de sols permet de déterminer l'épaisseur moyenne de l'horizon inférieur en additionnant les épaisseurs moyennes des altérites et de l'horizon fissuré (paramètre $epaiss_alterite$). Les bornes minimale et maximale sont calculées de la même manière en additionnant les écart-types des deux horizons.

En ce qui concerne les paramètres $porosite_grav_inf$ et ϕ_ratio_inf , les données du programme Sols de Bretagne et Silure sont combinées. En effet, les données Sols de Bretagne nous ont permis de calculer la macro-porosité et la micro-porosité de l'altérite mais celles-ci ne reflètent pas l'ensemble de l'horizon inférieur (altérites+horizon fissuré). Les valeurs minimale, moyenne et maximale des porosités de l'horizon sont donc définies par expertise (Mathieu Rouxel, comm. pers.) (Tableau 38) et on réalise ensuite une pondération en fonction des profondeurs des deux horizons pour obtenir la moyenne pondérée correspondant à l'ensemble de l'horizon inférieur.

Tableau 38 : Valeurs retenues pour la micro-porosité et la macro-porosité de l'horizon fissuré

	Porosité (cm ³ /cm ³)		
	Min.	Max.	Moy.
macro_porosité	0.010	0.030	0.020
micro_porosité	0.010	0.020	0.015

L'ensemble des valeurs des paramètres obtenues par UCS et types de sols (bâti, bois, eau, ZH, UCS) permettent de calculer la moyenne pondérée par les surfaces sur la totalité du bassin versant.

2.5 Evaluation de l'effet de scénarios de changements de pratiques

2.5.1 Catégories de scénarios testés dans les études précédentes

Les premiers types de scénarios testés sont des scénarios dits « enveloppe ». On peut par exemple extrapoler les pratiques actuelles et ainsi obtenir des indications sur des effets de changements de pratiques qui ne seraient pas encore observés. Un autre de ces scénarios « enveloppe » est le scénario « 0 lessivage » dans lequel toutes les surfaces agricoles sont implantées en prairies non fertilisées et dont la biomasse produite est exportée par fauche, ce qui nous renseigne sur l'inertie du bassin versant.

D'autres scénarios mettant en œuvre une réduction de la pression azotée en fonction de plafonds par exploitation (Directive Nitrates, Plan d'actions contentieux, MAE,...) ou de plafonds par cultures : (fertilisation raisonnée, Plan d'actions contentieux, MAE) ont également été testés.

Ont été aussi implémentés des scénarios de modifications de l'assolement par évolution des surfaces en cultures et en prairies (impacts sur les rotations culturales) et/ou désintensification de certaines zones (prairie permanente fauchée en ZH,...).

2.5.2 Scénarios testés et analyse des effets de ces scénarios

Les scénarios communs à tous les bassins versants sont les scénarios « enveloppe » définis dans le paragraphe précédent.

Ensuite, un scénario dit « Appel à projet algues vertes » a été défini par bassin versant, en concertation avec les acteurs de chaque territoire concernés par le plan algues vertes. Une phase de traduction de ces scénarios est ensuite nécessaire afin de le convertir en données d'entrée du modèle. Sur la base des dossiers déposés, une grille de traduction en éléments quantitatifs a été proposée à chaque porteur pour servir de base aux échanges. Ces échanges ont souvent été relativement limités, notamment pour des raisons de calendrier.

Ces données sont ensuite injectés dans le modèle et vient ensuite une phase d'analyse des effets de ces scénarios sur les dynamique de l'azote dans les bassins versants.

3 RESULTATS

3.1 Les bassins versants : données de suivi nitrate et débit

Les données de suivi nitrates et débit permettent de calculer un flux spécifique pour chacun des bassins versants (Tableau 39). Pour rappel, le flux spécifique est calculé au point de suivi nitrate par extrapolation de la chronique des débits à ce point.

Tableau 39 : Flux spécifique et évolution (kgN-NO₃/ha de bassin)

Unités	Surf. totale ha	S_NO3/ S_totale SD	Années /	Lame d'eau mm/an	Flux moyen kgN-NO ₃ /ha	[NO ₃] mg/L	Flux 2 dernières années kgN-NO ₃ /ha	Evolution flux % flux moyen
Gouessant	42044.2	0.58	99-08	202.7	23.4	51.1	20.6	-11.9
Frémur	7456.5	0.91	99-09	191.2	25.5	59.0	25.2	-1.0
Ic	8513.2	0.92	03-09	214.2	28.2	58.3	26.4	-6.3
Urne	5910.0	0.80	99-09	319.6	31.6	43.8	29.2	-7.6
Gouet	24945.5	0.78	99-09	405.5	31.8	34.7	29.2	-8.1
Kerharo	4451.5	1.00	00-09	459.3	38.0	36.6	33.7	-11.3
Ris	3594.7	0.92	99-09	502.1	38.3	33.8	36.8	-3.8
Quillimadec	7929.2	0.37	04-09	393.2	42.4	47.7	41.1	-3.1
Douron	9549.2	0.98	00-09	594.2	46.5	34.6	39.7	-14.5
St Laurent	3030.0	1.00	03-09	573.3	51.4	39.7	54.1	5.2
Lapic	2700.7	1.00	00-09	496.3	53.2	47.5	48.7	-8.5
Moros	4975.2	0.43	99-08	642.7	54.4	37.5	55.5	2.0
Horn	7752.7	0.60	00-09	449.0	77.9	76.9	71.3	-8.5
Guillec	7260.0	1.00	00-08	542.6	95.4	77.9	86.0	-9.8

SD : Sans dimension

On notera que la majorité des points de suivi nitrate se situent en aval des cours d'eau, permettant ainsi d'avoir une chronique intégrant en grande partie les caractéristiques hydrologiques et les pratiques agricoles de l'ensemble du bassin versant : S_NO₃/S_totale >= 0.78 pour le Frémur, l'Urne, le Gouet, l'Ic, le Douron, le Guillec, le Kerharo, le Lapic, le Ris et le St Laurent. Les points de suivi de concentration en nitrate des bassins du Gouessant, de l'Horn, du Quillimadec et du Moros sont quant à eux situés plus en amont du cours d'eau avec respectivement une S_NO₃/S_totale de 0.58, 0.60, 0.37 et 0.43.

Les flux spécifiques moyens présentent une large gamme de valeurs, les deux extrêmes étant les bassins du Gouessant et du Guillec avec respectivement 23.4 et 95.4 kgN-NO₃/ha (Figure 6). La différence entre le flux des deux dernières années et le flux moyen nous donne l'évolution du flux sur la période, qui, ramenée au flux moyen, nous donne des indications de tendance. On peut ainsi classer les bassins versants selon l'évolution de leur flux en 3 groupes :

- Bassins versants dont le flux est en hausse : St Laurent (+5.2%) ;
- Bassins versants dont le flux est sensiblement constant : Moros (+2.0%), Frémur (-1.0%), Quillimadec (-3.1%) et Ris (-3.8%) ;
- Bassins versants dont le flux est en baisse : Ic (-6.3%), Urne (-7.6%), Gouet (-8.1%), Lapic (-8.5%), Horn (-8.5%), Guillec (-9.8%), Kerharo (-11.3%), Gouessant (-11.9%) et Douron (-14.5%).

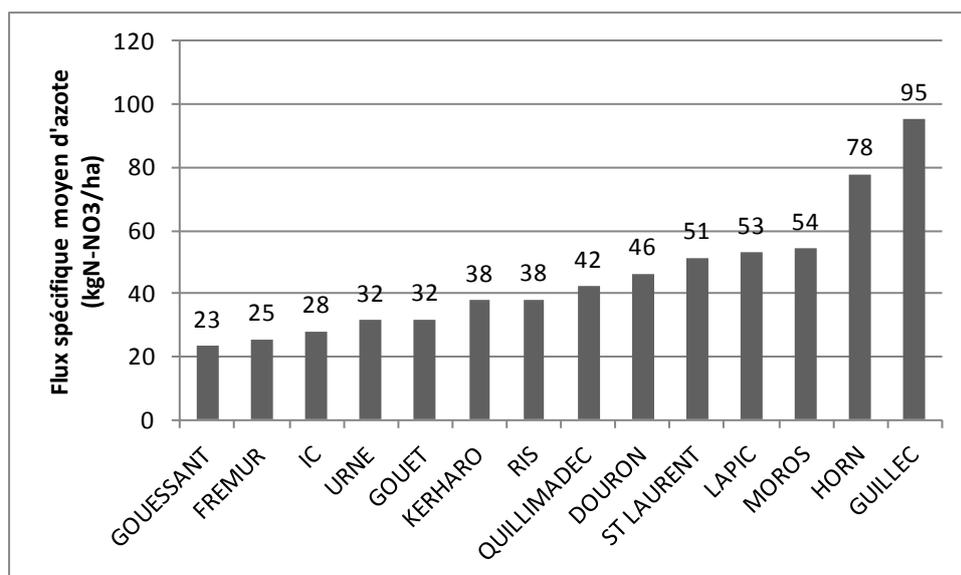


Figure 6 : Classement des bassins versants selon leur flux spécifique moyen d'azote (kgN-NO3/ha)

3.2 Les données d'entrée et leur préparation : phase d'implémentation du modèle

3.2.1 Données de déposition d'azote atmosphérique

L'extraction des données de l'EMEP nous donne les quantités journalières d'azote entrant dans le système par déposition atmosphériques sèches et humides (Tableau 40). On notera que la faible résolution des cartes EMEP (50*50km) entraîne l'utilisation des mêmes valeurs pour certains bassins versants.

Tableau 40 : Quantités journalière d'azote des dépositions atmosphériques sèches et humides (en gN/m2/j)

	Dépôts secs kgN/ha/an (2000-2008)	Dépôts humides	Dépôts totaux
Frémur	4.7	5.6	10.3
Gouessant			
Urne			
Gouet			
Ic			
Douron	4.3	5.5	9.8
Horn	2.3	2.9	5.2
Guillec			
Quillimadec			
Kerharo	3.6	4.3	7.9
Lapic			
Ris			
St Laurent	4.1	4.4	8.6
Moros			
Minaouet			

3.2.2 Données cartographiques

3.2.2.1 Cartes des types de sol

3.2.2.1.1 Cartographie des zones bâties, en eau, boisées et agricoles

Les résultats de la phase de cartographie des types de sols, à savoir la distinction entre les zones bâties, boisées, en eau et agricoles, sont présentés dans le Tableau 41.

Tableau 41 : Proportions des occupations du sol des bassins versants à algues vertes

Unités	Surface totale	Zones bâties		Zones boisées		Zones en eau		Zones agricoles	
	ha	ha	% S_tot	ha	% S_tot	ha	% S_tot	ha	% S_tot
Douron	9549	574	6.0	1825	19.1	9	0.1	7141	74.8
Frémur	7456	694	9.3	915	12.3	9	0.1	5839	78.3
Gouet	24946	4173	16.7	4130	16.6	122	0.5	16521	66.2
Guillec	7260	666	9.2	296	4.1	7	0.1	6290	86.6
Horn	7753	754	9.7	401	5.2	17	0.2	6580	84.9
Ic	8513	819	9.6	1214	14.3	2	0.0	6478	76.1
Kerharo	4451	284	6.4	320	7.2	1	0.0	3846	86.4
Lapic	2701	239	8.9	203	7.5	0	0.0	2258	83.6
Minaouet	1894	199	10.5	294	15.5	1	0.0	1399	73.9
Moros	4975	419	8.4	543	10.9	20	0.4	3993	80.3
Quillimadec	7929	825	10.4	363	4.6	19	0.2	6723	84.8
Ris	3595	264	7.4	673	18.7	7	0.2	2650	73.7
St Laurent	3030	247	8.2	403	13.3	2	0.1	2378	78.5
Urne	5910	836	14.1	1314	22.2	0	0.0	3759	63.6
Gouessant	42147	2857	6.8	5066	12.0	40	0.1	34185	81.1

Les pourcentages de zones agricoles dans le bassin s'échelonnent de 63.6% pour l'Urne à 86.6% pour le Guillec. On notera que plus la proportion de zones agricoles est faible et plus les zones boisées occupent une part importante de la surface du bassin versant, comme le montre la matrice des coefficients de corrélation de Pearson (Tableau 42).

Tableau 42 : Matrice des coefficients de corrélation de Pearson des pourcentages des zones bâties, boisées, en eau et agricoles de la surface totale

	Zones bâties	Zones boisées	Zones en eau	Zones agricoles
Zones bâties	1			
Zones boisées	0.25	1		
Zones en eau	0.40	-0.05	1	
Zones agricoles	-0.62	-0.91	-0.14	1
r (0.01, ddl=13)	0.64			

3.2.2.1.2 Cartographie des types de sol

L'étape suivante dans l'établissement des cartes des types de sols consiste à définir les zones agricoles en zones humides (Tableau 43).

Tableau 43 : SAU des bassins versants en zone humide (SAU_ZH) et hors zone humide (SAU_HZH)

Unités	S_tot	Zones agricoles (ZA)		Zones agricoles en zone humide (ZA_ZH)			Zones agricoles hors zone humide (ZA_HZH)		
	ha	ha	%S_tot	ha	%S_tot	%ZA	ha	%S_tot	%ZA
Douron	9549	7141	74.8	1024	10.7	14.3	6117	64.1	85.7
Frémur	7456	5839	78.3	1251	16.8	21.4	4587	61.5	78.6
Gouet	24946	16521	66.2	2687	10.8	16.3	13834	55.5	83.7
Guillec	7260	6290	86.6	1321	18.2	21.0	4970	68.5	79.0
Horn	7753	6580	84.9	1424	18.4	21.6	5156	66.5	78.4
Ic	8513	6478	76.1	734	8.6	11.3	5743	67.5	88.7
Kerharo	4451	3846	86.4	746	16.8	19.4	3100	69.6	80.6
Lapic	2701	2258	83.6	338	12.5	15.0	1920	71.1	85.0
Minaouet	1894	1399	73.9	241	12.7	17.2	1158	61.2	82.8
Moros	4975	3993	80.3	537	10.8	13.4	3456	69.5	86.6
Quillimadec	7929	6723	84.8	1852	23.4	27.5	4871	61.4	72.5
Ris	3595	2650	73.7	397	11.0	15.0	2253	62.7	85.0
St Laurent	3030	2378	78.5	387	12.8	16.3	1991	65.7	83.7
Urne	5910	3759	63.6	463	7.8	12.3	3297	55.8	87.7
Gouessant	42147	34185	81.1	5968	14.2	17.5	28218	66.9	82.5

Les pourcentages de zones agricoles en zone humide dans le bassin s'échelonnent de 8.6% pour l'Ic à 23.4% pour le Quillimadec, soit respectivement 11.3% et 27.5% des surfaces agricoles de ces deux bassins.

Les zones agricoles hors zones humides sont ensuite subdivisées selon les Unités Cartographiques de Sols (UCS) définies dans le programme Sols de Bretagne (Tableau 44, Tableau 45 et Annexe 3). On obtient ainsi les cartes des types de sols finalisées (Annexe 4).

Tableau 44 : UCS des zones agricoles hors zone humide des bassins versants (sauf Gouessant)

		UCS1	UCS2	UCS3	UCS4	UCS5	UCS6	Total ZA_HZH
Douron	n°	106	201	202	401	402	1103	/
	ha	1430	2125	886	701	380	594	6117
Frémur	n°	1106	3010	4026	4030	12013	12015	/
	ha	1190	1319	612	448	631	388	4587
Gouet	n°	106	1028	1108	4028	4029	12033	/
	ha	2483	4785	936	902	1398	3329	13834
Guillec	n°	1079	1202	1203	1208	/	/	/
	ha	529	1638	2254	549	/	/	4970
Horn	n°	1079	1201	1202	1203	/	/	/
	ha	367	935	1128	2727	/	/	5156
Ic	n°	1004	1108	1208	9010	/	/	/
	ha	854	1660	1625	1603	/	/	5743
Kerharo	n°	903	4014	4015	/	/	/	/
	ha	498	2199	404	/	/	/	3100
Lapic	n°	302	1015	4014	4015	/	/	/
	ha	174	278	638	829	/	/	1920
Minaouet	n°	302	1013	2010	/	/	/	/
	ha	352	450	356	/	/	/	1158
Moros	n°	302	1015	1108	4026	4029	/	/
	ha	173	739	780	1575	190	/	3456
Quillimadec	n°	102	103	107	1201	1202	/	/
	ha	616	256	627	1415	1957	/	4871
Ris	n°	104	302	1015	1018	1021	1022	/
	ha	148	211	217	792	466	420	2253
St Laurent	n°	104	107	1021	2010	/	/	/
	ha	222	722	386	661	/	/	1991
Urne	n°	1021	1108	9010	12013	12033	/	/
	ha	477	1617	687	234	281	/	3297

Tableau 45 : UCS des zones agricoles hors zone humide du Gouessant

n° UCS	ha
307	264
706	75
1002	793
1004	1131
1028	1006
1039	1790
1040	3712
1105	1315
1106	267
1202	231
1203	2829
1204	633
1208	337
1402	11
1403	39
1405	18
2007	1151
2017	952
3010	2913
3014	1
4020	577
4021	437
4026	1663
4028	2009
12012	107
12013	2282
12014	488
12015	269
12033	918
Total	28218

3.2.2.2 Carte des zones météo

Les cartes des zones météorologiques des bassins versants nous montrent un gradient est-ouest des lames drainantes, les classes de P-ETP les plus faibles ne se trouvant plus à l'ouest de la Baie de St Brieuc. A l'échelle du bassin versant pris individuellement, on observe un gradient amont-aval de la lame drainante, gradient dont l'amplitude (ou nombre de classes différentes) dépend fortement de la taille du bassin et de la topographie de la zone (Figure 7).

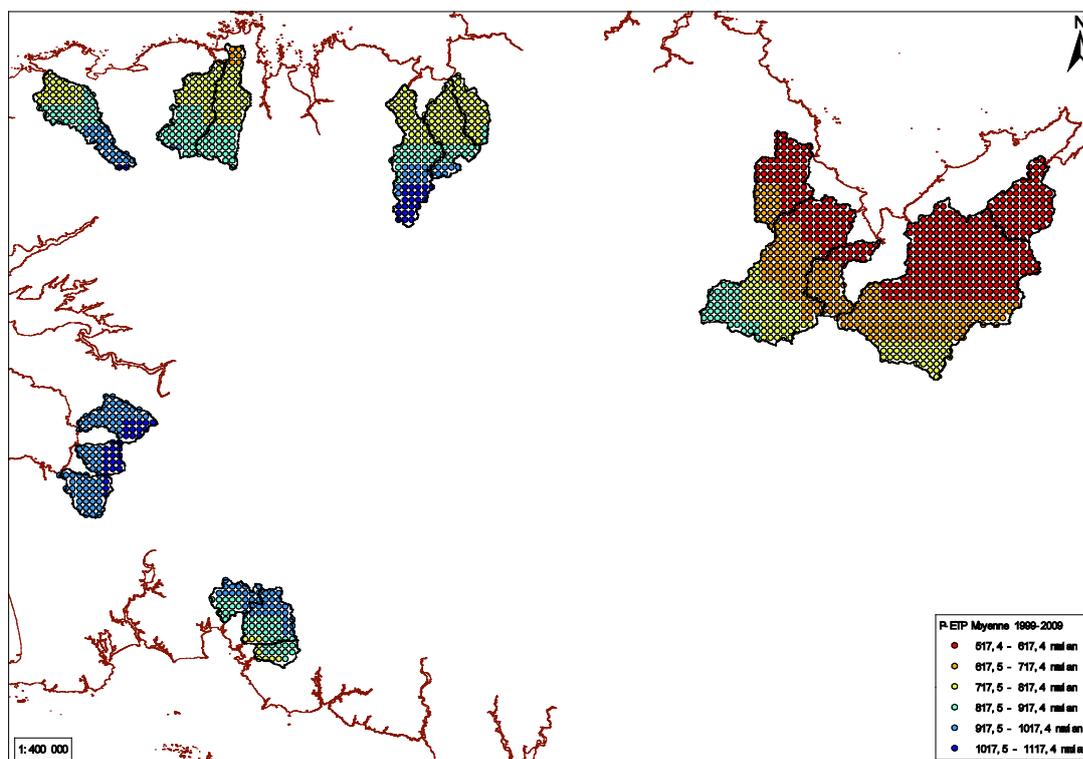


Figure 7 : Carte des zones météorologiques des bassins versant à algues vertes

Pour rappel, les caractéristiques des zones météorologiques identifiées sont présentées dans le Tableau 46. Le Tableau 47 précise les zones météorologiques obtenues par bassin versant et correspond à la base de données associée à la carte présentée dans la Figure 7. Les mailles des données issues provenant de Météo France font 1000 m de côté, donc chaque point au centre de cette maille représente une surface de 100 ha.

Tableau 46 : Classes de P-ETP et zonage météo des bassins versants à algues vertes

Zones météo	P-ETP (mm/an)	
	Limite inférieure	Limite supérieure
1	517.4	617.4
2	617.5	717.4
3	717.5	817.4
4	817.5	917.4
5	917.5	1017.4
6	1017.5	1117.4

Tableau 47 : Zones météorologiques des bassins à algues vertes

	Zones météo	1	2	3	4	5	6
Frémur	Nb de points	76					
	% surf.totale	100%					
Gouessant	Nb de points	238	136	42			
	% surf.totale	57%	33%	10%			
Urne	Nb de points	19	40				
	% surf.totale	32%	68%				
Gouet	Nb de points	61	86	69	39		
	% surf.totale	24%	34%	27%	15%		
Ic	Nb de points	64	24				
	% surf.totale	73%	27%				
Douron	Nb de points			31	24	14	23
	% surf.totale			34%	26%	15%	25%
Horn	Nb de points		7	38	31		
	% surf.totale		9%	50%	41%		
Guillec	Nb de points		1	35	37	2	
	% surf.totale		1%	47%	49%	3%	
Quillimadec	Nb de points			26	32	23	2
	% surf.totale			31%	39%	28%	2%
Kerharo	Nb de points					35	13
	% surf.totale					73%	27%
Lapic	Nb de points					13	13
	% surf.totale					50%	50%
Ris	Nb de points					33	4
	% surf.totale					89%	11%
St Laurent	Nb de points				13	17	
	% surf.totale				43%	57%	
Moros	Nb de points			3	23	26	
	% surf.totale			6%	44%	50%	

3.2.2.3 Carte du parcellaire et répartition spatiale des cultures

3.2.2.3.1 Généralités

Pour rappel, la méthode consiste à utiliser les résultats des traitements d'images satellites appliqués sur les parcelles agricoles (classes céréales, maïs et prairies) et de les confronter aux données du RA 2000. Ce dernier nous donne le détail des cultures présentes sur le bassin, ce qui nous permet de subdiviser les grandes classes de cultures obtenues par télédétection, de manière à conserver les proportions du RA 2000.

Les cartes du parcellaire et la répartition des cultures dans le bassin versant ont été finalisées pour les 8 bassins à modéliser en priorité. Ne sont présentés dans cette partie que les résultats de ces 8 bassins.

3.2.2.3.2 Résultats des traitements d'images et des classifications

Les matrices de confusion obtenues après classification donnent de très bons résultats, c'est-à-dire que seul un faible pourcentage de pixels se voit attribuer une classe de cultures ne correspondant pas aux RPG 2009 (Tableau 48).

Tableau 48 : Précision globale et coefficient kappa des classifications (céréales, maïs, prairies)

Unités	Précision globale %	Coeff. kappa SD
Frémur	93.6	0.88
Gouessant	93.3	0.91
Urne	95.0	0.92
Gouet	92.5	0.89
Ic	96.1	0.94
Douron	97.5	0.96
Horn	95.8	0.94
Guillec	95.8	0.94
Quillimadec	97.6	0.96
Kerharo	96.6	0.95
Lapic	96.6	0.95
Ris	96.6	0.95
St Laurent	95.4	0.93
Moros	95.4	0.93
Minaouet	95.4	0.93

3.2.2.3.3 *Assolements et cartes de l'année de référence 2009*

Le Tableau 49 présente les assolements obtenus après avoir subdivisé les classifications et ajusté les proportions des différentes cultures de l'année 2009 (Tableau 49 et Annexe 5).

Tableau 49 : Assolement détaillé de l'année de référence 2009

	Unités	Frémur	Gouess.	Gouet	Douron	Horn	Quilli.	Ris	Moros
Artichaut	ha				17	667			
	%				0.2	10.1			
Blé	ha	1733	9705	3095	637	775	1006	248	772
	%	29.7	28.4	18.7	8.9	11.8	15.0	9.4	19.3
Brocoli	ha					129	95		
	%					2.0	1.4		
Chou fleur	ha				196	1462	287		
	%				2.8	22.2	4.3		
Colza	ha	250	1424	451					
	%	4.3	4.2	2.7					
Echalote	ha					111	92		
	%					1.7	1.4		
Epinard	ha								96
	%								2.4
Jachère	ha	281	1451	624	194			72	275
	%	4.8	4.2	3.8	2.7			2.7	6.9
Haricot	ha					121	49	67	105
	%					1.8	0.7	2.5	2.6
Laitue	ha						204		
	%						3.0		
Maïs ensilage	ha	723	5626	3054	1407	712	1445	686	349
	%	12.4	16.5	18.5	19.7	10.8	21.5	25.9	8.7
Maïs grain	ha	1292	3955	375		593	573	89	627
	%	22.1	11.6	2.3		9.0	8.5	3.3	15.7
Orge	ha	225	1886	1352	561	457	272		
	%	3.9	5.5	8.2	7.9	6.9	4.1		
Pomme de terre	ha					164	181		
	%					2.5	2.7		
Pois	ha							51	249
	%							1.9	6.2
Prairies permanentes	ha	277	1714	1368	1110	475	834	252	347
	%	4.7	5.0	8.3	15.6	7.2	12.4	9.5	8.7
Prairies temp. graminées	ha	777	5383	3862	492	749	811	392	266
	%	13.3	15.7	23.4	6.9	11.4	12.1	14.8	6.7
Prairies temp. association	ha	280	3037	2341	2270	165	875	647	741
	%	4.8	8.9	14.2	31.8	2.5	13.0	24.4	18.6
Triticale	ha				258			146	166
	%				3.6			5.5	4.2
SAU totale		5839	34181	16521	7141	6580	6723	2650	3993

3.2.3 Bases de données des pratiques agricoles

3.2.3.1 Pressions azotées et formes de l'azote

3.2.3.1.1 Année de référence 2000

Pressions azotées minérale et organique brute en 2000

Le Tableau 50 présente les quantités d'azote minéral et organique brute calculées selon une méthode commune à tous les bassins. Les chiffres en grisé ont été modifiés grâce à des données existantes plus précises ou par soucis de cohérence (

Tableau 51).

Tableau 50 : Pressions totale, minérale et organique brute des bassins versants algues vertes en 2000

	S totale ha	SAU	N total kgN/ha SAU	N minéral kgN/ha SAU	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
Douron	9 533	5 291	222.9	75.5	147.4	26.8	26.3	94.3
Frémur	7 424	5 222	364.1	58.7	305.5	150.3	102.7	52.5
Gouessant	42 073	30 012	250.7	42.8	207.8	108.8	34.5	64.6
Gouet	25 017	13 736	197.2	45.3	151.9	39.6	28.7	83.6
Guillec	7 262	5 567	240.5	64.6	176.0	83.5	38.9	53.5
Horn	7 631	5 639	233.2	64.6	168.7	97.7	21.7	49.3
Ic	8 456	6 350	231.6	67.8	163.8	99.7	14.3	49.8
Kerharo	4 456	3 225	218.5	42.7	175.8	118.0	13.8	44.0
Lapic	2 693	2 514	212.9	42.7	170.3	71.0	23.3	76.0
Minaouet	1 894	1 531	158.3	77.9	80.4	2.4	18.6	59.5
Moros	5 041	2 987	151.3	77.9	73.4	13.1	8.8	51.5
Quillimadec	7 928	5 267	267.0	72.4	194.6	94.3	14.3	85.9
Ris	3 609	2 225	210.2	79.1	131.1	24.8	1.2	105.0
St Laurent	3 021	2 134	187.0	86.2	100.8	15.8	25.1	60.0
Urne	5 905	2 924	243.3	44.5	198.8	85.6	50.3	62.8

Tableau 51 : Modification des pressions issues de la méthode générale et source des données

	N minéral kgN/ha SAU
Frémur	66.0
Source	Baie de la Fresnaye : diagnostic 2000-2001
Gouessant	57.6
Source	N minéral 2008 = 48.0 N minéral 2000 = N minéral 2008 + 20.1% (Evolution vente engrais du 22 entre 2000 et 2008)

Résorption d'azote organique en 2000

Le Tableau 52 présente les quantités d'azote des volailles résorbées en 2000 calculées selon la méthode commune à tous les bassins. Les chiffres en grisé ont été modifiés grâce à des données existantes plus précises ou par soucis de cohérence (

Tableau 55).

Le Tableau 53 présente les quantités d'azote des porcins résorbées par traitement en 2000 calculées selon la méthode commune à tous les bassins. Les chiffres en grisé ont été modifiés grâce à des données existantes plus précises ou par soucis de cohérence (

Tableau 55).

Tableau 52 : Résorption d'azote des volailles en 2000

	N volailles kgN/ha SAU
Douron	5.1
Frémur	22.7
Gouessant	10.3
Gouet	4.1
Guillec	16.3
Horn	7.4
Ic	0.8
Kerharo	6.0
Lapic	6.2
Minaouet	0.0
Moros	0.0
Quillimadec	3.4

Ris	6.9
St Laurent	0.0
Urne	5.8

Tableau 53 : Résorption par traitement de l'azote des porcins en 2000

	N porcins kgN/ha SAU
Douron	0.0
Frémur	23.4
Gouessant	12.5
Gouet	3.8
Guillec	5.1
Horn	5.1
Ic	10.7
Kerharo	2.7
Lapic	2.7
Minaouet	0.0
Moros	0.0
Quillimadec	11.5
Ris	2.7
St Laurent	0.0
Urne	1.7

Le Tableau 54 présente les niveaux d'azote des porcins résorbé par biphase par rapport au niveau théorique maximal de 17% de l'azote produit ainsi que les quantités déduites d'azote des porcins résorbées en 2000. Les chiffres en grisé ont été modifiés grâce à des données existantes plus précises ou par soucis de cohérence (

Tableau 55).

Tableau 54 : Résorption par alimentation biphase de l'azote des porcins en 2000

Unités	Niveaux résorption biphase			N porcins	
	2004	2008	2000	Max	2000
	SD			kgN/ha SAU	
Douron	0.24	1.00	0.00	4.6	0.0
Frémur	0.83	1.00	0.67	25.6	17.1
Gouessant	0.91	1.00	0.82	18.5	15.2
Gouet	0.83	1.00	0.66	6.7	4.4
Guillec	0.74	1.00	0.48	14.2	6.8
Horn	0.74	1.00	0.48	16.6	8.0
Ic	0.79	1.00	0.57	16.9	9.7
Kerharo	0.66	1.00	0.32	20.1	6.4
Lapic	0.66	1.00	0.32	12.1	3.9
Minaouet	0.22	1.00	0.00	0.4	0.0
Moros	0.26	1.00	0.00	2.2	0.0
Quillimadec	0.82	1.00	0.64	16.0	10.3
Ris	0.83	1.00	0.66	4.2	2.8
St Laurent	0.22	1.00	0.00	2.7	0.0
Urne	0.78	1.00	0.57	14.6	8.3

Tableau 55 : Modifications des quantités d'azote résorbées issues de la méthode générale et source des données

	N porcins		N volailles
	Traitement	Biphase	
	kgN/ha SAU		
Frémur	33.0	8.0	67.0
Source	Données résorption communales	Données résorption : canton de Matignon	Données résorption : canton de Matignon
Ris	/	/	0.0
Source	/	/	N volailles résorbé > N volailles produit

Pression azotée minérale organique nette en 2000

Le Tableau 56 présente les pressions azotées minérale et organique nette de 2000.

Tableau 56 : Pression totale, organique nette et minérale des bassins versants algues vertes en 2000

	S totale ha	SAU	N total kgN/ha	N minéral kgN/ha	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
Douron	9 533	5 291	217.8	75.5	142.3	26.8	21.1	94.3
Frémur	7 424	5 222	263.5	66.0	197.5	109.0	36.0	52.5
Gouessant	42 073	30 012	227.5	57.6	169.9	81.2	24.1	64.6
Gouet	25 017	13 736	184.8	45.3	139.5	31.3	24.5	83.6
Guillec	7 262	5 567	212.4	64.6	147.8	71.6	22.6	53.5
Horn	7 631	5 639	212.8	64.6	148.2	84.6	14.3	49.3
Ic	8 456	6 350	210.4	67.8	142.6	79.3	13.5	49.8
Kerharo	4 456	3 225	203.4	42.7	160.8	108.9	7.9	44.0
Lapic	2 693	2 514	200.2	42.7	157.6	64.5	17.1	76.0
Minaouet	1 894	1 531	158.3	77.9	80.4	2.4	18.6	59.5
Moros	5 041	2 987	151.3	77.9	73.4	13.1	8.8	51.5
Quillimadec	7 928	5 267	241.7	72.4	169.3	72.6	10.9	85.9
Ris	3 609	2 225	204.7	79.1	125.6	19.3	1.2	105.0
St Laurent	3 021	2 134	187.0	86.2	100.8	15.8	25.1	60.0
Urne	5 905	2 924	227.4	44.5	182.9	75.6	44.5	62.8

Le Tableau 57 présente la distinction entre l'azote maîtrisable et non maîtrisable produit par les bovins. Pour la fraction maîtrisable, la distinction entre l'azote sous forme de fumier et de lisier est présentée dans le

Tableau 58.

Tableau 57 : Quantités d'azote produites par les bovins, distinction azote maîtrisable/non maîtrisable

	N bovins	Non maît.	Maîtrisable
	kgN/ha SAU		
Douron	94.3	54.6	39.8
Frémur	52.5	26.7	25.8
Gouessant	64.6	34.1	30.5
Gouet	83.6	51.4	32.2
Guillec	53.5	25.5	28.0
Horn	49.3	23.3	26.0
Ic	49.8	22.0	27.9
Kerharo	44.0	22.3	21.7
Lapic	76.0	34.9	41.0
Minaouet	59.5	35.2	24.3
Moros	51.5	31.4	20.1
Quillimadec	85.9	41.5	44.4
Ris	105.0	55.6	49.4
St Laurent	60.0	37.4	22.6
Urne	62.8	31.0	31.8

Tableau 58 : Quantités d'azote produites maîtrisables par les bovins, distinction azote fumier/lisier

	Maitrisable kgN/ha SAU	Fumier	Lisier
Douron	39.8	31.3	8.5
Frémur	25.8	18.0	7.8
Gouessant	30.5	22.2	8.3
Gouet	32.2	23.8	8.4
Guillec	28.0	19.3	8.7
Horn	26.0	18.3	7.8
Ic	27.9	19.7	8.1
Kerharo	21.7	15.5	6.3
Lapic	41.0	30.0	11.0
Minaouet	24.3	18.9	5.4
Moros	20.1	16.2	3.9
Quillimadec	44.4	30.9	13.5
Ris	49.4	36.2	13.3
St Laurent	22.6	17.4	5.2
Urne	31.8	22.8	9.0

Assolement de 2000

Les assolements simplifiés de l'année 2000 tirés des données du RA 2000 sont présentés dans le Tableau 59.

Tableau 59 : Assolements simplifiés tirés du RA 2000

	Fourrages pérennes % de la SAU	Fourrages annuels	Cultures spécialisées	Cultures de vente	Jachère
Douron	54.3	19.7	3.0	20.4	2.7
Ris	48.7	25.9	4.5	18.2	2.7
Gouet	45.8	18.5	0.0	31.9	3.8
Quillimadec	37.5	21.5	13.5	27.5	0.0
St Laurent	36.6	11.8	8.2	37.1	6.2
Moros	33.9	8.7	11.3	39.2	6.9
Gouessant	29.7	16.5	0.0	49.6	4.2
Urne	35.7	21.9	0.0	37.2	5.1
Lapic	31.9	20.8	0.0	40.9	6.3
Frémur	22.8	12.4	0.0	60.0	4.8
Ic	19.8	17.4	0.0	57.7	5.2
Kerharo	19.7	11.7	0.0	58.3	10.3
Horn	21.1	10.8	40.3	27.7	0.0
Guillec	23.6	13.6	40.8	22.0	0.0

3.2.3.1.2 Année de référence 2008

Pressions azotées minérale et organique brute en 2008

Le Tableau 60 présente les quantités d'azote minéral et organique brute calculées selon une méthode commune à tous les bassins. Les chiffres en grisé ont été modifiés grâce à des données existantes plus précises ou par soucis de cohérence (Tableau 61).

Tableau 60 : Pressions totale, minérale et organique brute des bassins versants algues vertes en 2008

	S totale ha	SAU	N total kgN/ha	N minéral kgN/ha SAU	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
Douron	9 533	5 291	216.5	76.1	140.4	30.2	19.7	90.5
Frémur	7 424	5 222	344.6	48.0	296.6	157.1	87.9	51.6
Gouessant	42 073	30 012	231.5	35.2	196.3	106.9	26.2	63.2
Gouet	25 017	13 736	185.7	37.3	148.4	41.1	28.9	78.4
Guillec	7 262	5 567	232.6	65.1	167.5	106.7	11.3	49.5
Horn	7 631	5 639	232.4	65.1	167.3	111.6	17.0	38.7
Ic	8 456	6 350	223.0	55.8	167.3	111.4	11.5	44.4
Kerharo	4 456	3 225	213.2	43.0	170.2	119.8	8.3	42.1
Lapic	2 693	2 514	208.2	43.0	165.2	83.0	10.4	71.8
Minaouet	1 894	1 531	157.1	78.5	78.6	0.0	12.7	65.9
Moros	5 041	2 987	145.1	78.5	66.6	17.2	0.0	49.5
Quillimadec	7 928	5 267	259.8	73.0	186.8	90.6	11.1	85.1
Ris	3 609	2 225	207.9	79.7	128.1	23.8	0.0	104.3
St Laurent	3 021	2 134	195.4	86.9	108.6	16.3	37.0	55.3
Urne	5 905	2 924	186.8	36.6	150.2	77.8	25.6	46.7

Tableau 61 : Modification des pressions issues de la méthode générale et source des données

	N minéral kgN/ha SAU
Gouessant	48.0
Source	Diagnostic des pratiques agricole 2008
Horn	55.7
Source	Diagnostic territorial Horn au Frouit 2008
Guillec	67.0
Source	Diagnostic territorial Horn au Frouit 2008
Quillimadec	54.0
Source	Suivi des Contrats d'objectifs
	N bovins kgN/ha SAU
Frémur	37.0
Source	Données Baie de la Fresnaye

Résorption d'azote organique en 2008

Deux sources de données sont utilisées pour calculer les quantités d'azote résorbées en 2008 :

- à partir des données cantonales pour les bassins du 22 ;
- à partir des données DDTM29 pour les bassins du 29.

Le Tableau 62 présente les quantités d'azote des porcins et des volailles résorbées calculées à partir de ces deux sources de données. Les chiffres en grisé ont été modifiés grâce à des données existantes plus précises ou par souci de cohérence (Tableau 65).

Tableau 62 : Résorption d'azote issue des données cantonales (bassins du 22) et DDTM29 (bassins du 29) en 2008

	Source	N porcins	N volailles	N total
		kgN/ha SAU		
Douron	DDTM29	9.0	2.5	11.5
Frémur	CANTONS	36.4	61.6	98.0
Gouessant	CANTONS	41.1	20.6	61.7
Gouet	CANTONS	13.2	21.8	35.0
Guillec	DDTM29	52.2	7.7	59.9
Horn	DDTM29	86.1	0.0	86.1
Ic	CANTONS	19.1	7.3	26.4
Kerharo	DDTM29	36.2	0.0	36.2
Lapic	DDTM29	25.8	0.0	25.8
Minaouet	DDTM29	0.0	0.0	0.0
Moros	DDTM29	0.0	0.0	0.0
Quillimadec	DDTM29	42.2	6.0	48.3
Ris	DDTM29	6.4	0.0	6.4
St Laurent	DDTM29	0.0	0.0	0.0
Urne	CANTONS	17.2	20.7	37.9

Tableau 63 : Modification des quantités d'azote résorbées et source des données

	N porcins		N volailles
	Traitement	Biphase	
kgN/ha SAU			
Frémur	53.0	19.0	75.0
Source	Données résorption communales	Données résorption : canton de Matignon	Données Baie de la Fresnaye
Gouessant	/	/	20.6 (niveau 2000*2)
Source	/	/	N volailles résorbé > N volailles produit

Pression azotée minérale organique nette de 2008

Le Tableau 64 présente les pressions azotées minérale et organique nette de 2008.

Tableau 64 : Pression totale, organique nette et minérale des bassins versants algues vertes en 2008

	S totale	SAU	N total	N minéral	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
	kgN/ha SAU							
Douron	9 533	5 291	205.0	76.1	128.9	21.2	17.2	90.5
Frémur	7 424	5 222	183.0	48.0	135.0	85.0	13.0	37.0
Gouessant	42 073	30 012	182.6	48.0	134.6	65.9	5.6	63.2
Gouet	25 017	13 736	150.7	37.3	113.4	27.9	7.1	78.4
Guillec	7 262	5 567	174.6	67.0	107.6	54.5	3.6	49.5
Horn	7 631	5 639	138.7	57.5	81.2	25.5	17.0	38.7
Ic	8 456	6 350	196.6	55.8	140.9	92.3	4.2	44.4
Kerharo	4 456	3 225	177.0	43.0	134.0	83.6	8.3	42.1
Lapic	2 693	2 514	182.4	43.0	139.4	57.2	10.4	71.8
Minaouet	1 894	1 531	157.1	78.5	78.6	0.0	12.7	65.9
Moros	5 041	2 987	145.1	78.5	66.6	17.2	0.0	49.5
Quillimadec	7 928	5 267	192.5	54.0	138.5	48.3	5.1	85.1
Ris	3 609	2 225	201.5	79.7	121.7	17.4	0.0	104.3
St Laurent	3 021	2 134	195.4	86.9	108.6	16.3	37.0	55.3
Urne	5 905	2 924	149.0	36.6	112.3	60.7	5.0	46.7

Le Tableau 65 présente la distinction entre l'azote maîtrisable et non maîtrisable produit par les bovins. Pour la fraction maîtrisable, la distinction entre l'azote sous forme de fumier et de lisier est présentée dans le Tableau 66.

Tableau 65 : Quantités d'azote produites par les bovins, distinction azote maîtrisable/non maîtrisable

	N bovins	Non maît.	Maîtrisable
	kgN/ha SAU		
Douron	90.5	50.2	40.3
Frémur	37.0	18.8	18.2
Gouessant	63.2	33.6	29.6
Gouet	78.4	44.5	33.9
Guillec	49.5	27.7	21.8
Horn	38.7	21.2	17.6
Ic	44.4	20.0	24.4
Kerharo	42.1	22.7	19.4
Lapic	71.8	39.1	32.7
Minaouet	65.9	39.3	26.6
Moros	49.5	29.4	20.1
Quillimadec	85.1	43.2	41.8
Ris	104.3	54.9	49.5
St Laurent	55.3	23.6	31.8
Urne	46.7	19.9	26.8

Tableau 66 : Quantités d'azote produites maîtrisables par les bovins, distinction azote fumier/lisier

	Maîtrisable	Fumier	Lisier
	kgN/ha SAU		
Douron	40.3	31.3	9.0
Frémur	18.2	12.7	5.5
Gouessant	29.6	21.7	7.9
Gouet	33.9	24.8	9.1
Guillec	21.8	15.8	6.0
Horn	17.6	12.6	5.0
Ic	24.4	17.7	6.7
Kerharo	19.4	13.9	5.4
Lapic	32.7	24.0	8.7
Minaouet	26.6	20.5	6.1
Moros	20.1	15.7	4.3
Quillimadec	41.8	30.1	11.7
Ris	49.5	36.2	13.3
St Laurent	31.8	23.1	8.7
Urne	26.8	19.5	7.4

Assolement de 2008-2009

Les assolements de l'année 2008 tirés des données du RPG 2009 sont présentés dans le Tableau 67.

Tableau 67 : Assolements simplifiés tirés du RPG 2009

	Fourrages pérennes	Fourrages annuels	Cultures spécialisées	Cultures de vente	Jachère
	% de la SAU				
Douron	55.9	23.8	0.0	20.4	0.0
Ris	50.2	28.7	0.0	21.1	0.0
Gouet	47.2	23.5	0.0	29.2	0.0
St Laurent	41.0	18.5	6.8	30.4	3.3
Quillimadec	38.7	22.7	12.4	26.2	0.0
Urne	37.1	26.5	0.0	36.5	0.0
Lapic	35.6	23.1	0.0	38.0	3.3
Moros	30.7	10.7	10.4	43.3	4.9
Gouessant	30.2	18.2	0.0	51.7	0.0
Guillec	25.1	13.9	35.9	25.2	0.0
Frémur	22.7	14.3	0.0	63.0	0.0
Horn	20.6	12.9	33.9	32.6	0.0
Kerharo	20.6	13.5	0.0	57.8	8.0
Ic	20.4	18.1	0.0	61.5	0.0

3.2.3.1.3 Comparaison des pressions azotées : évolution de 2000 à 2008

Les pressions azotées des bassins versants montrent toutes une baisse entre 2000 et 2008, à l'exception du bassin du St Laurent (+8.4 kgN/ha de SAU de pression totale). Les baisses sont d'ampleurs très variables, s'échelonnant de -1.2 à -80.5 kgN/ha de SAU, respectivement pour les bassins du Minaouet et du Frémur (Tableau 68).

De la Figure 8 à la Figure 22, on trouve les représentations graphiques des évolutions de pressions, bassin par bassin, entre 2000 et 2008.

Tableau 68 : Evolution des pressions azotées totale, minérale et organique nette entre 2000 et 2008

	N total	N minéral	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
	kgN/ha SAU					
Douron	-12.8	0.6	-13.4	-5.6	-3.9	-3.9
Frémur	-80.5	-18.0	-62.5	-24.0	-23.0	-15.5
Gouessant	-44.9	-9.6	-35.3	-15.3	-18.6	-1.4
Gouet	-34.1	-8.0	-26.1	-3.4	-17.4	-5.3
Guillec	-37.8	2.4	-40.2	-17.1	-19.0	-4.1
Horn	-74.1	-7.1	-67.1	-59.1	2.6	-10.6
Ic	-13.8	-12.0	-1.8	13.0	-9.3	-5.5
Kerharo	-26.4	0.3	-26.8	-25.3	0.5	-1.9
Lapic	-17.8	0.3	-18.2	-7.3	-6.7	-4.2
Minaouet	-1.2	0.6	-1.9	-2.4	-5.9	6.4
Moros	-6.2	0.6	-6.8	4.1	-8.8	-2.1
Quillimadec	-49.2	-18.4	-30.8	-24.2	-5.8	-0.8
Ris	-3.3	0.6	-3.9	-2.0	-1.2	-0.7
St Laurent	8.4	0.7	7.7	0.5	11.9	-4.6
Urne	-78.5	-7.9	-70.6	-15.0	-39.5	-16.1

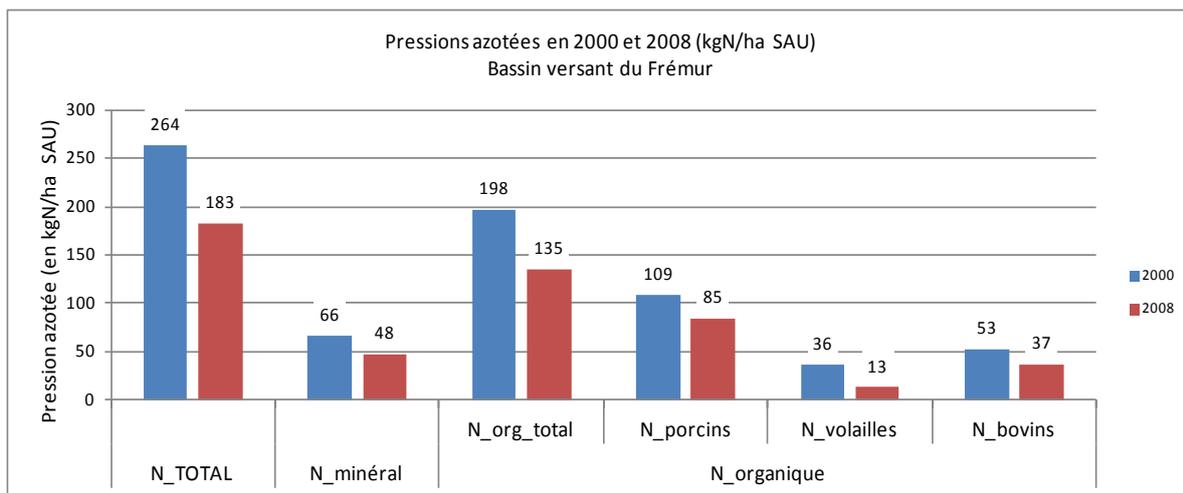


Figure 8 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Frémur

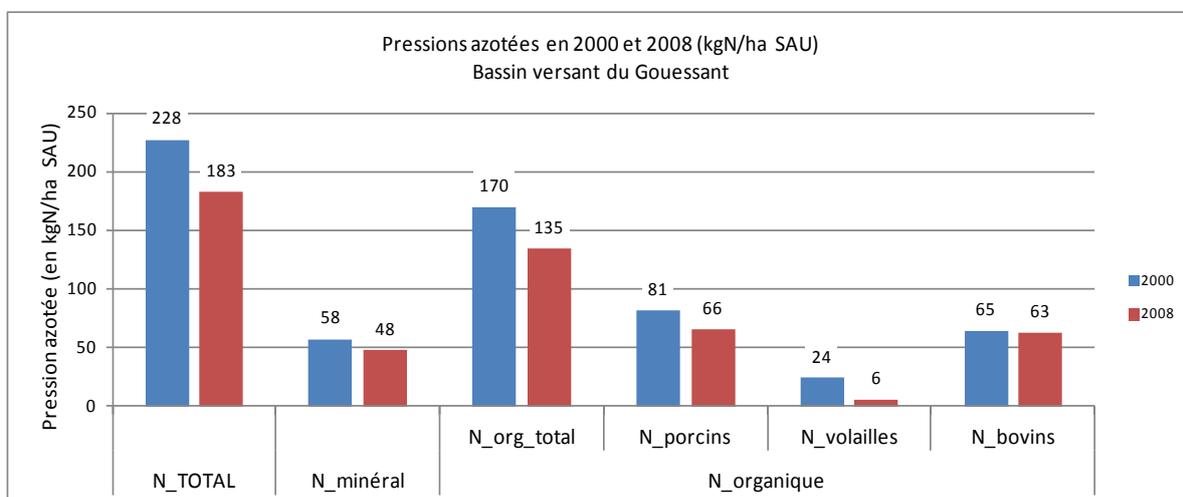


Figure 9 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Gouessant

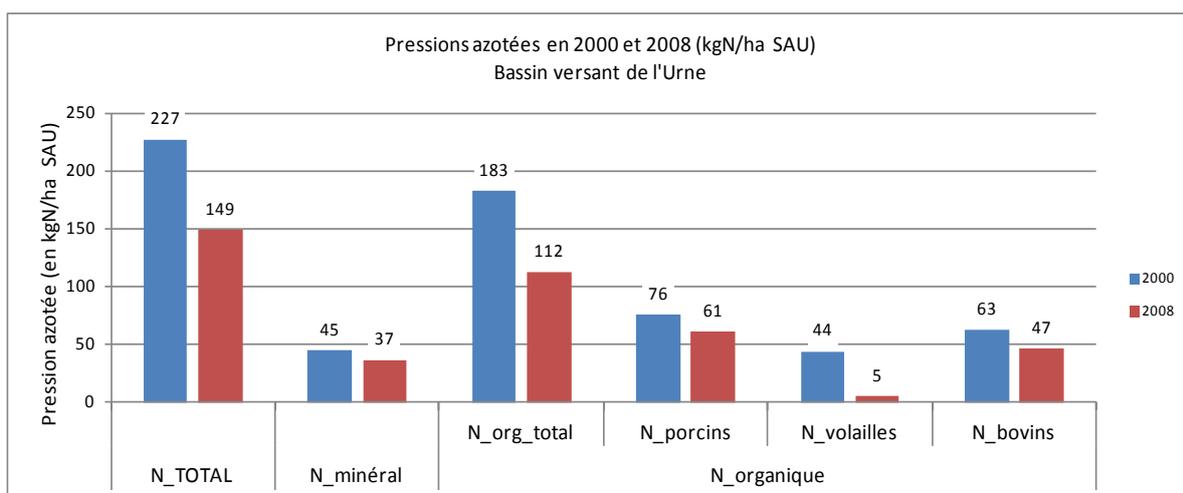


Figure 10 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Urne

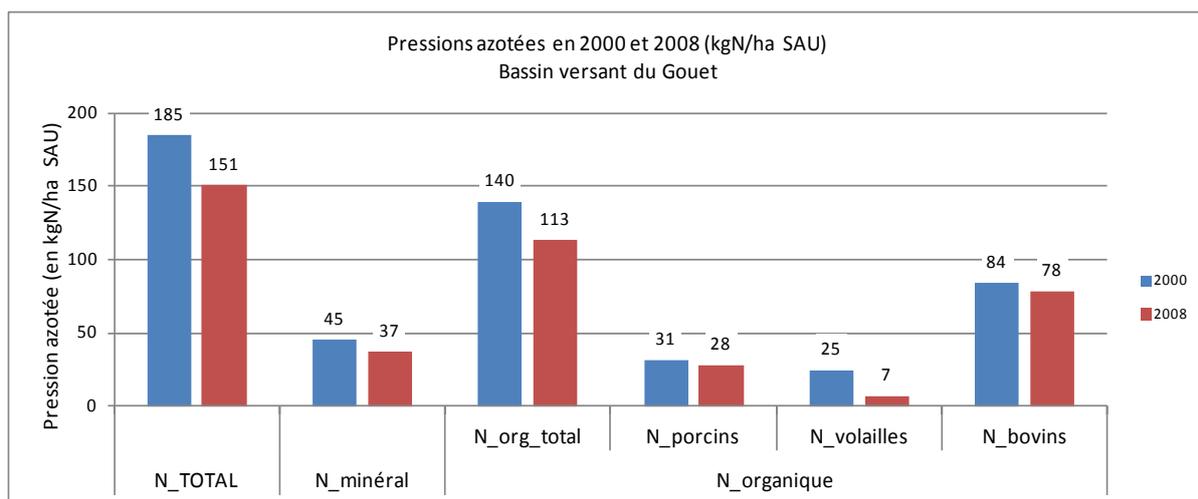


Figure 11 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Gouet

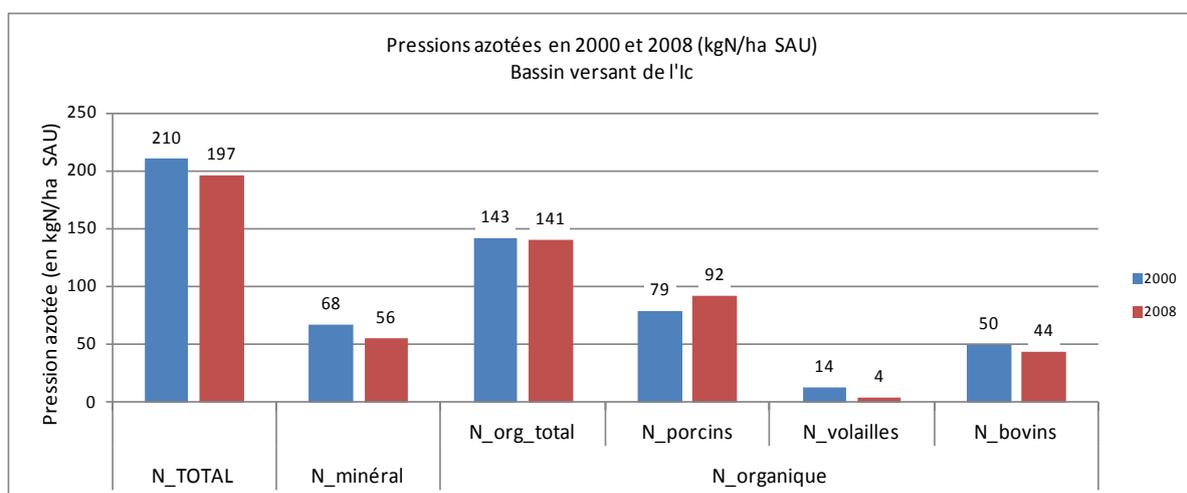


Figure 12 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Ic

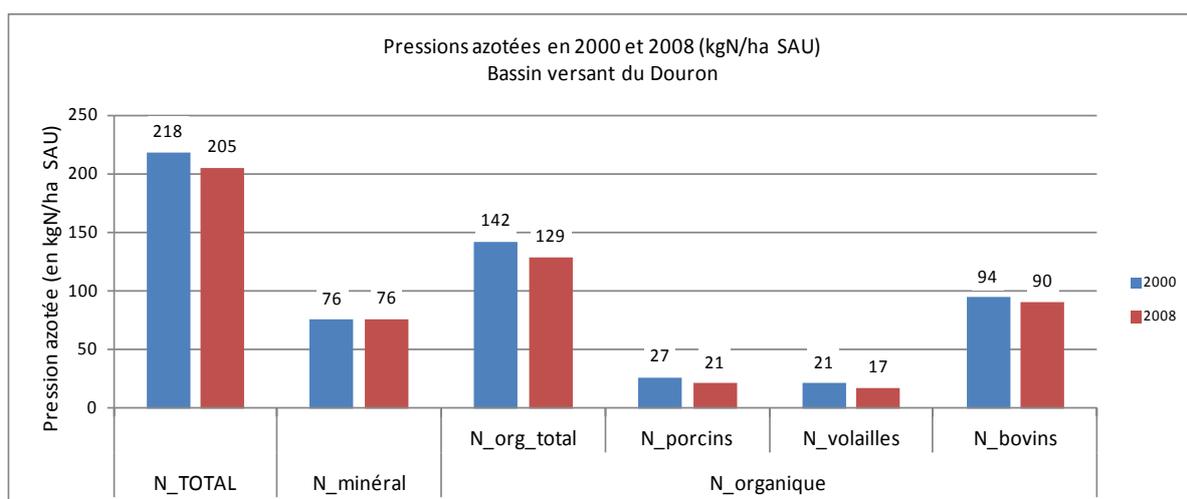


Figure 13 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Douron

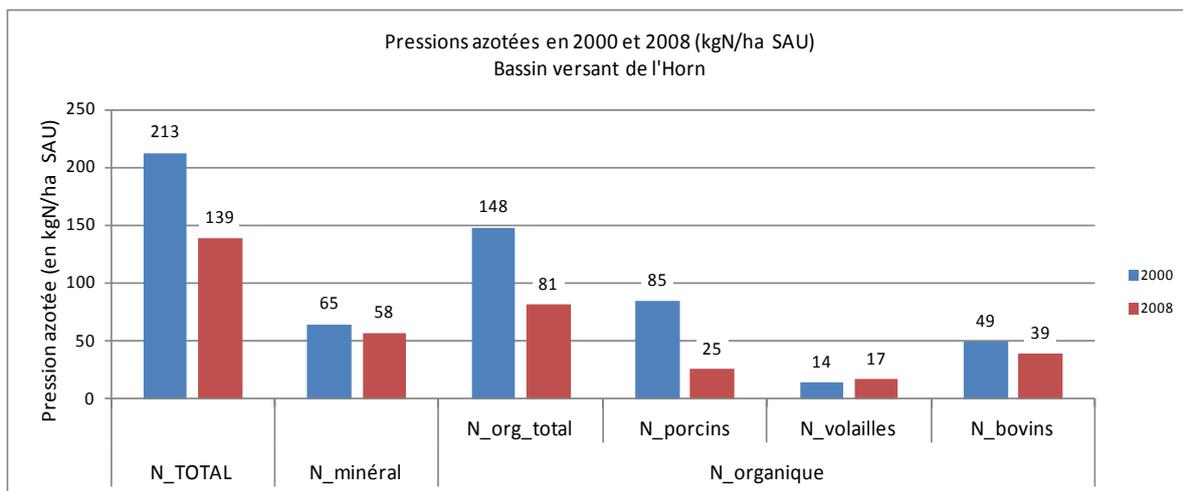


Figure 14 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Horn

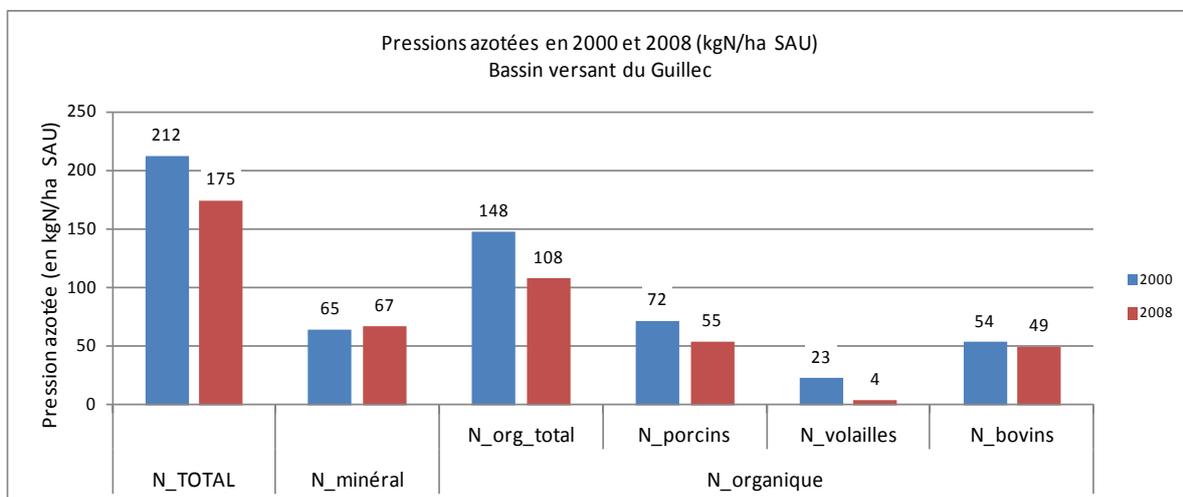


Figure 15 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Guillec

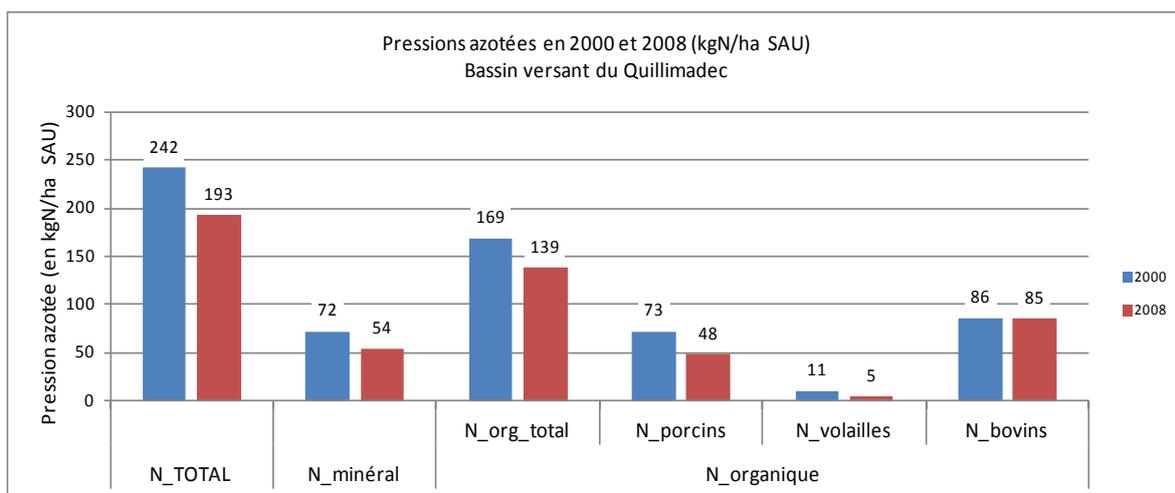


Figure 16 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Quillimadec

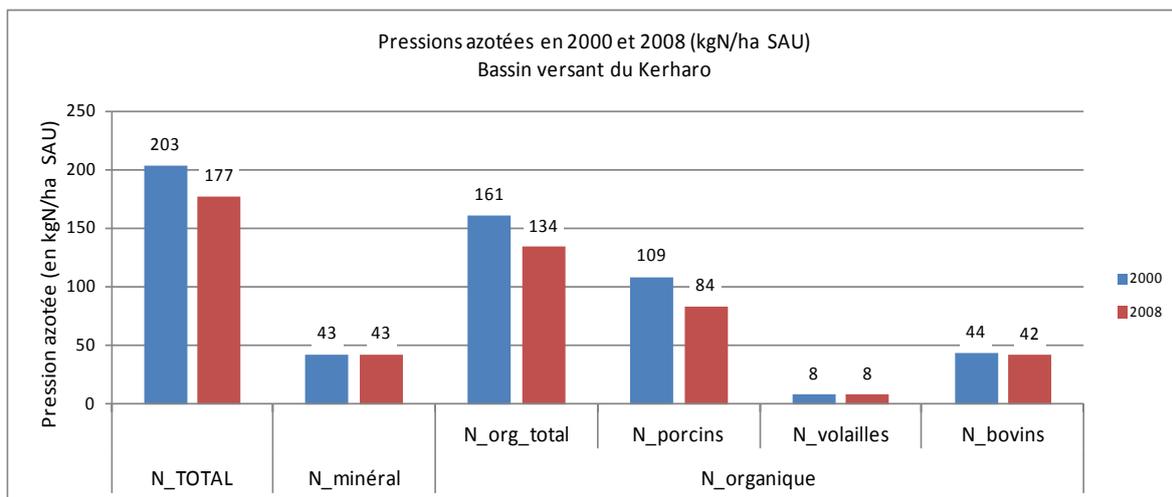


Figure 17 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Kerharo

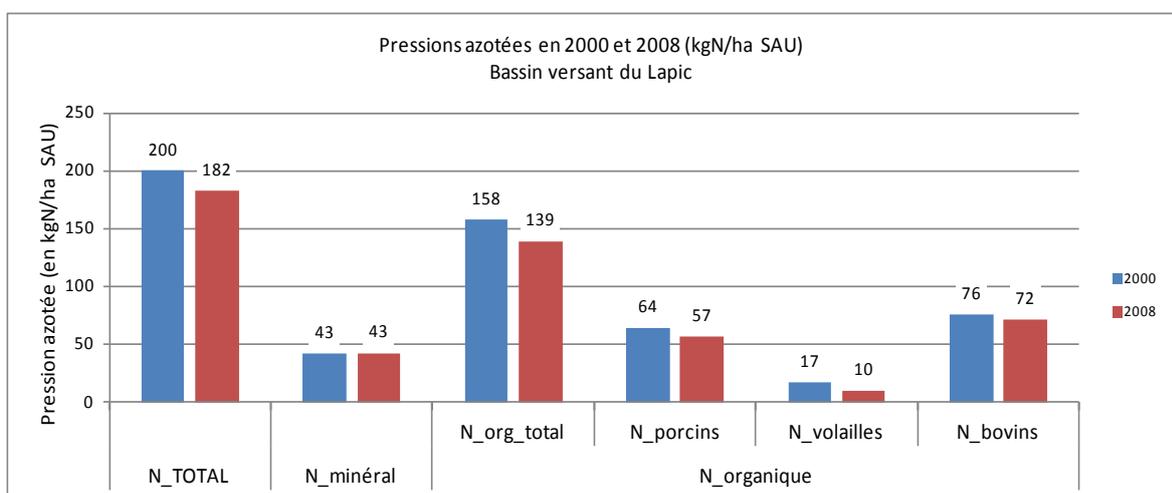


Figure 18 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Lapic

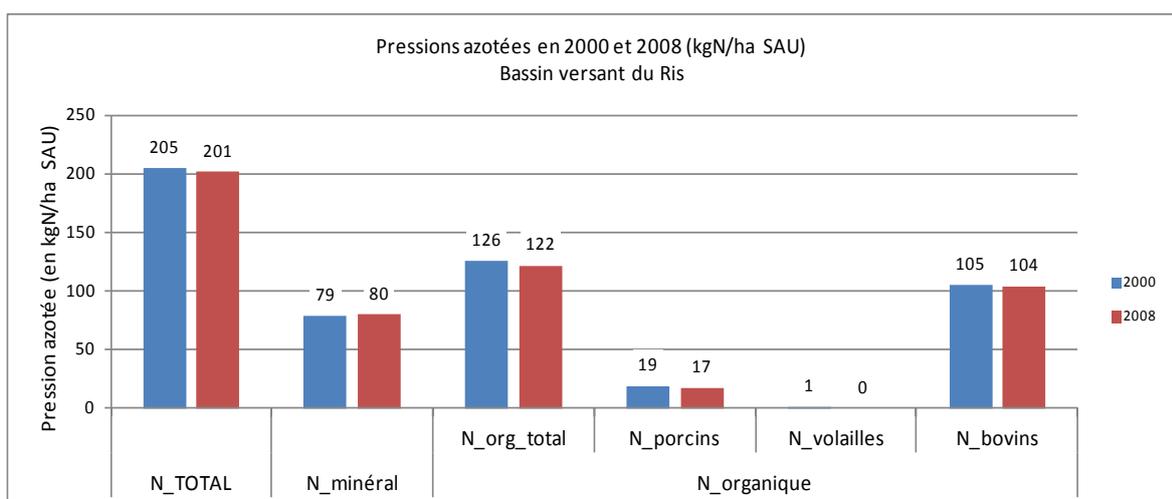


Figure 19 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Ris

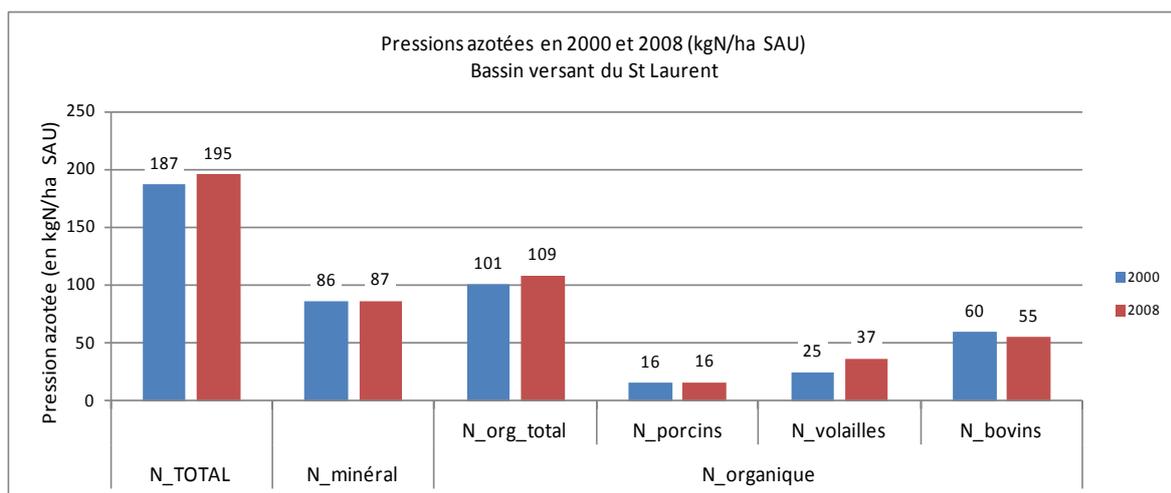


Figure 20 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : St Laurent

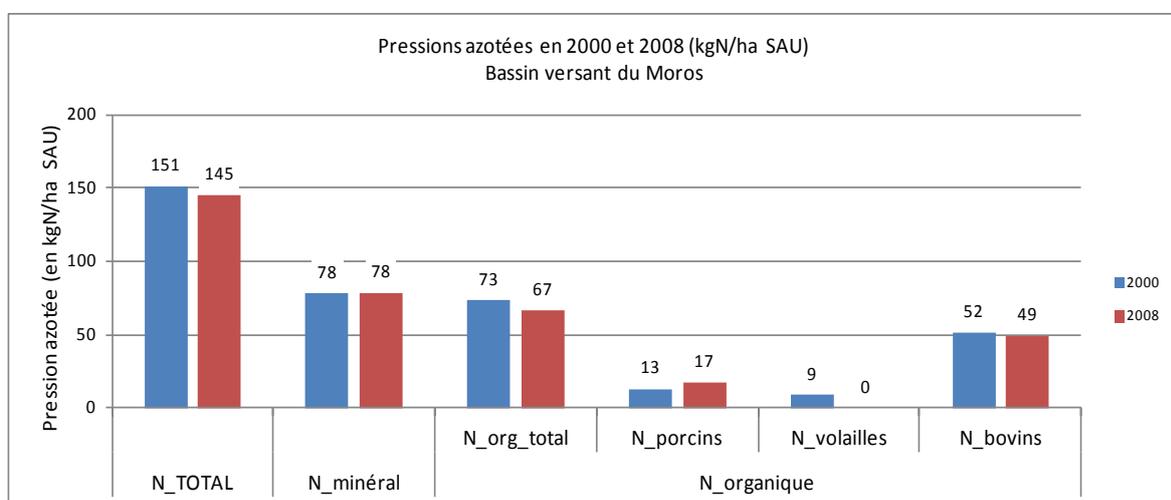


Figure 21 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Moros

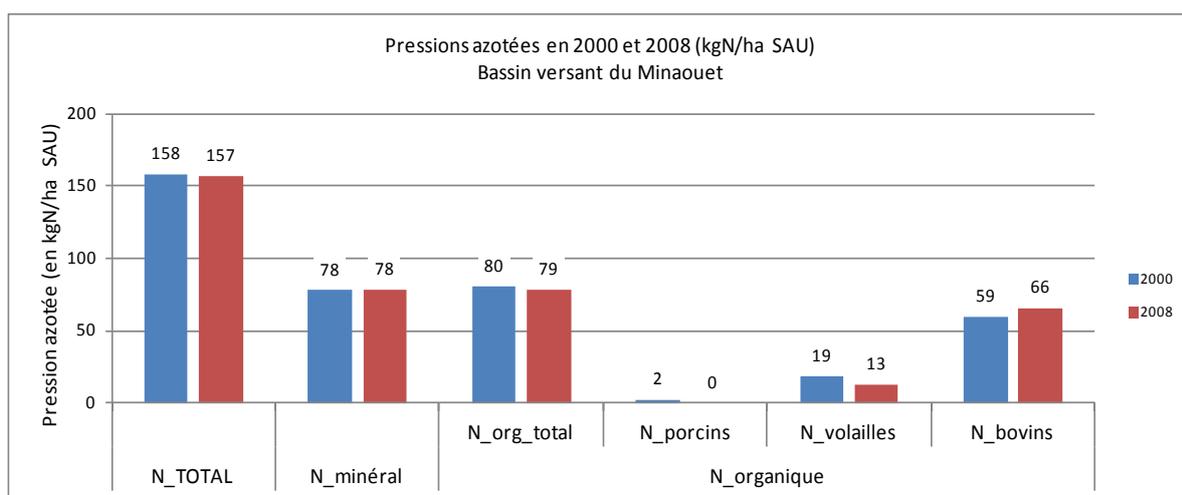


Figure 22 : Pressions azotées calculée en 2000 et 2008 : Minaouet

3.2.3.2 Répartition des différentes formes d'azote sur les cultures

3.2.3.2.1 Surface amendée en matière organique (SAMO)

Les données des enquêtes BEP 2004 fournissent les rapports de la SAMO sur la SAU et de la SAMO par grand type de cultures (maïs, céréales et prairies). On déduit également des ces données le rapport SAMO/autres cultures selon la formule suivante :

$$\text{SAMO/autres} = \frac{(\text{SAMO_SAU} - (\text{SAMO_maïs} - \text{SAMO_prairies} - \text{SAMO_céréales}))}{\text{Surface_autres_cultures}}$$

Avec

$$\text{SAMO_SAU} = \text{SAU} * (\text{SAMO/SAU})$$

$$\text{SAMO_maïs} = \text{S_maïs} * (\text{SAMO/maïs})$$

$$\text{SAMO_prairies} = \text{S_prairies} * (\text{SAMO/prairies})$$

$$\text{SAMO_céréales} = \text{S_céréales} * (\text{SAMO/céréales})$$

Les indicateurs de SAMO des différents bassins versants sont consignés dans le Tableau 69.

Tableau 69 : Rapports SAMO/SAU et SAMO par culture issues de BEP 2004

	SAMO/SAU	SAMO/maïs	SAMO/prairies	SAMO/céréales	SAMO/autres
Douron	0.46	0.91	0.32	0.23	0.64
Frémur	0.54	0.89	0.32	0.37	0.37
Gouessant	0.55	0.94	0.48	0.30	0.34
Gouet	0.44	0.93	0.34	0.15	0.17
Guillec	0.55	0.91	0.37	0.35	0.45
Horn	0.55	0.91	0.37	0.35	0.45
Ic	0.56	0.95	0.32	0.42	0.48
Kerharo	0.59	0.91	0.46	0.48	0.10
Lapic	0.59	0.91	0.46	0.48	0.10
Minaouet	0.28	0.70	0.10	0.04	0.17
Moros	0.28	0.70	0.10	0.04	0.17
Quillimadec	0.52	0.96	0.42	0.33	0.31
Ris	0.45	0.97	0.28	0.11	0.09
St Laurent	0.31	0.73	0.09	0.11	0.30
Urne	0.55	0.92	0.41	0.44	0.26

En ce qui concerne les cultures légumières, nous utilisons les données issues de l'expertise des pratiques agricoles du bassin versant de l'Horn (Chambre d'Agriculture du 29) (Tableau 70).

Tableau 70 : SAMO des cultures légumières

	SAMO/surface
art1	1.00
art2	0.00
art3	0.00
brocolis	0.50
chou_hatif	0.80
chou_tardif	0.90
échalote	0.00
épinard	0.00
haricot	0.00
pois	0.00
salade	0.00
pdt	0.00

3.2.3.2.2 Dates des apports d'azote et doses de références

Les résultats de la compilation des itinéraires techniques de référence sont présentés en Annexe 6 sous la forme de 4 tableaux :

- Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3 (les doses de la période 2 étant la moyenne de p1 et p3, elles ne sont pas présentées) ;
- Mode d'exploitation des prairies (fauche-pâture ou pâture seule) ;
- Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies ;
- Itinéraires techniques génériques (date de semis des prairies, des cipans, de retournement des prairies,...).

3.2.3.3 Reconstitution des occupations du sol estivales et hivernales

3.2.3.3.1 Reconstitution des occupations du sol estivales

Les reconstitutions des occupations du sol estivales ont été réalisées à ce jour pour les 14 bassins versants à modéliser. Les occupations du sol sont générées par l'application de matrices de transitions entre cultures sur l'année de référence 2009 pour laquelle on connaît la répartition spatiale des cultures (cf. 2.3.3.4.2 « Répartition spatiale des cultures pour une année de référence »).

L'occupation du sol estivale « sol_nu » de certains bassins versants (Douron, Horn et Quillimadec) fait suite à une culture de chou fleur (hâtif ou tardif) ou de brocoli récoltée en hiver.

L'ensemble des matrices de transition avant et arrière utilisées est présenté en Annexe 7.

3.2.3.3.2 Reconstitution des occupations du sol hivernales

Les règles d'hiver des 14 bassins versants à modéliser sont présentées en Annexe 9.

L'occupation du sol hivernale précédant un « sol_nu » estival est définie en fonction des proportions de chou hâtif, chou tardif et brocoli tirés du RA 2000 (Tableau 71).

Tableau 71 : Proportions de chou hâtif, chou tardif et brocoli (RA 2000)

	Proportions 1 (%)		Proportions 2 (%)	
Douron	chou fleur	100.0	chou hâtif (0.75)	75.0
			chou tardif (0.25)	25.0
	brocoli	0.0	brocoli	0.0
Horn	chou fleur	91.9	chou hâtif (75%)	68.9
			chou tardif (25%)	23.0
	brocoli	8.1	brocoli	8.1
Quillimadec	chou fleur	75.2	chou hâtif (75%)	56.4
			chou tardif (25%)	18.8
	brocoli	24.8	brocoli	24.8

3.2.3.3.3 Assolements reconstitués

Les tableaux des OS d'été et d'hiver des 14 bassins versants à modéliser sont présentés en Annexe 8 et Annexe 10.

3.3 Phase de paramétrisation/calage

3.3.1 Ajustement des données d'entrées

Pour certains bassins, la nécessité de boucler le bilan d'eau a justifié un ajustement des données d'entrées. Ces ajustements correspondent à la modification des données météorologiques (Précipitations, ETP) et/ou de débits (Tableau 72) et concernent 9 bassins versants sur 14.

Tableau 72 : Ajustements des données d'entrées pour la calibration/validation du modèle TNT2

	Données météo		Débits
	P	ETP	
Douron	/	/	/
Frémur	zone 0*0.95	zone0*1.05	/
Gouessant	zones 0, 1 et 2*0.95	/	/
Gouet	/	/	/
Guillec	/	/	/
Horn	/	/	/
Ic	zone0*0.9	/	/
Kerharo	zone0*0.784	zone0*1.1	/
Lapic	zone0*0.85 / zone1*0.95	zone0*1.1 / zone1*1.05	/
Moros	zones 0et 1*0.9	/	Q*1.05
Quillmadec	zones 0, 1, 2 et 3*0.9	zones 0, 1, 2 et 3*1.05	/
Ris	zone0*0.8645	zone0*1.1	/
St Laurent	/	/	TOPMODEL
Urne	/	/	/

P : Précipitations ; ETP : Evapotranspiration Potentielle ; Q : Débits

Les modifications des données météorologiques effectuées visent toutes à réduire les quantités d'eau entrant dans le système, et ce en baissant les précipitations et/ou en augmentant l'ETP. Pour équilibrer le bilan d'eau du bassin versant du Moros, il a fallu également augmenter les valeurs des débits de 5%.

La chronique des débits du St Laurent a fait l'objet d'une interpolation des données existantes par modélisation TOPMODEL car les valeurs existantes étaient trop peu fréquentes.

3.3.2 Evénements critiques pour la calibration

Nous avons défini, pour chacun des bassins versants, la durée en jours sur laquelle sera calibré le modèle grâce à la méthode d'identification des événements critiques des chroniques de débit et de flux d'azote. Ces résultats sont présentés dans le Tableau 73 et en Annexe 11.

Tableau 73 : Evénements critiques des chroniques de débits et de flux d'azote et durée (en jour)

	Débit 90%	Flux N 90%
Douron	1543	606
Frémur	1605	439
Gouet	490	493
Gouessant	1606	308
Guillec	523	524
Horn	1462	1121
Ic	941	843
Kerharo	485	470
Lapic	470	470
Moros	1234	849
Quillimadec	1899	1719
Ris	470	727
St Laurent	1206	498
Urne	1550	607

3.3.3 Résultats de calibration et validation

Les résultats de calibration présentés ici sont issus de l'application de la même méthode à tous les bassins. C'est pourquoi les résultats de calibration sont susceptibles de différer de ceux de la version finale du rapport car certains ajustements pourront être effectués au cas par cas pour améliorer ces résultats.

3.3.3.1 Performances du modèle

Le Tableau 74 reprend les indices de performance du modèle lors de la phase de calibration-validation pour les 14 bassins versants. Il s'agit du coefficient de Nash Sutcliffe (qui varie de -1 à 1, 1 pour une simulation parfaite), de l'erreur relative sur les flux cumulés et du coefficient de corrélation pour les concentrations en nitrate.

Les graphiques correspondants sont présentés en Annexe 12.

Tableau 74 : Indices de performance de la calibration-validation du modèle TNT2 (NS : Nash-Sutcliffe, r : corrélation, erreur_cum : erreur relative sur le cumul)

	debit_NS		debit_erreur_cum		flux N_NS		flux N_erreur_cum		[NO3]_r	
	calib.	valid.	calib.	valid.	calib.	valid.	calib.	valid.	calib.	valid.
Frémur	0.78	0.75	0.01	0.05	0.71	0.71	0.03	0.01	0.31	0.17
Gouessant	0.74	0.60	0.07	0.06	0.60	0.50	0.17	0.01	0.81	0.91
Urne	0.89	0.78	0.03	0.01	0.74	0.59	0.23	0.05	0.59	0.74
Gouet	0.93	0.91	0.05	0.09	0.92	0.87	0.04	0.11	0.50	0.45
Ic	0.85	0.65	0.10	0.03	0.75	0.47	0.18	0.02	-0.37	0.10
Douron	0.88	0.78	0.04	0.02	0.67	0.60	0.17	0.12	-0.11	0.20
Horn	0.88	0.78	0.01	0.08	0.84	0.44	0.04	0.23	0.49	0.54
Guillec	0.91	0.85	0.02	0.13	0.51	0.61	0.21	0.05	-0.50	-0.14
Quillimadec	0.63	0.68	0.09	0.04	0.44	0.55	0.13	0.17	0.43	0.78
Kerharo	0.89	0.94	0.12	0.03	0.67	0.83	0.21	0.04	0.15	0.41
Lapic	0.94	0.92	0.02	0.00	0.90	0.90	0.04	0.01	0.76	0.72
Ris	0.91	0.87	0.10	0.05	0.89	0.80	0.00	0.05	0.39	0.06
St Laurent	0.95	0.95	0.02	0.05	0.91	0.90	0.07	0.03	0.28	0.29
Moros	0.78	0.74	0.03	0.02	0.82	0.81	0.15	0.01	0.06	0.19

D'une manière générale, le modèle TNT2 est performant pour reproduire les chroniques de débit des bassins versants, comme le montrent les indices de NS allant de 0.60 à 0.95 et les erreurs cumulées n'excédant pas 13% pour la période de validation.

En ce qui concerne les flux d'azote, les performances de TNT2 sont également bonnes, comme le montrent les indices de NS allant de 0.44 à 0.90 et les erreurs cumulées n'excédant pas 10% pour la majorité des bassins en période de validation. Les bassins versants du Douron, du Quillimadec et de l'Horn présentent des erreurs cumulées plus importantes, respectivement 12%, 17% et 23%.

La reproduction des chroniques de concentrations en nitrates par TNT2 est de qualité variable selon les bassins avec des valeurs du coefficient de corrélation allant de -0.14 à 0.91 en période de validation.

3.3.3.2 Valeurs des paramètres des fichiers t_sol et caractéristiques des bassins

Les données du Programme Sols de Bretagne et de Silure nous permettent de compiler les valeurs des paramètres des fichiers t_sol avant la phase de calage pour chacun des bassins versants et chacun des types de sols définis. Les valeurs de t et m sont issues de la calibration du modèle et viennent compléter le paramétrage des types de sols.

L'ensemble de ces résultats est présenté en Annexe 13.

Les valeurs moyennes pondérées par la surface des types de sol de ces paramètres sont présentées dans le Tableau 75 et le Tableau 76.

Tableau 75 : Valeurs moyennes pondérées des paramètres des fichiers t_sols des bassins du 22

	Frémur	Gouessant	Urne	Gouet	Ic
albedo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
t	2.5	3.9	6.0	5.0	3.8
m	0.25	0.29	0.28	0.43	0.20
seuil_mulch	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
exp_evapolim	8	8	8	8	8
kRC	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
exp_n	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
prof_sup	0.34	0.35	0.34	0.36	0.35
porosite_grav_sup	0.22	0.22	0.23	0.23	0.22
phi_ratio_sup	0.66	0.65	0.61	0.62	0.65
prof_sol	0.76	0.96	0.71	0.86	0.87
porosite_grav_interm	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22
phi_ratio_interm	0.66	0.65	0.63	0.63	0.63
epaiss_alterite	45	39	35	37	48
porosite_grav_inf	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04
phi_ratio_inf	0.64	0.60	0.61	0.62	0.62
prof_hum	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
Dapp	1.14	1.17	1.06	1.02	1.15
argi	17	16	15	13	16
calc	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9
Norg	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
CsurNhumus	8.62	8.87	8.17	7.88	8.60
finert	0.50	0.51	0.47	0.46	0.50
Vpot_denit	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1
qqtAzoteResPool	0	0	0	0	0
txHumification	0.008	0.008	0.008	0.007	0.008
NsequestreInit	0	0	0	0	0
seuil_infiltr	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
coeff_partage	1	1	1	1	1
coeff_rfu	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
SURFACES	7456	42147	5910	24946	8513

Tableau 76 : Valeurs moyennes pondérées des paramètres des fichiers t_sols des bassins du 29

	Douron	Horn	Guillec	Quill.	Kerh.	Lapic	Ris	St Laur.	Moros
albedo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
t	5.4	6.8	4.7	4.5	3.6	4.6	7.0	5.4	6.9
m	0.43	0.48	0.35	0.40	0.38	0.41	0.34	0.59	0.40
seuil_mulch	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
exp_evapolim	8	8	8	8	8	8	8	8	8
kRC	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
exp_n	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
prof_sup	0.36	0.38	0.39	0.39	0.29	0.30	0.35	0.37	0.34
porosite_grav_sup	0.24	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24
phi_ratio_sup	0.60	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.59	0.59	0.61
prof_sol	0.71	1.35	1.29	1.23	0.71	0.69	0.68	0.74	0.69
porosite_grav_interm	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22
phi_ratio_interm	0.59	0.71	0.70	0.68	0.70	0.68	0.57	0.56	0.58
epaiss_alterite	30	36	29	34	34	36	33	38	43
porosite_grav_inf	0.04	0.05	0.06	0.05	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05
phi_ratio_inf	0.61	0.61	0.62	0.62	0.74	0.72	0.64	0.51	0.54
prof_hum	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Dapp	1.12	1.12	1.13	1.09	1.09	1.05	1.07	1.06	1.03
argi	16	14	14	15	19	18	15	15	15
calc	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Norg	0.31	0.24	0.20	0.26	0.35	0.33	0.35	0.40	0.32
CsurNhumus	8.94	8.57	8.64	8.51	8.91	8.68	8.80	8.73	8.68
finert	0.52	0.50	0.50	0.49	0.51	0.50	0.51	0.50	0.50
Vpot_denit	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	5.8	1.1	1.1
qqtAzoteResPool	0	0	0	0	0	0	0	0	0
txHumification	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
NsequestreInit	0	0	0	0	0	0	0	0	0
seuil_infiltr	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
coeff_partage	1	1	1	1	1	1	1	1	1
coeff_rfu	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
SURFACES	9549	7753	7260	7927	4451	2700	3594	3033	4975

On obtient ainsi la réserve utile (RU), le volume de la réserve souterraine (RS) et le temps moyen de résidence de l'eau (TMRE) modélisés à l'échelle du bassin versant (Tableau 77). Le temps moyen de résidence de l'eau correspond au temps moyen qu'une molécule d'eau passe dans le bassin versant et se calcule de la manière suivante (CSEB, 2005) :

$$TMRE = \frac{RS}{LEM}$$

Avec :

TMRE : Temps moyen de résidence de l'eau

RS : Volume du réservoir souterrain

LEM : Lamme d'eau moyenne écoulée

Tableau 77 : Réserve Utile (RU), réserve souterraine (RS), lame d'eau moyenne (LEM) et temps moyen de résidence de l'eau (TMRE)

	RU	RS	LEM (12ans)	TMRE
	m	m	m	année
Frémur	0.11	3.2	0.20	16
Gouessant	0.14	3.1	0.21	15
Urne	0.10	2.2	0.30	7
Gouet	0.12	2.1	0.40	5
Ic	0.12	3.0	0.22	14
Douron	0.10	1.7	0.58	3
Horn	0.21	3.0	0.48	6
Guillec	0.20	2.9	0.48	6
Quillimadec	0.18	2.6	0.39	7
Kerharo	0.11	1.4	0.43	3
Lapic	0.10	1.9	0.49	4
Ris	0.09	1.7	0.47	4
St Laurent	0.10	2.7	0.58	5
Moros	0.09	3.1	0.56	6

La phase de paramétrisation distingue donc trois groupes vis-à-vis du temps moyen de résidence de l'eau: le Frémur, le Gouessant et l'Ic présentent des TMRE longs, de l'ordre de 15 ans ; à l'opposé, le Douron, et les bassins de la Baie de Douarnenez ont des TMRE très courts 3-4 ans ; les autres bassins ont des TMRE de 5 à 7 ans. Il faut toutefois noter que cette caractéristique ne suffit pas à elle seule à caractériser l'inertie hydrologique des systèmes, puisque les vitesses de transit de l'eau se distribuent selon une gamme très variable : un même TMRE peut recouvrir, dans un cas, une distribution des vitesses de transit assez homogène et regroupée autour de la moyenne, et dans un autre, une distribution très étalée, voire bimodale, avec des vitesses très rapides et d'autres très lentes(voir plus loin les résultats des scénarios « inertie »).

La contribution simulée des écoulements profonds au débit total est calculée chaque jour pendant 10 ans et est obtenue en faisant le rapport des variables « Debit_base » sur « DebitSim ». On calcule ensuite la moyenne sur ces 10 première années de simulation (Tableau 78).

Tableau 78 : Contribution des écoulements profonds au débit simulé

	Debit_base / DebitSim (Moy. 10 ans)
Frémur	0.95
Gouessant	0.95
Urne	0.96
Gouet	0.90
Ic	0.80
Douron	0.93
Horn	0.78
Guillec	0.97
Quillimadec	0.88
Kerharo	0.97
Lapic	0.92
Ris	0.97
St Laurent	0.96
Moros	0.98

Compte tenu des incertitudes sur les paramétrisations des différents bassins, il est délicat d'interpréter les différences entre ces valeurs. Toutefois, l'ordre de grandeur correspond bien aux conclusions des études sur la genèse des écoulements réalisées en Bretagne (Gascuel et al 1999, Molenat et al. 2002). A noter que la contribution du ruissellement estimée ici est sensiblement inférieure à celle estimée par le BRGM (cf. rapport BRGM-INRA Bassins versants en contentieux) compte tenu du fait que ce dernier utilise une méthode basée sur la décomposition écoulement rapide/écoulement lent, qui tend à intégrer au ruissellement strict des contributions rapides de nappe superficielle.

3.3.3.3 Jours normalisés, vitesse potentielle de minéralisation et azote minéralisé

Les agronomes raisonnent les quantités d'azote organique minéralisé par le sol en effectuant une « normalisation » du temps, qui revient à corriger la durée par la température et l'humidité du sol afin de se rapporter à des conditions optimales d'activité bactérienne. Les résultats des calculs des jours normalisés (JN) pour chacun des 14 bassins versants sont présentés dans le Tableau 79.

Tableau 79 : Valeurs de la moyenne, de l'écart-type, du minimum et maximum des jours normalisés de 1999 à 2011

	Frém.	Goues.	Urne	Gouet	Ic	Dour.	Horn	Guill.	Quill.	Kerh.	Lapic	Ris	St Lau.	Moros
1999	216	238	179	173		216	222	237		249	235	234	240	234
2000	210	229	175	166		213	210	223		238	223	218	219	214
2001	205	225	167	165	193	202	209	224		228	212	203	217	207
2002	202	217	164	162	195	201	206	225		236	218	209	213	208
2003	207	226	170	167	198	202	214	235	202	231	215	207	224	223
2004	207	230	171	165	196	206	208	226	202	235	221	213	223	218
2005	213	231	168	168	199	209	221	238	207	239	224	216	228	219
2006	217	237	174	171	205	208	221	243	213	240	222	214	235	225
2007	212	230	176	169	199	214	213	229	207	238	224	216	225	222
2008	205	222	167	162	193	209	212	225	203	228	214	208	218	217
2009	206	223	167	164	195	201	215	230	200	225	211	200	212	208
2010	190	201	147	149	178	195	206	221	194	218	201	192	201	193
2011	210	223	162	162	187	201	215	235	201	226	212	201	217	210
Moy.	208	226	168	165	194	206	213	230	203	233	218	210	221	215
EC	7	9	8	5	7	6	5	7	5	8	8	10	10	10
Min	190	201	147	149	178	195	206	221	194	218	201	192	201	193
Max	217	238	179	173	205	216	222	243	213	249	235	234	240	234

Les valeurs moyennes s'échelonnent de 165 pour le bassin du Gouet à 233 JN/par an pour le Kerharo. Les variations des valeurs annuelles sont peu importantes comme le montrent les écarts-types allant de 5 à 10 JN/an.

Le

Tableau 80 présente les valeurs moyennes modélisées de l'azote provenant de la minéralisation basale calculées sur la période de calibration/validation. Les valeurs sont très variables et s'échelonnent de 57 kgN/ha SAU/an pour le bassin versant de l'lc à 125 kgN/ha SAU/an pour le bassin du St Laurent.

Tableau 80 : Minéralisation basale (kgN/ha de bassin et de SAU/an)

	N mineralisation_basale		
	kgN/ha bassin	SAU/Sbv	kgN/ha SAU
Frémur	52	0.78	66
Gouessant	86	0.81	106
Urne	55	0.64	86
Gouet	66	0.66	100
Ic	44	0.76	57
Douron	59	0.75	79
Horn	98	0.85	115
Guillec	102	0.87	117
Quillimadec	92	0.85	109
Kerharo	69	0.86	80
Lapic	113	0.84	135
Ris	71	0.74	96
St Laurent	98	0.79	125
Moros	98	0.80	123

L'ordre de grandeur de ces estimations est comparable aux estimations de « fournitures du sol » utilisées par les agronomes en Bretagne, même si les processus correspondant à ces deux concepts ne sont pas strictement équivalents. Les variations obtenues sont l'indication d'un fonctionnement des sols différent lié au climat (notamment sécheresse édaphique estivale), aux types de systèmes de cultures, aux types de sols. Il ne faut toutefois pas écarter l'idée qu'elles intègrent éventuellement aussi un « rattrapage » des éventuels biais d'estimation des apports agricoles : des apports sous estimés seront compensés par une minéralisation simulée plus importante, et réciproquement. Une étude de l'impact de ce phénomène de compensation sur les résultats a été réalisée dans le cadre de l'étude « bassin versant en contentieux » (INRA, 2008) : elle montre que cet impact est limité et ne remet pas en cause les principales tendances mises en évidence dans les comparaisons de scénarios.

3.3.3.4 Pressions azotée agricoles théoriques et modélisée

La comparaison des entrées d'azote d'origine agricole théoriques à celles modélisées permet de s'assurer que les entrées du modèle définies à travers les fichiers .tec et .rot sont réalisées correctement lors de la modélisation (Tableau 81).

Tableau 81 : Pressions azotées agricoles théoriques et modélisées moyennes (calibration/validation) (kgN/ha SAU)

	N minéral		N org. mait.		N org. non mait.		N total		Diff.	Diff. (%)
	Théo.	Mod.	Théo.	Mod.	Théo.	Mod.	Théo.	Mod.		
Frémur	57.0	57.1	143.6	144.1	22.9	30.9	223.5	232.1	8.6	3.7
Gouessant	52.8	52.6	118.4	118.5	33.9	51.5	205.1	222.6	17.6	7.9
Urne	40.6	40.5	122.2	123.7	25.4	44.3	188.2	208.5	20.3	9.7
Gouet	41.3	39.4	78.5	83.2	48.0	56.7	167.7	179.3	11.5	6.4
Ic	61.8	60.9	120.7	121.1	21.0	23.7	203.5	205.7	2.2	1.1
Douron	75.8	75.7	83.2	84.0	52.4	72.7	211.4	232.4	21.0	9.0
Horn	61.0	60.5	92.5	92.9	22.2	37.1	175.7	190.6	14.8	7.8
Guillec	65.8	65.5	101.1	104.4	26.6	47.9	193.5	217.7	24.3	11.1
Quillimadec	63.2	58.5	111.6	112.3	42.4	31.1	217.1	201.9	-15.2	-7.5
Kerharo	42.8	42.8	124.9	125.9	22.5	32.6	190.2	201.3	11.1	5.5
Lapic	42.8	42.8	111.5	112.5	37.0	54.2	191.3	209.5	18.2	8.7
Ris	79.4	79.4	68.4	67.9	55.2	69.8	203.1	217.2	14.1	6.5
St Laurent	86.5	86.7	74.2	65.5	30.5	59.5	191.2	211.7	20.5	9.7
Moros	78.2	78.7	39.6	40.4	30.4	47.1	148.2	166.2	18.0	10.8

Théo. : Valeur théorique
Mod. : Valeur modélisée
Diff. : Valeur théorique – valeur modélisée
Diff. (%) : Diff. / (Valeur modélisée * 100)

Les valeurs des pressions azotées agricoles théoriques et modélisées sont proches pour l'ensemble des bassins versants avec des différences variant de -7.5 à 11.1% pour l'azote total. Ces différences sont principalement liées à la méthode de modélisation des restitutions au pâturage. En effet, les restitutions au pâturage sont simulées de manière indirecte car elles ne correspondent pas à des apports fixés au préalable mais sont proportionnelles à la quantité d'azote prélevée aux différentes dates de pâturage définies dans les fichiers .tec. Des restitutions au pâturage trop importantes sont donc dues à une croissance de l'herbe modélisée trop importante. Il est possible de corriger ce problème en ajustant la proportion des prairies fauchées et pâturées par rapport à celle des prairies uniquement pâturées. Une réduction de la proportion des prairies uniquement pâturées aurait pour effet de réduire l'azote prélevé au pâturage et les restitutions occasionnées. Cependant, ces ajustements n'ont pas été réalisés lors de cette étude pour les raisons suivantes :

- ces ajustements sont coûteux en temps car ils impliquent de générer plusieurs fois un nouveau jeu de fichiers .rot pour les 14 bassins versants à modéliser avant de trouver la bonne proportion (par essai/erreur);
- les différences entre les pressions azotées théoriques et modélisées sur l'azote total se situent sont de l'ordre de 10% maximum, ce qui semble acceptable ;
- si l'on aborde cette question sous l'angle d'un bilan entrées-sorties, ces entrées d'azote excédentaires dues aux restitutions au pâturage sont compensées par des exportations d'azote par les prairies modélisées trop importantes.

3.4 Evaluation des scénarios de changements de pratiques agricoles

3.4.1 Scénarios définis et traduction en entrées du modèle

Les principaux résultats présentés ci-après sont repris en Annexe 15 et présentés par bassin versant sous forme de « fiche-résultats » et dans laquelle on trouve les informations suivantes :

- un glossaire des variables des tableaux et graphiques
- pour chacun des scénarios :
 - Bilans azotés ;
 - Flux d'azote par année hydrologique ;
 - Evolution des flux d'azote par année hydrologique ;
 - Flux d'azote par saison ;
 - Evolution des flux d'azote par saison;
 - Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique ;
 - Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire de 2000 à 2027.

3.4.1.1 Données météorologiques

Afin de prolonger les simulations jusqu'en 2027, il est nécessaire d'extrapoler les chroniques météorologiques utilisées lors de la phase de calibration, celles-ci allant du 1^{er} septembre 1998 au 28 février 2012.

De manière à faire correspondre les années bissextiles des données existantes avec les années extrapolées, on poursuit les chroniques en repartant du 29 février 2000 et ainsi de suite, comme présenté dans le Tableau 82.

Tableau 82 : Méthodologie pour l'extrapolation des données météorologiques

Année	Données		Correspondantes	
	Existantes			
1998	01/09/98	1998		
1999		1999		
2000		2000		
2001		2001		
2002		2002		
2003		2003		
2004		2004		
2005		2005		
2006		2006		
2007		2007		
2008		2008		
2009		2009		
2010		2010		
2011		2011		
2012	28/02/12	2012	29/02/00	2000
2013				2001
2014				2002
2015				2003
2016				2004
2017				2005
2018				2006
2019				2007
2020				2008
2021				2009
2022				2010
2023				2011
2024			28/02/12	2012
			29/02/00	2000
2025				2001
2026				2002
2027			31/12/03	2003

En grisé : Années bissextilles

Cette méthode de création de chroniques météo a pour principal avantage l'obtention de chroniques réalistes puisque directement issues de conditions météorologiques ayant existées.

3.4.1.2 Scénario « Pratique actuelles extrapolées » ou PAE

Le scénario PAE consiste à poursuivre jusqu'en 2027 les pratiques agricoles prises en compte en fin de période de calibration/validation.

Les éléments suivant restent donc inchangés :

- dates de semis et de récolte, date et doses des apports azotés, dates et modes d'exploitation des prairies, SAMO/SAU et SAMO par type de cultures ;
- proportions des cultures, surfaces des cultures dérobées, pourcentage de sol nu hivernal, matrices de transition et règles d'hiver utilisées pour la génération des occupations du sol des parcelles agricoles.

Concentrations en nitrate simulées à l'exutoire – Scénario PAE

En ce qui concerne les effets du scénario PAE sur les concentrations en nitrates à l'exutoire, ils sont repris dans le Tableau 84 avec des résultats sous forme de moyennes de trois années plutôt que

d'une seule afin de s'affranchir d'une éventuelle variabilité liée au climat. Pour ce faire, on prend en compte dans le calcul l'année hydrologique de référence et les deux années immédiatement antérieure et postérieure pour l'année de référence 2014-2015 et les trois dernières années de la période de simulation pour l'année de référence 2026-2027 (Tableau 83).

Tableau 83 : Années hydrologiques de référence et utilisées pour les calculs

Référence	Utilisées pour les calculs
[2007_2008]	[2006_2007] [2007_2008] [2008_2009]
[2014_2015]	[2013_2014] [2014_2015] [2015_2016]
[2026_2027]	[2024_2025] [2025_2026] [2026_2027]

Tableau 84 : Quantile90 des concentrations en NO3 et comparaison avec les objectifs du plan « Algues vertes » en 2014_2015 et la valeur recommandé par le Comité scientifique du plan pour 2026_2027⁶ - Scénario PAE

	[2007_2008]	[2014_2015]	[NO3]_obj	[2026_2027]	
	[NO3]_simu	[NO3]_simu		[NO3]_simu	[NO3]_obj_recom
Douron	39	37	29	36	10
Frémur	65	51	54	45	10
Gouessant	55	37	40	35	10
Gouet	33	28	32	27	10
Guillec	76	62	64	53	10
Horn	87	63	64	52	10
Ic	65	60	49	59	10
Kerharo	42	35	28	33	10
Lapic	53	38	36	34	10
Moros	40	29	34	27	10
Quillimadec	64	49	46	45	10
Ris	34	31	30	31	10
St Laurent	46	37	35	35	10
Urne	46	34	38	32	10

Ces résultats nous permettent de classer qualitativement les bassins versants selon qu'ils présentent une forte, moyenne ou faible probabilité d'atteindre les objectifs en terme de concentration en nitrate :

- forte probabilité d'atteinte des objectifs en 2014-2015 : Frémur, Gouessant, Gouet, Guillec, Horn, Moros et Urne ;
- probabilité moyenne d'atteinte des objectifs en 2014-2015 : Kerharo, Lapic, Quillimadec, Ris et St Laurent ;
- faible probabilité d'atteinte des objectifs en 2014-2015 : Douron et Ic.

⁶ En l'absence d'objectif défini pour cette échéance dans le PLAV.

La Figure 23 et la Figure 24 sont les représentations graphiques de ces résultats et permettent manière à les confronter aux objectifs affichés dans le plan « Algues vertes » pour les années 2014-2015 d'une part et recommandés par le comité scientifique pour les années 2026-2027 d'autre part.

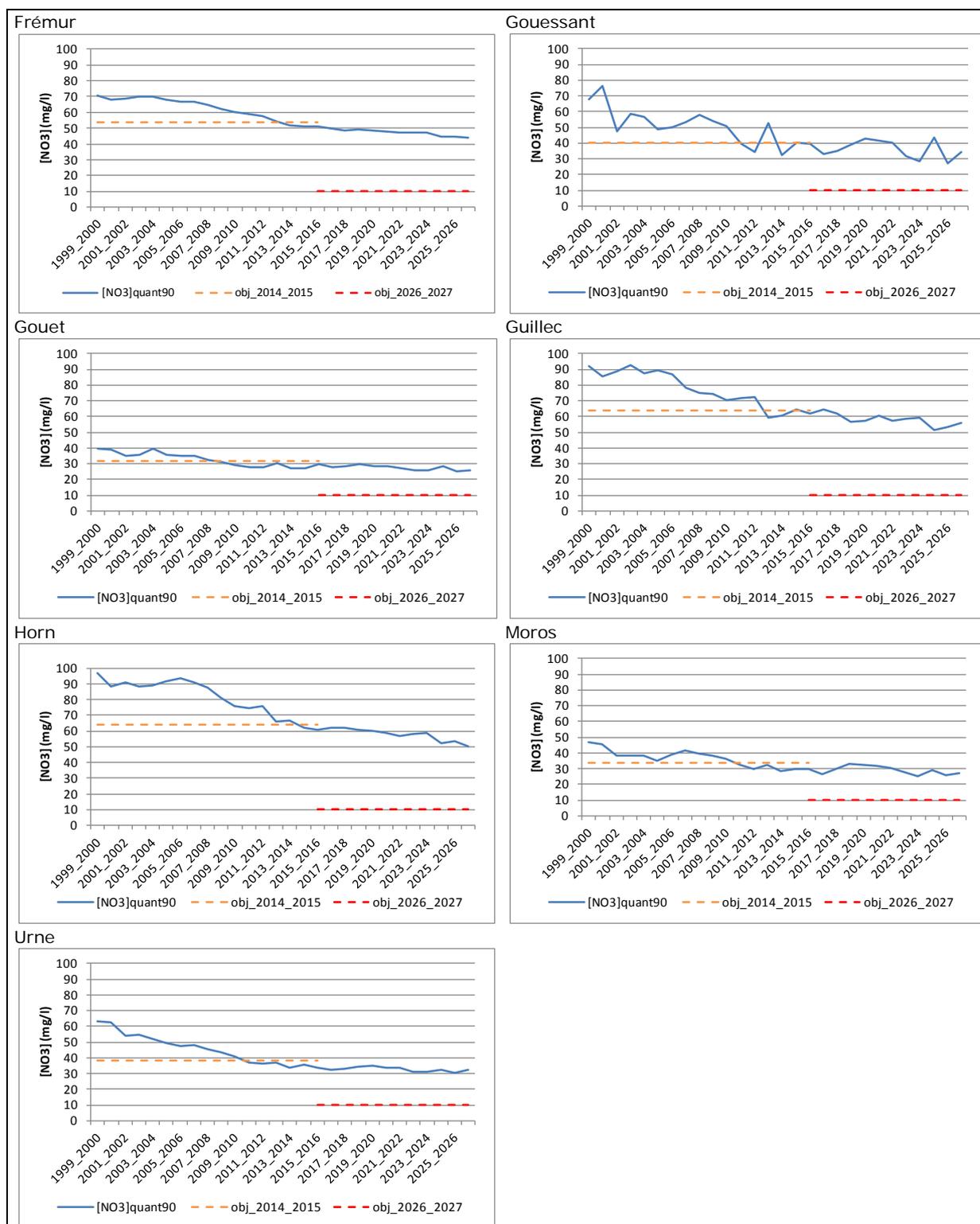


Figure 23 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants pour lesquels l'objectif 2014_2015 a une forte probabilité d'être atteint - scénario PAE.

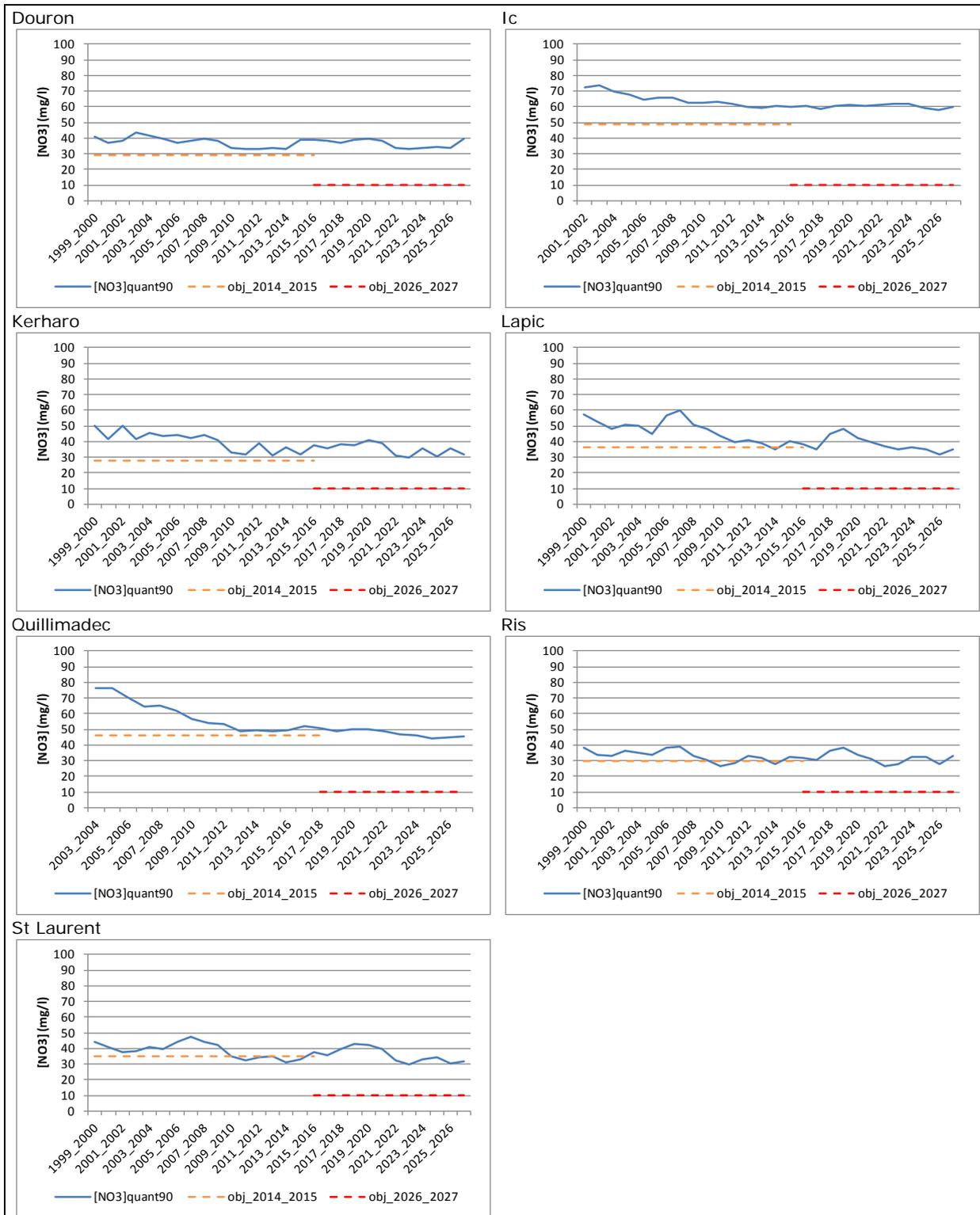


Figure 24 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants pour lesquels l'objectif 2014_2015 a une probabilité moyenne ou faible d'être atteint - scénario PAE.

Flux d'azote simulés à l'exutoire – Scénario PAE

Le Tableau 85 présente les flux calculés en 2014-2015 et 2026-2027 et leur évolution par rapport à 2007-2008. De même que pour les concentrations en nitrate, les valeurs des périodes de références correspondent à des moyennes de trois années hydrologiques.

Tableau 85 : Flux d'azote modélisés (en kg N-NO3/ha de bassin) et évolution (en kg N-NO3 et (en %)) en 2007_2008, 2014_2015 et 2026_2027 - Scénario PAE

	Flux N-NO3			Evolution			
	[2007_2008]	[2014_2015]	[2026_2027]	[2014_2015]	[2026_2027]	[2014_2015]	[2026_2027]
Douron	44	41	41	-3	(-7%)	-3	(-7%)
Frémur	25	20	17	-5	(-21%)	-8	(-32%)
Gouessant	22	15	14	-7	(-34%)	-8	(-37%)
Gouet	26	22	21	-4	(-15%)	-5	(-19%)
Guillec	82	66	56	-16	(-19%)	-26	(-31%)
Horn	68	49	40	-19	(-27%)	-28	(-41%)
Ic	27	25	25	-2	(-7%)	-2	(-8%)
Kerharo	35	29	26	-6	(-16%)	-9	(-26%)
Lapic	53	39	35	-14	(-27%)	-18	(-35%)
Moros	47	35	33	-12	(-26%)	-14	(-30%)
Quillimadec	54	41	37	-13	(-24%)	-17	(-32%)
Ris	34	30	30	-4	(-10%)	-4	(-13%)
St Laurent	56	43	42	-13	(-24%)	-14	(-26%)
Urne	29	21	20	-8	(-25%)	-9	(-31%)

Ces baisses de flux sont à mettre en parallèle avec les baisses de concentration (Quantile 90), avec en général une bonne corrélation (les bassins versants sont globalement dans le même contexte pédoclimatique).

On peut classer les bassins versants par importance de la baisse :

- forte baisse : Frémur, Gouessant, Guillec, Horn, Lapic, Quillimadec, Moros et Urne ;
- baisse moyenne : Kerharo, St Laurent et Gouet;
- faible baisse : Douron, Ic, Ris.

La comparaison de ces baisses de flux avec les baisses de pressions azotées (Tableau 68) illustrent toute la complexité d'une mise en relation de ces deux grandeurs. Ainsi, si les trois bassins montrant de faibles baisses de flux correspondent bien à des bassins où la pression a peu baissé, et si l'Horn et le Gouessant montrent à la fois des baisses de flux et de pressions importantes, les autres bassins présentent des situations plus difficiles à interpréter. Ainsi les flux simulés sur le Saint Laurent, le Moros et L'Ic baissent plus fortement que les pressions, alors que sur le Frémur la forte baisse de pression ne se traduit que faiblement en baisse de flux. Ces comportements sont à interpréter au coup par coup en fonction de l'inertie hydrologique et biogéochimique (minéralisation du sol) des

systemes, ainsi que du type d'assolement et de gestion des effluents. Pour le cas du Saint Laurent et du Moros, la baisse de flux est très accentuée par des variations très sensibles au climat : les flux 2006-2009 se situent dans une période de flux importants, alors que les flux 2013-2016 sont plutôt faibles. Dans le cas du St Laurent, pour le moins, cette sensibilité est non avérée compte tenu de la forte incertitude sur les débits de ce bassin

La Figure 25 et la Figure 26 présentent les flux calculés simulés sur l'ensemble de la période de simulation.

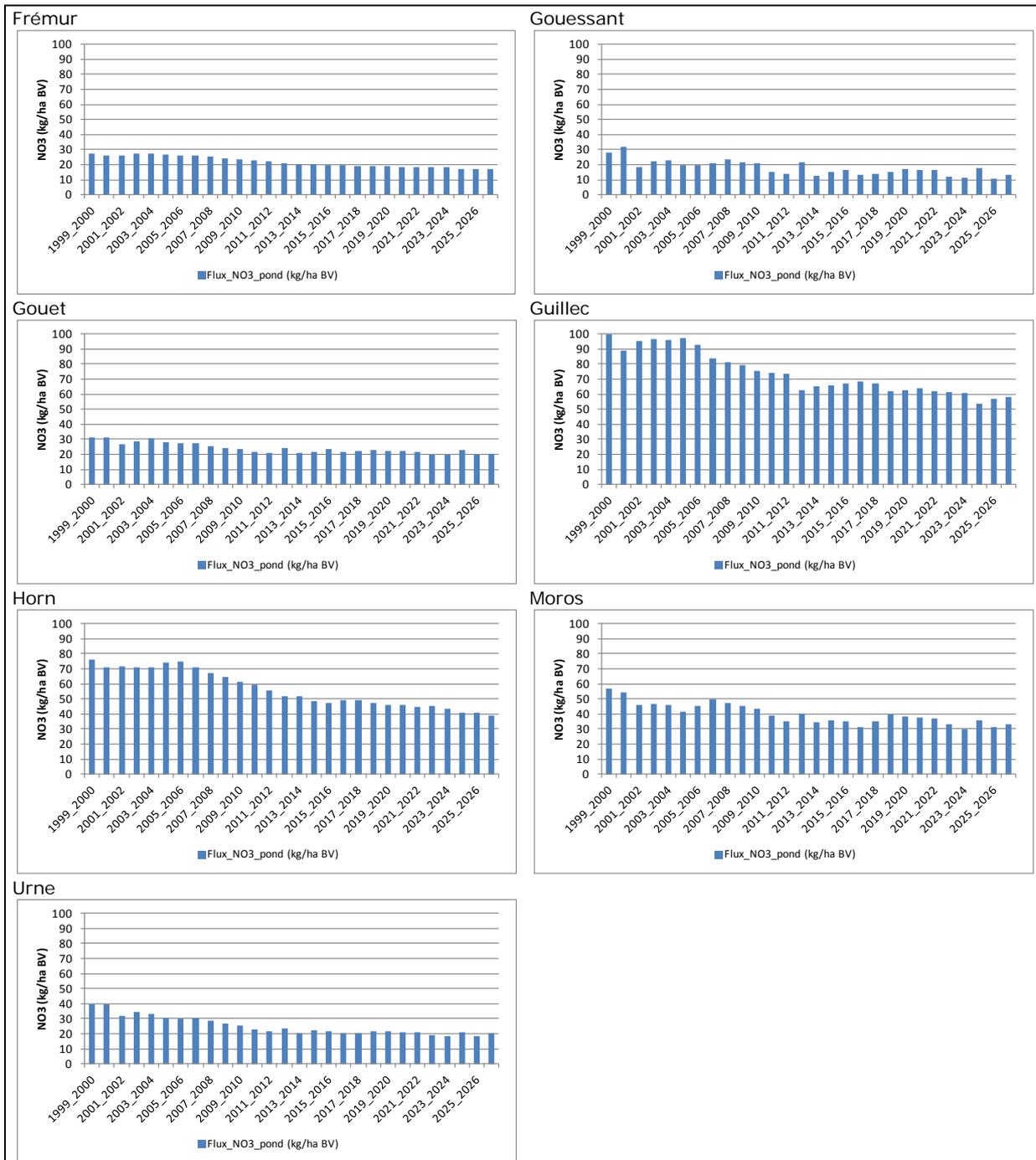


Figure 25 : Flux d’N-NO3 simulés pondérés (kg N/ha de bassin) des bassins versants - scénario PAE

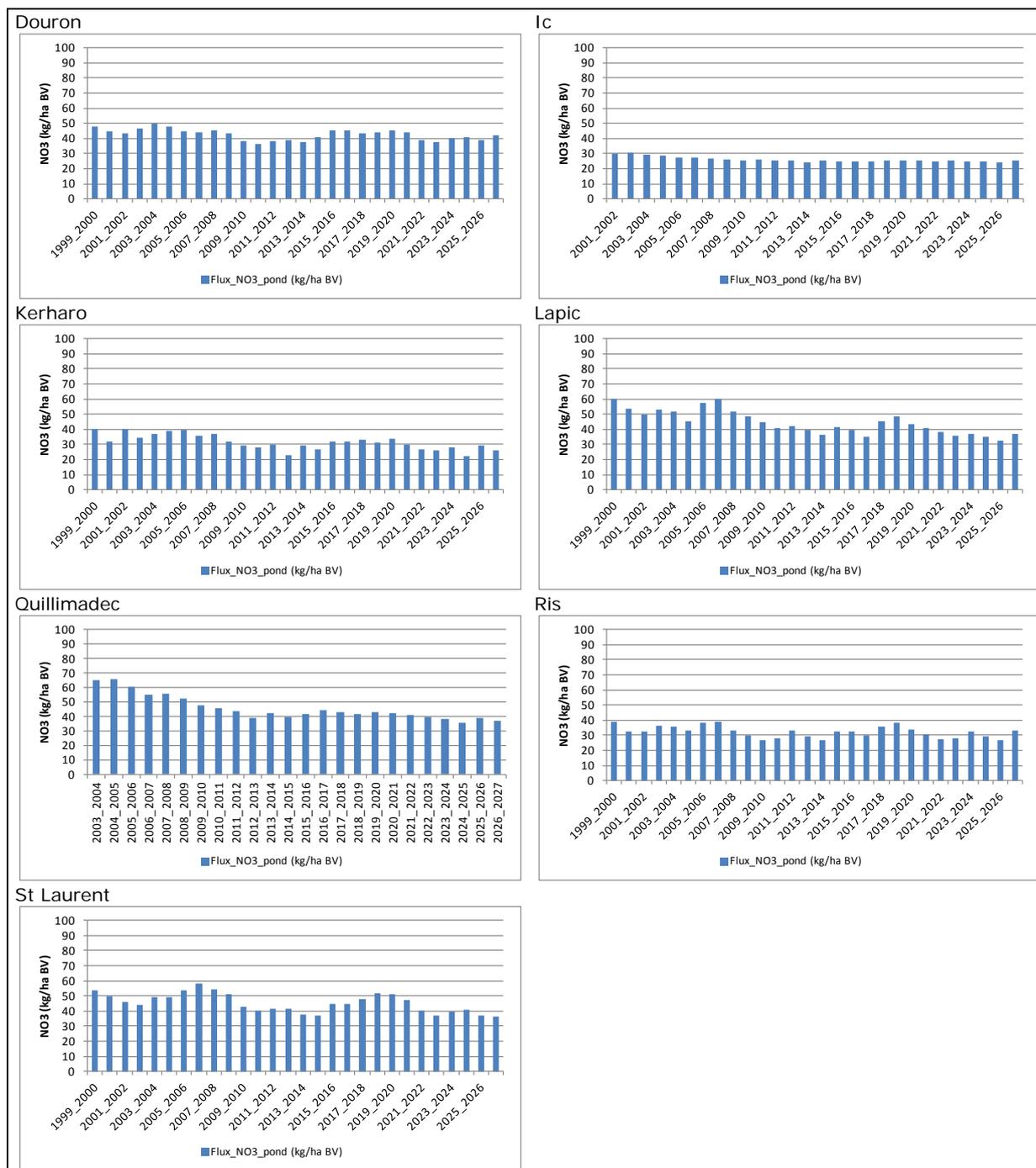


Figure 26 : Flux d’N-NO3 simulés pondérés (kg N/ha de bassin) des bassins versants - scénario PAE

3.4.1.3 Scénario « INERTIE »

Le scénario INERTIE consiste à implanter sur la totalité des parcelles (hors jachère) des prairies non fertilisées et fauchées (Tableau 86). Les fichiers .tec sont modifiés en conséquence.

Tableau 86 : Dates de fauches des prairies du scénario INERTIE

fauche1	fauche	fauche3	fauche4
30-avr	01-juin	15-juil	15-oct

L'implémentation de ce scénario nécessite également de renseigner une nouvelle base de données des occupations du sol à partir de nouvelles matrices de transition entre les cultures. Les matrices sont modifiées de manière à n'autoriser que des transitions des cultures vers les prairies. Les proportions des probabilités de transition entre une culture donnée et les types de prairie RGA et RGA_TB sont conservées.

Ces matrices de transition sont appliquées à partir de l'occupation du sol de l'été 2012 de manière à avoir pour point de départ du scénario l'automne 2012.

Concentrations en nitrate simulées à l'exutoire – Scénario INERTIE

En ce qui concerne les effets du scénario INERTIE sur les concentrations en nitrates à l'exutoire, ils sont repris dans le Tableau 88 avec des résultats sous forme de moyennes de trois années plutôt que d'une seule afin de s'affranchir d'une éventuelle variabilité liée au climat. Pour ce faire, on prend en compte dans le calcul l'année hydrologique de référence et les deux années immédiatement antérieure et postérieure pour l'année de référence 2014-2015 et les trois dernières années de la période de simulation pour l'année de référence 2026-2027 (Tableau 87).

Tableau 87 : Années hydrologiques de référence et utilisées pour les calculs

Référence	Utilisées pour les calculs
[2007_2008]	[2006_2007] [2007_2008] [2008_2009]
[2014_2015]	[2013_2014] [2014_2015] [2015_2016]
[2026_2027]	[2024_2025] [2025_2026] [2026_2027]

Tableau 88 : Quantile90 des concentrations en NO3 et comparaison avec les objectifs du plan « Algues vertes » en 2014_2015 et 2026_2027 – Scénario INERTIE

	[2007_2008]	[2014_2015]		[2026_2027]	
	[NO3]_simu	[NO3]_simu	[NO3]_obj	[NO3]_simu	[NO3]_obj
Douron	39	13	29	4	10
Frémur	65	40	54	15	10
Gouessant	55	23	40	6	10
Gouet	33	16	32	7	10
Guillec	76	33	64	3	10
Horn	87	53	64	13	10
Ic	65	40	49	11	10
Kerharo	42	9	28	4	10
Lapic	53	22	36	9	10
Moros	40	23	34	11	10
Quillimadec	64	39	46	13	10
Ris	34	16	30	8	10
St Laurent	45	20	35	9	10
Urne	46	19	38	8	10

La Figure 27 et la Figure 28 sont les représentations graphiques de ces résultats et permettent manière à les confronter aux objectifs affichés dans le plan « Algues vertes » pour les années 2014-2015 d'une part et recommandés par le comité scientifique pour les années 2026-2027 d'autre part..

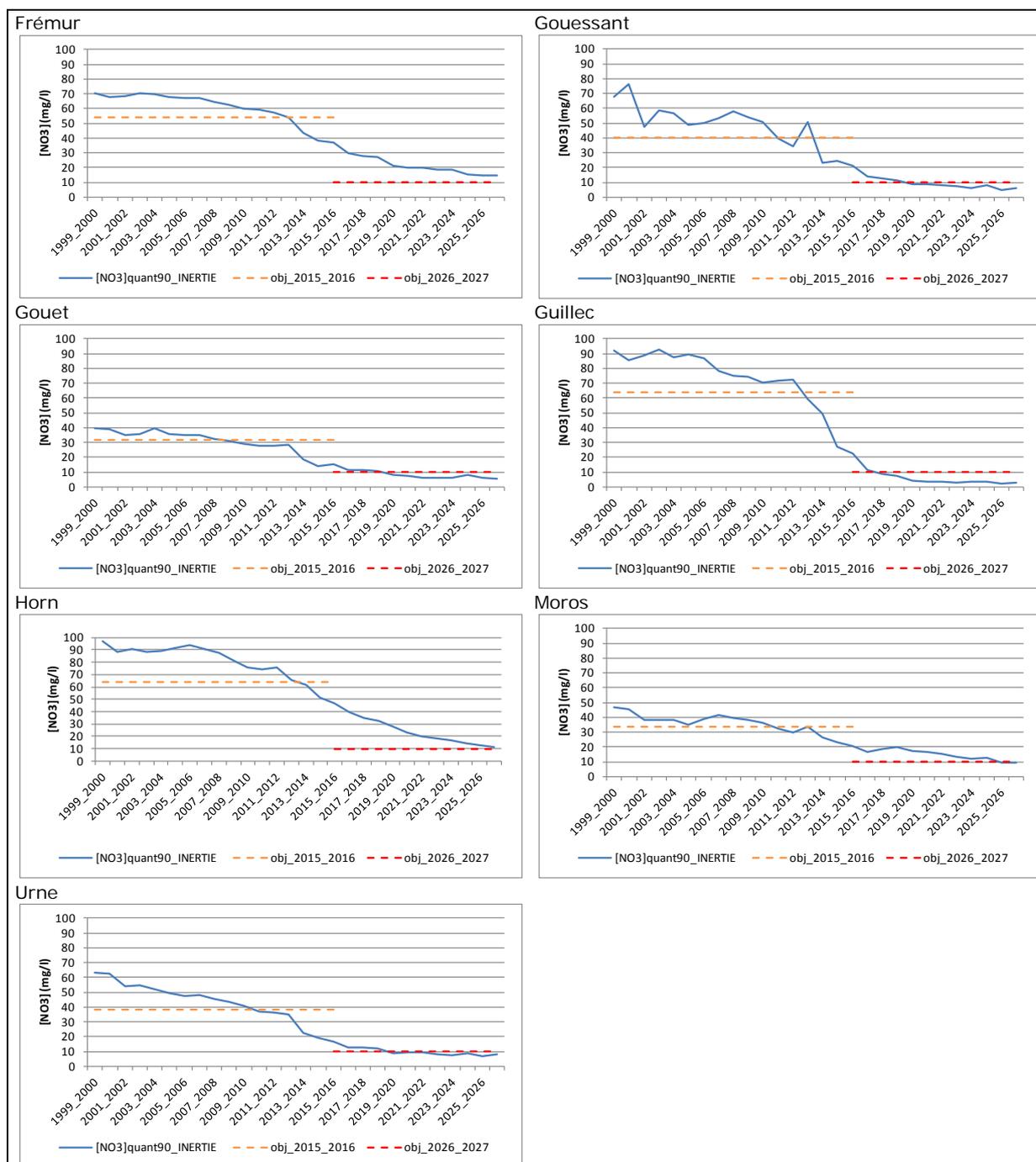


Figure 27 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants – Lot1 - Scénario INERTIE

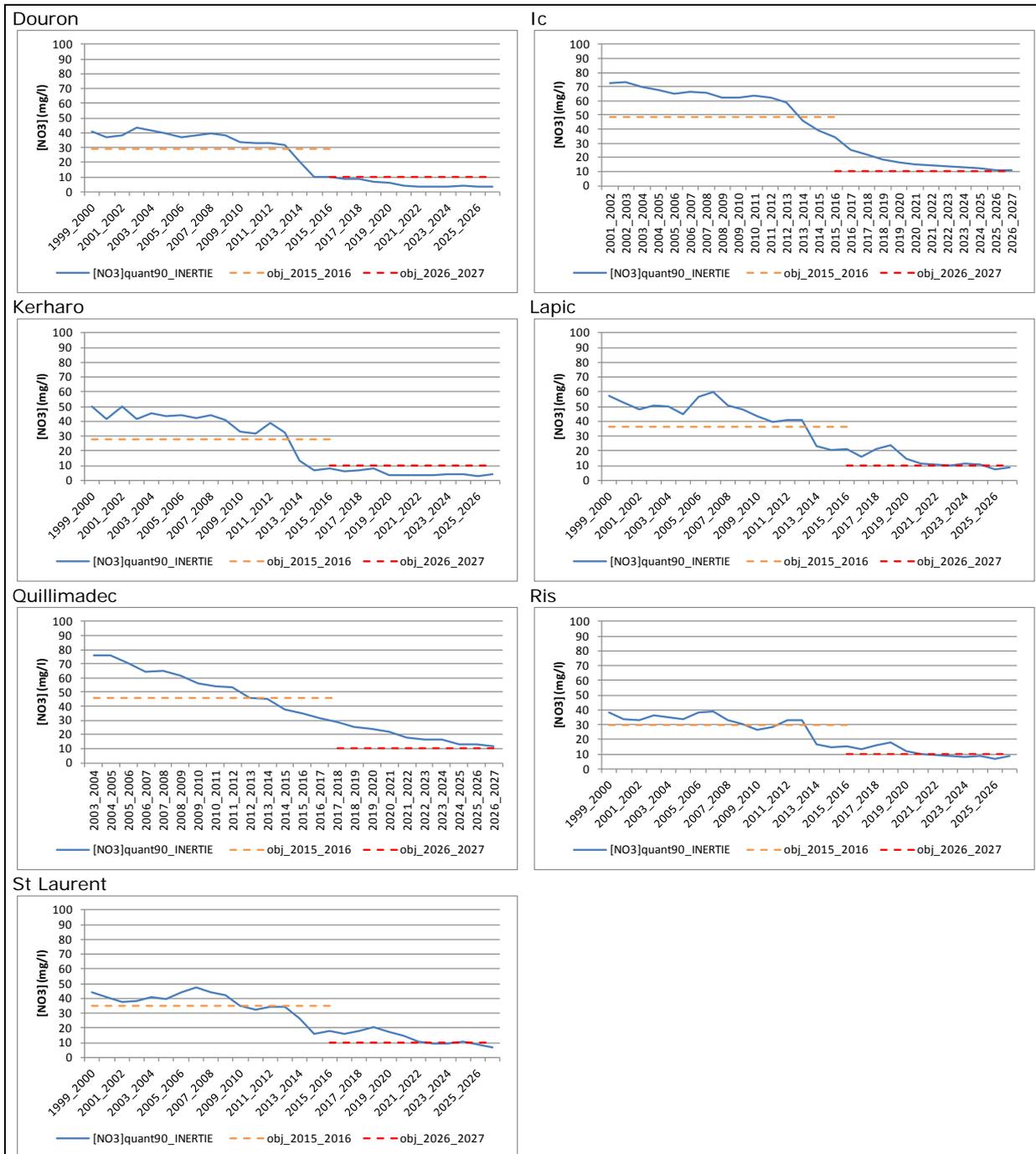


Figure 28 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants – Lot2 - Scénario INERTIE

Flux d'azote simulés à l'exutoire – Scénario INERTIE

Le Tableau 89 présente les flux calculés en 2014-2015 et 2026-2027 et leur évolution par rapport à 2007-2008. De même que pour les concentrations en nitrate, les valeurs des périodes de références correspondent à des moyennes de trois années hydrologiques.

Tableau 89 : Flux d'azote modélisés (en kg N-NO₃/ha) de bassin et évolution (en %) en 2007_2008, 2014_2015 et 2026_2027 - Scénario INERTIE

	Flux N-NO ₃			Evolution	
	[2007_2008]	[2014_2015]	[2026_2027]	[2014_2015]	[2026_2027]
Douron	44	14	4	-68	-91
Frémur	25	14	4	-46	-84
Gouessant	22	8	2	-62	-90
Gouet	26	12	5	-55	-81
Guillec	82	31	3	-62	-97
Horn	68	37	9	-45	-87
Ic	27	14	4	-47	-87
Kerharo	35	7	3	-79	-92
Lapic	53	21	8	-61	-85
Moros	47	27	12	-44	-75
Quillimadec	54	31	10	-42	-82
Ris	34	13	7	-60	-80
St Laurent	54	22	9	-59	-83
Urne	29	11	4	-60	-85

Globalement le comportement des flux suit celui des concentrations (Quantiles 90). A l'horizon 2027, les flux sont divisés au moins par un facteur 8, sauf pour le Moros (un facteur 4).

La Figure 29 et la Figure 30 présentent les flux calculés simulés sur l'ensemble de la période de simulation.

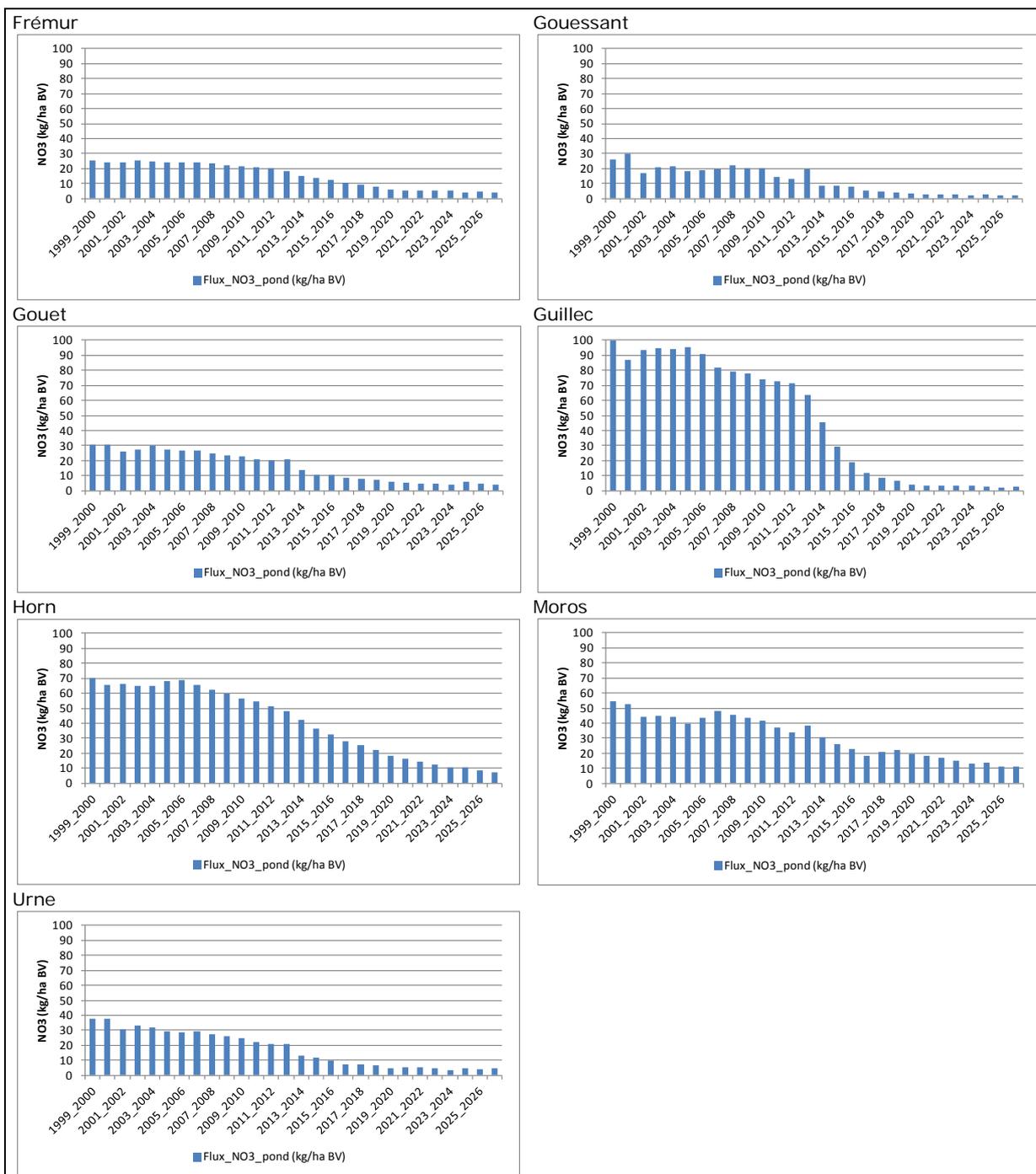


Figure 29 : Flux d’N-NO3 simulés pondérés (kg N/ha de bassin) – Lot1 - Scénario INERTIE

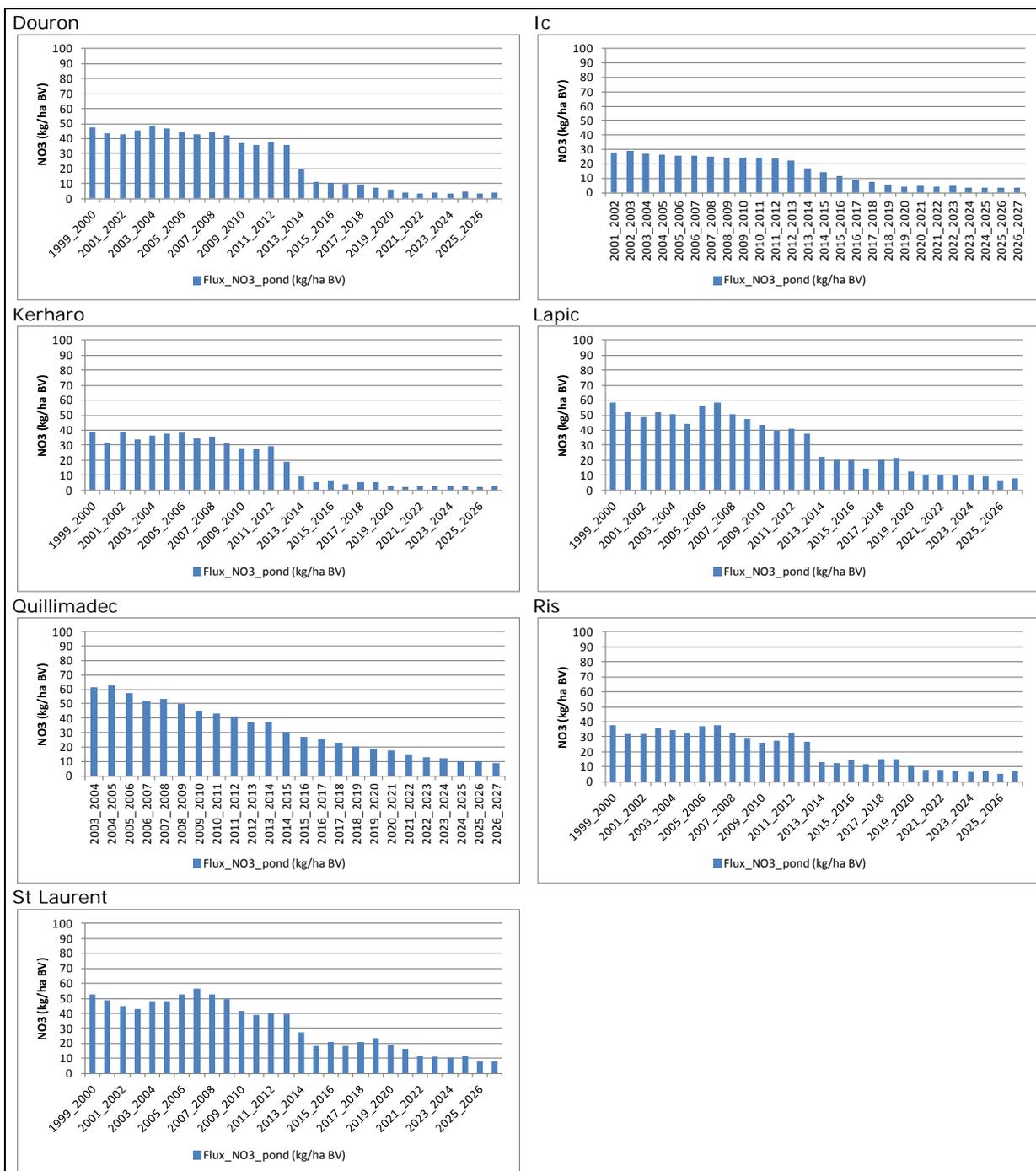


Figure 30 : Flux d’N-NO3 simulés pondérés (kg N/ha de bassin) – Lot2 - Scénario INERTIE

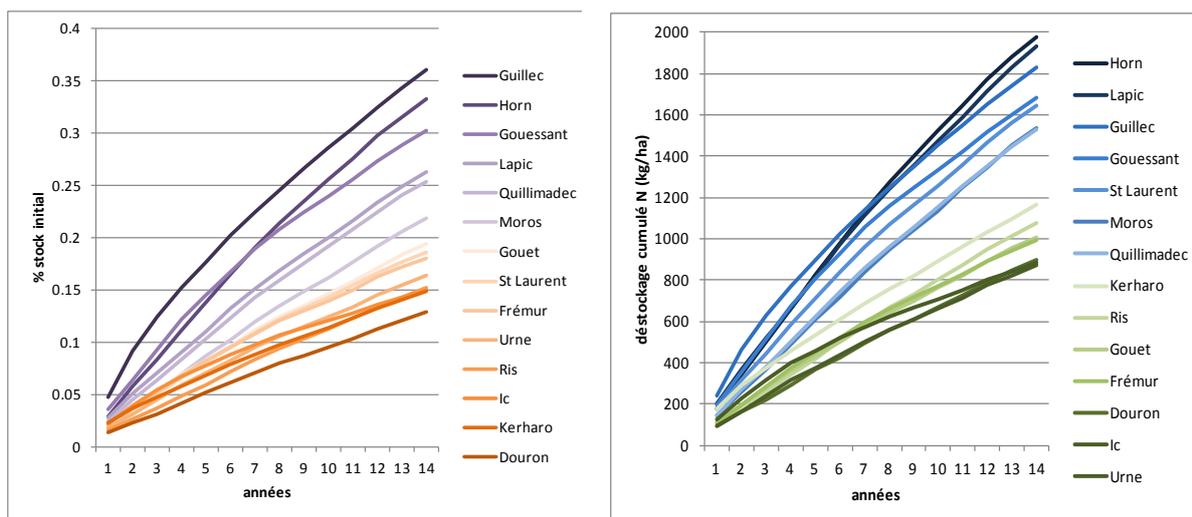


Figure 31 : Déstockage d'azote cumulé par bassin versant, en absolu et en pourcentage du stock initial

La Figure 31 présente le déstockage d'azote simulé dans les différents bassins versants suite à la mise en œuvre du scénario « inertie ». On peut distinguer un groupe de bassin dont le déstockage est, tant en absolu qu'en relatif, important et rapide (Horn, Guillec, Lapic, Gouessant) et à l'opposé des bassins déstockant plus lentement (Douron, Ic). Pour les bassins intermédiaires, les classements en relatif et en absolu peuvent être différents. Ainsi, le Kerharo déstocke une faible proportion de son stock, mais cela correspond à des quantités plutôt élevées. Certains bassins (Gouessant, Ic) déstockent plus vite en début de période, ce qui dénote une proportion assez forte d'eau à temps de résidence faible, alors que d'autres (Horn, St Laurent, Moros) montrent des cinétiques presque linéaires, suggérant des circulations d'eau plus homogènes. Ces résultats illustrent le fait que l'inertie hydrologique seule ne permet pas de raisonner l'inertie « azotée » totale du bassin versant, qui prend en compte aussi le sol et le type de système de production. Ainsi le Douron, malgré un TMRE très court (voir tableau 77) déstocke lentement, probablement du fait de sa dominance « système bovin au pâturage » avec une dominance de fumier à la décomposition lente et un scénario induisant finalement peu de conversion en prairie. A l'inverse, le Gouessant déstocke rapidement malgré un TMRE long, du fait d'une dynamique de réduction des pressions plus ancienne et plus importante, une proportion de lisier dans les apports plus importante, et d'une surface en prairie initialement plus faible.

3.4.1.4 Scénario « Pratiques actuelles extrapolées mise à jour » ou PAE_MAJ

Le scénario PAE_MAJ consiste à poursuivre jusqu'en 2027 les pratiques agricoles mises à jour à l'aide de « l'enquête pratiques 2011 » du SRISE.

Par rapport aux pratiques agricoles modélisées en fin de période de calibration/validation, les éléments suivant restent inchangés :

- dates de semis et de récolte, date des apports azotés, dates et modes d'exploitation des prairies ;
- proportions des cultures, surfaces des cultures dérobées, pourcentage de sol nu hivernal, matrices de transition et règles d'hiver utilisées pour la génération des occupations du sol des parcelles agricoles.

Les éléments suivants sont quant à eux modifiés :

- doses des apports azotés ;
- SAMO/SAU et SAMO par type de culture.

Pressions azotées minérale et organique brute en 2011

Le Tableau 90 présente les quantités d'azote minéral et organique brute calculées à partir des résultats de l'enquête pratiques 2011. On ne dispose pas des données pour le bassin versant du Minaouet pour cause de secret statistique.

Tableau 90 : Pressions totale, minérale et organique brute des bassins versants algues vertes en 2000

	S totale ha	SAU	N total kgN/ha	N minéral kgN/ha	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
Douron	9 533	5 291	203.8	52.2	151.6	37.3	26.4	87.9
Frémur	7 424	5 222	342.0	45.0	296.9	155.7	95.6	45.6
Gouessant	42 073	30 012	257.5	38.6	218.8	134.4	33.0	51.5
Gouet	25 017	13 736	191.3	45.8	145.4	44.4	29.5	71.5
Guillec	7 262	5 567	145.3	26.0	119.3	55.0	3.6	60.8
Horn	7 631	5 639	251.4	34.5	216.9	166.3	9.3	41.3
Ic	8 456	6 350	198.3	37.0	161.3	106.3	13.9	41.0
Kerharo	4 456	3 225	208.9	53.4	155.5	111.6	6.3	37.6
Lapic	2 693	2 514	182.1	44.5	137.6	58.6	14.5	64.6
Minaouet	1 894	1 531	/	/	/	/	/	/
Moros	5 041	2 987	152.6	80.6	72.0	17.2	6.2	48.6
Quillimadec	7 928	5 267	265.3	47.2	218.1	120.6	18.0	79.5
Ris	3 609	2 225	155.6	47.6	108.0	26.3	0.0	81.7
St Laurent	3 021	2 134	154.1	73.0	81.1	15.4	9.9	55.9
Urne	5 905	2 924	220.3	28.9	191.4	91.8	38.0	61.5

Résorption d'azote organique en 2011

Les résultats de l'enquête pratiques 2011 nous donnent les quantités d'azote résorbées par mise en place de l'alimentation biphasé, par traitement et par transfert. Il s'agit ensuite de répercuter ces quantités d'azote résorbées selon le type d'azote concerné. Cette répercussion est réalisée avec les hypothèses suivantes :

- la résorption par la mise en œuvre du mode d'alimentation biphasé et les traitements concernent uniquement l'azote porcin ;
- la résorption par transfert ne concerne que l'azote des volailles car les transferts des coproduits issus de traitement des lisiers sont comptabilisés avec les traitements ;

Tableau 91 : Résorption d'azote issue des données de l'enquête pratiques 2011

	N porcins kgN/ha SAU	N volailles	N total
Douron	9.1	7.9	17.0
Frémur	90.9	58.2	149.0
Gouessant	55.7	14.5	70.2
Gouet	17.3	7.1	24.4
Guillec	24.9	2.3	27.2
Horn	100.2	3.1	103.3
Ic	42.2	3.5	45.7
Kerharo	42.6	0.0	42.6
Lapic	16.8	0.0	16.8
Minaouet	/	/	/
Moros	4.3	0.4	4.7
Quillimadec	51.5	6.0	57.5
Ris	4.3	0.0	4.3
St Laurent	0.0	5.1	5.1
Urne	25.9	24.9	50.8

Importations et exportations d'azote organique en 2011

Les résultats de l'enquête pratiques 2011 nous donnent les quantités d'azote importées et exportées. Il s'agit ensuite de répercuter ces quantités d'azote résorbées selon le type d'azote concerné. Ne disposant pas de la donnée de base, cette répercussion est réalisée en utilisant les résultats de l'enquête pratiques de 2004 sur les bassins versants en contentieux. Après simplification, ces résultats nous donnent les proportions d'azote importées et exportées selon le type d'azote concerné (Tableau 92).

Tableau 92 : Importations et exportations d'azote des bassins versants en contentieux (enquête pratiques 2004, source SRISE)

	Importations %	Exportations
N bovins	5.8	3.4
N porcins	40.0	77.4
N volailles	54.2	19.2
Après Simplification		
	Imports %	Exports
Porcins	42.5	80.1
Volailles	57.5	19.9

Le Tableau 93 présente les quantités d'azote importées et exportées selon le type d'azote.

Tableau 93 : Résorption d'azote issue des données de l'enquête pratiques 2011

	N exporté		N importé	
	N porcins	N volailles	N porcins	N volailles
	kgN/ha SAU			
Douron	7.1	10.7	13.0	3.2
Frémur	9.1	13.7	10.6	2.7
Gouessant	10.3	15.5	21.2	5.3
Gouet	7.7	11.6	17.6	4.4
Guillec	7.0	10.5	27.1	6.8
Horn	13.4	20.1	21.1	5.3
Ic	12.0	18.0	17.0	4.2
Kerharo	4.4	6.6	3.9	1.0
Lapic	9.1	13.7	14.1	3.5
Minaouet	/	/	/	/
Moros	1.8	2.7	11.6	2.9
Quillimadec	14.9	22.4	13.0	3.2
Ris	1.4	2.0	14.9	3.7
St Laurent	5.5	8.3	22.1	5.5
Urne	11.2	16.8	19.0	4.7

Pression azotée minérale organique nette de 2011

Le Tableau 94 présente les pressions azotées minérale et organique nette de 2011.

Tableau 94 : Pression totale, organique nette et minérale des bassins versants algues vertes en 2011

	S totale	SAU	N total	N minéral	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
	ha		kgN/ha SAU					
Douron	9 533	5 291	185.2	52.2	133.0	34.0	11.1	87.9
Frémur	7 424	5 222	183.4	45.0	138.3	66.3	26.4	45.6
Gouessant	42 073	30 012	188.0	38.6	149.3	89.6	8.3	51.5
Gouet	25 017	13 736	169.5	45.8	123.7	37.0	15.3	71.5
Guillec	7 262	5 567	137.0	26.0	111.0	50.2	0.0	60.8
Horn	7 631	5 639	149.7	34.5	115.2	73.8	0.0	41.3
Ic	8 456	6 350	147.2	37.0	110.2	69.1	0.0	41.0
Kerharo	4 456	3 225	160.0	53.4	106.6	68.4	0.6	37.6
Lapic	2 693	2 514	160.2	44.5	115.7	46.8	4.3	64.6
Minaouet	1 894	1 531	/	/	/	/	/	/
Moros	5 041	2 987	157.9	80.6	77.3	22.7	6.1	48.6
Quillimadec	7 928	5 267	193.9	47.2	146.7	67.2	0.0	79.5
Ris	3 609	2 225	166.6	47.6	118.9	35.6	1.7	81.7
St Laurent	3 021	2 134	162.9	73.0	89.9	32.0	2.0	55.9
Urne	5 905	2 924	165.2	28.9	136.3	73.7	1.1	61.5

Pour les bassins versants du Guillec, de l'Horn, de l'Ic et du Quillimadec, les quantités d'azote des volailles résorbées et importées/exportées sont supérieures aux quantités produites, c'est pourquoi la pression azotée nette des volailles est fixée à 0. Ce phénomène est dû au fait que les importations et exportations sont estimées à partir de résultats provenant des bassins versants en contentieux et non des bassins versants directement concernés par cette étude, même si certain territoire se recoupe.

Le Tableau 95 présente la distinction entre l'azote maîtrisable et non maîtrisable produit par les bovins et directement issue des résultats de l'enquête pratiques 2011. Pour la fraction maîtrisable, la

distinction entre l'azote sous forme de fumier et de lisier est réalisée en utilisant les proportions définies pour l'année de référence 2008 (Tableau 96).

Tableau 95 : Quantités d'azote produites par les bovins, distinction azote maîtrisable/non maîtrisable

	N bovins	Non maît.	Maîtrisable
	kgN/ha SAU		
Douron	87.9	52.1	35.8
Frémur	45.6	26.6	19.1
Gouessant	51.5	32.3	19.2
Gouet	71.5	39.9	31.6
Guillec	60.8	42.9	17.8
Horn	41.3	25.3	16.1
Ic	41.0	23.3	17.7
Kerharo	37.6	24.4	13.2
Lapic	64.6	43.3	21.3
Minaouet	/	/	/
Moros	48.6	32.2	16.4
Quillimadec	79.5	52.3	27.3
Ris	81.7	49.4	32.2
St Laurent	55.9	35.3	20.5
Urne	61.5	33.5	28.0

Tableau 96 : Quantités d'azote produites maîtrisables par les bovins, distinction azote fumier/lisier

	Maîtrisable	Fumier	Lisier
	kgN/ha SAU		
Douron	35.8	27.8	8.0
Frémur	19.1	14.0	5.1
Gouessant	19.2	14.1	5.1
Gouet	31.6	23.1	8.5
Guillec	17.8	12.9	4.9
Horn	16.1	11.5	4.6
Ic	17.7	12.9	4.8
Kerharo	13.2	9.5	3.7
Lapic	21.3	15.6	5.7
Minaouet	/	/	/
Moros	16.4	12.8	3.6
Quillimadec	27.3	19.6	7.6
Ris	32.2	23.6	8.6
St Laurent	20.5	14.9	5.6
Urne	28.0	20.3	7.7

Evolution des pressions azotées nettes entre 2000 et 2011

De la Figure 32 à la Figure 45, on trouve les représentations graphiques des évolutions de pressions, bassin par bassin, entre 2000 et 2011. Ces résultats sont résumés dans le Tableau 97 .

Tableau 97 : Evolution des pressions azotées totale, minérale et organique nette entre 2000 et 2011, prenant en compte les mises à jour 2011

	N total	N minéral	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
	kgN/ha SAU					
Douron	-32.6	-23.4	-9.3	7.2	-10	-6.5
Frémur	-80.2	-21	-59.2	-42.7	-9.6	-6.9
Gouessant	-39.5	-19	-20.6	8.5	-15.9	-13.1
Gouet	-15.2	0.6	-15.8	5.7	-9.2	-12.2
Guillec	-75.4	-38.6	-36.8	-21.4	-22.6	7.2
Horn	-63.1	-30.1	-33.1	-10.7	-14.4	-8
Ic	-63.2	-30.7	-32.5	-10.2	-13.5	-8.8
Kerharo	-43.4	10.7	-54.2	-40.5	-7.2	-6.4
Lapic	-40	1.8	-41.9	-17.7	-12.8	-11.4
Minaouet	/	/	/	/	/	/
Moros	6.5	2.7	3.9	9.6	-2.7	-3
Quillimadec	-47.8	-25.2	-22.6	-5.4	-10.9	-6.3
Ris	-38.2	-31.5	-6.7	16.2	0.5	-23.4
St Laurent	-20.8	-13.1	-7.6	19.5	-23	-4.1
Urne	-62.3	-15.6	-46.7	-2	-43.4	-1.3

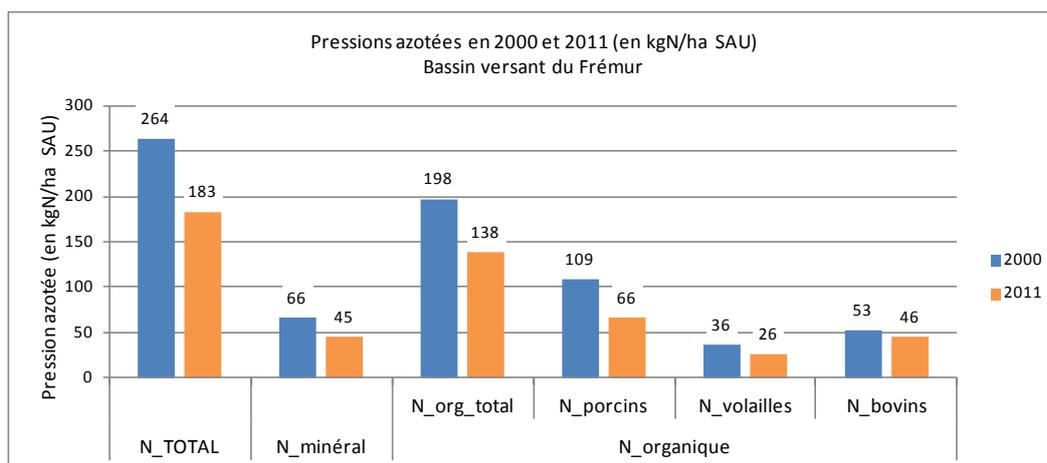


Figure 32 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Frémur

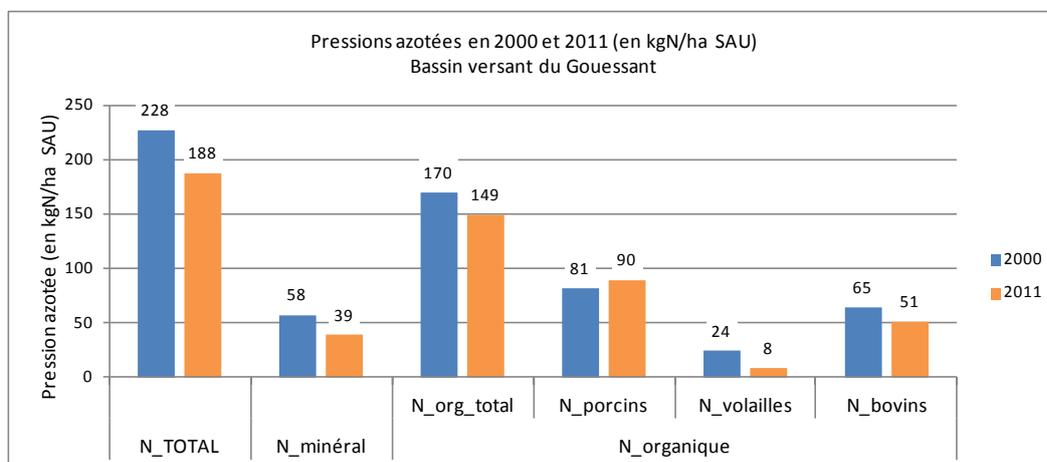


Figure 33 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Guessant

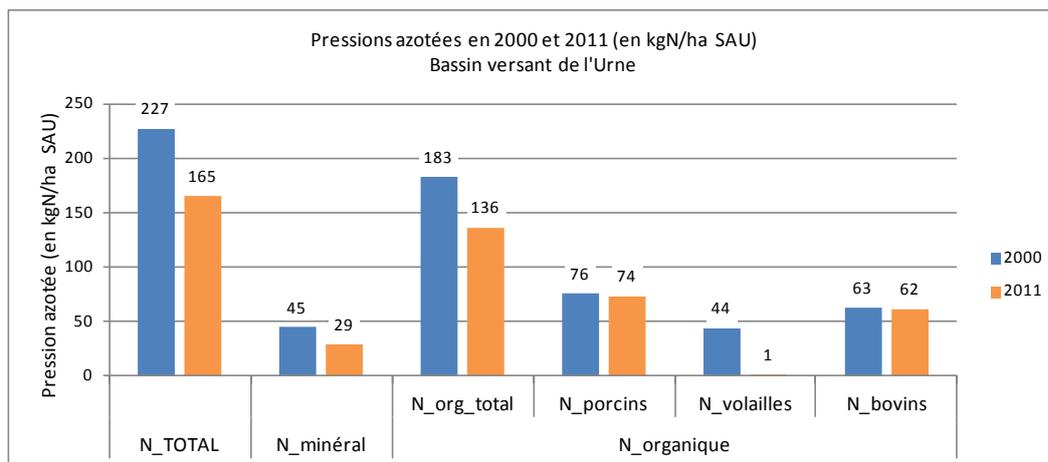


Figure 34 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Urne

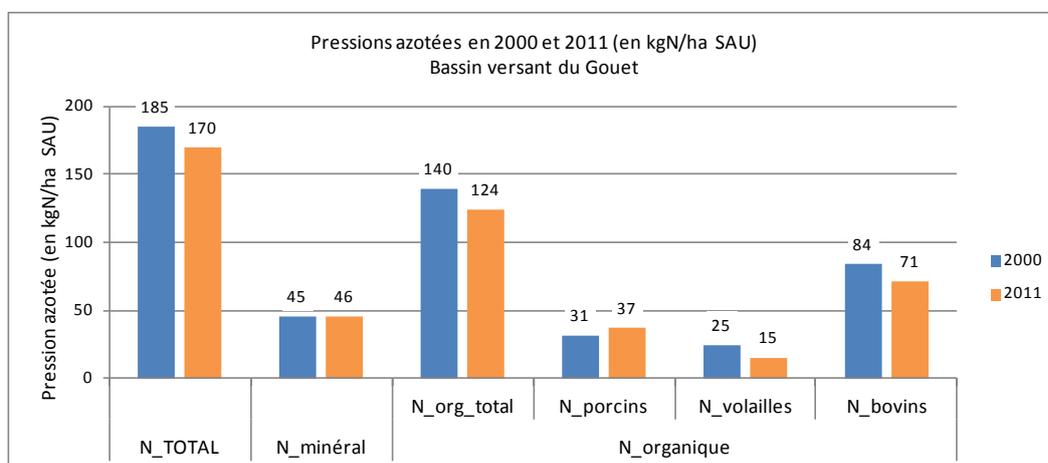


Figure 35 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Gouet

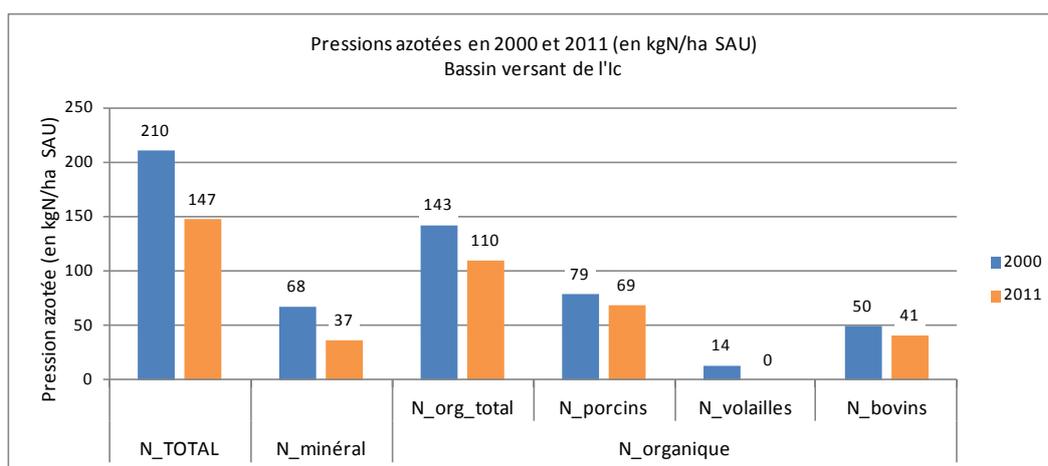


Figure 36 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : lc

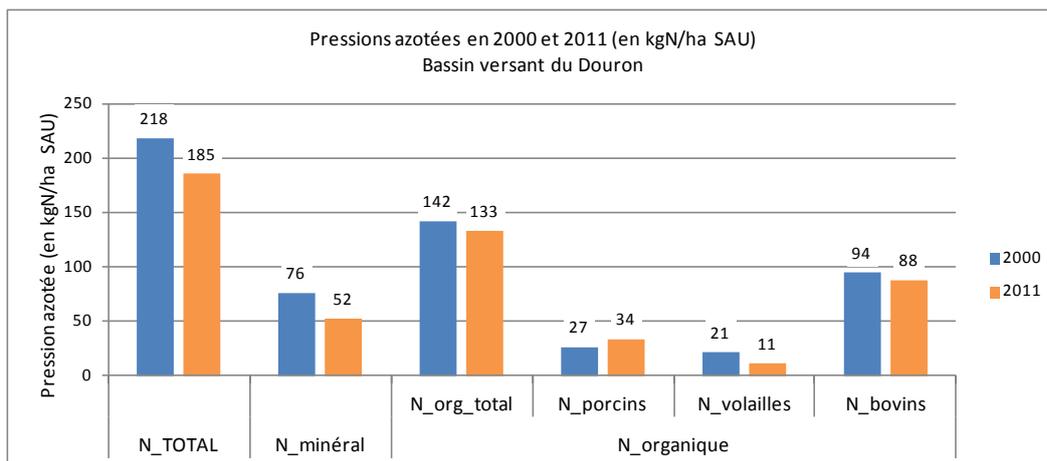


Figure 37 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Douron

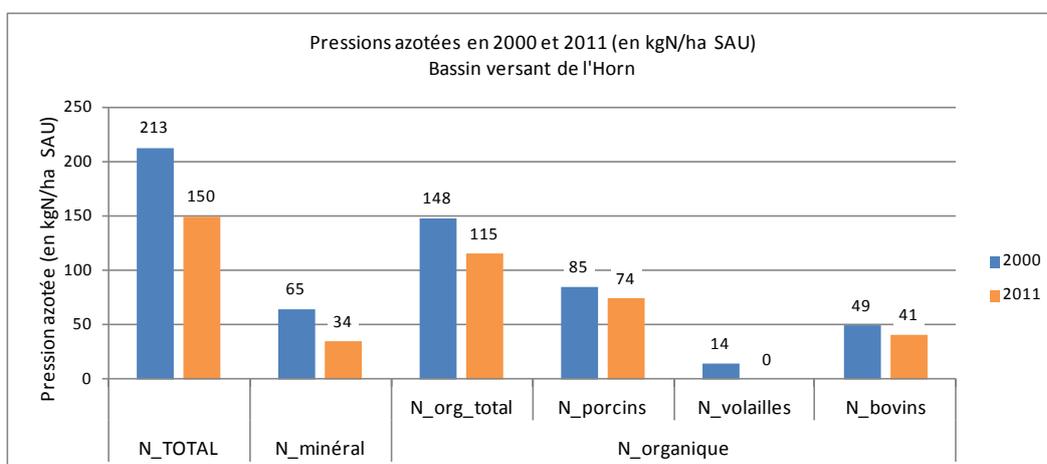


Figure 38 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Horn

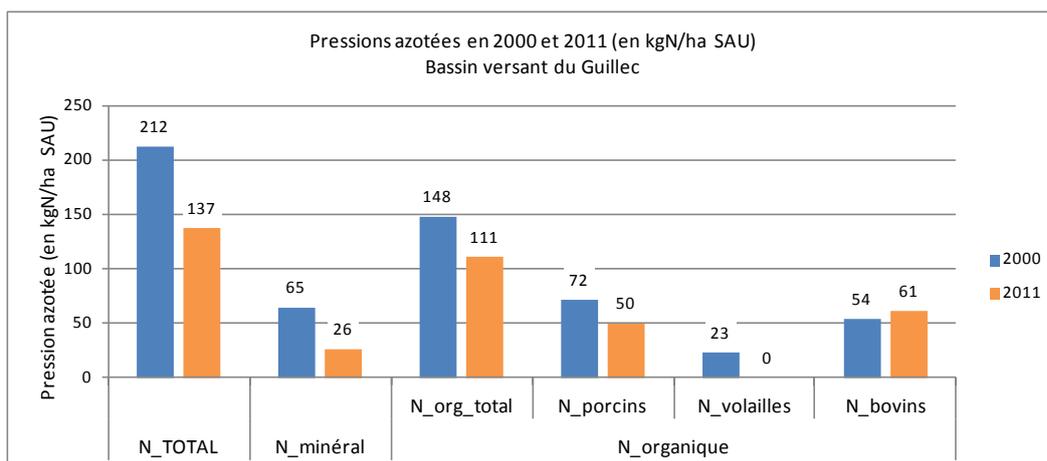


Figure 39 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Guillec

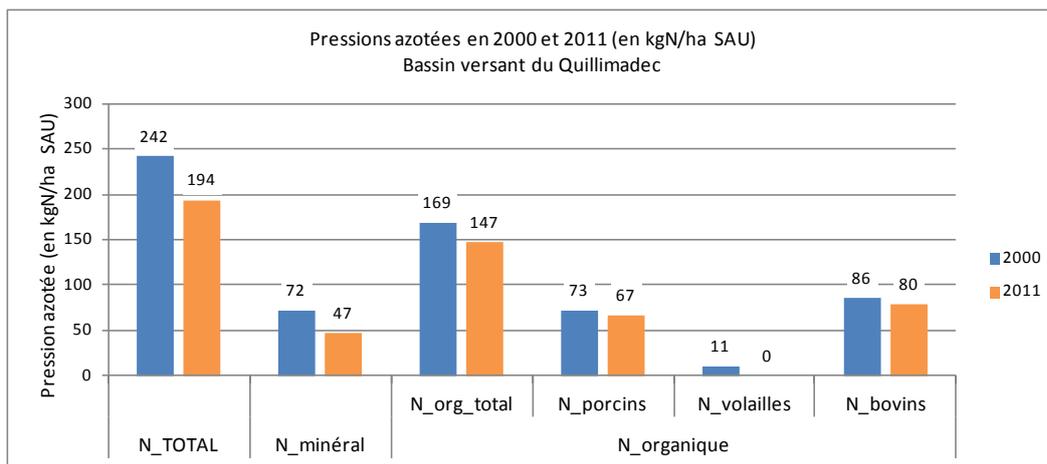


Figure 40 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Quillimadec

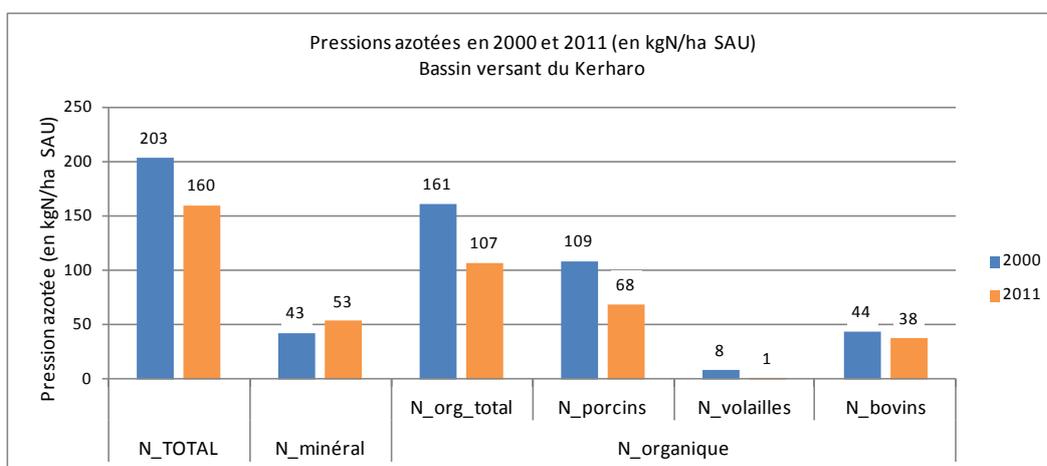


Figure 41 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Kerharo

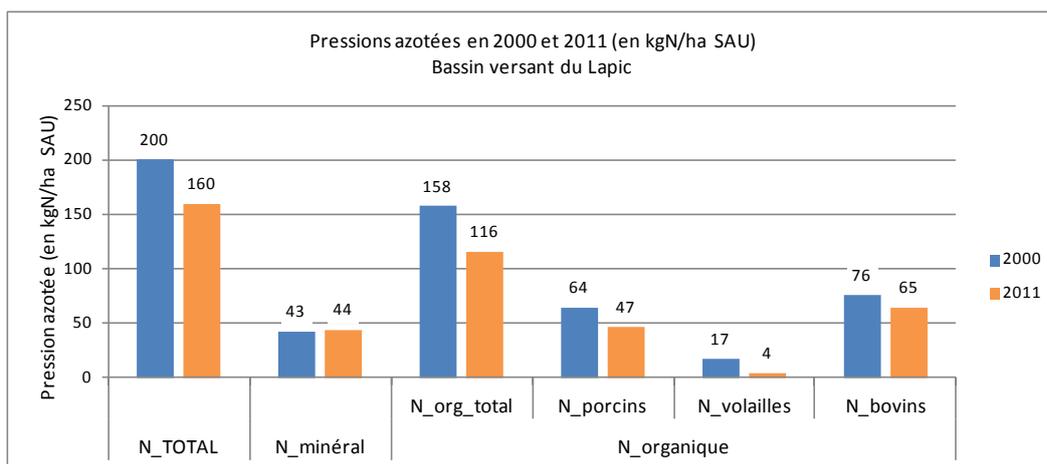


Figure 42 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Lapic

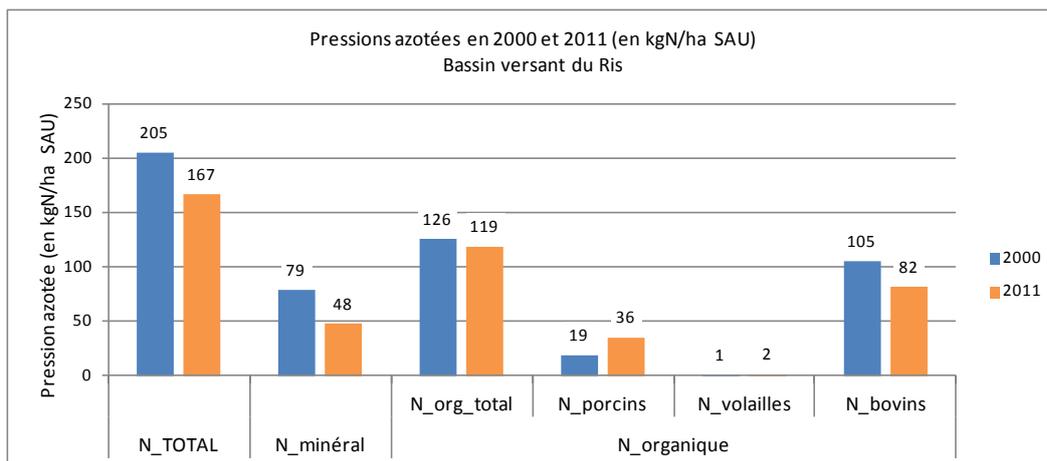


Figure 43 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Ris

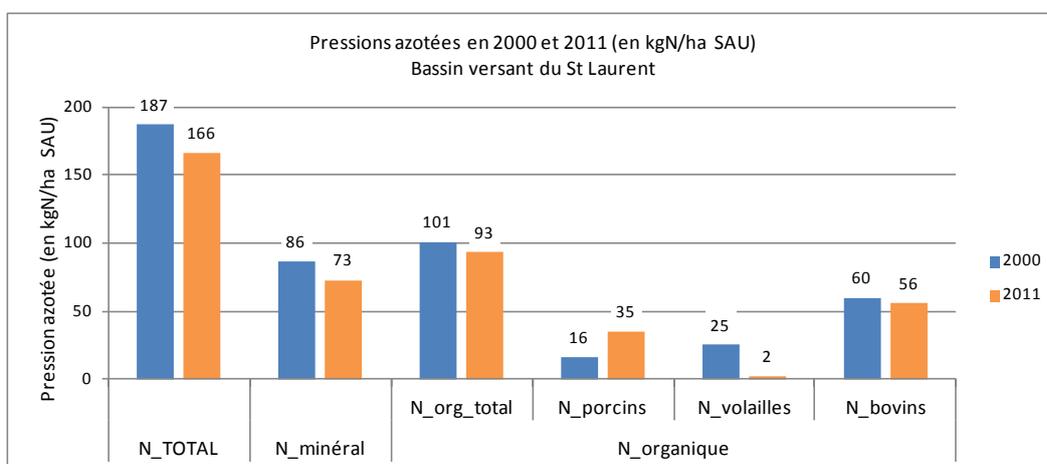


Figure 44 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : St Laurent

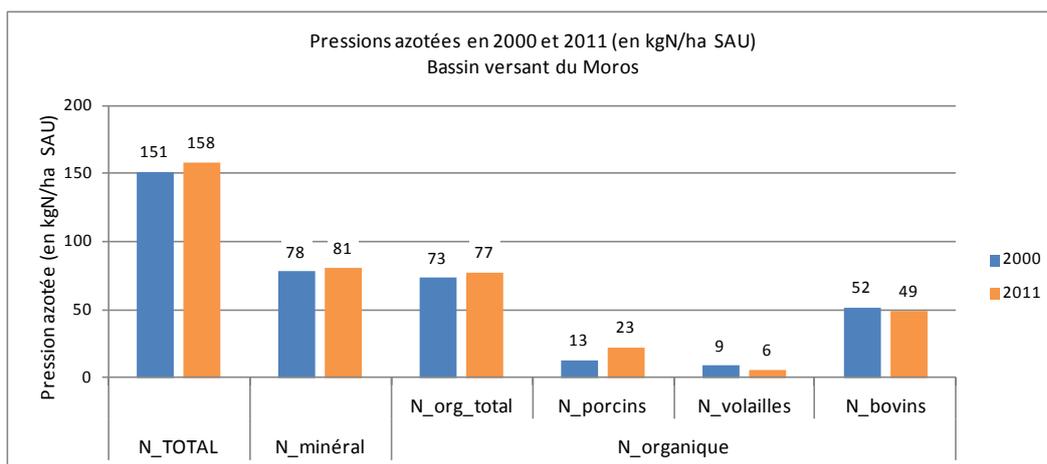


Figure 45 : Pressions azotées calculées en 2000 et 2011 : Moros

Comparaison des pressions azotées : 2008 et 2011

Les calculs des pressions azotées en 2008 et 2011 (Tableau 98) montrent une baisse de la pression totale pour certains bassins versants (en kgN/ha de SAU) : Ic (-49.4), Guillec (-37.6), Ris (-34.9), St Laurent (-29.2), Lapic (-22.2), Douron (-19.8) et Kerharo (-17.0).

On notera la forte baisse de pression entre 2008 et 2011 pour le bassin versant de l'Ic s'expliquant probablement par la prise en compte de l'application des mesures contentieuses depuis 2008 sur ce territoire.

Pour d'autres bassins versants, on observe le phénomène inverse avec des pressions azotées totales calculées en 2011 supérieures à celles de 2008 (en kgN/ha SAU) : Frémur (+0.3), Quillimadec (+1.4), Gouessant (+5.4), Horn (+11.0), Moros (+12.7), Urne (+16.2) et Gouet (+18.9). **Attention, il ne s'agit en aucun cas d'une hausse réelle des pressions azotées entre ces deux dates, mais d'un artefact lié à la surestimation de la baisse de pression entre 2000 et 2008, qui résulte probablement de l'imprécision des données utilisées pour calculer les pressions azotées de 2008 (cf 2.3.4.2.2 Pressions azotées et formes de l'azote).**

Tableau 98 : comparaison des estimations de pressions azotées totale, minérale et organique nette entre 2008 et 2011.
N.B. : il se n'agit pas d'évolution réelle des pressions entre ces deux dates, voir texte.

	N total	N minéral	N org total	N porcins	N volailles	N bovins
	kgN/ha SAU					
Douron	-19.8	-24.0	4.1	12.8	-6.1	-2.6
Frémur	0.3	-3.0	3.3	-18.7	13.4	8.6
Gouessant	5.4	-9.4	14.7	23.8	2.7	-11.7
Gouet	18.9	8.6	10.3	9.1	8.2	-6.9
Guillec	-37.6	-41.0	3.4	-4.3	-3.6	11.3
Horn	11.0	-23.0	34.0	48.4	-17.0	2.6
Ic	-49.4	-18.7	-30.7	-23.2	-4.2	-3.3
Kerharo	-17.0	10.4	-27.4	-15.2	-7.7	-4.5
Lapic	-22.2	1.5	-23.7	-10.4	-6.1	-7.2
Minaouet	/	/	/	/	/	/
Moros	12.7	2.1	10.7	5.5	6.1	-0.9
Quillimadec	1.4	-6.8	8.2	18.8	-5.1	-5.5
Ris	-34.9	-32.1	-2.8	18.2	1.7	-22.7
St Laurent	-29.2	-13.8	-15.3	19.0	-34.9	0.5
Urne	16.2	-7.7	23.9	13.0	-3.9	14.8

Indicateurs de SAMO 2011

Le Tableau 99 présente les proportions de surfaces amendées en matière organiques sur la SAU et sur les céréales, les prairies et le maïs (SAMO/SAU, SAMO/maïs, SAMO/prairie et SAMO/cereales).

Tableau 99 : Indicateurs de SAMO 2011

	SAMO/SAU	SAMO/mais	SAMO/prairies	SAMO/cereales
Douron	0.50	0.89	0.38	0.34
Frémur	0.59	0.93	0.29	0.38
Gouessant	0.64	0.97	0.41	0.48
Goët	0.50	0.91	0.40	0.29
Guillec	0.51	0.93	0.27	0.59
Horn	0.54	0.81	0.41	0.58
Ic	0.65	0.90	0.32	0.61
Kerharo	0.60	0.87	0.40	0.47
Lapic	0.58	0.90	0.50	0.31
Moros	0.35	0.85	0.20	0.05
Quillimadec	0.59	0.92	0.54	0.26
Ris	0.54	0.97	0.46	0.26
St Laurent	0.38	0.80	0.24	0.09
Urne	0.59	0.90	0.43	0.45

Concentrations en nitrate simulées à l'exutoire – Scénario PAE_MAJ

En ce qui concerne les effets du scénario PAE_MAJ sur les concentrations en nitrates à l'exutoire, ils sont repris dans le Tableau 101 avec des résultats sous forme de moyennes de trois années plutôt que d'une seule afin de s'affranchir d'une éventuelle variabilité liée au climat. Pour ce faire, on prend en compte dans le calcul l'année hydrologique de référence et les deux années immédiatement antérieure et postérieure pour l'année de référence 2014-2015 et les trois dernières années de la période de simulation pour l'année de référence 2026-2027 (Tableau 100).

Tableau 100 : Années hydrologiques de référence et utilisées pour les calculs

Référence	Utilisées pour les calculs
[2007_2008]	[2006_2007] [2007_2008] [2008_2009]
[2014_2015]	[2013_2014] [2014_2015] [2015_2016]
[2026_2027]	[2024_2025] [2025_2026] [2026_2027]

Tableau 101 : Quantile90 des concentrations en NO3 et comparaison avec les objectifs du plan « Algues vertes » en 2014_2015 et de la valeur recommandée par le Comité scientifique du plan pour 2026_2027 - Scénario PAE_MAJ

	[2007_2008]	[2014_2015]		[2026_2027]	
	[NO3]_simu	[NO3]_simu	[NO3]_obj	[NO3]_simu	[NO3]_obj_recom.
Douron	39	32	29	30	10
Frémur	65	51	54	43	10
Gouessant	55	39	40	37	10
Gouet	33	30	32	30	10
Guillec	76	49	64	37	10
Horn	87	66	64	55	10
Ic	65	48	49	39	10
Kerharo	42	32	28	29	10
Lapic	53	35	36	30	10
Moros	40	30	34	29	10
Quillimadec	64	49	46	43	10
Ris	34	27	30	26	10
St Laurent	45	31	35	28	10
Urne	46	36	38	34	10

Ces résultats nous permettent de classer qualitativement les bassins versants selon qu'ils présenteraient une forte, moyenne ou faible probabilité d'atteindre les objectifs en terme de concentration en nitrate, **sous l'hypothèse d'aucun changement dans les pratiques agricoles:**

- forte probabilité d'atteinte des objectifs en 2014-2015 (résultat simulé inférieur d'au moins 10% à l'objectif): Frémur, Guillec, Moros et St Laurent ;

- probabilité moyenne d'atteinte des objectifs en 2014-2015 (résultat simulé compris entre -10% et +5% de l'objectif) : Gouessant, Gouet, Lapic, Ris, Urne, Ic, Horn.

- faible probabilité d'atteinte des objectifs en 2014-2015 (résultat simulé supérieur de 10% à l'objectif) : Quillimadec, Douron, Kerharo.

La Figure 46 et la Figure 47 sont les représentations graphiques de ces résultats pour permettre de les confronter aux objectifs affichés dans la plan « Algues vertes » pour les années 2014-2015 d'une part et recommandés par le comité scientifique pour les années 2026-2027 d'autre part.

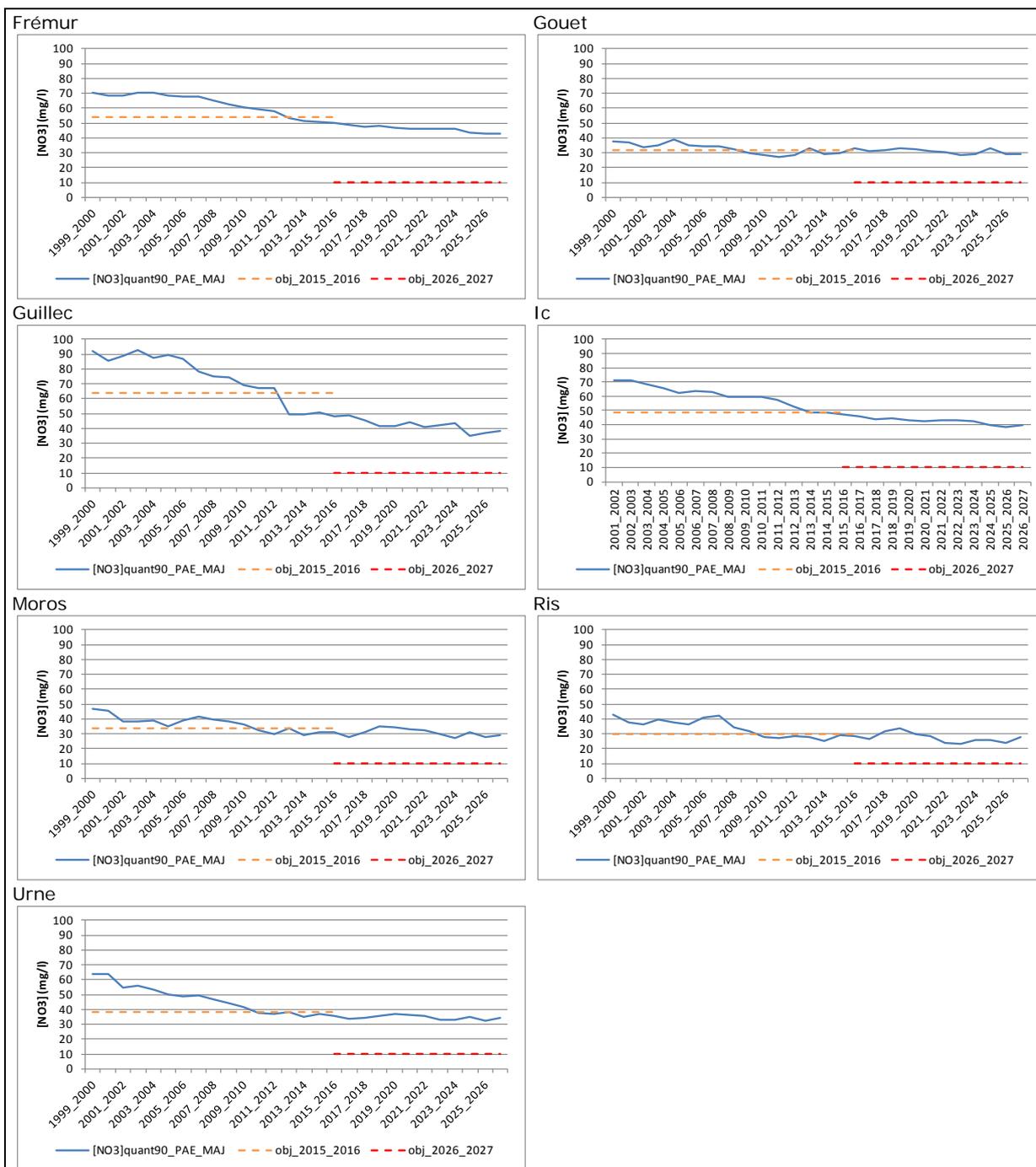


Figure 46 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants – Lot1 - Scénario PAE_MAJ

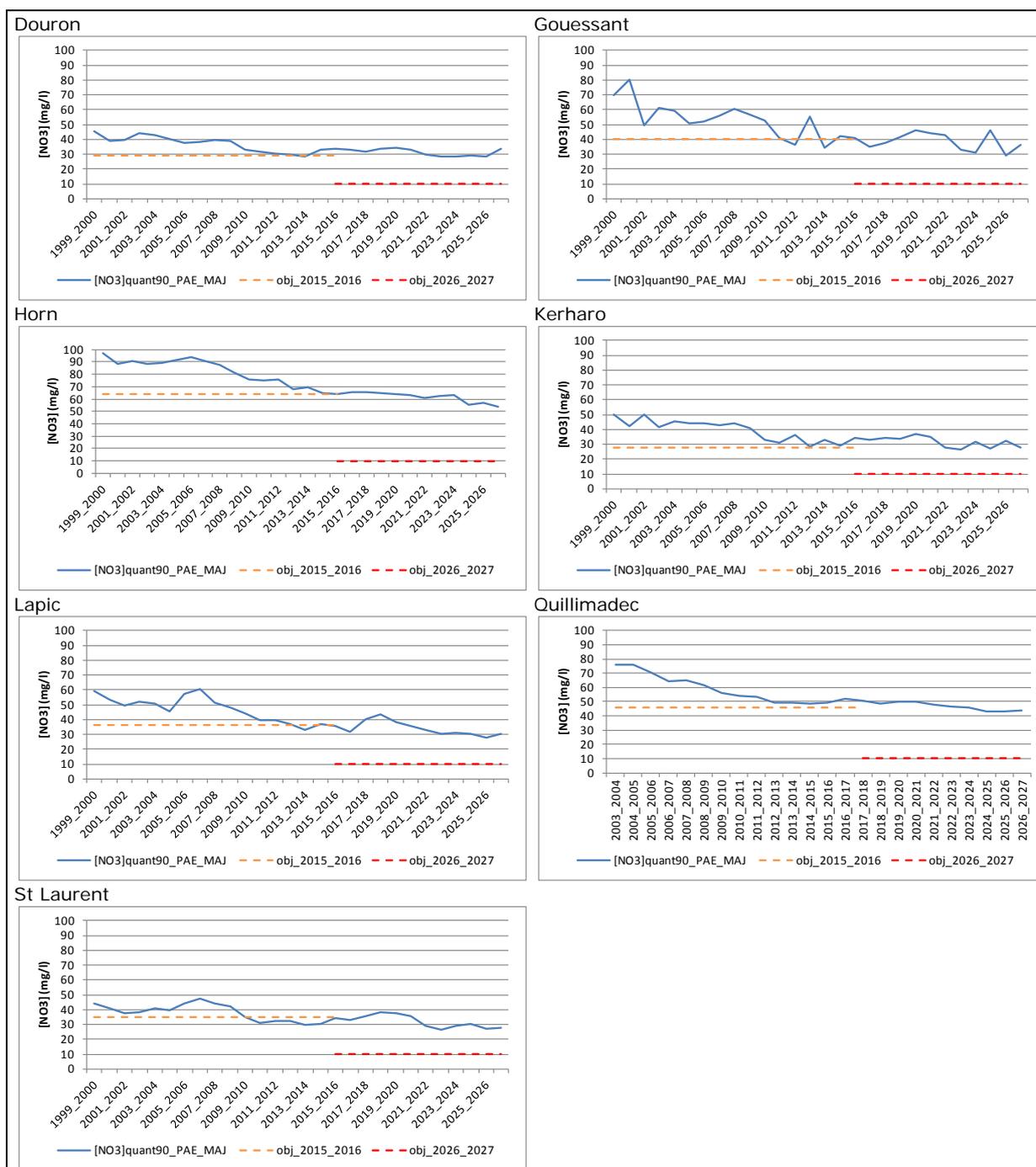


Figure 47 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants – Lot2 - Scénario PAE_MAJ

Flux d'azote simulés à l'exutoire – Scénario PAE_MAJ

Le Tableau 102 présente les flux calculés en 2014-2015 et 2026-2027 et leur évolution par rapport à 2007-2008. De même que pour les concentrations en nitrate, les valeurs des périodes de référence correspondent à des moyennes de trois années hydrologiques.

Tableau 102 : Flux d'azote modélisés (en kg N-NO3/ha) de bassin et évolution (en %) en 2007_2008, 2014_2015 et 2026_2027 _ Scénario PAE_MAJ

	Flux N-NO3			Evolution	
	[2007_2008]	[2014_2015]	[2026_2027]	[2014_2015]	[2026_2027]
Douron	44	36	35	-18	-21
Frémur	25	20	17	-22	-33
Gouessant	22	15	15	-30	-33
Gouet	26	24	24	-8	-7
Guillec	82	52	39	-36	-52
Horn	68	51	43	-24	-37
Ic	27	20	16	-25	-39
Kerharo	35	27	23	-24	-34
Lapic	53	36	31	-32	-43
Moros	47	36	35	-23	-25
Quillimadec	54	41	36	-24	-34
Ris	34	27	25	-19	-27
St Laurent	54	37	33	-32	-38
Urne	29	22	21	-22	-26

La Figure 48 et la Figure 49 présentent les flux calculés simulés sur l'ensemble de la période de simulation.

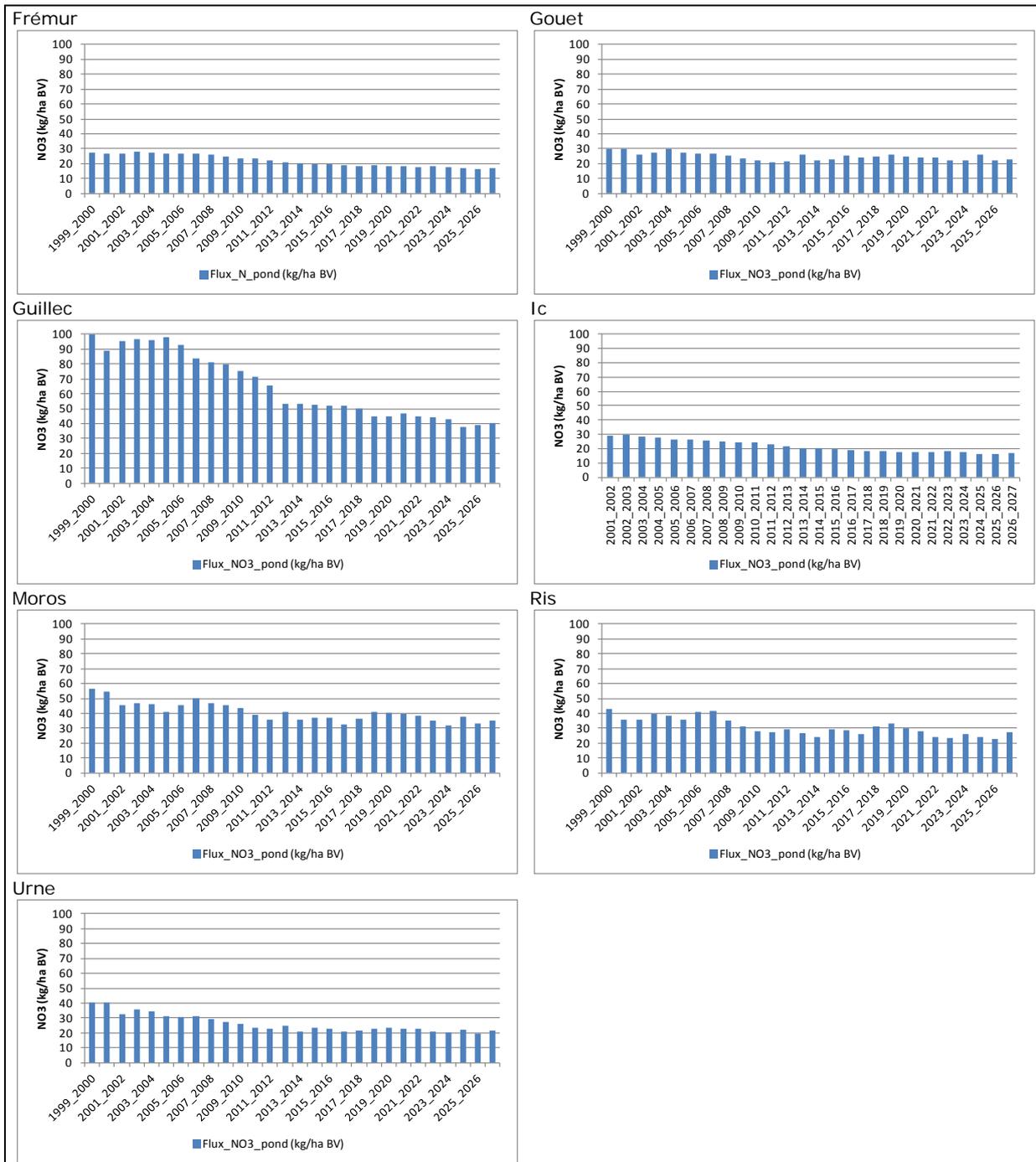


Figure 48 : Flux d’N-NO3 simulés pondérés (kg N/ha de bassin) – Lot1 - Scénario PAE_MAJ

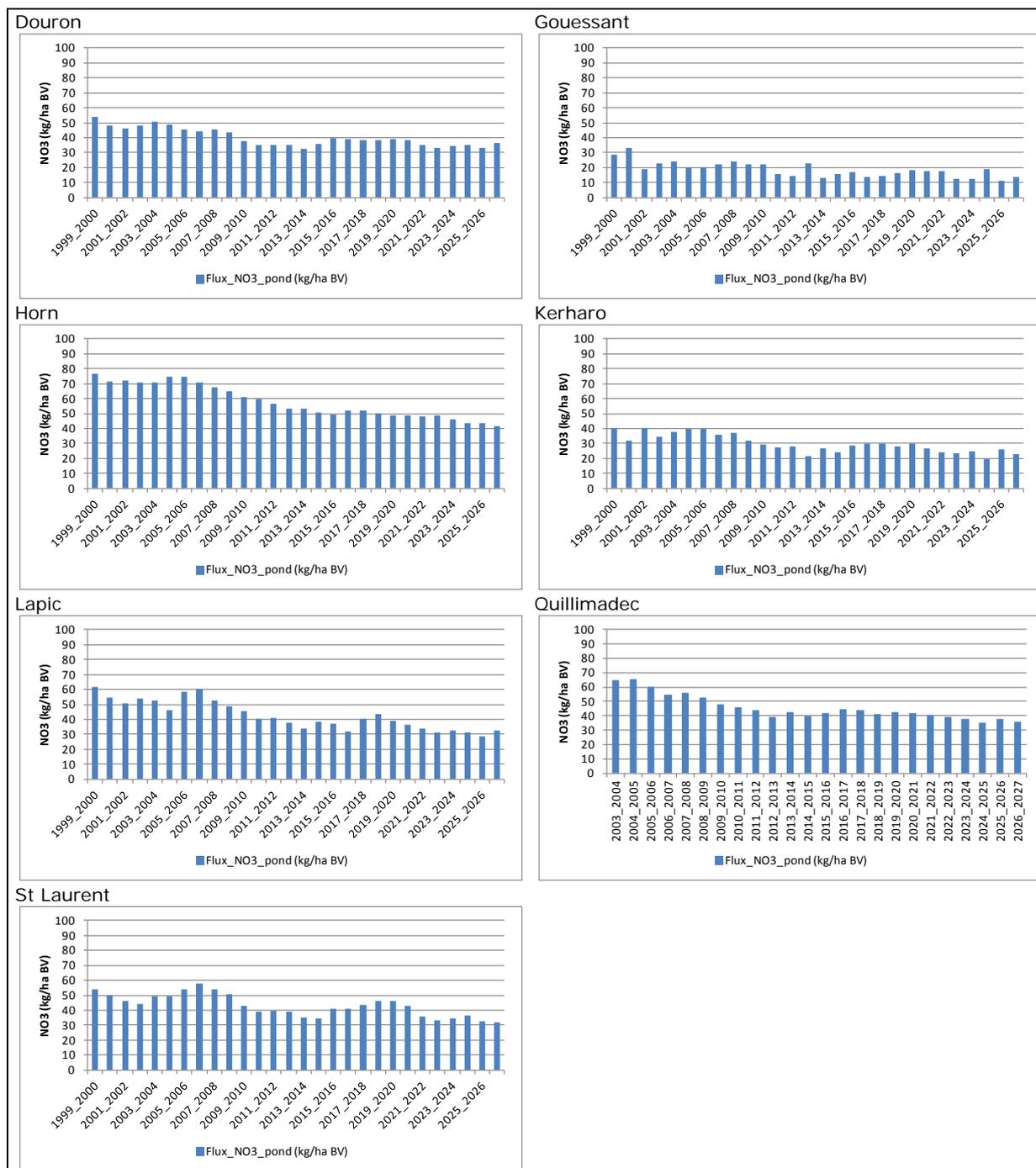


Figure 49 : Flux d’N-NO3 simulés pondérés (kg N/ha de bassin) – Lot2 - Scénario PAE_MAJ

L’interprétation de ces résultats est sensiblement la même que celle donnée pour le scénario « PAE » non mis à jour : les évolutions de flux simulées ne reflètent pas, loin s’en faut, les évolutions de pression azotées, avec des bassins versants tels que le Saint Laurent ou le Moros pour lesquels les baisses de flux sont plus importantes que les baisses de pressions (mais ces résultats sont incertains, voir la partie « PAE »), d’autres tels que Frémur pour lesquels les baisses de pressions importantes ne se traduisent pas en baisse de flux importantes. On notera toutefois que ces « incohérences » sont moins marquées que dans le cas précédent : pour la totalité des bassins, sauf le Saint-Laurent et le Moros, la baisse de pression entre 2000 et 2011 se traduit en baisse de

flux à l'horizon 2027 avec des taux de 10 à 45% (c'est-à-dire que 10 kgN/ha de pression en moins engendrent une baisse de flux de 1 à 4.5 kgN/ha), ce qui est assez vraisemblable. On peut penser que le calage réalisé sur les données non mises à jour avait tendance à exagérer le découplage entre pressions et flux, et que le recours à des données plus fiables permet de retrouver des résultats plus cohérents.

3.4.1.5 Scénario « Appel à projet algues vertes » ou AAP_AV

Définition du contenu de l'appel à projet et traduction en entrée du modèle

L'ensemble des scénarios testés par bassin versant sont présentés en Annexe 16 sous forme d'un tableau précisant la définition de la mesure, son impact ou effets sur les entrées du modèle et la manière dont elles sont modélisées.

Baie de Saint Briec

Les différentes mesures modélisées en Baie de Saint Briec pour les bassins versants du Gouessant, de l'Urne, du Gouet et de l'Ic sont les suivantes :

- modification de l'assolement en zone humide avec (i) la réduction des surfaces en céréales d'hiver et de maïs au profit de surfaces en herbe et (ii) le maintien de parcelles en prairies tout au long de la période de simulation ;
- modification des itinéraires techniques des prairies permanentes en zone humide avec une conduite en fauche et pâture et fertilisées avec 30 kgN/ha d'engrais minéral ;
- modifications de l'assolement hors zone humide avec une baisse des surfaces en céréales d'hiver, maïs et RGA au profit de la luzerne, du pois de printemps, de l'orge de printemps et de RGA-TB ;
- modification des successions culturales avec l'impossibilité de retourner les prairies à l'automne pour l'implantation de cultures d'hiver ;
- implantation de RGI sous couvert de maïs entre deux maïs ensilage ou grain ;
- suppression des parcelles parking ;
- baisse de la pression azotée minérale et organique.

Ces différentes mesures, dans un premier temps définies à l'échelle de la Baie de Saint Briec, ont ensuite été déclinées à l'échelle du bassin versant afin de les préciser notamment en fonction de l'état initial du bassin. Les données chiffrées par bassin versant de chaque scénario AAP_AV sont présentées en Annexe 16.

Anse de Locquirec

Les différentes mesures modélisées pour le bassin versant du Douron sont les suivantes :

- modification de l'assolement avec une baisse des surfaces en céréales d'hiver et maïs ensilage au profit de RGA-TB
- implantation de RGI dérobé sous couvert de maïs entre deux maïs ensilage ;

- modification des pratiques de fertilisation sur prairie avec apparition d'apport de fumier de bovins à l'automne sur 10% des surfaces ;
- maintien de la pression azotée minérale et baisse de la pression azotée organique.

Les données chiffrées des mesures du scénario AAP_AV sont présentées en Annexe 16.

Anse de Guisseny

Les différentes mesures modélisées pour le bassin versant du Quillimadec sont les suivantes :

- optimisation de la fertilisation azotée pour passer de 87 à 100% de la SAU avec un écart au conseil inférieur à 25 kgN/ha ;
- ajustement des apports minéraux sur céréales avec 50% des surfaces en minéral seul avec 20 kgN/ha de minéral en moins ;
- augmentation de la SAMO avec des surfaces supplémentaires en blé et prairies fertilisées avec du lisier de porcs et de bovins ;
- modification des itinéraires techniques des prairies permanentes en zone humide avec une conduite en fauche et pâture et fertilisées avec 40 kgN/ha d'engrais minéral ;
- implantation de 30 km de talus ou de haies ;
- 6 % de la SAU cultivé en agriculture biologique ;
- broyage et incorporation des résidus de maïs grain ;
- introduction de colza dans l'assolement ;
- augmentation des surfaces en prairie de 10% en remplacement de surface en maïs ensilage et blé ;
- 30 jours de pâturage par UGB en plus sur 35 % des exploitations ;
- suppression des parcelles parking ;
- éviter les retournements de prairies sur 10% de la SAU en prairie ;
- intégrer 20 % des prairies concernées par des rotations avec des cultures dans des rotations courtes (retournement au bout de 3 ans) ;
- introduction de la betterave après retournement de prairie au printemps ;
- implantation de RGI sous couvert de maïs entre deux maïs ensilage ;
- favoriser les apports précoces de fumier avant le semis de maïs ;
- éviter des apports de fertilisants en fin d'été et début d'automne ;
- implanter un couvert après céréales dans les 15 jours après la récolte et avant le 30 août ;
- interdire les implantations de céréales après pois haricot et échalote
- modification de la conduite des choux avec 20% des surfaces en choux passant de deux apports de 50 kgN/ha à un apport de 50 kgN/ha ou passant de un apport à zéro apport ;
- fertilisation localisée sur pomme de terre avec une dose moyenne passant de 120 à 90 kgN/ha ;

- baisse de la pression azotée minérale et organique.

Les données chiffrées des mesures du scénario AAP_AV sont présentées en Annexe 16.

Baie de Douarnenez

Les différentes mesures modélisées en Baie de Douarnenez pour les bassins versants du Kerharo, Lopic et Ris sont les suivantes :

- optimisation de la fertilisation azotée pour baisser les écarts au conseil observés ;
- modification des dates d'implantation des CIPAN modélisée après récolte de céréales pour passer du 01/09 au 15/08 ;
- baisse des surfaces en maïs au profit de prairies temporaires ;
- substitution de 20% de l'azote minéral par du lisier de porc et de bovins sur des surfaces en blé et en prairie temporaires ;
- substitution de 40 et 50 kgN/ha d'azote minéral par des digestats de méthanisation respectivement sur des surfaces en blé et prairies temporaires ;
- réduction de la dose de fumier de volaille sur des surfaces en maïs et de lisier de porc sur des surfaces en prairies temporaires ;
- baisse de la pression azotée minérale et augmentation de la pression organique.

Ces différentes mesures, dans un premier temps définies à l'échelle de la Baie de Douarnenez ont ensuite été déclinées à l'échelle du bassin versant afin de les préciser notamment en fonction de l'état initial du bassin. Les données chiffrées par bassin versant de chaque scénario AAP_AV sont présentées en Annexe 16.

Baie de Concarneau

Les différentes mesures modélisées en Baie de Concarneau pour les bassins versants du St Laurent et du Moros sont les suivantes :

- implantation de RGI sous couvert de maïs entre deux maïs ensilage ;
- implantation d'une céréale entre deux maïs grain ;
- implantation des céréales d'hiver plus tôt ;
- modification de l'assolement avec l'implantation d'orge de printemps, de betterave fourragère après retournement de prairie et l'obligation d'atteindre 75% de prairie dans la SFP ;
- 10% de la SAU cultivée en agriculture biologique ;
- modification des itinéraires techniques de 60% des prairies permanentes en zone humide stratégique avec une conduite en fauche et pâture et non fertilisées ;
- baisse de la pression azotée minérale et organique.

Ces différentes mesures, dans un premier temps définies à l'échelle de la Baie de Concarneau, ont ensuite été déclinées à l'échelle du bassin versant afin de les préciser notamment en fonction de l'état initial du bassin. Les données chiffrées par bassin versant de chaque scénario AAP_AV sont présentées en Annexe 16.

Concentrations en nitrate simulées à l'exutoire – Scénario AAP_AV

En ce qui concerne les effets du scénario AAP_AV sur les concentrations en nitrates à l'exutoire, ils sont repris dans le

Tableau 104 avec des résultats sous forme de moyennes de trois années plutôt que d'une seule afin de s'affranchir d'une éventuelle variabilité liée au climat. Pour ce faire, on prend en compte dans le calcul l'année hydrologique de référence et les deux années immédiatement antérieure et postérieure pour l'année de référence 2014-2015 et les trois dernières années de la période de simulation pour l'année de référence 2026-2027 (Tableau 103).

Tableau 103 : Années hydrologiques de référence et utilisées pour les calculs

Référence	Utilisées pour les calculs
[2007_2008]	[2006_2007] [2007_2008] [2008_2009]
[2014_2015]	[2013_2014] [2014_2015] [2015_2016]
[2026_2027]	[2024_2025] [2025_2026] [2026_2027]

Tableau 104 : Quantile90 des concentrations en NO3 et comparaison avec les objectifs du plan « Algues vertes » en 2014_2015 et de la valeur recommandée par le Comité scientifique du plan pour 2026_2027 - Scénario AAP_AV

	[2007_2008]	[2014_2015]		[2026_2027]	
	[NO3]_simu	[NO3]_simu	[NO3]_obj	[NO3]_simu	[NO3]_obj_recom.
Douron	39	32	29	31	10
Frémur	/	/	54	/	10
Gouessant	55	36	40	25	10
Gouet	33	28	32	25	10
Guillec	/	/	64	/	10
Horn	/	/	64	/	10
Ic	65	46	49	33	10
Kerharo	42	29	28	27	10
Lapic	53	34	36	27	10
Moros	40	29	34	25	10
Quillimadec	64	48	46	42	10
Ris	34	26	30	25	10
St Laurent	45	30	35	24	10
Urne	46	33	38	25	10

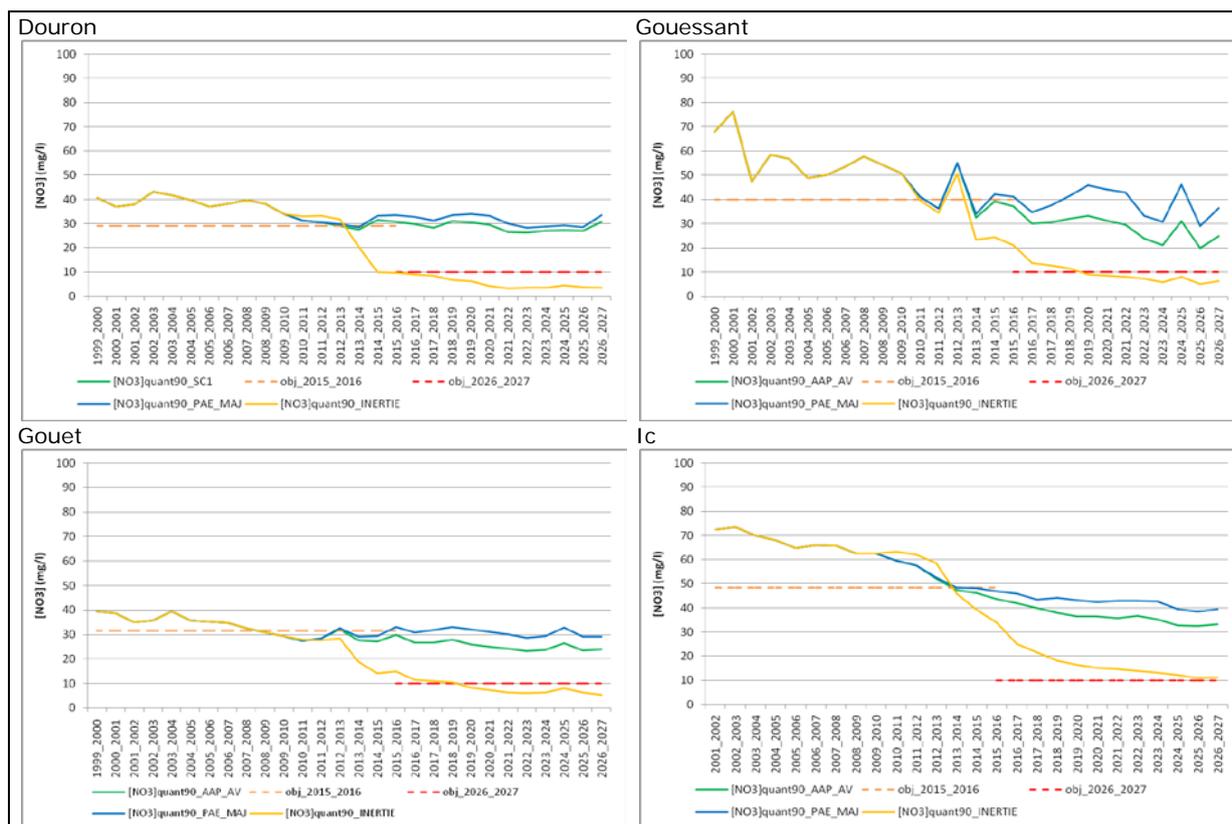


Figure 50 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants – Lot1 - Scénario AAP_AV

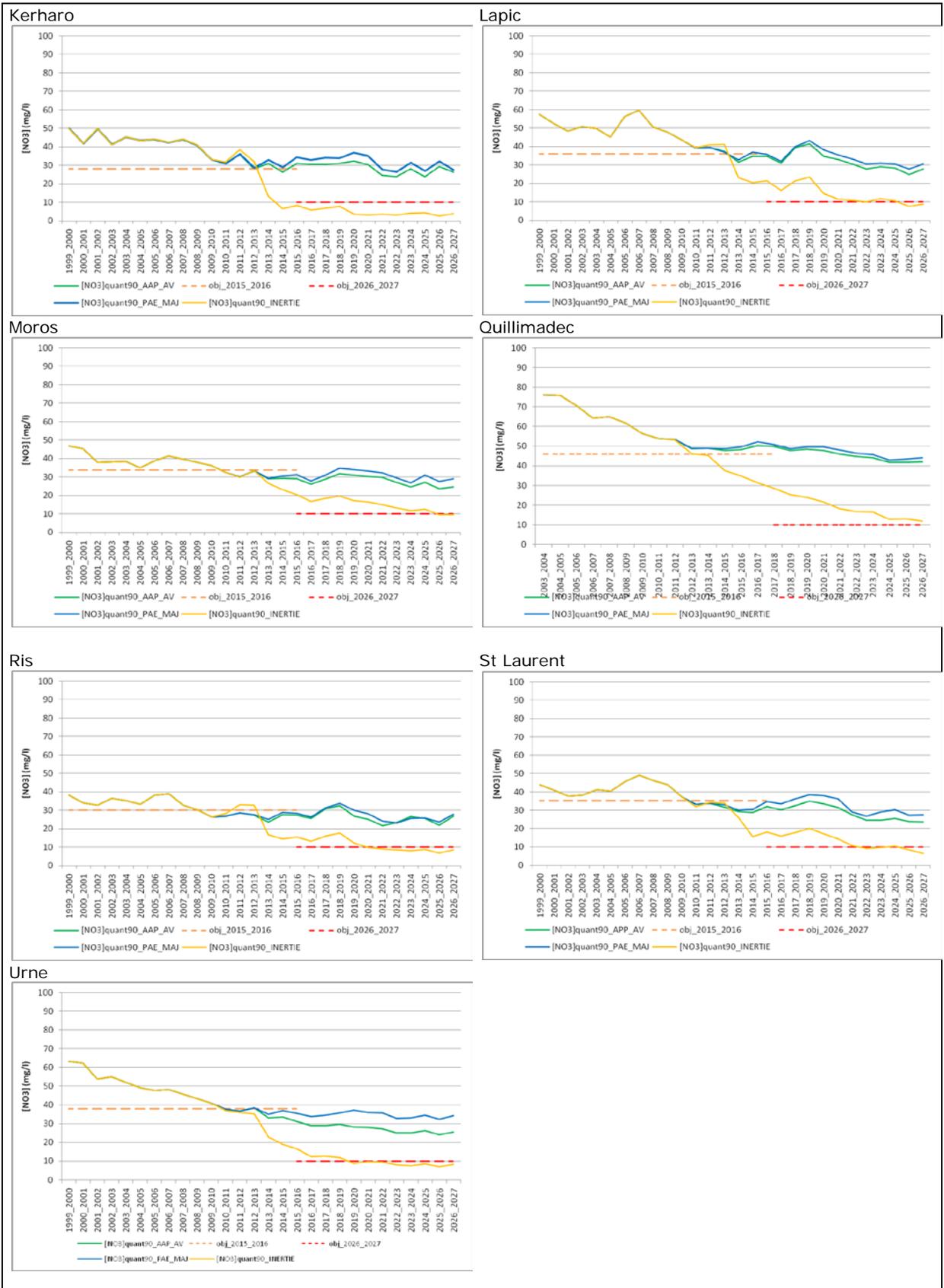


Figure 51 : Quantile90 des concentrations simulées en nitrate des bassins versants – Lot2 - Scénario AAP_AV

Ces résultats nous permettent de classer qualitativement les bassins versants selon leur probabilité d'atteindre les objectifs en termes de concentration en nitrate, sous l'hypothèse d'une application immédiate et totale des mesures envisagées :

- forte probabilité d'atteinte des objectifs en 2014-2015 (résultat simulé inférieur d'au moins 10% à l'objectif): St Laurent, Moros, Urne, Gouessant, Gouet et Ris (Frémur et Guillec, pour mémoire, selon résultat PAE MàJ);

- probabilité moyenne d'atteinte des objectifs en 2014-2015 (résultat simulé égal à \pm 5% de l'objectif) : Ic, Lopic, Kerharo, Quillimadec (Horn, pour mémoire, selon résultat PAE MàJ);

- faible probabilité d'atteinte des objectifs en 2014-2015 (résultat simulé supérieur d'au moins 5% à l'objectif) : Douron.

Aucun des scénarios ne permet d'atteindre un objectif « 10 mg/l » en 2027. La plupart des bassins (sauf le Quillimadec) aboutiraient à des concentrations finales comprises entre 25 et 30 mg.l⁻¹, ce qui semble a priori insuffisant pour une réduction significative des marées vertes au vu des conclusions communiquées à ce jour par l'IFREMER et le CEVA. Ce constat est renforcé par le fait que la plupart des simulations montrent une stabilisation des concentrations les dernières années, ce qui suggère que l'essentiel des effets des changements s'est exprimé. Cependant, il serait souhaitable d'injecter ces résultats de simulation dans le modèle IFREMER/CEVA pour mieux quantifier l'effet sur les biomasses algales..

Par rapport au scénario précédent, si l'on ne raisonne qu'en termes d'atteinte des objectifs 2104-2015, on s'aperçoit que la mise en œuvre des mesures envisagées permettrait un gain significatif, pour les bassins suivants : Urne, Gouessant, Gouet, Ris, Quillimadec, Kerharo. Pour les autres, l'objectif était déjà plus ou moins acquis au vu des évolutions antérieures, ou bien l'application du plan a trop peu d'effet (cas du Douron). On ne peut rien conclure pour l'Horn, faute de simulation.

Flux d'azote simulés à l'exutoire – Scénario AAP_AV

Le Tableau 105 présente les flux calculés en 2014-2015 et 2026-2027 et leur évolution par rapport à 2007-2008. De même que pour les concentrations en nitrate, les valeurs des périodes de références correspondent à des moyennes de trois années hydrologiques.

Tableau 105 : Flux d'azote modélisés (en kg N-NO₃/ha) de bassin et évolution (en %) en 2007_2008, 2014_2015 et 2026_2027 - Scénario AAP_AV

	Flux N-NO ₃			Evolution	
	[2007_2008]	[2014_2015]	[2026_2027]	[2014_2015]	[2026_2027]
Douron	44	36	35	-19	-21
Frémur	/	/	/	/	/
Gouessant	22	14	10	-36	-55
Gouet	26	22	19	-16	-26
Guillec	/	/	/	/	/
Horn	/	/	/	/	/
Ic	27	19	14	-29	-49
Kerharo	35	25	21	-29	-40
Lopic	53	35	28	-35	-49
Moros	47	35	31	-26	-35
Quillimadec	54	41	35	-25	-36
Ris	34	26	24	-23	-29
St Laurent	54	35	29	-35	-47

L'interprétation de ces résultats est plus riche si l'on prend en compte l'ensemble des modifications du bilan d'azote des bassins versants induits par les mesures simulées, ce que permet le modèle et qui sera l'objet du paragraphe suivant.

Bilans d'azote des scénarios PAE MAJ et AAP AV sur les trois dernières années de simulation

Le Tableau 106 définit les variables correspondant aux différents postes du bilan d'azote des bassins versants puis les résultats sont détaillés bassin par bassin pour les scénarios PAE_MAJ et AAP_AV (Tableau 107 à Tableau 117).

Tableau 106 : Glossaire des variables des bilans azotés

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

L'intérêt est de permettre une analyse comparative des bilans des différents bassins pour en tirer des conclusions sur l'efficacité du scénario, par la réorganisation des postes du bilan induite par les changements de pratiques.

Gouessant

Tableau 107 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Gouessant

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	8.8
	N_res_hydro	18.5
	N_denit	6.6
	N_volat	10.9
	N_exp_cult	144.4
	sorties_tot	189.2

	var_stock_tot	-11.5	-17.6
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	5.1	18.3
	N_ferti_min	31.2	18.6
	N_ferti_org	92.1	69.7
	N_resti_pât	39.0	44.0
	entrees_tot	177.8	160.9

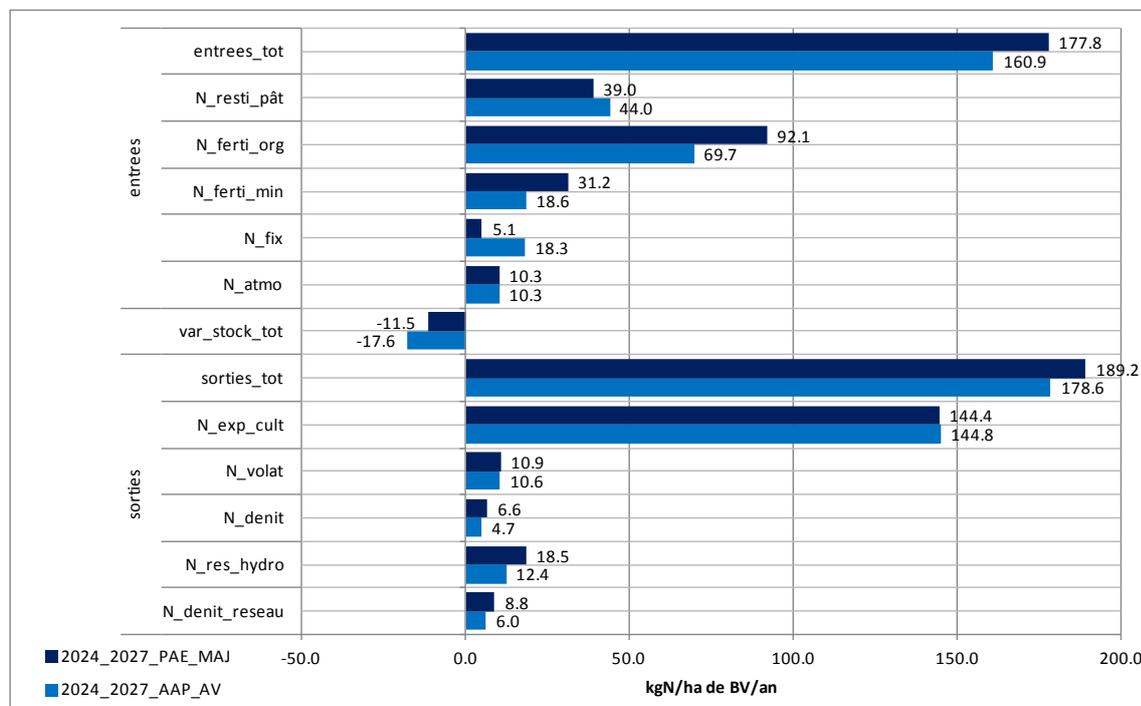


Figure 52 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Gouessant

Urne

Tableau 108 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Urne

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV	
sorties	N_dénit_reseau	2.7	2.1
	N_res_hydro	24.4	18.5
	N_dénit	2.3	1.9
	N_volat	6.9	6.9
	N_exp_cult	84.2	89.4
	sorties_tot	120.5	118.8
	var_stock_tot	2.8	1.0
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	5.1	13.2
	N_ferti_min	18.4	14.8
	N_ferti_org	64.1	53.9
	N_resti_pât	25.4	27.5
	entrees_tot	123.3	119.7

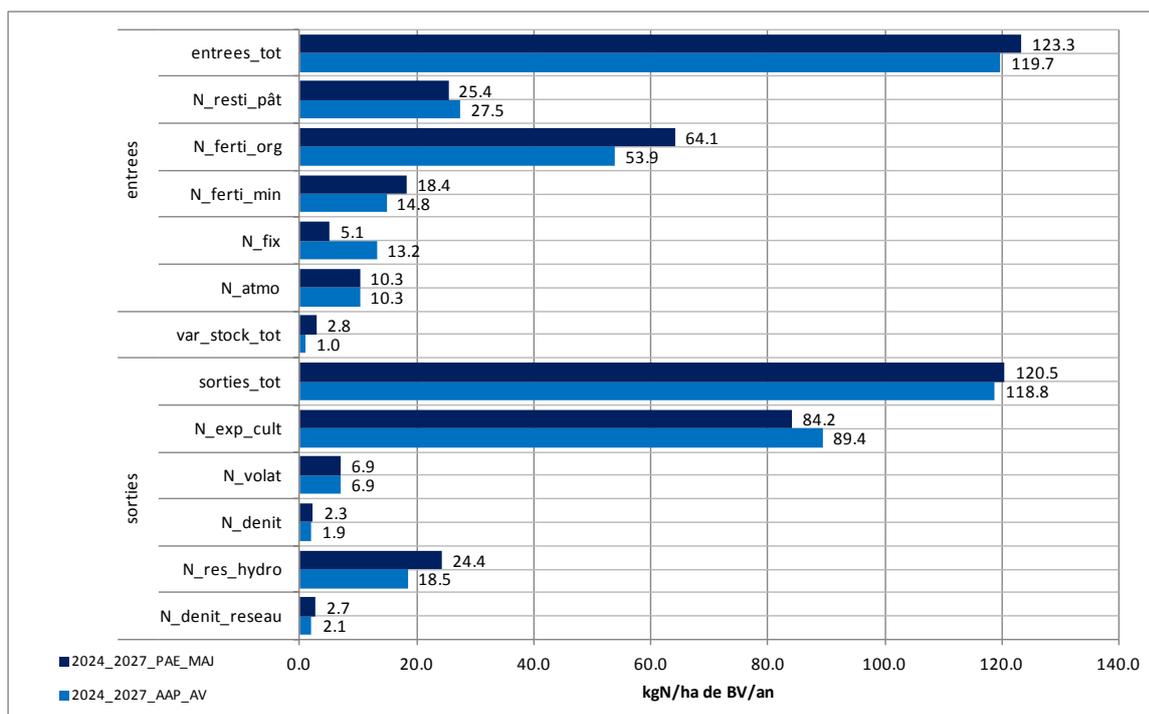


Figure 53 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Urne

Gouet

Tableau 109 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Gouet

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
N_dénit_reseau	2.9	2.3
N_res_hydro	27.6	22.1
N_dénit	3.9	3.1
N_volat	8.3	8.7
N_exp_cult	94.4	97.1
sorties_tot	137.1	133.2
var_stock_tot	2.1	0.4
N_atmo	10.3	10.3
N_fix	6.8	15.4
N_ferti_min	30.1	16.6
N_ferti_org	54.1	53.2
N_resti_pât	37.8	38.1
entrees_tot	139.2	133.6

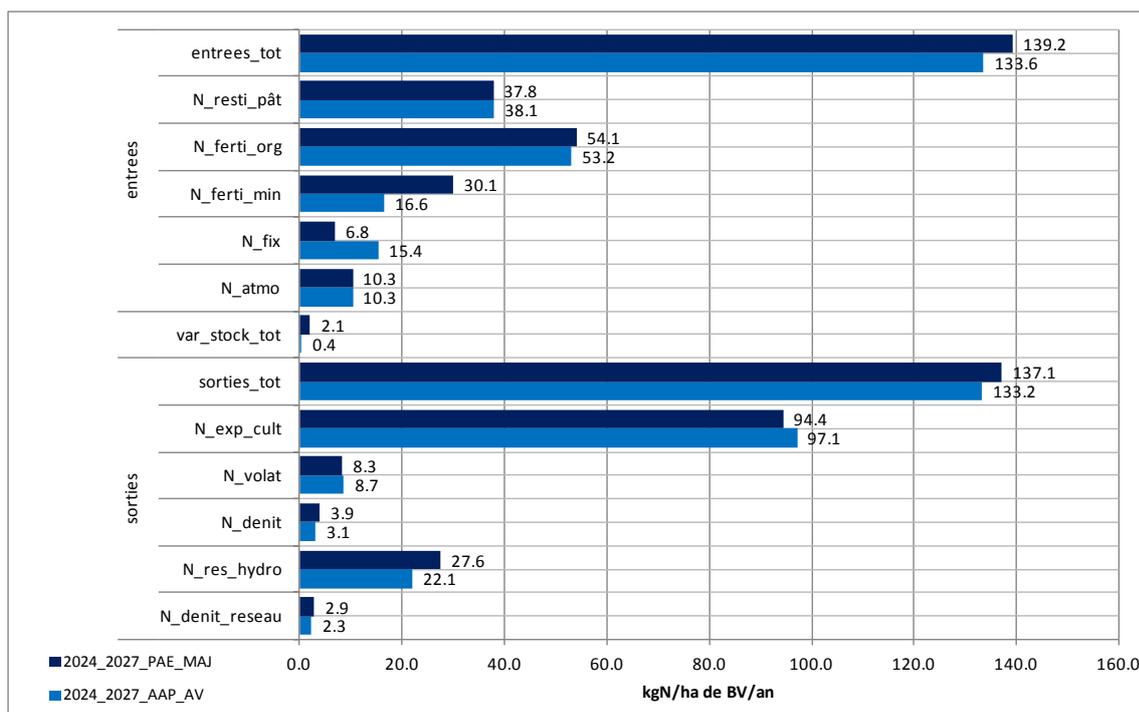


Figure 54 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Gouet

Ic

Tableau 110 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Ic

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
N_dénit_reseau	0.8	0.7
N_res_hydro	19.4	16.0
N_dénit	3.3	3.0
N_volat	6.5	6.4
N_exp_cult	85.2	90.9
sorties_tot	115.2	117.0
var_stock_tot	8.6	5.2
N_atmo	10.3	10.3
N_fix	3.6	13.2
N_ferti_min	28.3	23.2
N_ferti_org	64.7	54.8
N_resti_pât	17.0	20.6
entrees_tot	123.9	122.2

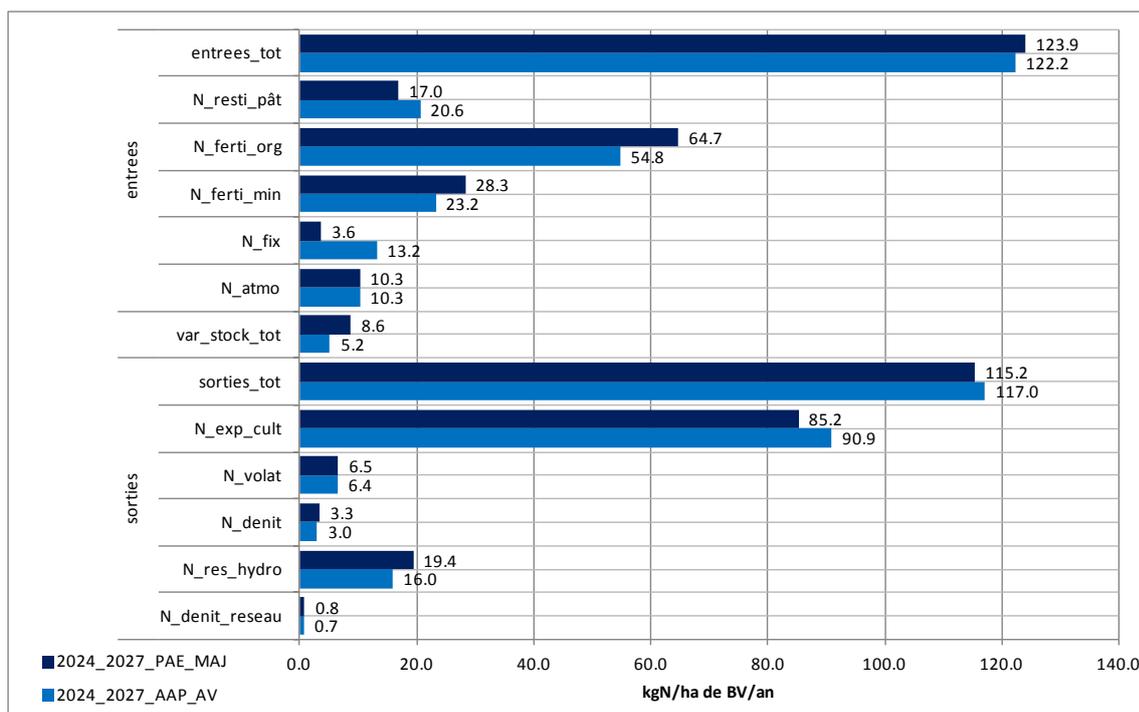


Figure 55 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Ic

Douron

Tableau 111 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Douron

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV	
sorties	N_dénit_reseau	0.7	0.6
	N_res_hydro	38.1	35.4
	N_dénit	3.8	3.5
	N_volat	9.8	9.9
	N_exp_cult	109.0	108.7
	sorties_tot	161.3	158.1
var_stock_tot	17.6	15.4	
entrées	N_atmo	9.7	9.7
	N_fix	18.2	20.4
	N_ferti_min	39.0	39.5
	N_ferti_org	62.2	51.4
	N_resti_pât	49.8	52.5
	entrees_tot	178.9	173.5

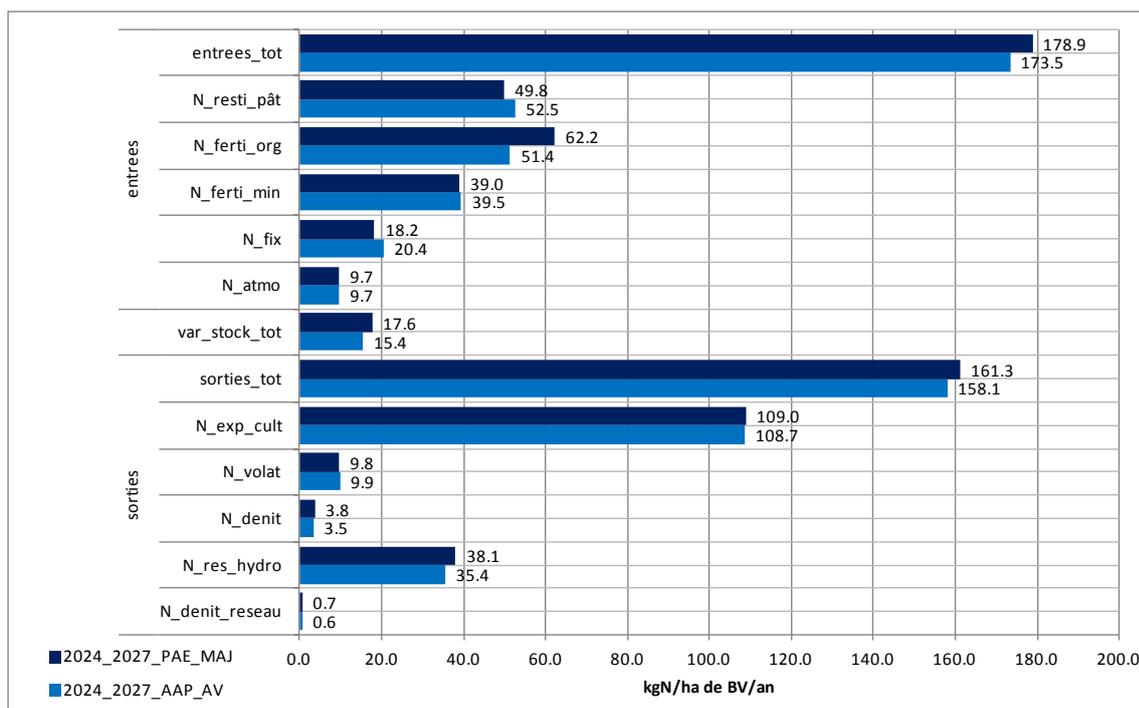


Figure 56 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Douron

Quillimadec

Tableau 112 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Quillimadec

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
sorties	N_dénit_reseau	0.0
	N_res_hydro	44.4
	N_dénit	5.5
	N_volat	9.1
	N_exp_cult	132.0
	sorties_tot	191.1
var_stock_tot	-11.6	-16.1
entrées	N_atmo	5.3
	N_fix	10.2
	N_ferti_min	39.6
	N_ferti_org	85.6
	N_resti_pât	38.7
	entrees_tot	179.4

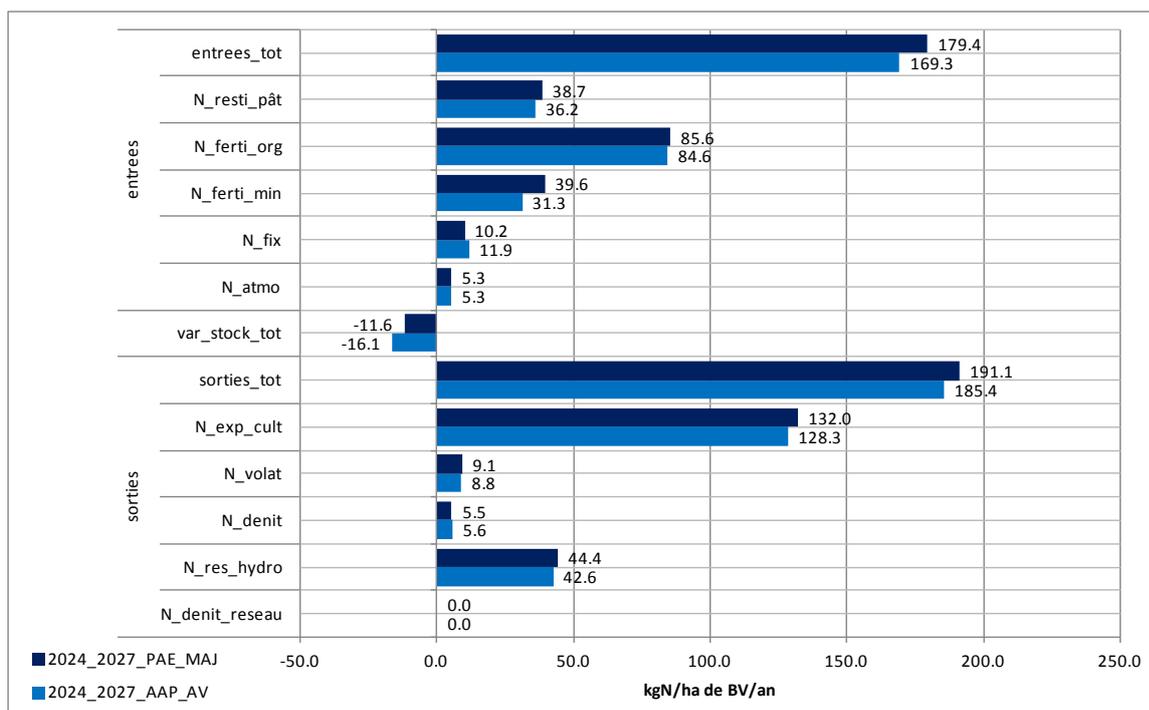


Figure 57 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Quillimadec

Kerharo

Tableau 113 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Kerharo

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
N_dénit_reseau	3.6	3.4
N_res_hydro	29.4	27.0
sorties		
N_dénit	10.9	9.6
N_volat	8.5	9.4
N_exp_cult	103.4	109.3
sorties_tot	155.7	158.7
var_stock_tot	4.6	6.3
N_atmo	8.3	8.3
N_fix	6.7	10.7
entrées		
N_ferti_min	46.2	40.3
N_ferti_org	70.6	69.9
N_resti_pât	28.7	35.9
entrees_tot	160.3	165.0

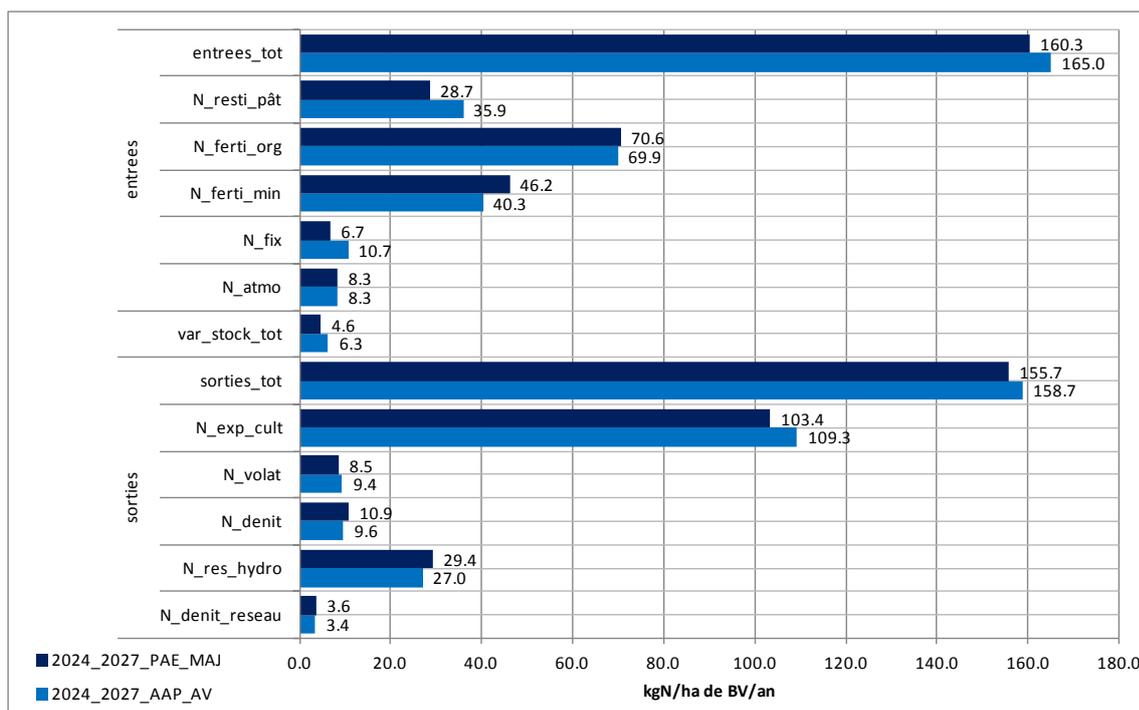


Figure 58 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Kerharo

Lapic

Tableau 114 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Lapic

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV	
sorties	N_denit_reseau	7.4	6.7
	N_res_hydro	40.9	36.9
	N_denit	7.1	6.6
	N_volat	9.2	9.9
	N_exp_cult	124.4	129.2
	sorties_tot	189.0	189.3
	var_stock_tot	-31.5	-29.6
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	8.9	12.1
	N_ferti_min	37.1	31.1
	N_ferti_org	60.7	60.3
	N_resti_pât	42.5	47.8
entrees_tot	157.5	159.7	

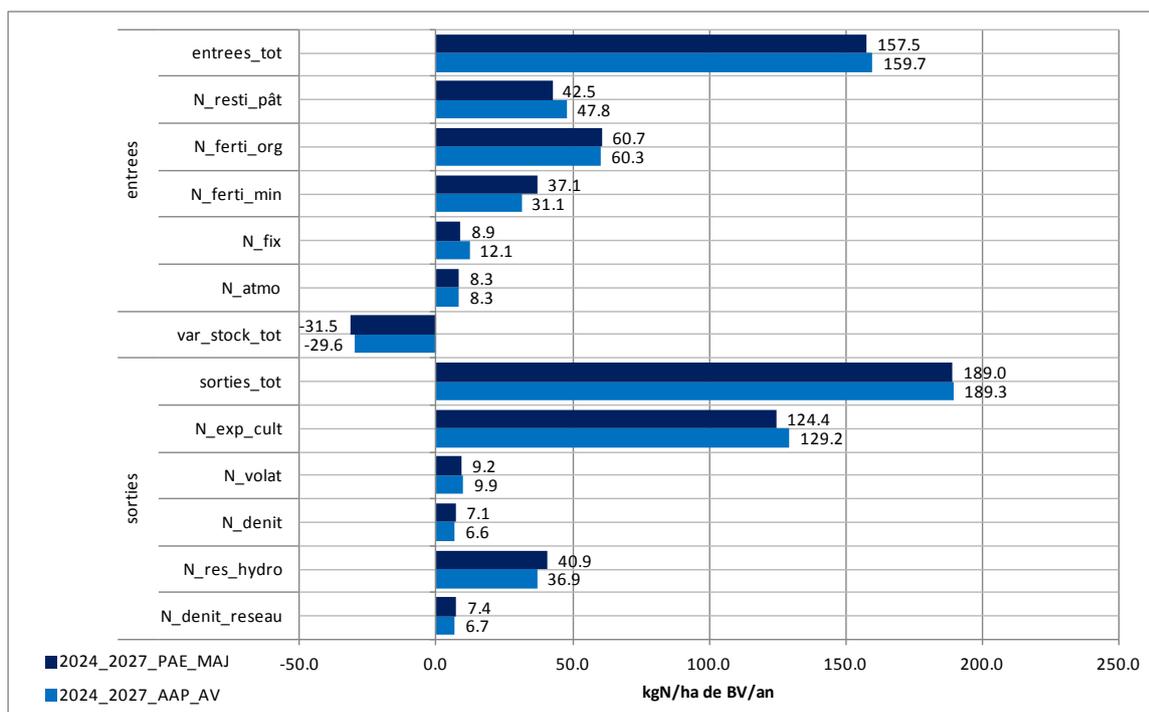


Figure 59 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Lapic

Ris

Tableau 115 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Ris

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
N_dénit_reseau	2.9	2.8
N_res_hydro	32.9	31.7
N_dénit	3.9	3.5
N_volat	9.1	9.8
N_exp_cult	103.2	104.6
sorties_tot	152.0	152.3
var_stock_tot	4.8	7.7
N_atmo	8.3	8.3
N_fix	15.3	18.5
N_ferti_min	35.1	29.8
N_ferti_org	51.4	53.1
N_resti_pât	46.7	50.3
entrees_tot	156.8	160.0

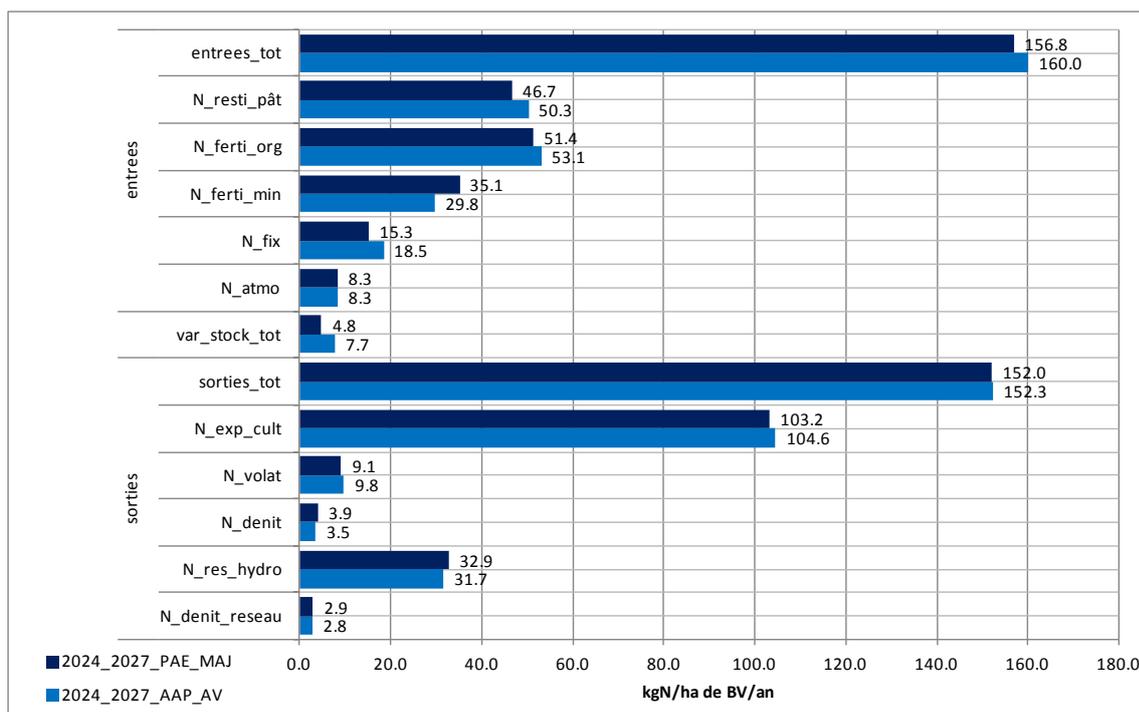


Figure 60 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Ris

St Laurent

Tableau 116 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - St Laurent

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV	
sorties	N_dénit_reseau	3.4	2.9
	N_res_hydro	45.0	38.5
	N_dénit	8.2	7.6
	N_volat	7.9	6.6
	N_exp_cult	120.4	105.7
	sorties_tot	184.9	161.3
var_stock_tot	-20.2	-24.3	
entrées	N_atmo	9.2	9.2
	N_fix	13.4	16.1
	N_ferti_min	57.5	36.9
	N_ferti_org	41.8	35.8
	N_resti_pât	42.8	39.0
	entrees_tot	164.6	136.9

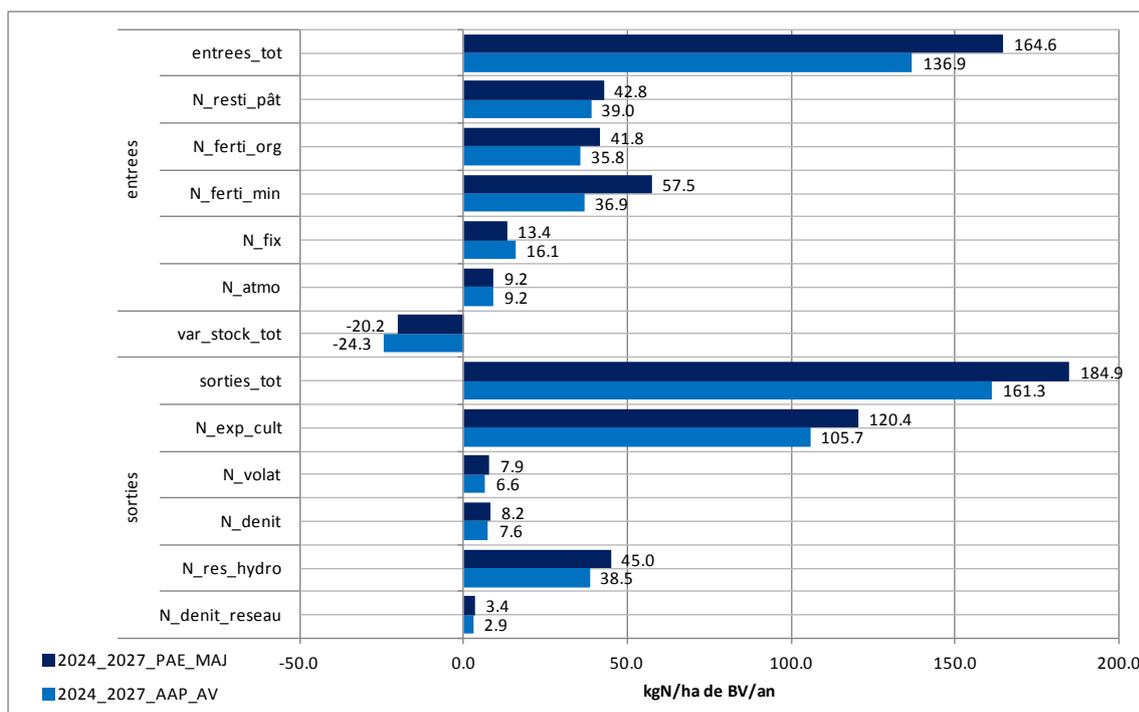


Figure 61 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - St Laurent

Moros

Tableau 117 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Moros

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV	
sorties	N_denit_reseau	7.7	6.7
	N_res_hydro	46.2	40.2
	N_denit	6.8	6.7
	N_volat	6.7	5.7
	N_exp_cult	121.7	105.4
	sorties_tot	189.0	164.7
var_stock_tot	-26.1	-27.8	
entrées	N_atmo	9.2	9.2
	N_fix	18.3	20.8
	N_ferti_min	64.9	41.7
	N_ferti_org	36.8	32.8
	N_resti_pât	33.8	32.4
	entrees_tot	163.0	136.9

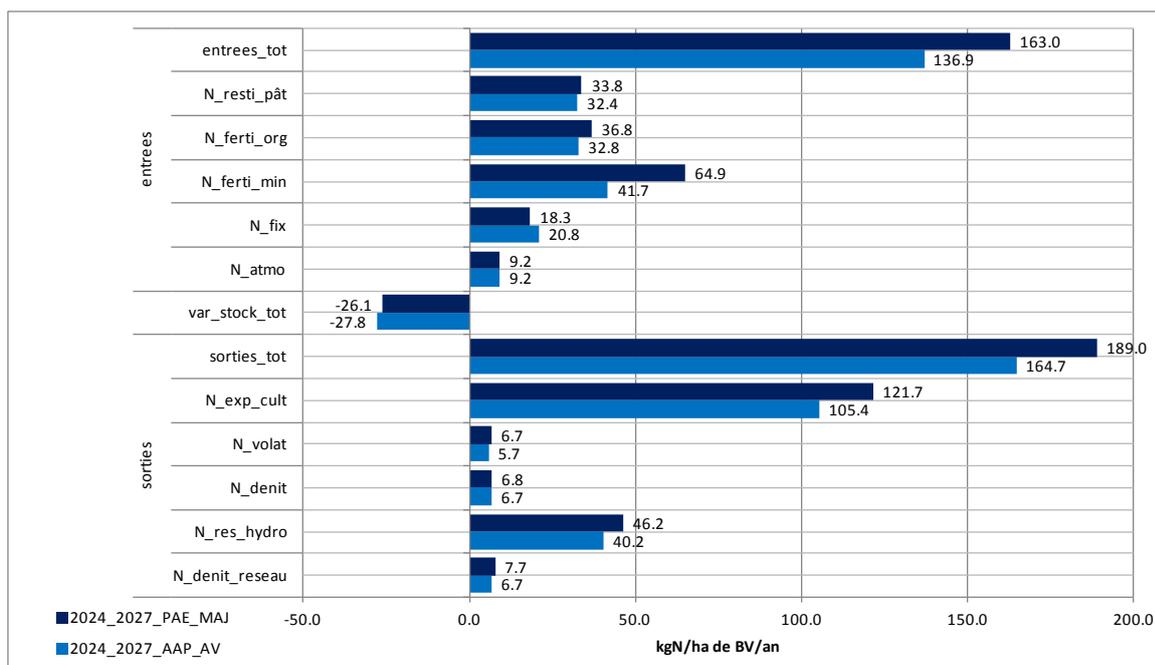


Figure 62 : Bilans azotés des trois dernières années de simulation - Moros

Grille d'analyse de ces bilans

Ces bilans montrent tout d'abord qu'un certain nombre de postes varient peu d'un scénario à l'autre : c'est le cas en particulier des émissions vers l'air (dénitrification, volatilisation) et des retombées atmosphériques, que l'on exclura donc de la suite de l'analyse.

Ensuite, l'intérêt de ces bilans est de permettre d'analyser si les mesures envisagées vont plutôt dans le sens d'une meilleure utilisation de l'azote, ou simplement d'un report d'une baisse d'intrants sans amélioration de l'efficacité de l'azote. Pour illustrer cela, nous avons construit deux graphiques (Figure 63) reliant les baisses de fuites nitriques entre les scénarios PAE_MAJ et AAP_AV avec, d'une part, la variation des entrées totales d'azote, et d'autre part, la somme des exportations par les cultures et des variations de stock d'azote organique total, somme qui représente l'efficacité d'utilisation de l'azote (si l'exportation d'azote par les cultures est maintenue au prix d'un déstockage de l'azote du sol, cet indicateur sera moins élevé que si l'exportation est maintenue tout en préservant le stock d'azote du sol).

Ces graphiques permettent de mettre en évidence que dans les bassins du Saint Laurent et du Moros, une baisse assez forte des flux nitriques est directement liée à une baisse des intrants qui se répercute avant tout sur l'exportation par les cultures et la baisse de stock d'azote du sol (pas d'amélioration de l'efficacité azotée) alors que dans l'Urne et le Gouet, la même baisse de flux est obtenue avec une baisse de pression moins forte et un maintien de la consommation biologique. On voit aussi que le Lopic et le Kerharo connaissent une baisse de flux nitriques malgré une augmentation des apports, car ces apports supplémentaires favorisent l'exportation et le stockage d'azote (augmentation de la surface en prairie).

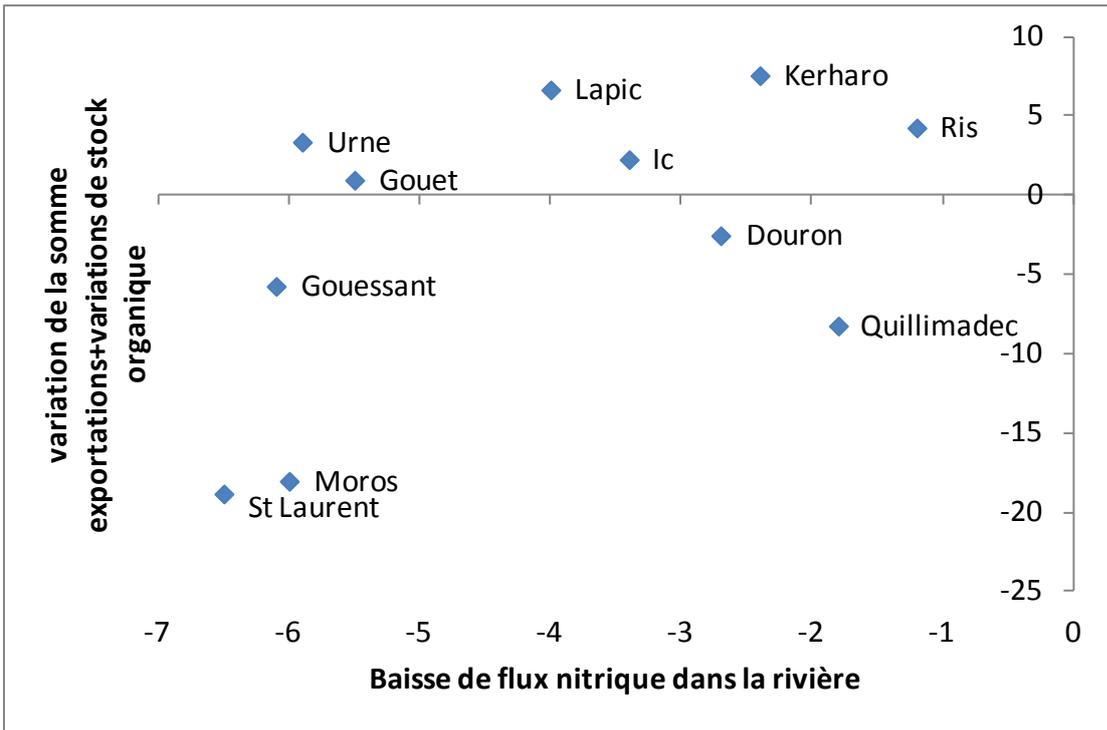
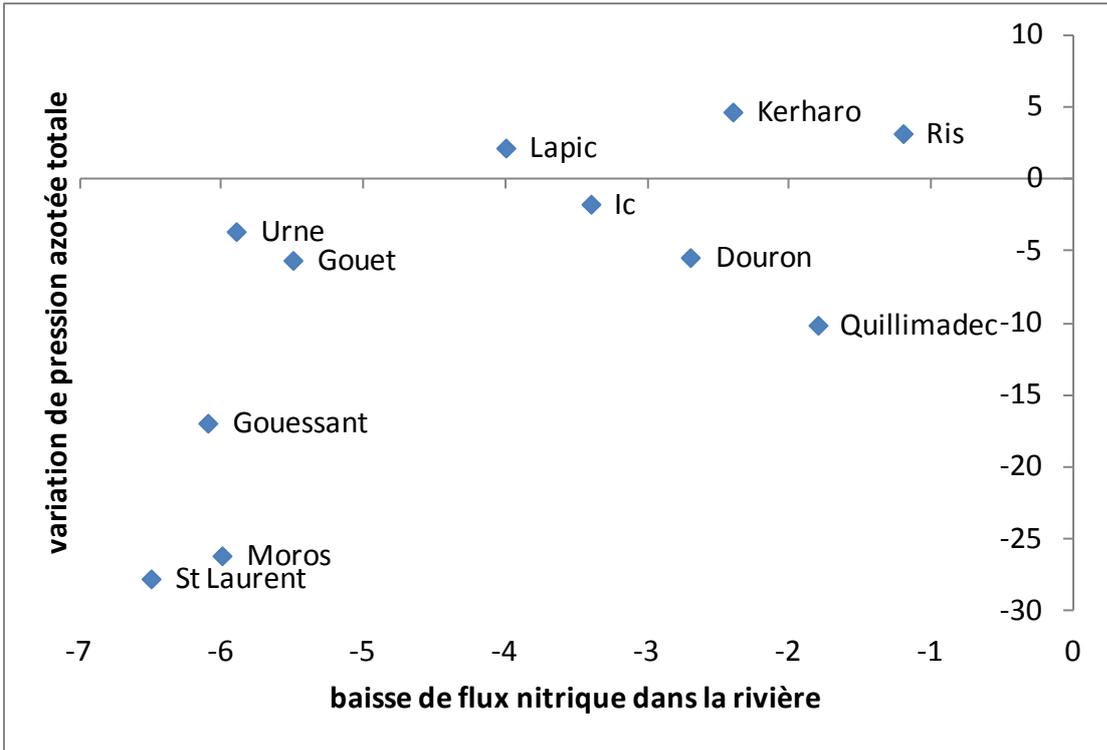


Figure 63 : relation entre les baisses de flux nitriques et la variation de pression azotée totale (en haut) et la variation de l'utilisation de l'azote (en bas)

Ces différences entre PAE_MAJ et AAP_AV traduisent les effets des changements de pratiques que nous avons testés, c.a.d. pour la plupart plutôt une réorganisation des termes du bilan (par exemple moins d'apports minéraux compensés par plus d'apports organiques et de fixation symbiotique) qu'une baisse significative des intrants, baisse qui avait en partie eu lieu dans la période précédente. Dans ce sens, ces changements de pratiques correspondent donc d'une certaine façon à une forme « d'intensification écologique » de l'agriculture de ces territoires, ce qui était bien souvent le but affiché. Force est toutefois de constater les limites de cette logique eu égard aux objectifs ambitieux de réduction des fuites nitriques liés aux exigences de contrôle du phénomène d'eutrophisation côtière.

4 EVALUATION CRITIQUE DE L'ETUDE ET DE SON DEROULEMENT

4.1 Retour sur les objectifs

Les objectifs de cette étude étaient de différents ordres :

- « Méthodologique » avec (i) la mise en œuvre d'une chaîne de traitements à réaliser sur les données nécessaires à l'implémentation du modèle et (ii) la mise en place d'une stratégie de paramétrisation. Ces choix méthodologiques constituent une réponse aux contraintes de temps et de données disponibles liées à l'application d'un modèle détaillé à de nombreux bassins versants.
- « Appliqué » avec l'évaluation des effets de différents scénarios de changements de pratiques et/ou systèmes sur les flux d'azote à l'exutoire par l'analyse des sorties du modèle. Les scénarios devaient être définis en concertation avec les acteurs de terrain, puis traduits en données d'entrée du modèle. Ils devaient aussi faire l'objet d'une analyse économique sommaire et d'un rapprochement avec les modélisations du CEVA pour en voir l'impact sur les occurrences de blooms algaux.
- « Recherche » en explorant la capacité d'un modèle détaillé à reproduire les chroniques de débit et nitrates de bassin de grande taille, à travers des questions de changement d'échelle et de résolution des données d'entrées du modèle, en ajoutant un module simple de fonctionnement du réseau hydrographique.

Dans l'ensemble les objectifs ont été atteints, à l'exception toutefois de l'évaluation économique (jugée peu réalisable à mi parcours compte tenu de l'état d'avancement du travail et le caractère un peu sommaire des scénarios AAP_AV) et du rapprochement avec le CEVA (par manque de temps, et aussi au vu des résultats finaux somme toute assez éloignés des objectifs fixés).

Il nous semble également important de rappeler certaines implications des choix méthodologiques effectués :

- Délimitation des contours des bassins versant : La délimitation du bassin versant c'est faite sur un critère d'hydrologie de surface, qui peut amener à une délimitation différente du territoire opérationnel. C'est le cas notamment pour les territoires englobant les petits bassins versants côtiers (par exemple pour le territoire opérationnel du Douron). Ceci peut induire des ratios SAU/surface totale différents, notamment si il y a un changement dans les répartitions des surfaces urbaines. Il est à souligner que ces variations sur les surfaces ne sont pas des erreurs mais découlent de l'analyse des MNT disponibles : il y a peu de chances que les surfaces non-prises en compte dans la modélisation soient drainées vers l'exutoire du bassin versant hydrologique modélisé.
- Optimisation des paramètres : de part le temps et la puissance de calcul disponible, nous avons restreint au maximum le nombre de paramètres à optimiser, le nombre d'itérations de l'algorithme d'optimisation et la période de calibration. Si, globalement, la calibration nous a permis d'obtenir des performances de prédiction satisfaisantes dans le temps imparti, nous n'avons pu tester (et donc potentiellement ajuster) l'impact de certains facteurs clefs, comme la dénitrification.

- Données de retombée d'azote atmosphérique : cette partie du bilan en entrée peut-être importante (~10 à 40 kg/ha/an). Or les échelles des données que nous avons utilisées sont très grandes / grossières. Un travail en collaboration avec les experts (par exemple Chris Flécharde de l'UMR SAS) pourrait permettre d'utiliser des données plus précises.

Plusieurs voies d'amélioration ont été identifiées :

- Automatiser la phase de traitement des données géographiques
- Automatiser la génération des données agricoles : regrouper et unifier les procédures existantes. Il serait intéressant d'avoir un outil d'échange avec les acteurs pour permettre une traduction des scénarios efficace, et simplifier / cadrer les phases de co-construction.
- Proposer des intervalles de confiance pour les résultats de modélisation : cela passe principalement par l'augmentation significative des moyens de calcul disponible et le développement d'une approche combinée d'optimisation des paramètres / analyse de sensibilité / calcul des intervalles de confiance (approche non-paramétrique de type « bootstrapping », approche bayésienne de type « GLUE »)
- Evaluer un report des pollutions, notamment celles vers l'atmosphère : certaines pratiques peuvent favoriser les émissions de gaz à effet de serre (par exemple le N₂O). Pour l'instant, TNT2 ne permet pas la prise en compte de ces flux. Cela demandera des efforts de R&D pour prendre en compte ces émissions (pas de sous modèle valide à ce jour). De même, TNT2 ne prend pas en compte la spéciation de l'azote dans le cours d'eau (pas de distinction entre la forme minérale et la forme organique notamment). Il pourrait-être intéressant d'améliorer et valider le module « cours d'eau » sur cet aspect.
- La modélisation de la dénitrification dans le cours d'eau et dans les sols : celle-ci a soit été optimisée (cours d'eau), ou contraintes par des mesures réalisées en Bretagne (sur un site référent). Les erreurs de modélisations sur ce processus sont importantes (ce fait est connu et bien référencé). La quantification de ce processus est importante pour évaluer la capacité d'auto-épuration du cours d'eau et des zones humides / zones ripariennes. Les connaissances scientifiques sont encore insuffisantes pour pouvoir proposer une évaluation précise de ce poste du bilan, ainsi que pour quantifier la part des émissions de gaz à effet de serre. Il serait intéressant de tester les nouvelles approches de modélisation (par exemple l'approche réseau de neurone, Oehler et al. 2010, et l'approche « pore connectivity », Mutegi et al. 2010) avant de proposer de nouvelles expérimentations sur le terrain.
- Simulation de la minéralisation basale : la minéralisation est un processus difficile à quantifier. Il serait intéressant de comparer les résultats de modélisation avec l'étude en cours sur l'estimation de la minéralisation de l'humus des sols bretons, et à terme de modifier les formalismes du modèle en conséquence.

4.2 Retour sur le déroulement de l'étude

A l'origine, ce projet a été conçu dans le cadre du GP5 et du SDAGE, qui fixaient des objectifs de réduction des flux d'azote dans les bassins à algues vertes avec un calendrier calqué sur la DCE

européenne. Cependant, le démarrage de l'étude a coïncidé avec la mise en place du plan de lutte contre les marées vertes, qui fixaient un cadre, des objectifs et un calendrier beaucoup plus contraints. Ces circonstances ont considérablement compliqué la réalisation de l'étude, notamment à travers la disponibilité, la capacité et l'intérêt des gestionnaires locaux à participer à la constitution des jeux de données et à la construction des scénarios.

Une autre difficulté est liée à l'utilisation même d'un modèle qui analyse les relations entre pratiques agricoles et les flux nitriques sur une dizaine d'années au minimum. Les données agricoles n'étant collectées en détail que tous les dix ans, dans un contexte d'évolution rapide et significative, la question de la mise à jour et de la fiabilité des données introduites dans le modèle était cruciale pour asseoir la confiance des commanditaires et des gestionnaires dans les résultats de simulation. Il est en effet difficile à admettre pour un gestionnaire luttant pied à pied pour obtenir et faire reconnaître des progrès dans les pratiques agricoles que, compte tenu de l'inertie des systèmes et des fortes incertitudes associées à l'ensemble de l'exercice, des évolutions ou des biais sur les données agricoles perçus comme importants n'ont qu'une incidence limitée sur les résultats des simulations et les principales conclusions qu'on peut en tirer. Il en ressort que ce type d'étude devrait impérativement inclure une analyse des incertitudes et de leur incidence sur les résultats plus précoce et plus complète, malgré la lourdeur en temps et en calcul que cela sous entend.

Dans le même ordre d'idée, la simplification introduite dans ces données en considérant le bassin versant comme une seule exploitation peut rendre perplexe quant à la fiabilité des résultats. Ce choix était lié à la fois à la disponibilité effective des données (l'accès aux données plus précises nous ayant été refusé par la commission du secret statistique) et à la contrainte de temps liée au nombre de bassins à simuler et à leur taille. Il est clair que renseigner plus finement les entrées aurait permis d'aller plus loin dans l'interprétation des résultats, notamment pour l'analyse des scénarios de changements de pratiques, si leur co-construction et l'interaction avec les gestionnaires locaux avait été plus poussée et plus régulière. L'objectif de l'étude n'était cependant pas d'aller aussi loin dans le détail de l'analyse de chaque bassin, mais bien de produire un premier diagnostic de la situation des différents bassins et de leurs évolutions possibles. Elle était donc conçue comme une première étape permettant de générer des questions plus précises et mieux adaptées à chaque situation, qui pourraient ensuite susciter des études plus ciblées, bassin par bassin.

5 RESUME OPERATIONNEL

Contexte

La problématique environnementale des algues vertes en Bretagne appelle à l'adaptation des pratiques ou des systèmes agricoles sur les bassins versants des baies concernées. Des appels à projet de reconquête de la qualité de l'eau en vue de réduire l'occurrence des marées vertes ont été lancés dans le cadre du Grand Programme 5 (GP5), intégré dans le Contrat de Projets Etat-Région 2007-2013 (CPER), pour prendre en compte tous les enjeux de la directive cadre Européenne 200/60/CE. En février 2010, le gouvernement a annoncé un « plan algues vertes », doté de 134 millions d'euros, dont 92,8 millions sont financés par l'Etat. Déployé sur huit baies prioritaires, ce plan affiche l'objectif, d'ici 2015, d'une réduction des flux de nitrates de 30% au moins, comme prévu dans le SDAGE, et des objectifs de réduction forte des blooms algaux d'ici 2027 (AELB, 2009).

Le nitrate est le polluant clé ici, par son rôle limitant dans la prolifération des ulves (Piriou et Ménesguen, 1992 ; Ménesguen et Piriou, 1995). Sa source est très majoritairement agricole (au moins 90%, Bommelaer et Devaux, 2011). Pour évaluer l'impact des programmes d'actions à l'échelle du bassin versant, il est nécessaire de prendre en compte les temps de réponse du système (effets tampons et inertiels), ainsi que les interactions dans le temps et dans l'espace des processus intervenant dans le cycle de l'eau et de l'azote. Seules les approches de modélisation dynamiques spatialisées prennent en compte ces temps de réponses longs et permettent une analyse prédictive des effets des scénarios de changement.

L'UMR SAS a été missionnée en 2010 pour la mise en œuvre du modèle agro-hydrologique spatialisé TNT2 sur les bassins versant dits « à algues vertes » définis dans la disposition 10A1 du SDAGE Loire-Bretagne (AELB, 2009). Une partie de l'étude a été réalisée en collaboration avec SCHEME. Cette étude est financée par la DRAF Bretagne et pilotée par la DREAL et l'AELB dans le cadre du GP5.

L'appel à projet pour la mise en œuvre du plan algues vertes s'est fait après la définition du projet initial avec l'UMR SAS, avec des dates de dépôt initialement prévues pour fin 2011. Ainsi, les résultats de l'étude présentés ici (avec un rendu initialement prévu pour fin 2012) n'ont pas pu être utilisés pour les réponses de l'appel à projet.

Les objectifs de cette étude étaient de différents ordres :

- Méthodologique et fondamental, visant à accroître l'applicabilité du modèle, notamment à de plus grands bassins, en abordant les problématiques de régionalisation des modèles complexes et de changement d'échelle.

- « Appliqué » avec l'évaluation des effets de différents scénarios de changements de pratiques et/ou systèmes sur les flux d'azote à l'exutoire. Les scénarios ont été définis en concertation avec les acteurs de terrain, puis traduits en données d'entrée du modèle.

L'étude réalisée

Les résultats attendus étaient initialement (i) l'évaluation de scénarios de changements de pratiques/systèmes sur les flux de nitrate à l'exutoire et sur l'ampleur des marées vertes (couplage des sorties du modèle TNT2 avec les

modélisations du CEVA) et (ii) l'évaluation des impacts économiques de la mise en place de ces scénarios.

Pour des raisons de contraintes fortes de temps et d'accès aux données nécessaires à la modélisation (statistiques sur les pratiques agricoles, retards dans la construction par les acteurs des scénarios à testert...) mais aussi compte tenu des résultats préliminaires obtenus, le travail en collaboration avec le CEVA n'a pas été initié, et l'évaluation économique n'a pas été réalisée.

L'étude a porté sur 14 bassins versants de 7 baies :

- Baie de la Fresnaye : le Frémur
- Baie de St Briec : le Gouessant, le Gouet, l'Ic et l'Urne
- L'Anse de Locquirec : le Douron
- L'Anse de Guisseny : le quillimadec
- L'Anse de l'Horn-Guillec : l'Horn et le Guillec
- La Baie de Douarnenez : le Kerharo, le Lapic et le Ris
- La Baie de Concarneau : Le St Laurent, le Moros

La Baie de Lannion (Lieu de Grève) n'a pas été considérée car étudiée par ailleurs, plus en détail, dans le cadre du projet ANR ACASSYA.

Quatre scénarios par bassin versant ont été testés, sur une période de ~30 années (1997-2027) : un scénario PAE (les pratiques actuelles extrapolées jusqu'à 2027), un scénario PAE_MAJ (les PAE mises à jours avec de nouvelles statistiques agricoles, mises à disposition vers la fin de l'étude), un scénario AAP_AV (les scénarios des appels à projet du programme algues vertes) et un scénario INERTIE (qui vise à étudier l'inertie du système

vis-à-vis du transfert des nitrates). Il est à préciser que nous n'avons pas testé ici de scénarios de changement climatique.

Sur 3 des 14 bassins versants, le scénario AAP_AV n'a pas été modélisé compte tenu des dates tardives de rendu de ces projets.

Le modèle agro-hydrologique spatialisé TNT2 de l'INRA a été utilisé pour réaliser les simulations.

Les résultats

La performance du modèle

La mise en œuvre d'une procédure d'optimisation semi-automatique a permis d'obtenir une performance acceptable et cohérente du modèle TNT2 sur l'ensemble des 14 bassins versants. Compte tenu également du retour d'expérience maintenant conséquent sur l'application de ce modèle en Bretagne, on peut considérer les résultats comme relativement fiables, malgré la faible qualité des données sur certains bassins.

Les scénarios

Horizon 2014-2015 : L'analyse prédictive du scénario PAE_MAJ suggère une probabilité forte à moyenne d'atteindre les objectifs du plan pour le Frémur, Guillec, Moros, St Laurent, Gouessant, Gouet, Kerharo, Lapic, Ris, Urne et Ic. Ce n'est pas le cas pour les Douron, Horn et Quillimadec. Une mise en œuvre du scénario AAP_AV permettrait un gain significatif, pour les bassins suivants : Urne, Gouessant, Gouet, Ris, Quillamadec, Kerharo. Pour les autres, l'objectif était déjà plus ou moins acquis au vu des évolutions antérieures, ou bien l'application du plan a trop peu d'effet (cas du Douron). On ne peut rien conclure pour l'Horn, faute de simulation. **En conséquence, on peut conclure que les efforts de contrôle de la pollution diffuse azotée consentis depuis la fin des**

années 90 permettront, compte tenu de l'inertie des systèmes, d'atteindre les objectifs fixés par le plan algues vertes dans une majorité de bassins versants. A cet horizon temporel, et compte tenu de la progressivité de la mise en application des projets territoriaux, les effets de ces nouvelles mesures seront peu décelables sur les sorties d'azote aux exutoires.

Horizon 2026-2027 : Aucun des scénarios ne permet d'atteindre un objectif « 10 mg/l » en 2027, défini par l'IFREMER comme seuil de début de contrôle significatif de la biomasse algale. La plupart des bassins (sauf le Quillimadec, un peu plus haut) aboutiraient à des concentrations finales comprises entre 25 et 30 mg.l⁻¹. Bien que ces concentrations représentent une forte amélioration par rapport à la situation du début des années 2000, elles risquent de continuer à causer des marées vertes récurrentes sur une majorité de sites..

Les différences entre PAE_MAJ et AAP_AV traduisent les effets des changements de pratiques mis en avant dans les plans, c.a.d. pour la plupart plutôt une réorganisation des termes du bilan (par exemple moins d'apports minéraux compensés par plus d'apports organiques et de fixation symbiotique, ou bien l'extension des zones à couverts permanents) qu'une baisse significative des intrants, baisse qui avait en partie eu lieu dans la période précédente. **Les résultats du modèle semblent indiquer que ces changements induiraient bel et bien une meilleure efficacité azotée globale du système (moins de pertes d'azote pour des niveaux de production maintenus). Dans ce sens, ces changements de pratiques correspondent donc d'une certaine façon à une forme « d'intensification écologique » de l'agriculture de ces territoires, ce qui était bien le but affiché par les projets.** Force est toutefois de constater les limites de cette logique eu égard aux objectifs ambitieux de

réduction des fuites nitriques liés aux exigences de contrôle du phénomène d'eutrophisation côtière. En effet, **les simulations suggèrent que des changements beaucoup plus prononcés seraient nécessaires pour réduire les concentrations à des niveaux inférieurs à 10 ou 15 mg.l⁻¹**

Retour sur les contraintes et les perspectives

Le démarrage de l'étude a coïncidé avec la mise en place du plan de lutte contre les marées vertes, qui fixaient un cadre, des objectifs et un calendrier beaucoup plus contraints que le cadre original du GP5. Cela a considérablement compliqué la réalisation de l'étude.

Au vu des incertitudes et des simplifications liées aux données et leur intégration dans le modèle, la question de la fiabilité des résultats est cruciale pour asseoir la confiance des commanditaires et des gestionnaires dans les résultats de simulation. **Il en ressort que ce type d'étude devrait impérativement inclure une analyse plus précoce et plus complète des incertitudes et de leur incidence sur les résultats, malgré la lourdeur en temps et en calcul que cela sous entend.**

Renseigner plus finement les entrées aurait permis d'aller plus loin dans l'interprétation des résultats, notamment pour l'analyse des scénarios de changements de pratiques, si leur co-construction et l'interaction avec les gestionnaires locaux avait été plus poussée et plus régulière. L'objectif de l'étude n'était cependant pas d'aller aussi loin dans le détail de l'analyse de chaque bassin, mais bien de produire un premier diagnostic de la situation des différents bassins et de leurs évolutions possibles. **Cette étude est donc à considérer comme une première étape permettant de générer des questions plus précises et mieux adaptées à chaque situation, qui pourraient**

ensuite susciter des approfondissements bassin par bassin. Malgré les difficultés auxquelles nous avons été confrontés tout au long de ce travail, nous sommes convaincus que de telles études, pourvus qu'elles fassent l'objet d'une diffusion large et d'échanges nombreux avec les acteurs concernés, permettraient de faciliter la conception et la mise en œuvre de projets territoriaux ambitieux mais réalistes et efficaces.

6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AELB, 2009. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne 2010-2015. 248p.

Ambroise, B., 1998. La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant - Processus, facteurs, modèles. Edition *H*G*A, Bucarest.

Anses, 2010. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative aux recommandations de prévention des risques liés aux algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs.

Auby, I., 1994. Etude de la prolifération des algues vertes dans le bassin d'Arcachon. Rapport IFREMER - CEMAGREF - SSA - SABARC, 163 p.

Beaujouan, V., Durand, P., Ruiz, L., 2001. Modelling the effect of the spatial distribution of agricultural practices on nitrogen fluxes in rural catchments. *Ecological Modelling* 137(1), 93-105.

Beaujouan, V., Durand, P., Ruiz, L., Aurousseau, P. and Cotteret, G., 2002. A hydrological model dedicated to topography-based simulation of nitrogen transfer and transformation: rationale and application to the geomorphology- denitrification relationship. *Hydrological Processes* 16, 493-507.

Beven, K.J., Kirkby, M.J., 1979. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* 24(1), 43-69.

Bommelaer, O., Devaux, J., 2011. Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau. Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD). N°52, Septembre 2011.

Bossuet, I., Chambaut, H., Le Gall, A., Raison, C., 2006. Etude de la répartition de l'excédent d'azote dans les fermes expérimentales laitières de l'Espace Atlantique. In *Systèmes laitiers et environnement dans l'espace Atlantique : mieux prendre en compte les diversités régionales grâce aux résultats du projet Green Dairy*. Pflimlin, A., Chambaut, H., Raison, C., Le Gall, A. (Cord.), Institut de l'Elevage, Paris, 69-95.

Brisson, N., Mary, B., Ripoche, D., Jeuffroy, M. H., Ruget, F., Nicoullaud, B., Gate, P., Devienne-Barret, F., Antonioletti, R., Durr, C., Richard, G., Beaudoin, N., Recous, S., Tayot, X., Plenet, D., Cellier, P., Machel, J. M., Meynard, J. M., Delecolle, R., 1998. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. *Agronomie* 18(5-6), 311-346.

- Campolongo, F., Cariboni, J., Saltelli, A., 2007. An effective screening design for sensitivity. *Environmental Modelling & Software* 22, 1509-1518.
- Chahinian, N., 2004. Paramétrisation multi-critère et multi-échelle d'un modèle hydrologique spatialisé de crue en milieu agricole. Thèse de doctorat.
- Cherry, K. A., Shepherd, M., Withers, P. J. A., Mooney, S. J., 2008. Assessing the effectiveness of actions to mitigate nutrient loss from agriculture: A review of methods. *Science of the Total Environment* 406(1-2), 1-23.
- Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne (CSEB), 2005. Pour la compréhension des bassins versants et le suivi de la qualité de l'eau – Fiches techniques et scientifiques. 188p.
- Dalmas, D., Quévremont, P., Moreau, R., Frey, V., 2010. Élaboration d'un plan de lutte contre les algues vertes. 88p + annexes.
- Dommergue, S. Y., Mangenot, F., 1970. Écologie microbienne du sol. Masson & Cie, Paris, 796 p.
- Durand, P., Gascuel-Oudou, C., Cordier, M-O., 2002. Parametrisation of hydrological models: a review and lessons learned from studies of an agricultural catchment (Naizin, France). *Agronomie* 22, 217-228.
- Durand, P., Ferchaud, F., Salmon Monviola, J., Goetschel, F., Martin, C., Corgne, S., Hubert-Moy, L., 2006. Démarche d'évaluation du programme BEP : évolution du paramètre nitrate dans les eaux brutes des bassins versants BEP et autres bassins bretons : volets 3 et 4. Rapport final : 105p + annexes.
- Ferrant, F., 2009. Modélisation agro-hydrologique des transferts de nitrates à l'échelle des bassins versants agricoles gascons. Thèse de doctorat.
- Flindt, M. R., Kamp-Nielsen, L., Marques, J. C., Pardal, M. A., Bocci, M., Bendoricchio, G., Salomonsen, J., Nielsen, S. N., et Jorgensen, S. E., 1997. Description of the three shallow estuaries: Mondego River (Portugal), Roskilde Fjord (Denmark) and the lagoon of Venice (Italy). *Ecological Modelling* 102, 17-31.
- Gascuel-Oudou, C., Mérot, P., Durand, P., and Molénat, J., 1999. Normal runoff generation in small agricultural catchments. *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau* 54(7-8), 54-60.
- Geertz-Hansen, O., Sand-Jensen, K., Hansen, D. F., Christiansen, A., 1993. Growth and grazing control of abundance of the marine macroalga, *Ulva lactuca* L. in a eutrophic Danish estuary. *Aquatic Botany* 46, 101-109.
- van Genuchten, M. T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 892-898.
- Gerbal, M., 1994. Analyse spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques des substrats meubles de l'étang de Thau (Hérault, France), Thèse d'état.
- Hernandez, I., Peralta, G., Pérez-Lloréns, J. L., et Vergara, J. J., 1997. Biomass and dynamics of growth of *Ulva* species in Palmones river estuary. *J. Phycol.* 33, 764-772.

Hénault C., 1993. Quantification de la dénitrification dans les sols à l'échelle de la parcelle cultivée, à l'aide d'un modèle prévisionnel. Thèse de doctorat.

INERIS, 2011. Contribution à l'interprétation des causes de mortalité d'animaux observée en juillet-août 2011 dans l'estuaire du Gouessant, dans la Baie de Morieux. RAPPORT D'ÉTUDE du 29/08/2011. N° - DRC-11-109441-09134B, 18p + annexes.

INRA, 2008. Etude sur les bassins versants en contentieux "nitrates eaux brutes": 172p + annexes.

Klemes, V., 1986. Operational testing of hydrological simulation models. *Hydrological Sciences Journal* 31(1), 13-24.

Lemercier B., Berthier L., Buquen G., Dutin G., Guichard S., Le Bris A.L., Renault-Gardan S., Quidu O., Walter C., Cluzeau D., Guernion M., Mercier V., Pérès G., Piron D., Rougé L., Le Dû-Blayo L., Michel K, Gouéry P., Bourget E., Corpetti T. Tico S., Dupont C., Giteau J.L., Guérillot C., Hanocq D., 2010. Programme Sols de Bretagne (2005-2010) – Rapport final. Document UMR 1069 SAS, 111p + annexes. <http://www.sols-de-bretagne.fr/a-telecharger/RAPPORTS-DE-SYNTHESE-DE-SOLS-DE-BRETAGNE/Rapport-final-du-programme-Sols-de-Bretagne-%282005-2010%29/>

Liu, Z.-J., Weller, D.E., Jordan, T.E., Correll, D.L., Boomer, K.B., 2008. Integrated modular modeling of water and nutrients from point and nonpoint sources in the Patuxent river watershed. *Journal of the American Water Resources Association* 44(3), 700-723.

Madsen H. 2000. Automatic calibration of a conceptual rainfall-runoff model using multiple objectives. *Journal of Hydrology* 235, 276-288.

Malta, E.-J., et Verschuure, J. M., 1997. Effects of environmental variables on between-year variation of *Ulva* growth and biomass in a eutrophic brackish lake. *Journal of Sea Research* 38, 71-84.

Menesguen, A., Piriou, J. Y., 1995. Nitrogen loadings and macroalgal (*Ulva* sp) mass accumulation in Brittany (France). *Ophelia* 42, 227-237.

Merceron, M., 1999. Marées vertes en Bretagne : état actuel des connaissances. Pollution diffuse : du bassin versant au littoral, Ploufragan.

Molénat, J., Durand, P., Gascuel-Oudou, C., Davy, P., and Gruau, G., 2002. Mechanisms of nitrate transfer from soil to stream in an agricultural watershed of French Brittany. *Water Air and Soil Pollution* 133(1-4), 161-183.

Morand, P., Briand, X., 1996. Excessive Growth of Macroalgae: A Symptom of Environmental Disturbance. *Botanica Marina* 39(1-6), 491-516.

Morris, M. D., 1991. Factorial sampling plans for preliminary computational experiments. *Technometrics* 33, 161-174.

Mutegi, J. K., Munkholm, L. J., Petersen, B. M., Hansen, E. M., & Petersen, S. O., 2010. Nitrous oxide emissions and controls as influenced by tillage and crop residue management strategy. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(10), 1701-1711.

- Nicholls, D. J., 1981. The effect of green algal mats on intertidal macrobenthic communities and their predators. *Kieler Meeresforschungen* 5, 511-520.
- Oehler, F., Durand, P., Bordenave, P., Saadi, Z., Salmon-Monviola, J., 2009. Modelling denitrification at the catchment scale. *Science of the Total Environment* 407(5), 1726-1737.
- Oehler, F., Rutherford, J. C., Coco, G., 2010. The use of machine learning algorithms to design a generalized simplified denitrification model. *Biogeosciences* 7(10), 3311-3332.
- Piriou, J. Y., Ménesguen, A., 1992. Year Environmental factors controlling the *Ulva* sp. blooms in Brittany (France). *Marine eutrophication and population dynamics (25th European Marine Biology Symposium)*, 111-115.
- Piriou, J.-Y., Merot, P., Jégou, A.-M., Garreau, P., Yoni, C., Watremez, P., Urvois, M., Hallegouet, B., Aourousseau, P., Monbet, Y., Cann, C., 1993. Cartographie des zones sensibles à l'eutrophisation, cas des côtes bretonnes. Rapport de synthèse. , Rapport IFREMER, 78 p.
- Pujol, G., 2009. Simplex-based screening designs for estimating metamodels. *Reliability Engineering & System Safety* 94(7), 1156-1160.
- Raimbault, T., Moreau, P., Durand, P., Salmon-Monviola, J., 2009. Modélisation agro-hydrologique du bassin versant du Yar. Lannion Trégor Agglomération. France. 62p.
- Schaap, M.G., Leij, F.J., van Genuchten M.T., 1998. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62, 847-855.
- Schaap, M. G., Leij, F. J., van Genuchten, M. T., 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of Hydrology* 251(3-4), 163-176.
- Scholefield, D., D. R. Lockyer, Whitehead, D. C., Tyson, K. C., 1991. A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. *Plant and Soil* 132(2), 165-177.
- Sfriso, A., Pavoni, B., Marcomini, A., 1989. Macroalgae and phytoplankton standing crops in the Central Venice Lagoon: primary production and nutrient balance. *Science of the Total Environment*, 80, 139-159.
- Singh, S. K., Bárdossy, A., 2012. Calibration of hydrological models on hydrologically unusual events. *Advances in Water Resources*, 38, 81-91.
- Soulsby, P. G., Lowthion, D., Houston, M., Montgomery, H. A. C., 1985. The role of sewage effluent in the accumulation of macroalgal mats on intertidal mudflats in two basins in southern England. *Netherlands Journal of Sea Research* 19(3/4), 257-263.
- Viaud, V., Durand, P., Merot, P., Sauboua, E., Saadi, Z., 2005. Modeling the impact of the spatial structure of a hedge network on the hydrology of a small catchment in a temperate climate. *Agricultural Water Management* 74(2), 135-163.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : COMPARTIMENTATION DE L'AZOTE AU PATURAGE	19
FIGURE 2 : TERRITOIRES AYANT UN OBJECTIF DE REDUCTION DES FLUX D'AZOTE D'AU MOINS 30% (10A1 SDAGE LB).....	26
FIGURE 3 : PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS DES TERRITOIRES CONCERNES PAR LA DISPOSITION 10A1 DU SDAGE LB	27
FIGURE 4 : ORGANISATION GENERALE DES BASES DE DONNEES DES PRATIQUES AGRICOLES.....	40
FIGURE 5 : METHODE DE DETERMINATION DU NIVEAU DE RESORPTION PAR BIPHASE ATTEINT EN 2000 (0.67 DANS CET EXEMPLE).....	46
FIGURE 6 : CLASSEMENT DES BASSINS VERSANTS SELON LEUR FLUX SPECIFIQUE MOYEN D'AZOTE (KGN-NO3/HA)	64
FIGURE 7 : CARTE DES ZONES METEOROLOGIQUES DES BASSINS VERSANT A ALGUES VERTES	68
FIGURE 8 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : FREMUR	81
FIGURE 9 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : GOUessant	81
FIGURE 10 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : URNE	81
FIGURE 11 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : GOUET	82
FIGURE 12 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : IC	82
FIGURE 13 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : DOURON.....	82
FIGURE 14 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : HORN.....	83
FIGURE 15 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : GUILLEC	83
FIGURE 16 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : QUILLIMADEC.....	83
FIGURE 17 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : KERHARO	84
FIGURE 18 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : LAPIC	84
FIGURE 19 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : RIS.....	84
FIGURE 20 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : ST LAURENT.....	85
FIGURE 21 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : MOROS.....	85
FIGURE 22 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEE EN 2000 ET 2008 : MINAOUET	85
FIGURE 23 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS POUR LESQUELS L'OBJECTIF 2014_2015 A UNE FORTE PROBABILITE D'ETRE ATTEINT - SCENARIO PAE.	101
FIGURE 24 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS POUR LESQUELS L'OBJECTIF 2014_2015 A UNE PROBABILITE MOYENNE OU FAIBLE D'ETRE ATTEINT - SCENARIO PAE.	102
FIGURE 25 : FLUX D'N-NO3 SIMULES PONDERES (KG N/HA DE BASSIN) DES BASSINS VERSANTS - SCENARIO PAE	105
FIGURE 26 : FLUX D'N-NO3 SIMULES PONDERES (KG N/HA DE BASSIN) DES BASSINS VERSANTS - SCENARIO PAE	106
FIGURE 27 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS – LOT1 - SCENARIO INERTIE.....	108
FIGURE 28 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS – LOT2 - SCENARIO INERTIE	109
FIGURE 29 : FLUX D'N-NO3 SIMULES PONDERES (KG N/HA DE BASSIN) – LOT1 - SCENARIO INERTIE	111
FIGURE 30 : FLUX D'N-NO3 SIMULES PONDERES (KG N/HA DE BASSIN) – LOT2 - SCENARIO INERTIE	112
FIGURE 31 : DESTOCKAGE D'AZOTE CUMULE PAR BASSIN VERSANT, EN ABSOLU ET EN POURCENTAGE DU STOCK INITIAL.....	113
FIGURE 32 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : FREMUR.....	118
FIGURE 33 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : GOUessant.....	119
FIGURE 34 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : URNE	119
FIGURE 35 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : GOUET	119
FIGURE 36 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : IC.....	119

FIGURE 37 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : DOURON.....	120
FIGURE 38 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : HORN.....	120
FIGURE 39 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : GUILLEC	120
FIGURE 40 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : QUILLIMADEC.....	121
FIGURE 41 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : KERHARO	121
FIGURE 42 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : LAPIC.....	121
FIGURE 43 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : RIS.....	122
FIGURE 44 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : ST LAURENT	122
FIGURE 45 : PRESSIONS AZOTEES CALCULEES EN 2000 ET 2011 : MOROS	122
FIGURE 46 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS – LOT1 - SCENARIO PAE_MAJ	126
FIGURE 47 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS – LOT2 - SCENARIO PAE_MAJ	127
FIGURE 48 : FLUX D’N-NO3 SIMULES PONDERES (KG N/HA DE BASSIN) – LOT1 - SCENARIO PAE_MAJ.....	129
FIGURE 49 : FLUX D’N-NO3 SIMULES PONDERES (KG N/HA DE BASSIN) – LOT2 - SCENARIO PAE_MAJ.....	130
FIGURE 50 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS – LOT1 - SCENARIO AAP_AV	136
FIGURE 51 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS SIMULEES EN NITRATE DES BASSINS VERSANTS – LOT2 - SCENARIO AAP_AV	137
FIGURE 52 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - GOUessant	140
FIGURE 53 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - URNE	141
FIGURE 54 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - GOUET	142
FIGURE 55 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - IC	143
FIGURE 56 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - DOURON	144
FIGURE 57 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - QUILLIMADEC.....	145
FIGURE 58 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - KERHARO.....	146
FIGURE 59 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - LAPIC	147
FIGURE 60 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - RIS	148
FIGURE 61 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - ST LAURENT.....	149
FIGURE 62 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - MOROS.....	150
FIGURE 63 : RELATION ENTRE LES BAISES DE FLUX NITRIQUES ET LA VARIATION DE PRESSION AZOTEE TOTALE (EN HAUT) ET LA VARIATION DE L'UTILISATION DE L'AZOTE (EN BAS).....	151

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : AUTRES SITES DE PROLIFERATION D'ALGUES VERTES EN EUROPE (HORS BRETAGNE)	8
TABLEAU 2 : ORIGINE DE L'EXCEDENT AZOTE EN FRANCE (D'APRES BOMMELAER ET DEVAUX, 2011)	9
TABLEAU 3 : TAUX DE TREFLE DES PRAIRIES D'ASSOCIATION GRAMINEE-LEGUMINEUSES.	20
TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS D'ELEVAGE MODELISES DANS TNT2	21
TABLEAU 5 : LES ECHELLES DANS LE MODELE TNT2	22
TABLEAU 6 : VARIABLES HYDROLOGIQUES DU MODELE TNT2	24
TABLEAU 7 : VARIABLES AGRONOMIQUES ET BIOLOGIQUES DU MODELE TNT2	25
TABLEAU 8 : TERRITOIRES CONCERNES PAR LA DISPOSITION 10A1 ET LES BASSINS VERSANTS PRINCIPAUX	27
TABLEAU 9 : POINTS DE SUIVI NITRATE ET DEBIT	28
TABLEAU 10 : CLASSES DE P-ETP ET ZONAGE METEO DES BASSINS VERSANTS A ALGUES VERTES	31
TABLEAU 11 : VARIABLES DERIVEES DU MNT CALCULEES A L'AIDE DE MNTSURF	32
TABLEAU 12 : SEUILS DE SURFACE DRAINEE UTILISES POUR DEFINIR LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE	32
TABLEAU 13 : CORRESPONDANCE ENTRE OCCUPATION DU SOL ET TYPES DE SOL	34
TABLEAU 14 : CARACTERISTIQUES DES IMAGES SATELLITES ET BASSINS VERSANTS CONCERNES	36
TABLEAU 15 : EXEMPLE DE MATRICE DE CONFUSION (PRECISION GLOBALE 96.9% ET COEFFICIENT KAPPA 0.95)	36
TABLEAU 16 : NOMBRE DE MAILLES PAR BASSIN VERSANT SELON LEUR TAILLE ET RESOLUTION CHOISIE (CASE EN VERT)	37
TABLEAU 17 : SURFACES ET TAUX DE VARIATION DES TYPES DE SOLS DU BASSIN VERSANT DU GOUET SELON LA METHODE DE RASTERISATION : CC ET MCA (TAILLE DE LA MAILLE 100M)	38
TABLEAU 18 : LISTE DES OPERATIONS CULTURALES POUVANT ETRE CONSIGNEES DANS LES FICHIERS .TEC	39
TABLEAU 19 : ANNEES DE REFERENCES, ANNEES CULTURALES ET PERIODES POUR LA CONSTITUTION DES FICHIERS .TEC	41
TABLEAU 20 : CORRESPONDANCE ENTRE INTITULES DE BV-BEP ET BASSINS ALGUES VERTES	42
TABLEAU 21 : EVOLUTION DES VENTES DEPARTEMENTALES D'ENGRAIS DE 2000 A 2008	43
TABLEAU 22 : DISTINCTION DE L'AZOTE PRODUIT PAR LES BOVINS SOUS FORME DE FUMIER ET DE LISIER	43
TABLEAU 23 : CRITERES DE LA TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS-DONNEES CANTONALES DES EXCEDENTS AZOTES DE 2000	44
TABLEAU 24 : METHODE DE CALCUL DES EXCEDENTS DES EXPLOITATIONS MIXTES BOVINS-VOLAILLES	45
TABLEAU 25 : REGROUPEMENTS DES CULTURES DU RA2000	46
TABLEAU 26 : EXEMPLE DE MATRICE DE TRANSITION	49
TABLEAU 27 : PRINCIPE DE RECONSTITUTION DES OCCUPATIONS DU SOL ESTIVALES	50
TABLEAU 28 : REGLES DE DECISION DES OCCUPATIONS DU SOL HIVERNALES COMMUNES A TOUS LES BASSINS VERSANTS	51
TABLEAU 29 : REGLE DE DECISION DES OCCUPATIONS DU SOL HIVERNALES SPECIFIQUES A CHAQUE BASSIN VERSANT	51
TABLEAU 30 : PARAMETRES DU FICHIER PARAM.GEN	53
TABLEAU 31 : PARAMETRES DU FICHIER T_SOL	54
TABLEAU 32 : PARAMETRES, VALEURS MIN ET MAX TESTES DANS L'ANALYSE DE SENSIBILITE DE MORRIS	55
TABLEAU 33 : SORTIES DU MODELE ET ANALYSE DE SENSIBILITE DE MORRIS	55
TABLEAU 34 : CLASSEMENT DES PARAMETRES SELON LEUR EFFET SUR LES SORTIES HYDROLOGIQUES A L'EXUTOIRE	56
TABLEAU 35 : CLASSEMENT DES PARAMETRES SELON LEUR EFFET SUR LES SORTIES AZOTE A L'EXUTOIRE	56
TABLEAU 36 : PARAMETRES RETENU POUR LA CALIBRATION	57
TABLEAU 37 : PARAMETRES DU FICHIER T_SOL DONT LES VALEURS SONT BORNEES	59
TABLEAU 38 : VALEURS RETENUES POUR LA MICRO-POROSITE ET LA MACRO-POROSITE DE L'HORIZON FISSURE	60
TABLEAU 39 : FLUX SPECIFIQUE ET EVOLUTION (KGN-NO3/HA DE BASSIN)	63

TABLEAU 40 : QUANTITES JOURNALIERE D'AZOTE DES DEPOSITIONS ATMOSPHERIQUES SECHES ET HUMIDES (EN GN/M2/J)	64
TABLEAU 41 : PROPORTIONS DES OCCUPATIONS DU SOL DES BASSINS VERSANTS A ALGUES VERTES.....	65
TABLEAU 42 : MATRICE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION DE PEARSON DES POURCENTAGES DES ZONES BATIES, BOISEES, EN EAU ET AGRICOLES DE LA SURFACE TOTALE	65
TABLEAU 43 : SAU DES BASSINS VERSANTS EN ZONE HUMIDE (SAU_ZH) ET HORS ZONE HUMIDE (SAU_HZH)..	66
TABLEAU 44 : UCS DES ZONES AGRICOLES HORS ZONE HUMIDE DES BASSINS VERSANTS (SAUF GOUessant) .	66
TABLEAU 45 : UCS DES ZONES AGRICOLES HORS ZONE HUMIDE DU GOUessant	67
TABLEAU 46 : CLASSES DE P-ETP ET ZONAGE METEO DES BASSINS VERSANTS A ALGUES VERTES.....	68
TABLEAU 47 : ZONES METEOROLOGIQUES DES BASSINS A ALGUES VERTES	69
TABLEAU 48 : PRECISION GLOBALE ET COEFFICIENT KAPPA DES CLASSIFICATIONS (CEREALES, MAÏS, PRAIRIES)	70
TABLEAU 49 : ASSOLEMENT DETAILLE DE L'ANNEE DE REFERENCE 2009	71
TABLEAU 50 : PRESSIONS TOTALE, MINERALE ET ORGANIQUE BRUTE DES BASSINS VERSANTS ALGUES VERTES EN 2000	72
TABLEAU 51 : MODIFICATION DES PRESSIONS ISSUES DE LA METHODE GENERALE ET SOURCE DES DONNEES .	72
TABLEAU 52 : RESORPTION D'AZOTE DES VOLAILLES EN 2000.....	72
TABLEAU 53 : RESORPTION PAR TRAITEMENT DE L'AZOTE DES PORCINS EN 2000	73
TABLEAU 54 : RESORPTION PAR ALIMENTATION BIPHASE DE L'AZOTE DES PORCINS EN 2000.....	73
TABLEAU 55 : MODIFICATIONS DES QUANTITES D'AZOTE RESORBEES ISSUES DE LA METHODE GENERALE ET SOURCE DES DONNEES.....	73
TABLEAU 56 : PRESSION TOTALE, ORGANIQUE NETTE ET MINERALE DES BASSINS VERSANTS ALGUES VERTES EN 2000.....	74
TABLEAU 57 : QUANTITES D'AZOTE PRODUITES PAR LES BOVINS, DISTINCTION AZOTE MAITRISABLE/NON MAITRISABLE	75
TABLEAU 58 : QUANTITES D'AZOTE PRODUITES MAITRISABLES PAR LES BOVINS, DISTINCTION AZOTE FUMIER/LISIER.....	76
TABLEAU 59 : ASSOLEMENTS SIMPLIFIES TIRES DU RA 2000.....	76
TABLEAU 60 : PRESSIONS TOTALE, MINERALE ET ORGANIQUE BRUTE DES BASSINS VERSANTS ALGUES VERTES EN 2008	77
TABLEAU 61 : MODIFICATION DES PRESSIONS ISSUES DE LA METHODE GENERALE ET SOURCE DES DONNEES .	77
TABLEAU 62 : RESORPTION D'AZOTE ISSUE DES DONNEES CANTONALES (BASSINS DU 22) ET DDTM29 (BASSINS DU 29) EN 2008	78
TABLEAU 63 : MODIFICATION DES QUANTITES D'AZOTE RESORBEES ET SOURCE DES DONNEES	78
TABLEAU 64 : PRESSION TOTALE, ORGANIQUE NETTE ET MINERALE DES BASSINS VERSANTS ALGUES VERTES EN 2008.....	78
TABLEAU 65 : QUANTITES D'AZOTE PRODUITES PAR LES BOVINS, DISTINCTION AZOTE MAITRISABLE/NON MAITRISABLE	79
TABLEAU 66 : QUANTITES D'AZOTE PRODUITES MAITRISABLES PAR LES BOVINS, DISTINCTION AZOTE FUMIER/LISIER.....	79
TABLEAU 67 : ASSOLEMENTS SIMPLIFIES TIRES DU RPG 2009	80
TABLEAU 68 : EVOLUTION DES PRESSIONS AZOTEES TOTALE, MINERALE ET ORGANIQUE NETTE ENTRE 2000 ET 2008.....	80
TABLEAU 69 : RAPPORTS SAMO/SAU ET SAMO PAR CULTURE ISSUES DE BEP 2004	86
TABLEAU 70 : SAMO DES CULTURES LEGUMIERES	86
TABLEAU 71 : PROPORTIONS DE CHOU HATIF, CHOU TARDIF ET BROCOLI (RA 2000).....	87
TABLEAU 72 : AJUSTEMENTS DES DONNEES D'ENTREES POUR LA CALIBRATION/VALIDATION DU MODELE TNT2	88
TABLEAU 73 : EVENEMENTS CRITIQUES DES CHRONIQUES DE DEBITS ET DE FLUX D'AZOTE ET DUREE (EN JOUR)	89

TABLEAU 74 : INDICES DE PERFORMANCE DE LA CALIBRATION-VALIDATION DU MODELE TNT2 (NS : NASH-SUTTCLIFFE, R : CORRELATION)	89
TABLEAU 75 : VALEURS MOYENNES PONDEREES DES PARAMETRES DES FICHIERS T_SOLS DES BASSINS DU 22	91
TABLEAU 76 : VALEURS MOYENNES PONDEREES DES PARAMETRES DES FICHIERS T_SOLS DES BASSINS DU 29	92
TABLEAU 77 : RESERVE UTILE (RU), RESERVE SOUTERRAINE (RS), LAME D'EAU MOYENNE (LEM) ET TEMPS MOYEN DE RESIDENCE DE L'EAU (TMRE).....	93
TABLEAU 78 : CONTRIBUTION DES ECOULEMENTS PROFONDS AU DEBIT SIMULE	93
TABLEAU 79 : VALEURS DE LA MOYENNE, DE L'ECART-TYPE, DU MINIMUM ET MAXIMUM DES JOURS NORMALISES DE 1999 A 2011	94
TABLEAU 80 : MINERALISATION BASALE (KGN/HA DE BASSIN ET DE SAU/AN)	96
TABLEAU 81 : PRESSIONS AZOTEES AGRICOLES THEORIQUES ET MODELISEES MOYENNES (CALIBRATION/VALIDATION) (KGN/HA SAU).....	96
TABLEAU 82 : METHODOLOGIE POUR L'EXTRAPOLATION DES DONNEES METEOROLOGIQUES.....	99
TABLEAU 83 : ANNEES HYDROLOGIQUES DE REFERENCE ET UTILISEES POUR LES CALCULS.....	100
TABLEAU 84 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS EN NO3 ET COMPARAISON AVEC LES OBJECTIFS DU PLAN « ALGUES VERTES » EN 2014_2015 ET 2026_2027 - SCENARIO PAE	100
TABLEAU 85 : FLUX D'AZOTE MODELISES (EN KG N-NO3/HA DE BASSIN) ET EVOLUTION (EN KG N-NO3 ET (EN %) EN 2007_2008, 2014_2015 ET 2026_2027 - SCENARIO PAE.....	103
TABLEAU 86 : DATES DE FAUCHES DES PRAIRIES DU SCENARIO INERTIE	106
TABLEAU 87 : ANNEES HYDROLOGIQUES DE REFERENCE ET UTILISEES POUR LES CALCULS.....	107
TABLEAU 88 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS EN NO3 ET COMPARAISON AVEC LES OBJECTIFS DU PLAN « ALGUES VERTES » EN 2014_2015 ET 2026_2027 – SCENARIO INERTIE	107
TABLEAU 89 : FLUX D'AZOTE MODELISES (EN KG N-NO3/HA) DE BASSIN ET EVOLUTION (EN %) EN 2007_2008, 2014_2015 ET 2026_2027 - SCENARIO INERTIE	110
TABLEAU 90 : PRESSIONS TOTALE, MINERALE ET ORGANIQUE BRUTE DES BASSINS VERSANTS ALGUES VERTES EN 2000	114
TABLEAU 91 : RESORPTION D'AZOTE ISSUE DES DONNEES DE L'ENQUETE PRATIQUES 2011	115
TABLEAU 92 : IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS D'AZOTE DES BASSINS VERSANTS EN CONTENTIEUX (ENQUETE PRATIQUES 2004, SOURCE SRISE)	115
TABLEAU 93 : RESORPTION D'AZOTE ISSUE DES DONNEES DE L'ENQUETE PRATIQUES 2011	116
TABLEAU 94 : PRESSION TOTALE, ORGANIQUE NETTE ET MINERALE DES BASSINS VERSANTS ALGUES VERTES EN 2011.....	116
TABLEAU 95 : QUANTITES D'AZOTE PRODUITES PAR LES BOVINS, DISTINCTION AZOTE MAITRISABLE/NON MAITRISABLE	117
TABLEAU 96 : QUANTITES D'AZOTE PRODUITES MAITRISABLES PAR LES BOVINS, DISTINCTION AZOTE FUMIER/LISIER.....	117
TABLEAU 97 : EVOLUTION DES PRESSIONS AZOTEES TOTALE, MINERALE ET ORGANIQUE NETTE ENTRE 2000 ET 2011, PRENANT EN COMPTE LES MISES A JOUR 2011	118
TABLEAU 98 : COMPARAISON DES ESTIMATIONS DE PRESSIONS AZOTEES TOTALE, MINERALE ET ORGANIQUE NETTE ENTRE 2008 ET 2011. <i>N.B. : IL SE N'AGIT PAS D'EVOLUTION REELLE DES PRESSIONS ENTRE CES DEUX DATES, VOIR TEXTE.</i>	123
TABLEAU 99 : INDICATEURS DE SAMO 2011.....	124
TABLEAU 100 : ANNEES HYDROLOGIQUES DE REFERENCE ET UTILISEES POUR LES CALCULS.....	124
TABLEAU 101 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS EN NO3 ET COMPARAISON AVEC LES OBJECTIFS DU PLAN « ALGUES VERTES » EN 2014_2015 ET 2026_2027 - SCENARIO PAE_MAJ	125
TABLEAU 102 : FLUX D'AZOTE MODELISES (EN KG N-NO3/HA) DE BASSIN ET EVOLUTION (EN %) EN 2007_2008, 2014_2015 ET 2026_2027 _ SCENARIO PAE_MAJ.....	128
TABLEAU 103 : ANNEES HYDROLOGIQUES DE REFERENCE ET UTILISEES POUR LES CALCULS.....	135
TABLEAU 104 : QUANTILE90 DES CONCENTRATIONS EN NO3 ET COMPARAISON AVEC LES OBJECTIFS DU PLAN « ALGUES VERTES » EN 2014_2015 ET 2026_2027 - SCENARIO AAP_AV	136

TABLEAU 105 : FLUX D'AZOTE MODELISES (EN KG N-NO3/HA) DE BASSIN ET EVOLUTION (EN %) EN 2007_2008, 2014_2015 ET 2026_2027 - SCENARIO AAP_AV	138
TABLEAU 106 : GLOSSAIRE DES VARIABLES DES BILANS AZOTES.....	139
TABLEAU 107 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - GOUSSANT	139
TABLEAU 108 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - URNE	140
TABLEAU 109 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - GOUET	141
TABLEAU 110 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - IC	142
TABLEAU 111 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - DOURON.....	143
TABLEAU 112 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - QUILLIMADEC.....	144
TABLEAU 113 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - KERHARO.....	145
TABLEAU 114 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - LAPIC	146
TABLEAU 115 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - RIS.....	147
TABLEAU 116 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - ST LAURENT.....	148
TABLEAU 117 : BILANS AZOTES DES TROIS DERNIERES ANNEES DE SIMULATION - MOROS.....	149

7 ANNEXES

Annexe 1 : Localisation des points de suivi retenus pour le calcul des flux azotés

Annexe 2 : Notice du modèle de calcul des rejets azotés des bovins

Annexe 3 : Unités cartographiques de sol des bassins versants après simplification

Annexe 4 : Cartes des types de sol des bassins versants après simplification

Annexe 5 : Cartes de l'assolement détaillé de l'année de référence 2009

Annexe 6 : Itinéraires techniques

Annexe 7 : Matrices de transition avant et arrière : génération des occupations du sol estivales

Annexe 8 : Occupations du sol estivales générées

Annexe 9 : Règles d'hiver : génération des occupations du sol hivernales

Annexe 10 : Occupations du sol hivernales générées

Annexe 11 : Evénements critiques pour la calibration

Annexe 12 : Résultats des phases de calibration/validation

Annexe 13 : Valeurs des paramètres des fichiers t_sol

Annexe 14 : Concentrations en nitrate observées et simulées

Annexe 15 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes »

Annexe 16 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

7 ANNEXES

Annexe 1 : Localisation des points de suivi retenus pour le calcul des flux azotés

Annexe 2 : Notice du modèle de calcul des rejets azotés des bovins

Annexe 3 : Unités cartographiques de sol des bassins versants après simplification

Annexe 4 : Cartes des types de sol des bassins versants après simplification

Annexe 5 : Cartes de l'assolement détaillé de l'année de référence 2009

Annexe 6 : Itinéraires techniques

Annexe 7 : Matrices de transition avant et arrière : génération des occupations du sol estivales

Annexe 8 : Occupations du sol estivales générées

Annexe 9 : Règles d'hiver : génération des occupations du sol hivernales

Annexe 10 : Occupations du sol hivernales générées

Annexe 11 : Evénements critiques pour la calibration

Annexe 12 : Résultats des phases de calibration/validation

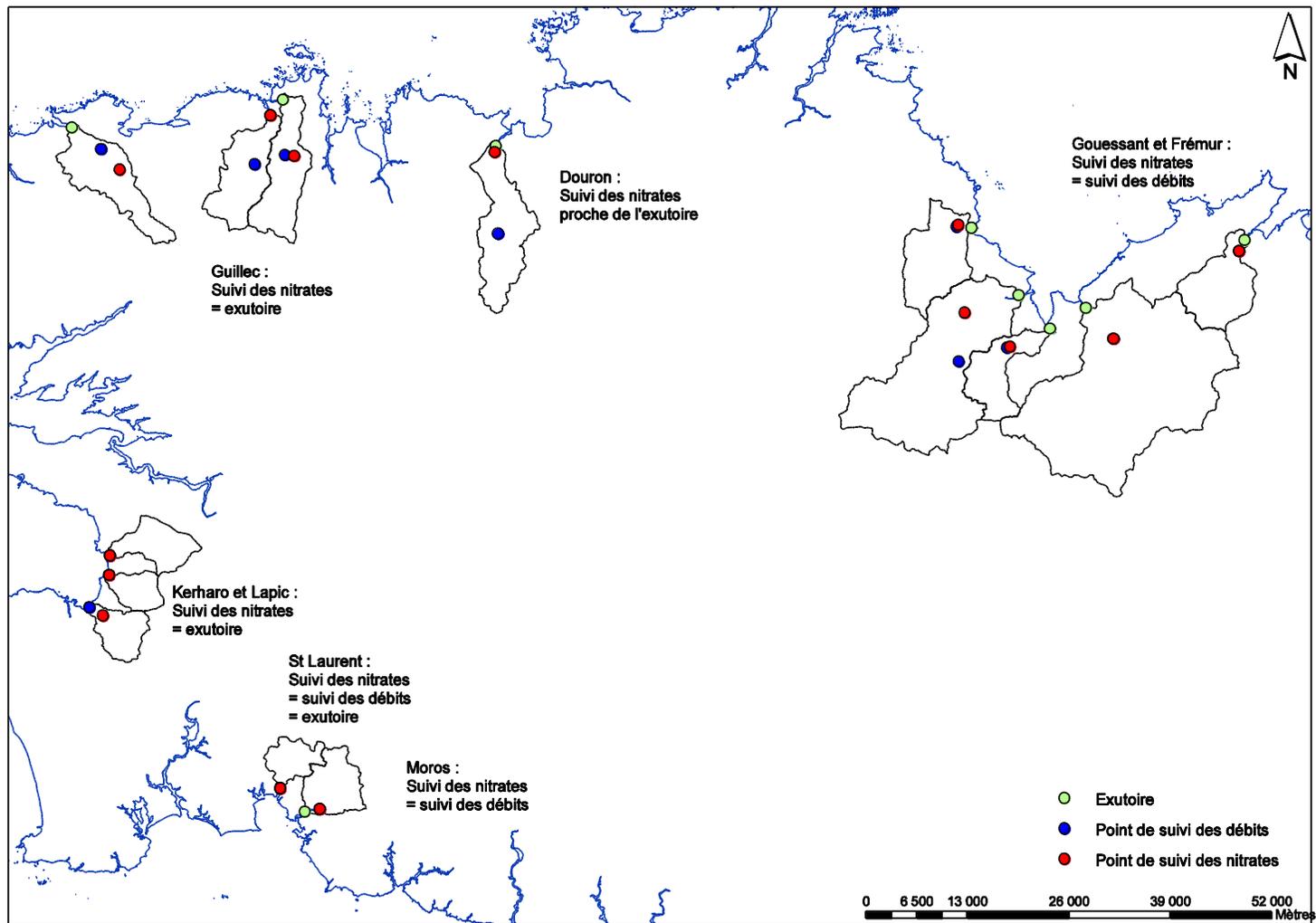
Annexe 13 : Valeurs des paramètres des fichiers t_sol

Annexe 14 : Concentrations en nitrate observées et simulées

Annexe 15 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes »

Annexe 16 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Annexe 1 : Localisation des points de suivi retenus pour le calcul des flux azotés



Carte des points de suivi nitrate et débits

Annexe 2 : Notice du modèle de calcul des rejets azotés des bovins

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre de la modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes, les pratiques agricoles doivent être reconstituées. On reproduit des rotations de cultures et des itinéraires techniques. Ces itinéraires techniques sont directement liés aux quantités d'azote provenant des différents types d'élevages (bovins, porcins,...) à répartir sur les différentes cultures.

Dans le cadre d'études précédentes (Evaluation du programme Bretagne Eau Pure, Etude sur les bassins versants en contentieux), nous avons utilisé des quantités d'azote calculées à partir de références forfaitaires et fixes par type de bovins (Tableau 1) (Durand et al., 2006 ; INRA, 2008). Or le fait que les quantités d'azote excrétées par les bovins en général et les vaches laitières en particulier varient selon la productivité, le régime alimentaire, la race, est connu et les méthodes de calcul existent (CORPEN, 1999 ; CORPEN, 2001).

Tableau 1 : Référence réglementaire des rejets azotés des bovins (volatilisation en bâtiment et stockage déduite)

	kgN/an
Vache laitière	85
Génisse > 2ans	53
Génisse 1-2 ans	42
Génisse < 1 an	25
Vache allaitante	67
Male > 2 ans	72
Male 1-2 ans	42
Male < 1 an	25

L'objectif premier est de prendre en compte, à l'échelle de l'exploitation, des facteurs tels que le régime alimentaire et le niveau de production des vaches laitières dans le calcul de l'azote excrété. Pour cela il faut adapter les références éditées par le CORPEN en 1999 et 2001, exigeantes en informations, afin d'obtenir un mode de calcul simplifié des rejets et plus robuste. Ces adaptations et hypothèses simplificatrices font l'objet de cette notice explicative du travail réalisé en collaboration avec Luc Delaby (UMR Production du Lait).

Cette méthode de calcul présente également l'avantage de distinguer l'azote excrété en bâtiment de celui émis au pâturage, très dépendant du type d'alimentation des bovins.

La présente notice détaille dans un premier temps la logique suivie lors de l'élaboration de la feuille de calcul, les hypothèses formulées et les paramètres à renseigner et enfin les résultats obtenus. Les calculs intermédiaires, quant à eux ne sont pas présentés ici.

FONCTIONNEMENT GENERAL

Cette feuille de calcul repose sur trois concepts/hypothèses :

- l'essentiel des kg de lait produit par une vache laitière au-delà de 6000kg/an sont produits grâce aux concentrés contenus dans la ration (Brocard et al., 2010) ;
- la variabilité dans les régimes d'alimentation des génisses, des vaches allaitantes et des mâles est moins grande que celle des régimes alimentaires des vaches laitières (Delaby, comm. pers.) ;

- il existe une cohérence forte entre la durée de la saison de pâturage (mois) et la surface de prairie (ha) nécessaire (Seuret et al., 2007 ; INRA et al., 2009).

La logique suivie est la suivante (Figure 1) :

- les régimes alimentaires des génisses, des mâles et des vaches allaitantes sont paramétrés (proportion d'herbe et de maïs ensilage dans la ration) ;

- les quantités de fourrages consommées par ces animaux sont calculées ;

- par soustraction avec les fourrages produits sur le territoire ou l'exploitation (en multipliant les surfaces des cultures par les rendements) les quantités de fourrages disponibles pour les vaches laitières sont déterminées ;

- on déduit de ces quantités de fourrages disponibles le type de ration des vaches laitières, c'est-à-dire les proportions d'herbe et de maïs ensilage dans la ration ;

- la surface de prairie disponible pour les vaches laitières est obtenue par différence entre la surface totale et les surfaces en prairies « utilisées » par les génisses, les mâles et les vaches allaitantes ;

- les surfaces en prairies disponibles permettent de déterminer la durée (en mois) de distribution des différentes rations pour les vaches laitières : pâturage, maïs ensilage, herbe conservée ;

- les références CORPEN sont ensuite appliquées pour déterminer les quantités d'azote excrétées en distinguant celles en bâtiment de celles au pâturage, en corrigeant les rejets en fonction de la productivité des vaches laitières ;

- pour les autres catégories d'animaux, on calcule les quantités d'azote ingérées en distinguant le type d'aliments (herbe pâturée, conservée, ensilage de maïs et concentrés) auxquelles on retranche les quantités d'azote fixées par l'animal pour obtenir l'azote excrété (INRA, 2010). L'azote provenant du maïs et de l'herbe conservée est excrété en bâtiment, l'azote de l'herbe pâturée est excrété au pâturage. L'azote excrété provenant des concentrés est réparti en bâtiment ou au pâturage au prorata du temps passé en chaque lieu pour les génisses et mâles en croissance et en engraissement.

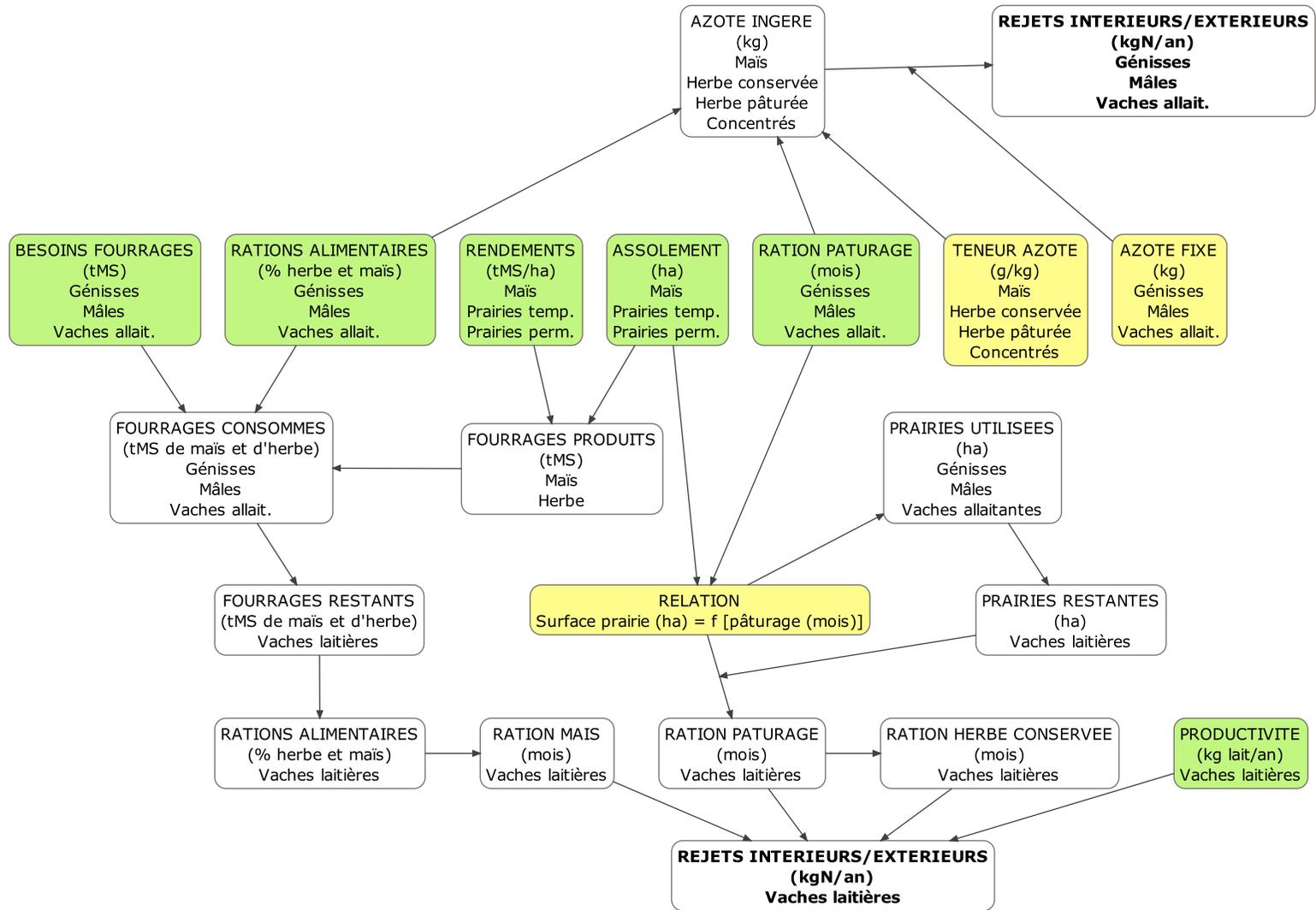


Figure 1 : Logique du modèle

PARAMETRES

Les cases en vert dans les tableaux sont à renseigner, celles en jaunes sont des références (modifiables ou non selon les informations disponibles), celles en orange constituent des contrôles de cohérence.

Cheptel bovins

CHEPTEL	
Types	Effectifs
Vaches laitières	
Génisses > 2ans	
Génisses 1-2 ans	
Génisses < 1 an	
Vaches allaitantes	
Mâles > 2 ans	
Mâles 1-2 ans	
Mâles < 1 an	

Production de lait

Trois manières de calculer la production de lait (kg lait/an) sont proposées :

- la quantité de lait produit (l) ;

- la quantité de lait livré (l) : 92% du lait produit est livré (Delaby et Pavie, 2008). On applique donc un coefficient de 1.08 permettant de prendre en compte les besoins des veaux et un pourcentage de pertes dues à des évènements sanitaires ;

- le quota (l) : le niveau de réalisation des quotas en France est de 95% (CNIEL, 2010). On applique donc un coefficient de 0.95 ;

Pour passer de litre en kg, on applique un facteur de 1.033 (densité moyenne du lait).

PRODUCTION LAITIERE			
Variable	litres	kg	Facteur
Quotas			0.95
Lait produit			1.00
Lait livré			1.08
Litre/kg de lait	1.033		

Assolement

ASSOLEMENT	
Cultures	ha
Mais ensilage	
Prairie temporaire	
Prairie permanente	
SFP	
Blé	
Orge	
Autres céréales	
Mais grain	
...	
...	
SAU	

Rendements

RENDEMENTS	
Cultures	tMS/ha
Mais ensilage	
Prairie temporaire	
Prairie permanente	

Ages

Ces quatre paramètres permettent de préciser le calcul des UGB en fonction du temps de présence de l'animal :

- par exemple, une génisse vêlant à 30 mois (Le Cozler et al., 2009) n'est comptabilisée que la moitié de la 3ème année (30-24 mois), au-delà elle est logiquement dans la classe des vaches ;

- les mâles de moins de 1 an « n'existent » qu'à partir de 6 mois car on considère qu'ils sont auparavant comptabilisés avec leur mère.

AGES	
Types	mois
Vêlage des génisses	
Départ mâles > 2 ans	
Départ mâles > 1-2 ans	
Début comptabilité males <1 an	

Quantités globales de fourrages et de concentrés consommés (INRA, 2010)

FOURRAGES ET CONCENTRES CONSOMMES		
Types	Types	tMS/UGB/an
Génisses	Fourrages	
	Concentrés	
	<i>Total</i>	
Mâles < 2 ans	Fourrages	
	Concentrés	
	<i>Total</i>	
Mâles > 2 ans	Fourrages	
	Concentrés	
	<i>Total</i>	
Vaches allaitantes	Fourrages	
	Concentrés	
	<i>Total</i>	

Proportions de maïs ensilage et d'herbe dans la ration

PROPORTION DES FOURRAGES DANS RATION		
Types	% Maïs ensilage	% Herbe
Génisses		
Mâles < 2 ans		
Mâles > 2 ans		
Vaches allaitantes		

Surface de prairie utilisée par UGB

SURFACE PRAIRIE/UGB	
Types	ha
UGB laitier	
UGB allaitant	

Ces paramètres sont liés au temps de pâturage par des relations linéaires (Figure 2). On considère que pour 6 mois de pâturage, un UGB de type laitier a besoin de 0.53 ha de prairie et 0.60 ha pour un

UGB allaitant (Seuret et al., 2007 ; INRA et al., 2009). Cette différence intègre le fait que les prairies attribuées au cheptel allaitant sont généralement de moins bonne qualité, donc moins productives.

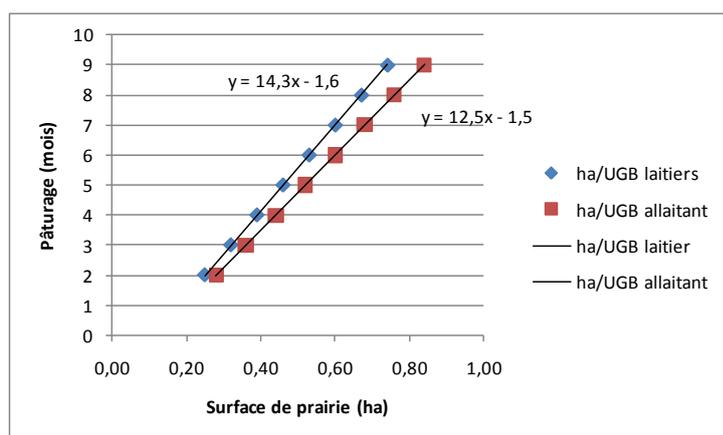


Figure 2 : Relation entre temps de pâturage et surface de prairies par UGB

Teneur en azote des aliments et concentrés (INRA, 2010)

TENEUR EN AZOTE ALIMENTS	
Types	g/kg
Mais ensilage	13.1
Herbe pâturée prairie temporaire	28.8
Herbe pâturée prairie permanente	24.0
Herbe conservée	22.0
Concentrés	60.0

Nous avons choisi ici de « créer » un aliment concentré issu d'un mélange de concentré énergétique (teneur en N de 18.4 g/kg) et d'un concentré azoté (teneur en N de 83.2 g/kg) (CORPEN, 1999). Le mélange se compose de 65 % de concentré azoté et de 35 % de concentré énergétique afin de corriger le déficit en protéines des fourrages conservés.

Azote fixé (INRA, 2010)

Ces quantités d'azote correspondent à la différence entre l'azote ingéré et l'azote excrété.

AZOTE FIXE	
Types	kgN/UGB/an
Génisses	12.0
Mâles < 2 ans	16.0
Mâles > 2 ans	16.0
Vaches allaitantes	7.0

Référence des rejets des vaches laitières et volatilisation en bâtiment (CORPEN, 1999)

REFERENCES CORPEN REJETS VACHES LAITIÈRES		
Rations	kgN/mois	
	Bâtiment	Hors bâtiment
Mais ensilage	6.7	0.0
Herbe pâturée	1.7	9.5
Herbe conservée	9.1	0.0

VOLATILISATION EN BATIMENT	
% azote excrété en bâtiment	0.3

Azote sous forme de fumier et de lisier

Ces données proviennent des données du Recensement « Bâtiment d'élevage » et de l'« Enquête PMPOA » transmis par Jean-Baptiste Dollé (Institut de l'Élevage).

DISTINCTION AZOTE FUMIER ET LISIER

Types	% Fumier	% Lisier
Vaches laitières	72	28
Vaches allaitantes	92	8

Modulation des besoins en fourrage selon la productivité (INRA, 2010)

FOURRAGES CONSOMMES VACHES LAITIÈRES ET PRODUCTIVITÉ

kg lait/an	tMS/an
4000	5.4
5000	5.8
6000	6.2
7000	6.5
8000	6.8
9000	7.1

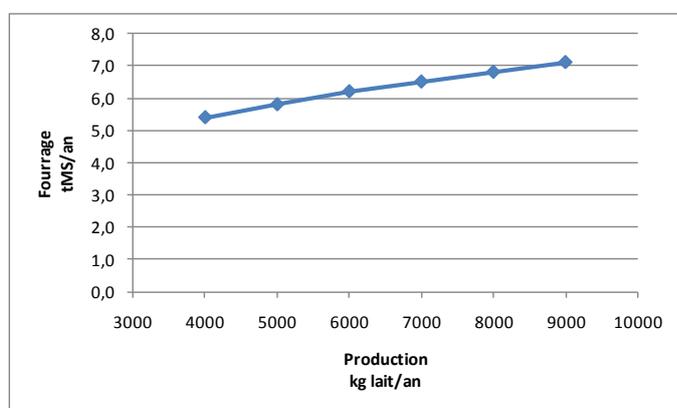


Figure 3 : Relation entre productivité et besoin annuel de fourrages

Résultats

QUANTITES D'AZOTE

	kgN/an	%
Maitrisable		
Non maitrisable		
Total		

FUMIER/LISIER

	kgN/an	%
Fumier		
Lisier		
Total		

INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

kg lait/vache/an		<i>mait. + non mait.</i>
kgN/UGB vaches lait./an		
UGB/ha SAU		
UGB/ha SFP		
UGB/ha prairie		
kgN/ha SAU		
SFP/SAU		
Prairie/SFP		

BIBLIOGRAPHIE

Brocard, V., Brunshwig, B., Legarto, J., Paccard, P., 2010. Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier. Institut de l'Elevage : 262p.

CNIEL, 2010. L'économie laitière en chiffres: 176p.

CORPEN, 1999. Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux vaches laitières et à leur système fourrager. Influence de l'alimentation et du niveau de production.

CORPEN, 2001. Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux bovins allaitants et aux bovins en croissance ou à l'engrais, issus des troupeaux allaitants et laitiers, et à leur système fourrager.

Delaby, L. et Pavie, J., 2008. Impacts de la stratégie d'alimentation et du système fourrager sur les performances économiques de l'élevage laitier dans un contexte de prix instables. 15ème rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris (FRA), Institut de l'Elevage.

Durand, P., Ferchaud, F., Salmon Monviola, J., Goetschel, F., Martin, C., Corgne, S., Hubert-Moy, L., 2006. Démarche d'évaluation du programme BEP : évolution du paramètre nitrate dans les eaux brutes des bassins versants BEP et autres bassins bretons : volets 3 et 4. Rapport final : 105p + annexes.

INRA, 2008. Etude sur les bassins versants en contentieux "nitrates eaux brutes": 172p + annexes.

INRA, 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Guide pratique. Edition Quae : 275p + annexes.

INRA, Institut de l'Elevage, Chambres d'Agricultures de Bretagne et des Pays de Loire, Bovins Croissance, 2009. Génisses Laitières : de la recherche aux pratiques d'éleveurs: 86p.

Le Cozler, Y., Peccatte, J.R., Porhiel, J.Y., Brunshwig, P., Disenhaus, C., 2009. Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. Productions Animales 22(4): 303-316.

Seuret, J.M., Roger, P., Guillois, F., Portier, B., 2007. Fiches pratiques de l'éleveur laitier. La conduite au quotidien : 6 menus pour vaches laitières.

Annexe 3 : Unités cartographiques de sol des bassins versants après simplification

Tous les bassins versants sauf Gouessant

	n°	Intitulé	% ZA_HZH
DOURON	202	Sols de forte pente issus de gneiss	35
	106	Sols moyennement profonds à profonds des collines issus de granite	23
	203	Sols profonds des collines issus de gneiss	14
	401	Sols moyennement profonds à profonds de relief modéré issus de schiste	11
	1103	Sols peu profonds et sols profonds de littoral et des collines issus de roches volcaniques à grains fins	10
	402	Sols moyennement profonds à profonds des plateaux ondulés issus de schiste et de schiste mêlé de quartzites	6
FREMUR	3010	Sols profonds à tendance hydromorphe et sols boisés hydromorphes de plateau issus de micaschiste	29
	1106	Sols moyennement profonds, localement calciques issus de roche volcanique à grains fins	26
	12013	Sols profonds des plaines issus de limon et schiste métamorphisé	14
	4026	Sols moyennement profonds des plateaux ondulés issus de schiste tendre localement surépaissit par des apports éoliens	13
	4030	Sols moyennement profonds à profonds des plateaux et versants ondulés issus de schiste tendre	10
	12015	Sols hydromorphes lessivés des plateaux limoneux parfois boisés sur roche volcanique à grains fins	8
GOUET	1028	Sols moyennement profonds à peu profonds des collines et versants ondulés issus de granite	35
	12033	Sols profonds limoneux faiblement lessivés localement hydromorphes des plateaux sur granite	24
	106	Sols moyennement profonds à profonds des collines issus de granite	18
	4029	Sols moyennement profonds des buttes à pente forte et sols acides de la forêt de Lorge issus de schiste	10
	1108	Sols moyennement profonds à profonds localement hydromorphes des collines et des plateaux issus de roche volcanique à grains fins	7
	4028	Sols des collines et sols acides de la forêt de Lorge issus de schiste localement enrichis par des apports limoneux	7
GUILLEC	1202	Sols profonds des plateaux ondulés limoneux sur gneiss	45
	1201	Sols profonds faiblement lessivés souvent recalifiés par des amendements, des plateaux légumiers limoneux ondulés du littoral sur granite	33
	1203	Sols profonds des plateaux ondulés limoneux sur micaschistes	11
	1079	Sols moyennement profonds souvent recalifiés en surface issu de granite	11
HORN	1203	Sols profonds des plateaux ondulés limoneux sur micaschistes	53
	1202	Sols profonds des plateaux ondulés limoneux sur gneiss	22
	1201	Sols profonds faiblement lessivés souvent recalifiés par des amendements, des plateaux légumiers limoneux ondulés du littoral sur granite	18
	1079	Sols moyennement profonds souvent recalifiés en surface issu de granite	7
IC	1108	Sols moyennement profonds à profonds localement hydromorphes des collines et des plateaux issus de roche volcanique à grains fins	29
	1208	Sols profonds, limoneux, souvent lessivés des plateaux sur roche volcanique à grains fins	28
	9010	Sols peu profonds à moyennement profonds de plateau ondulé de littoral issus de grès	28
	1004	Sols moyennement profonds localement calciques, parfois hydromorphes des plateaux ondulés littoraux issus de roche volcanique majoritairement grenue	15
KERHARO	4014	Sols moyennement profonds à profonds des longs versants concaves issus de schiste tendre	71
	903	Sols peu profonds à tendance podzolique des versants convexes du Menez Hom issus de grès	16
	4015	Sols moyennement profonds et sols profonds souvent lessivés des plateaux ondulés aux versants concaves issus de schiste tendre	13

	n°	Intitulé	% ZA_HZH
LAPIC	4015	Sols moyennement profonds et sols profonds souvent lessivés des plateaux ondulés aux versants concaves issus de schiste tendre	43
	4014	Sols moyennement profonds à profonds des longs versants concaves issus de schiste tendre	33
	1015	Sols peu profonds des collines parfois boisée à pentes fortes issus de granite	14
	302	Sols profonds à moyennement profonds des versants en pente douce issus de micaschiste	9
MOROS	2010	Sols moyennement profonds à profonds parfois lessivés des collines littorales issus de gneiss	46
	1021	Sols moyennement profonds et sols profonds des plateaux ondulés issus de granite à filons de quartzite et micaschiste	23
	302	Sols profonds à moyennement profonds des versants en pente douce issus de micaschiste	21
	2012	Sols profonds parfois faiblement lessivés des plateaux issus de gneiss	6
	104	Sols profonds de plateau issu de granite altéré	5
QUILLIMADEC	1202	Sol profonds des plateaux ondulés limoneux sur gneiss	40
	1201	Sols profonds faiblement lessivés souvent recalifiés par des amendements, des plateaux légumiers limoneux ondulés du littoral sur granite	29
	201	Sols profonds parfois limoneux des plateaux ondulés issu de gneiss	13
	102	Sols profonds des plateaux ondulés issus de granite parfois altéré	13
	103	Sols profonds de plateau étendu issus de granite associés à des sols hydromorphes colluviaux de talwegs périphériques	5
RIS	1018	Sols profonds à moyennement profonds des plateaux ondulés issus de granite	35
	1021	Sols moyennement profonds et sols profonds des plateaux ondulés issus de granite à filons de quartzite et micaschiste	21
	1022	Sols profonds à tendance colluviale des collines du cap Sizun issu de granite ou gneiss	19
	1015	Sols peu profonds des collines parfois boisée à pentes fortes issus de granite	10
	302	Sols profonds à moyennement profonds des versants en pente douce issus de micaschiste	9
	104	Sols profonds de plateau issu de granite altéré	7
ST LAURENT	107	Sols profonds des plaines issus de granite	36
	2010	Sols moyennement profonds à profonds parfois lessivés des collines littorales issus de gneiss	33
	1021	Sols moyennement profonds et sols profonds des plateaux ondulés issus de granite à filons de quartzite et micaschiste	19
	104	Sols profonds de plateau issu de granite altéré	11
URNE	1028	Sols moyennement profonds à peu profonds des collines et versants ondulés issus de granite	49
	4026	Sols moyennement profonds des plateaux ondulés issus de schiste tendre localement surépaissit par des apports éoliens	21
	1004	Sols moyennement profonds localement calciques, parfois hydromorphes des plateaux ondulés littoraux issus de roche volcanique majoritairement grenue	14
	12033	Sol profonds limoneux faiblement lessivés localement hydromorphes des plateaux sur granite	9
	4028	Sols des collines et sols acides de la forêt de Lorge issus de schiste localement enrichis par des apports limoneux	7

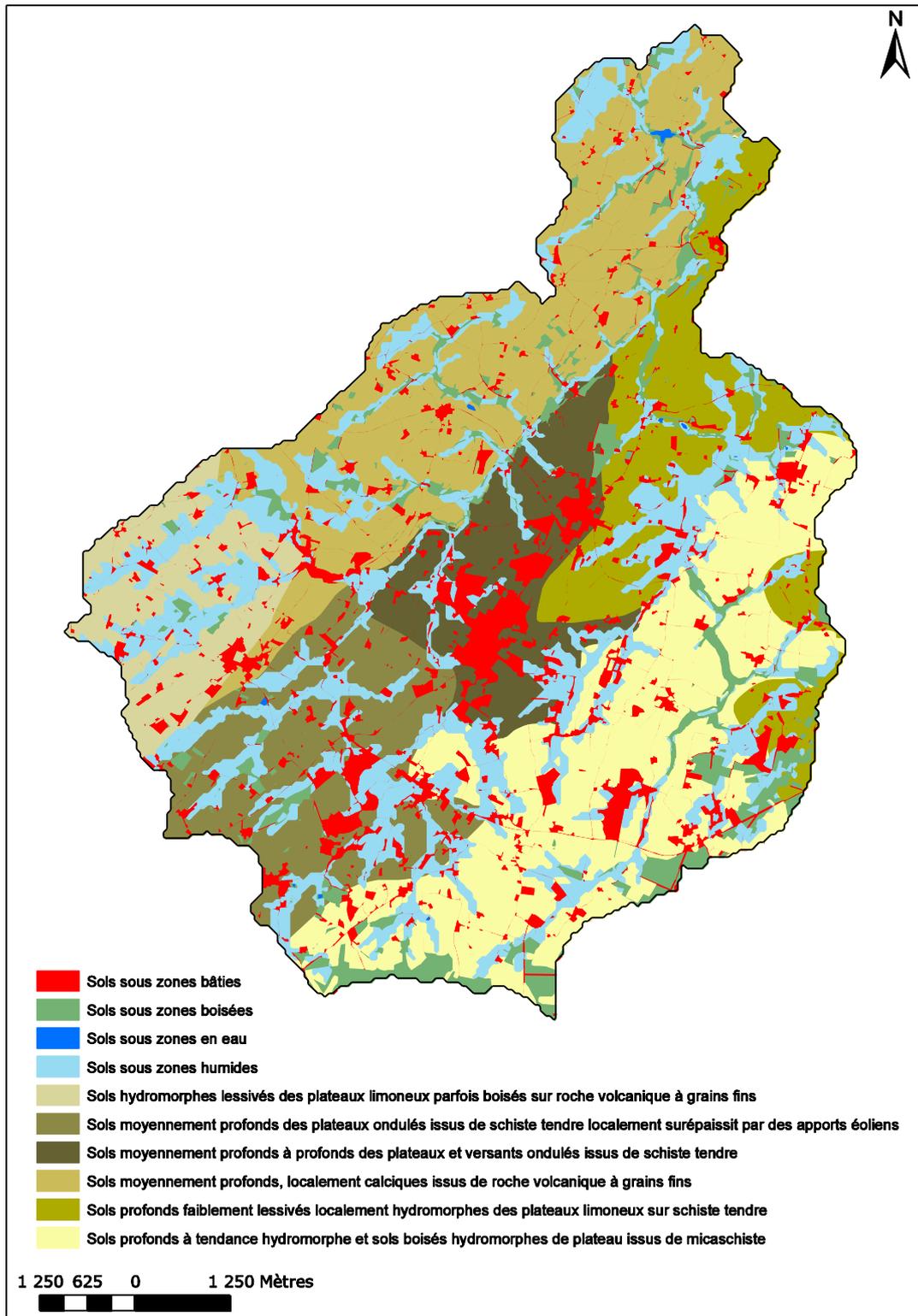
Cas du Guessant

Les UCS du bassin du Guessant sont regroupées en 3 classes selon des critères de profondeur du sol et d'hydromorphie d'après les renseignements que l'on trouve dans l'intitulé de l'UCS.

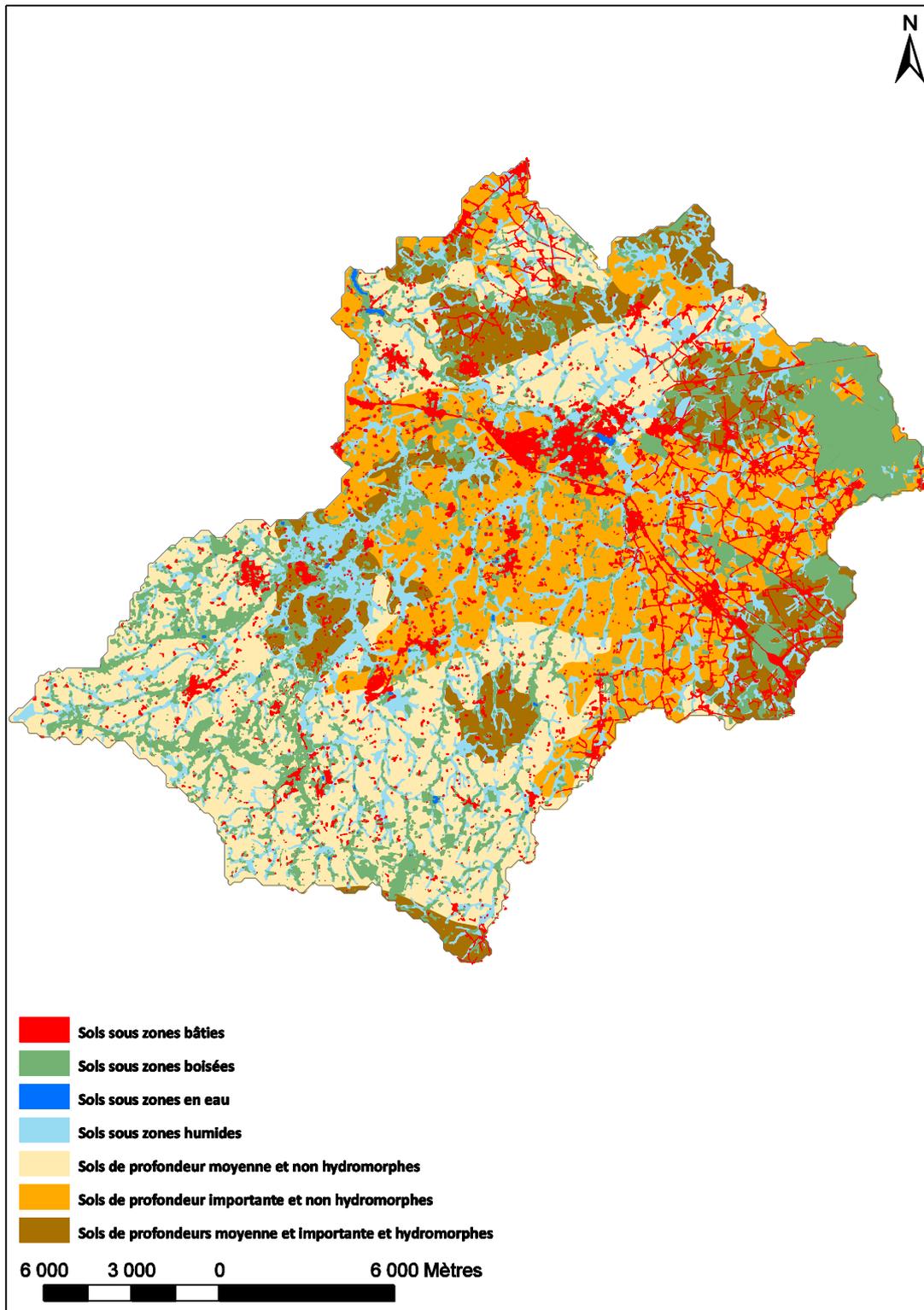
Classe	Critères	% ZA_HZH
1	Sols de profondeur moyenne et non hydromorphes	44.9
2	Sols de profondeur importante et non hydromorphes	35.9
3	Sols de profondeurs moyenne et importante et hydromorphes	19.2

n°	Intitulé	classe
706	Sols peu et moyennement profonds des collines issus de schiste mêlé de grès et quartzite et sols forestiers de la forêt de Boquen et du bois de Margaro	1
1004	Sols moyennement profonds localement calciques, parfois hydromorphes des plateaux ondulés littoraux issus de roche volcanique majoritairement grenue	1
1028	Sols moyennement profonds à peu profonds des collines et versants ondulés issus de granite	1
1039	Sols moyennement profonds à profonds lessivés des collines issus de granite localement peu altéré	1
1040	Sols des plateaux ondulés issus de granite	1
1106	Sols moyennement profonds, localement calciques issus de roche volcanique à grains fins	1
3014	Sols bruns à faiblement lessivés des plaines légumières issus de micaschiste	1
4020	Sols des lignes de crête du Mené issus de schistes	1
4021	Sols moyennement profonds localement hydromorphes des collines du Mené issus de schiste	1
4026	Sols moyennement profonds des plateaux ondulés issus de schiste tendre localement surépaissit par des apports éoliens	1
4028	Sols des collines et sols acides de la forêt de Lorge issus de schiste localement enrichis par des apports limoneux	1
1202	Sol profonds des plateaux ondulés limoneux sur gneiss	2
1203	Sols profonds des plateaux ondulés limoneux sur micaschistes	2
1204	Sols profonds faiblement lessivés des plateaux limoneux littoraux sur roche volcanique	2
1208	Sols profonds, limoneux, souvent lessivés des plateaux sur roche volcanique à grains fins	2
3010	Sols profonds à tendance hydromorphe et sols boisés hydromorphes de plateau issus de micaschiste	2
12013	Sols profonds des plaines issus de limon et schiste métamorphisé	2
12033	Sol profonds limoneux faiblement lessivés localement hydromorphes des plateaux sur granite	2
307	Sols moyennement profonds parfois hydromorphes des lignes de crête du Mené issus de micaschiste	3
1002	Sols peu profonds, hydromorphes de dépression issus de gabbro à altération argileuse	3
1105	Sols souvent hydromorphes, localement calciques des plateaux ondulés littoraux issus de roche volcanique à grains fins	3
1402	Sols hydromorphes alluviaux et sols des versants schisteux des vallées encaissées	3
1403	Sols hydromorphes alluviaux et sols des versants souvent boisés des vallées encaissées issus de roche volcanique	3
1405	Sols hydromorphes des vallées alluviales	3
2007	Sols hydromorphes de dépression	3
2017	Sols moyennement profonds à tendance hydromorphe de plateau issus de gneiss	3
12012	Sols faiblement lessivés à lessivés hydromorphes et localement dégradés des plateaux limoneux ouverts aux paysages marqués par des massifs boisés	3
12014	Sols profonds, limoneux, hydromorphes, souvent lessivés, de plateau parfois boisés sur granite	3
12015	Sols hydromorphes lessivés des plateaux limoneux parfois boisés sur roche volcanique à grains fins	3

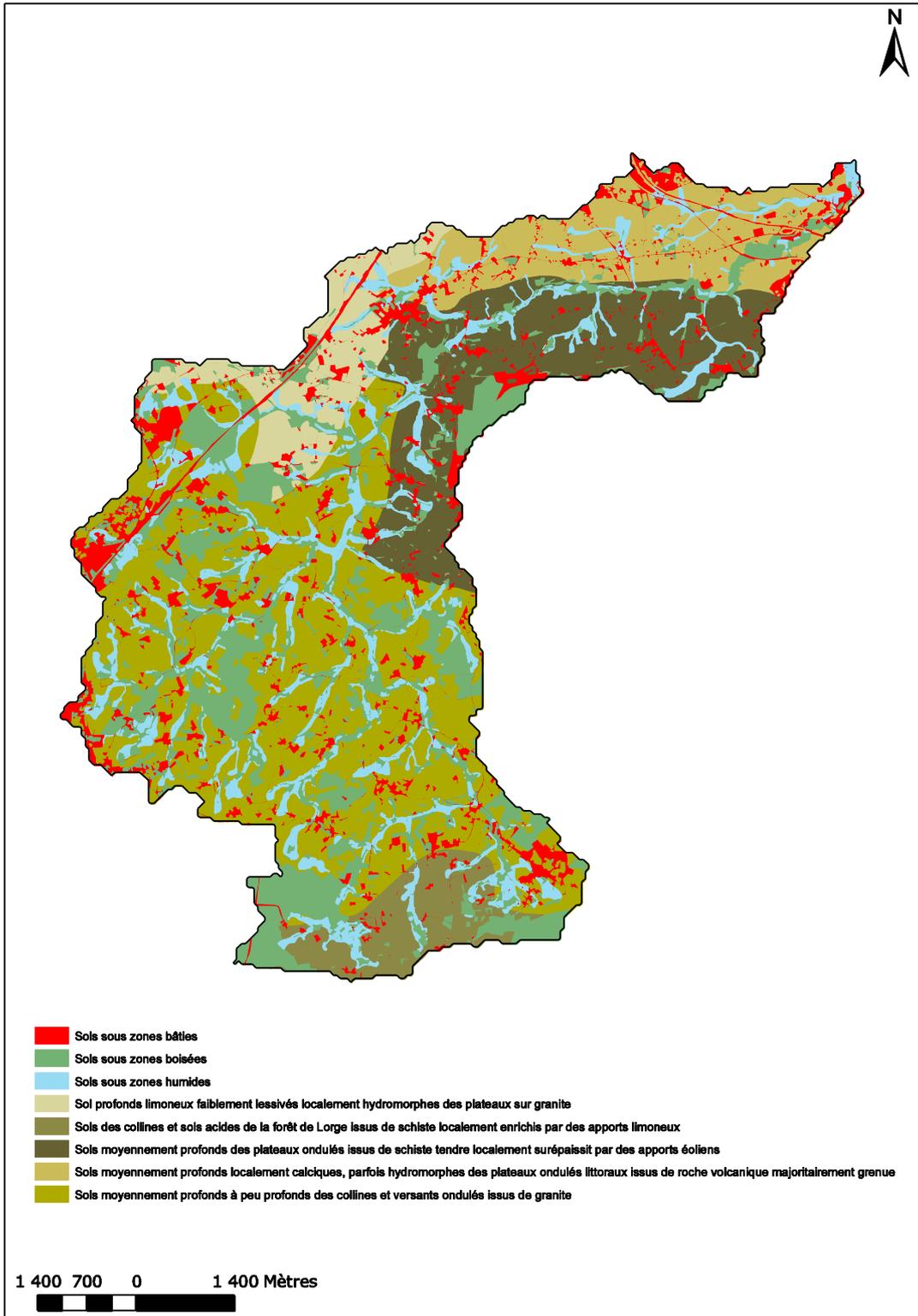
Annexe 4 : Cartes des types de sol des bassins versants après simplification



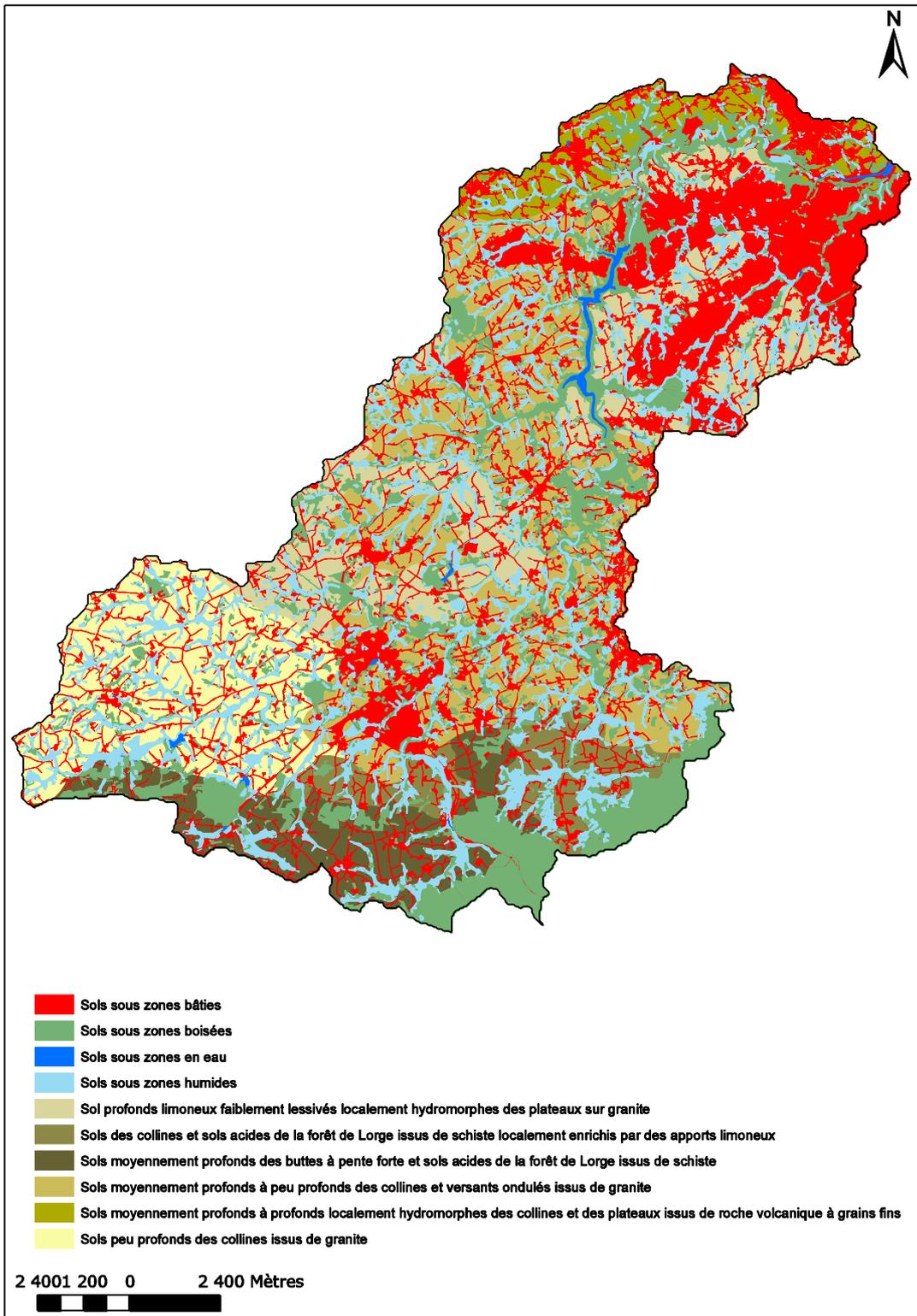
Carte des types de sols : Frémur



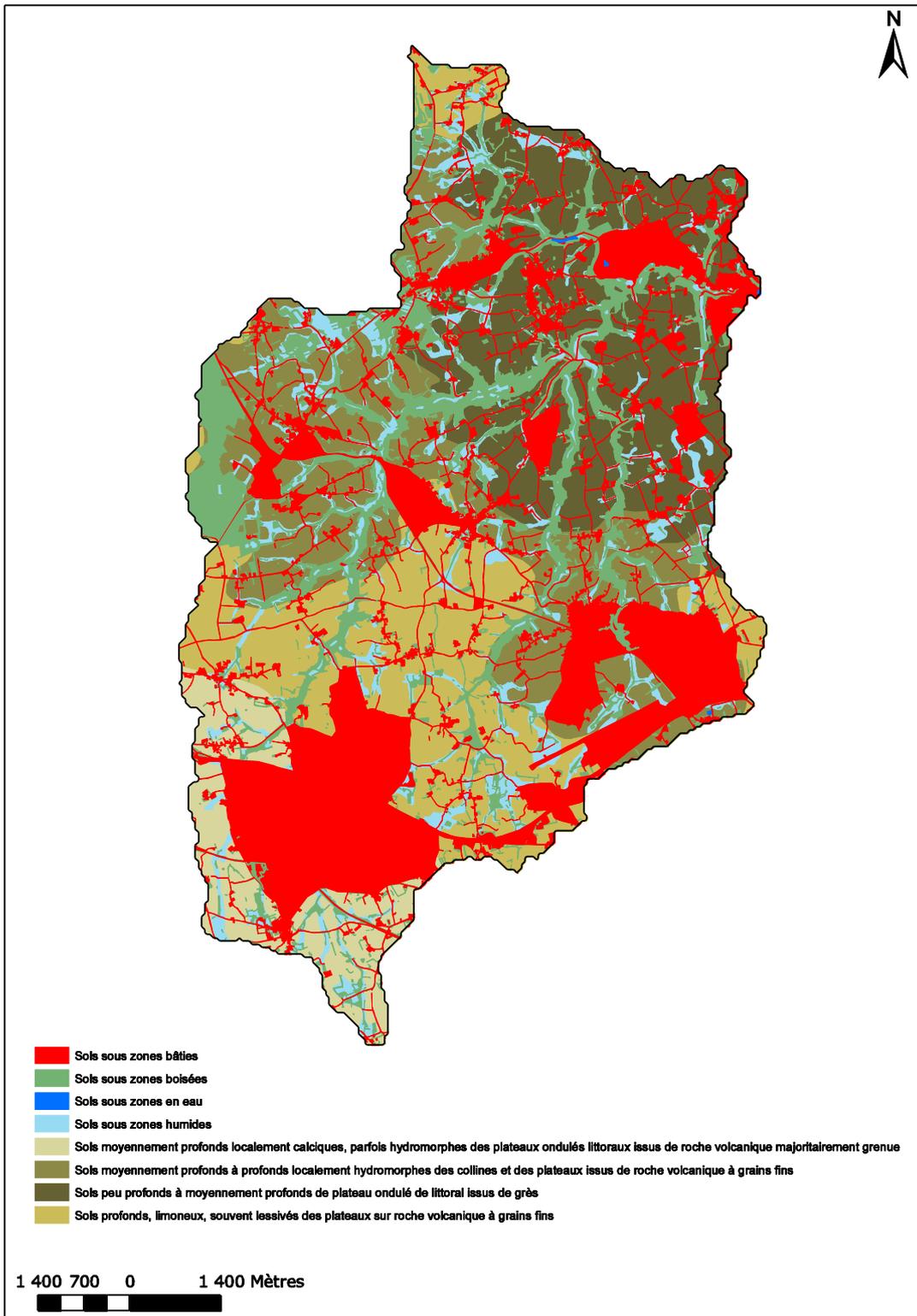
Carte des types de sols : Guessant



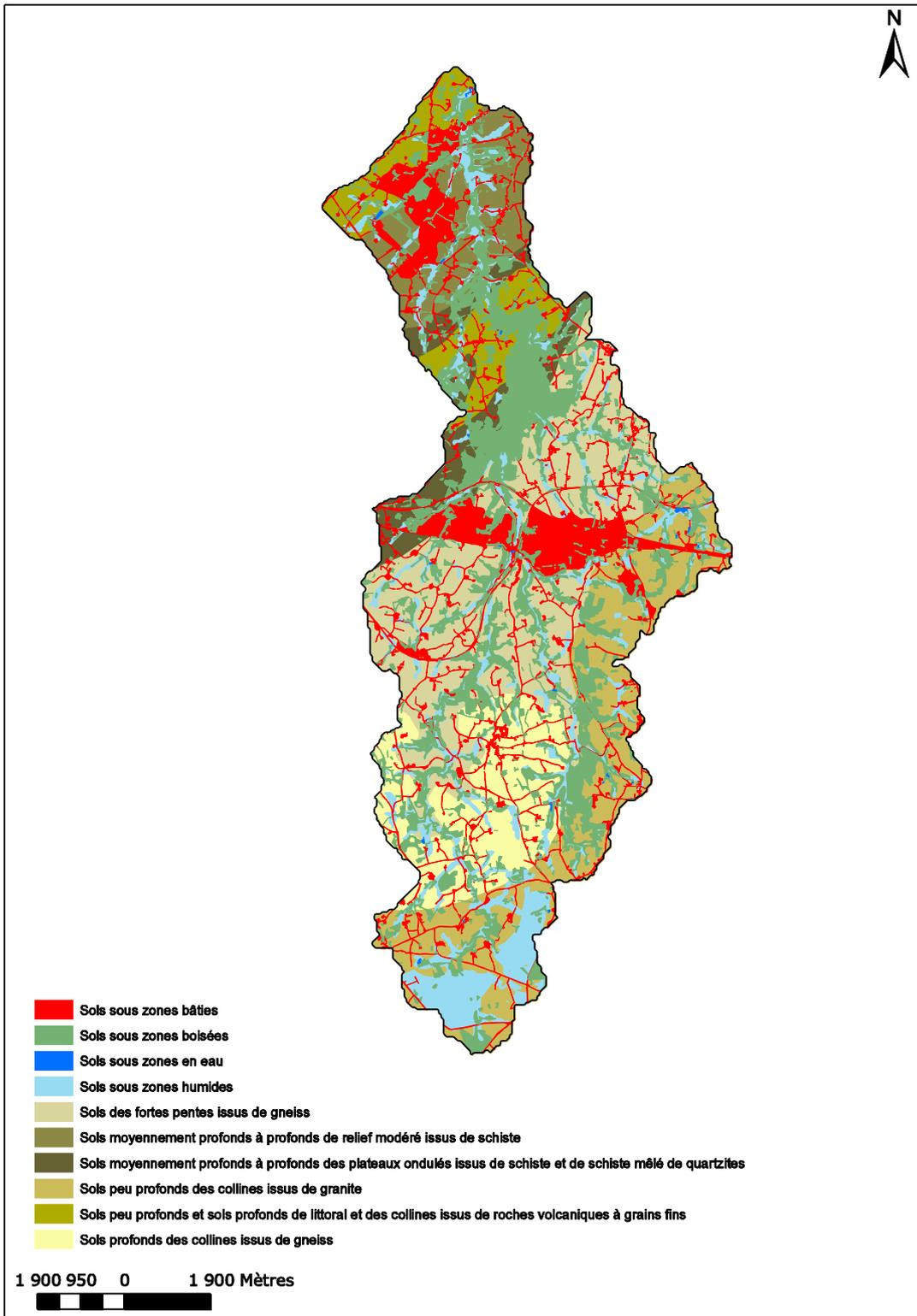
Carte des types de sols : Urne



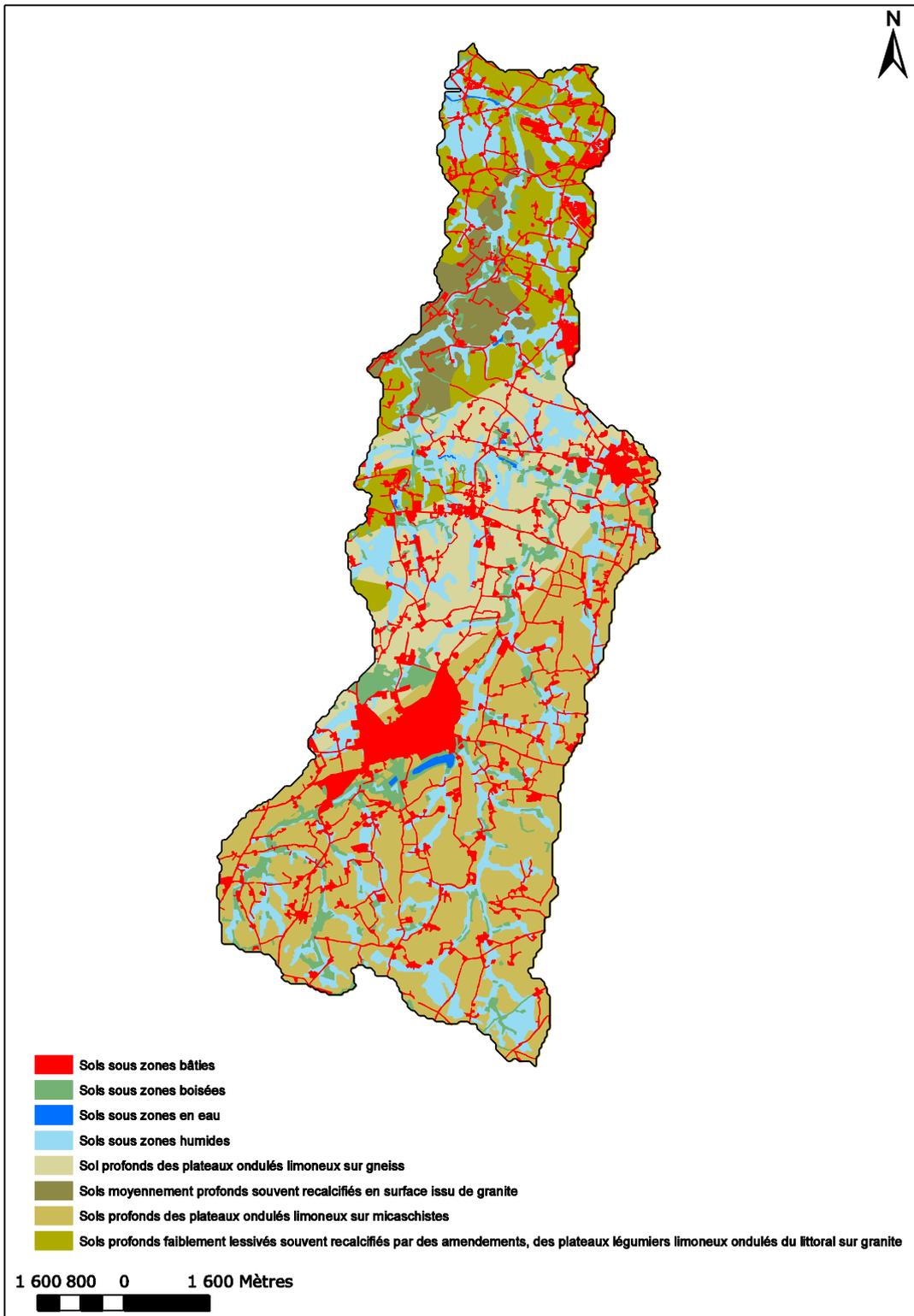
Carte des types de sols : Guet



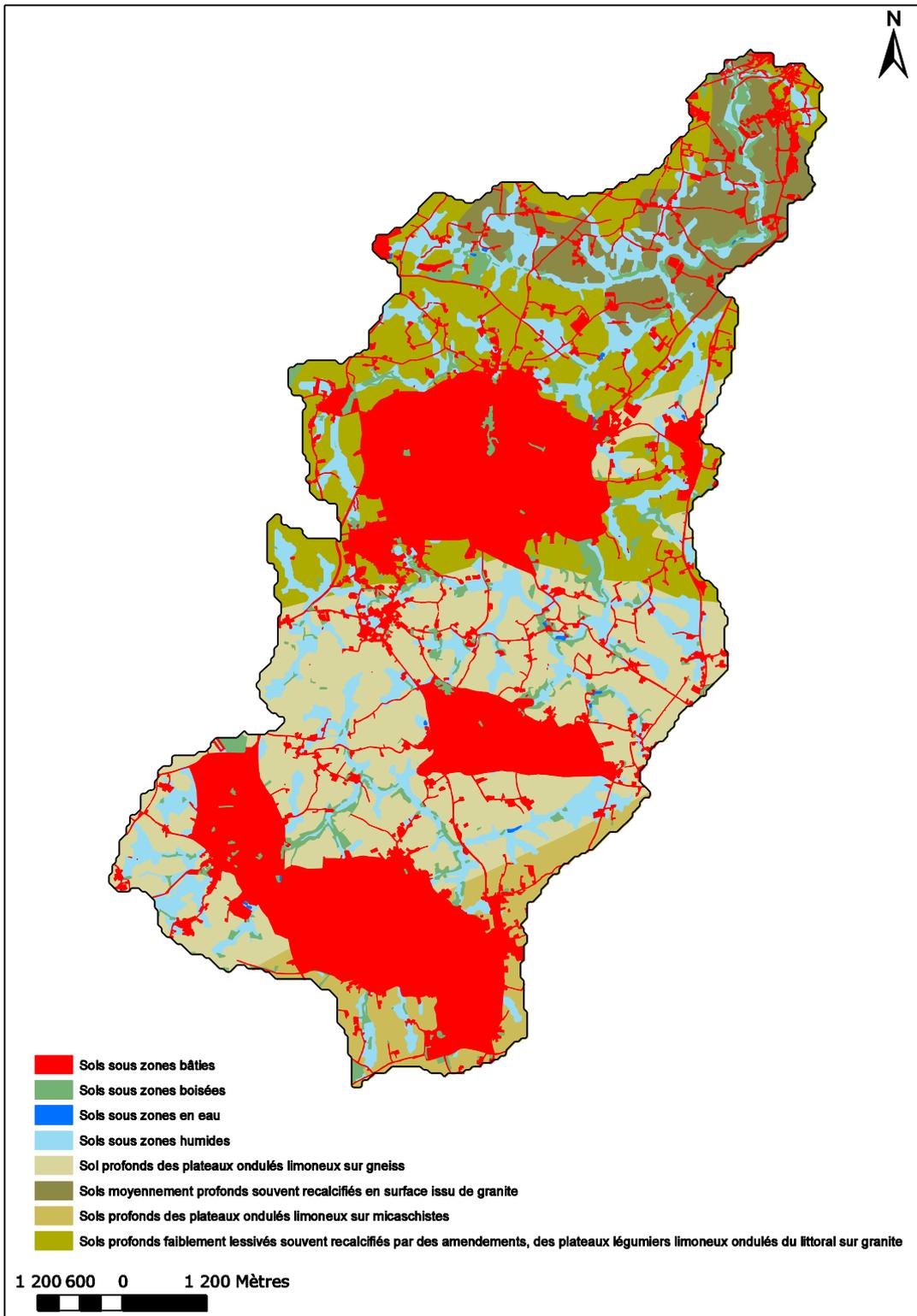
Carte des types de sols : Ic



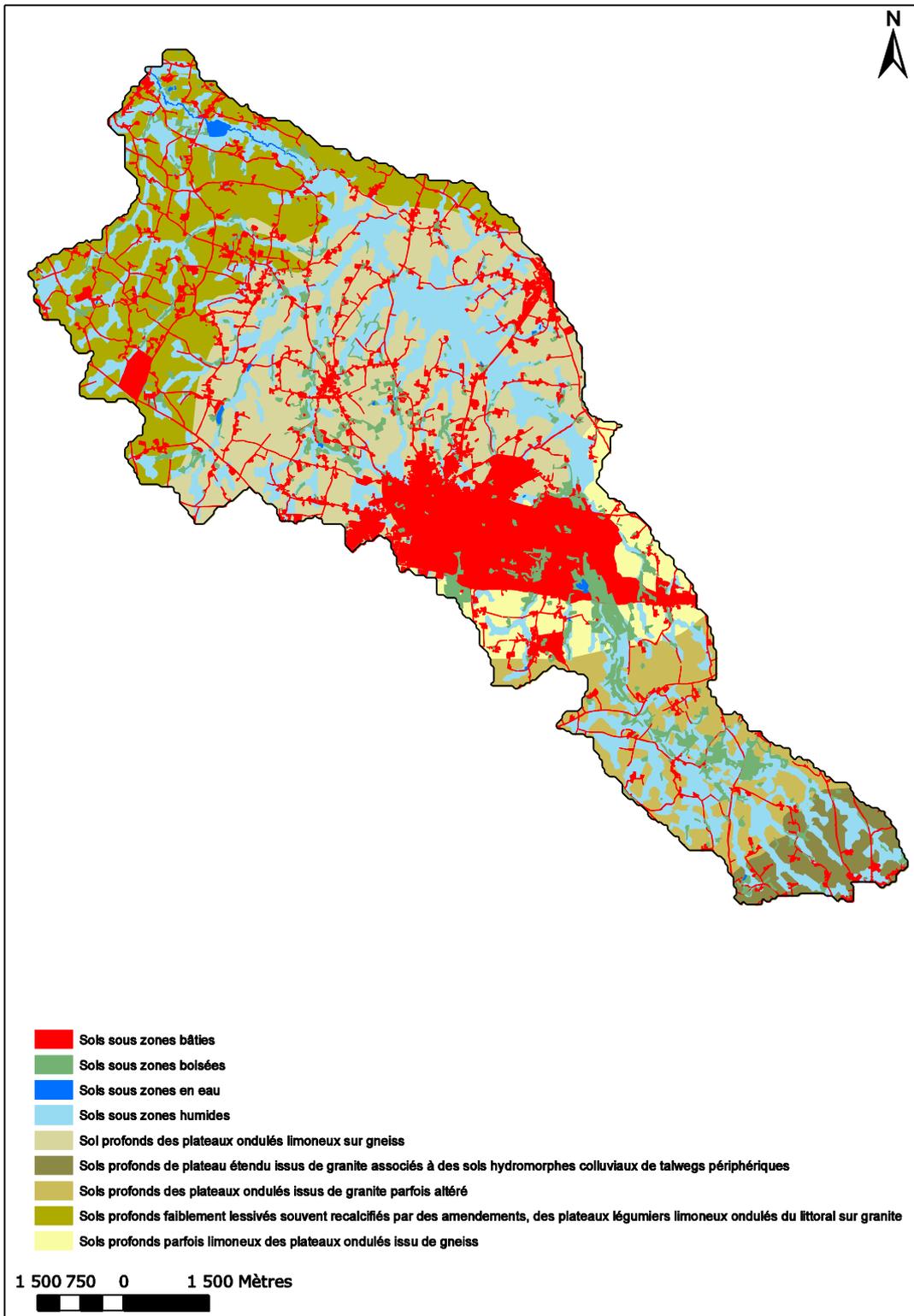
Carte des types de sols : Douron



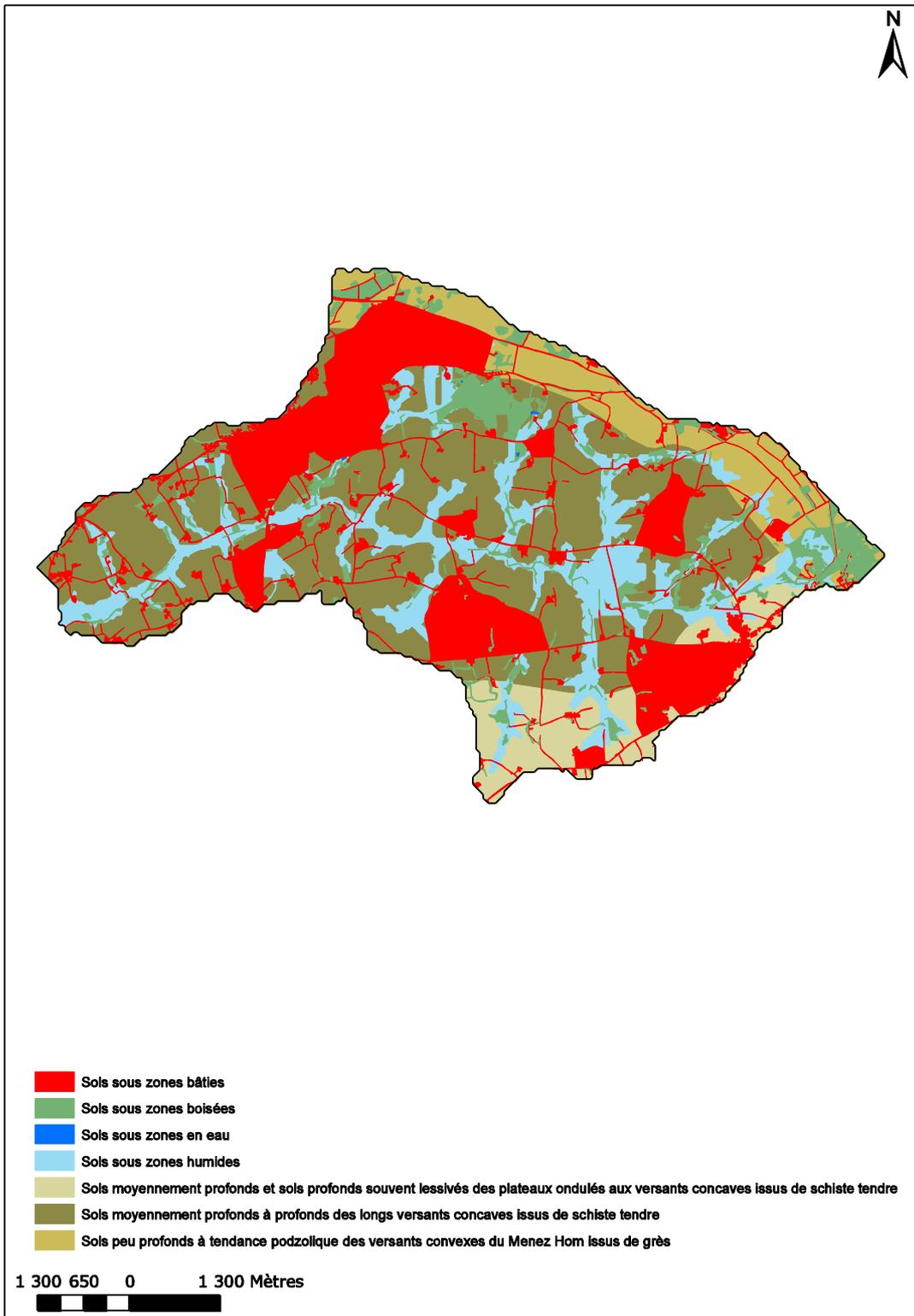
Carte des types de sols : Horn



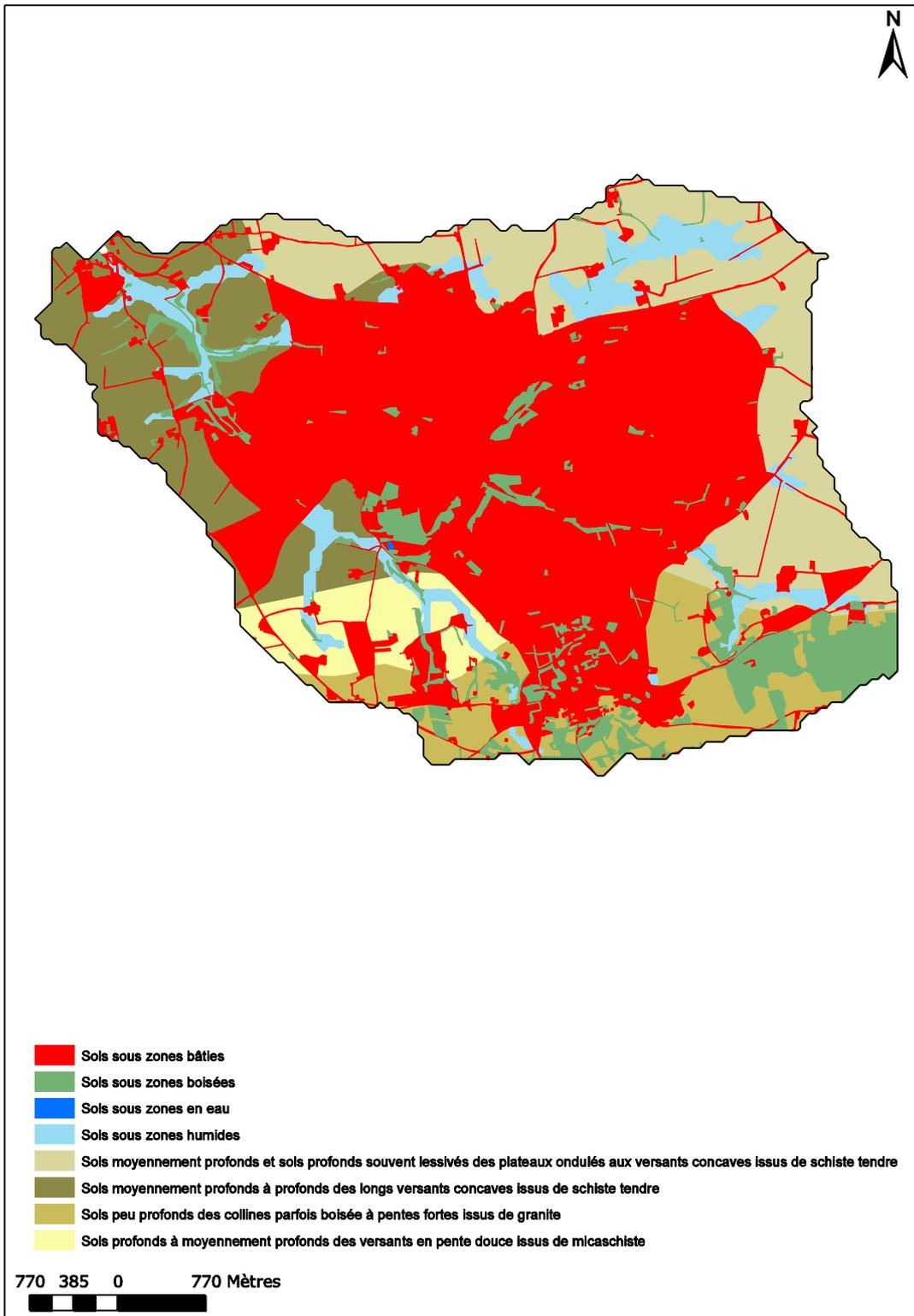
Carte des types de sols : Guillec



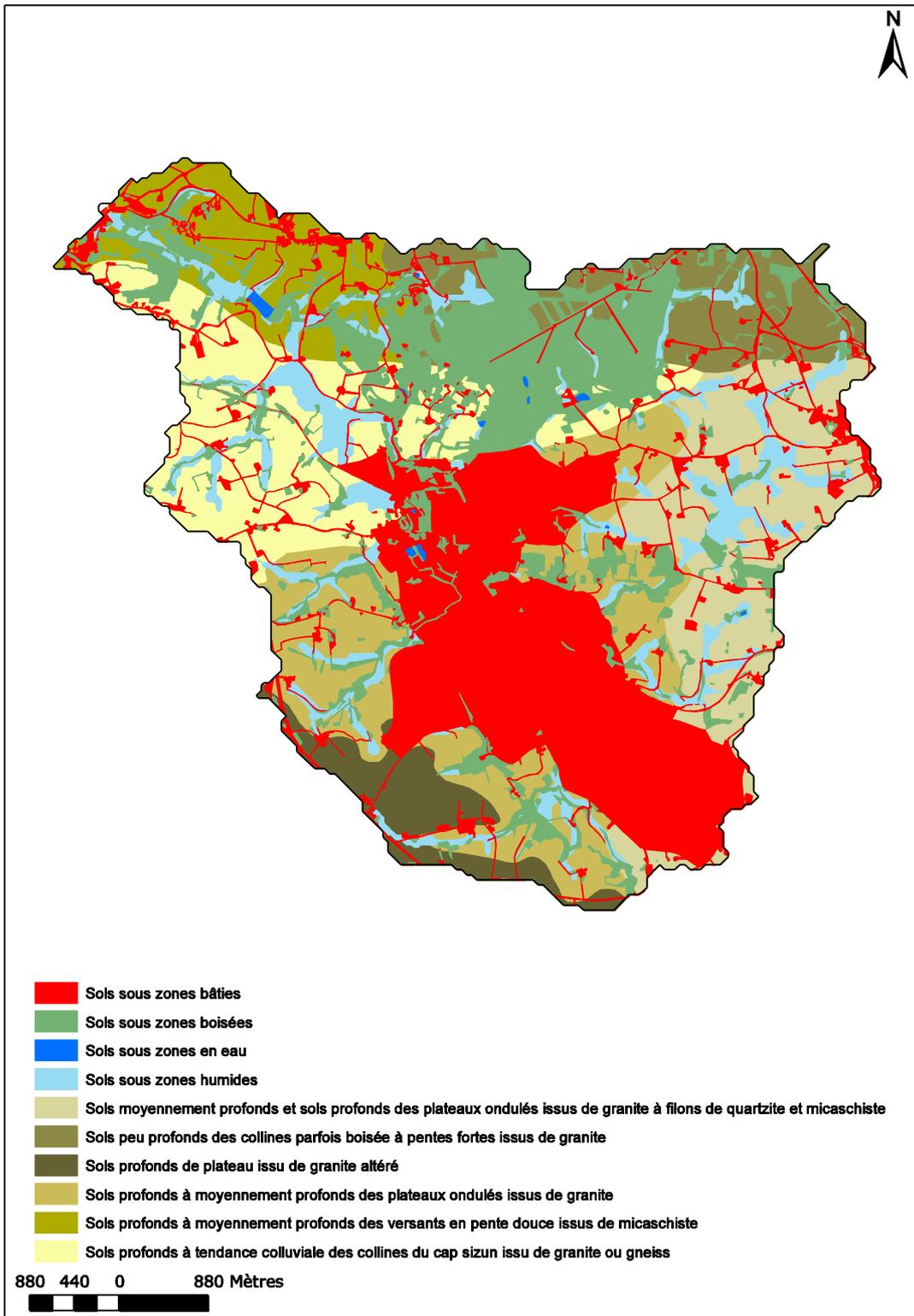
Carte des types de sols : Quillimadec



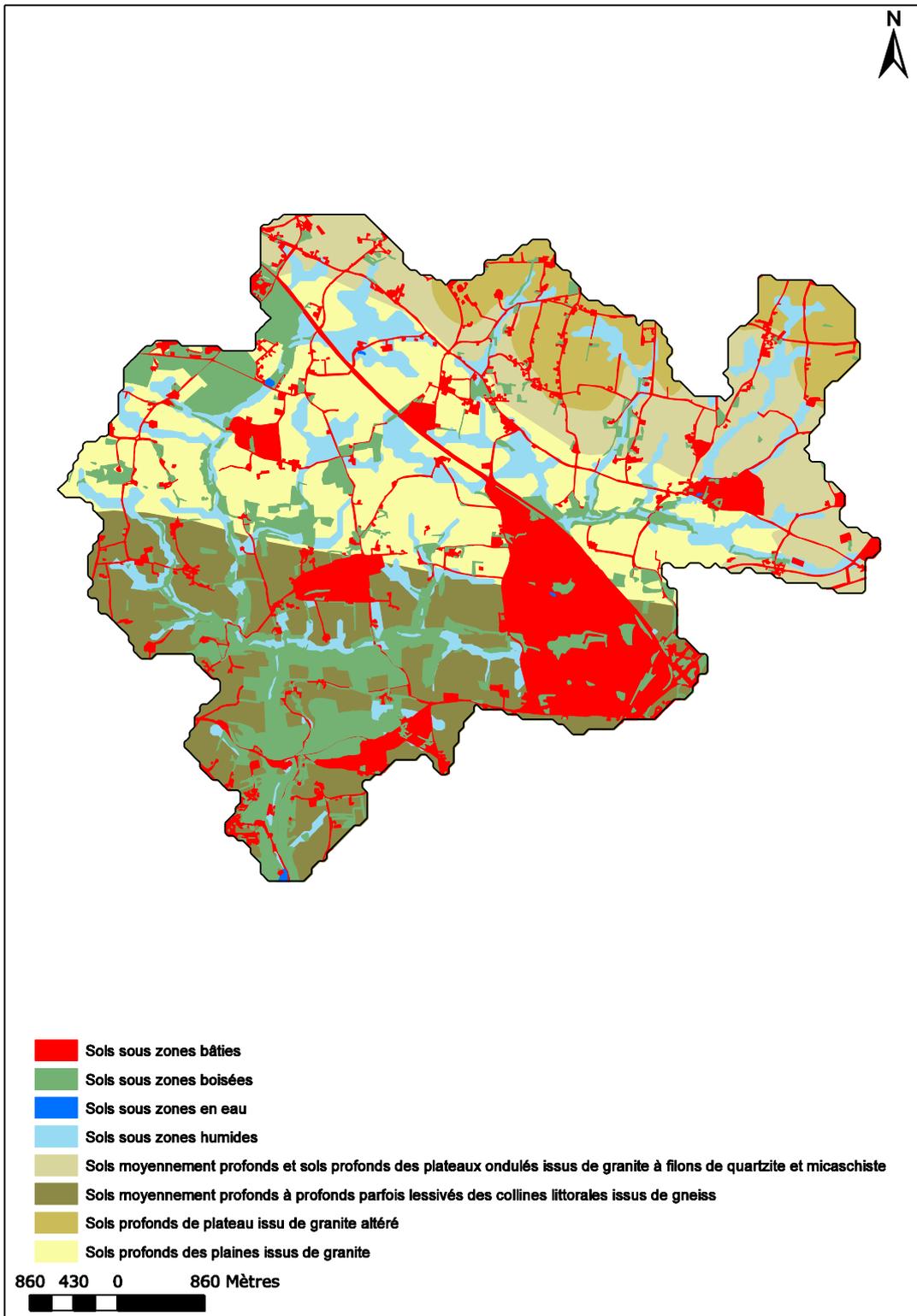
Carte des types de sols : Kerharo



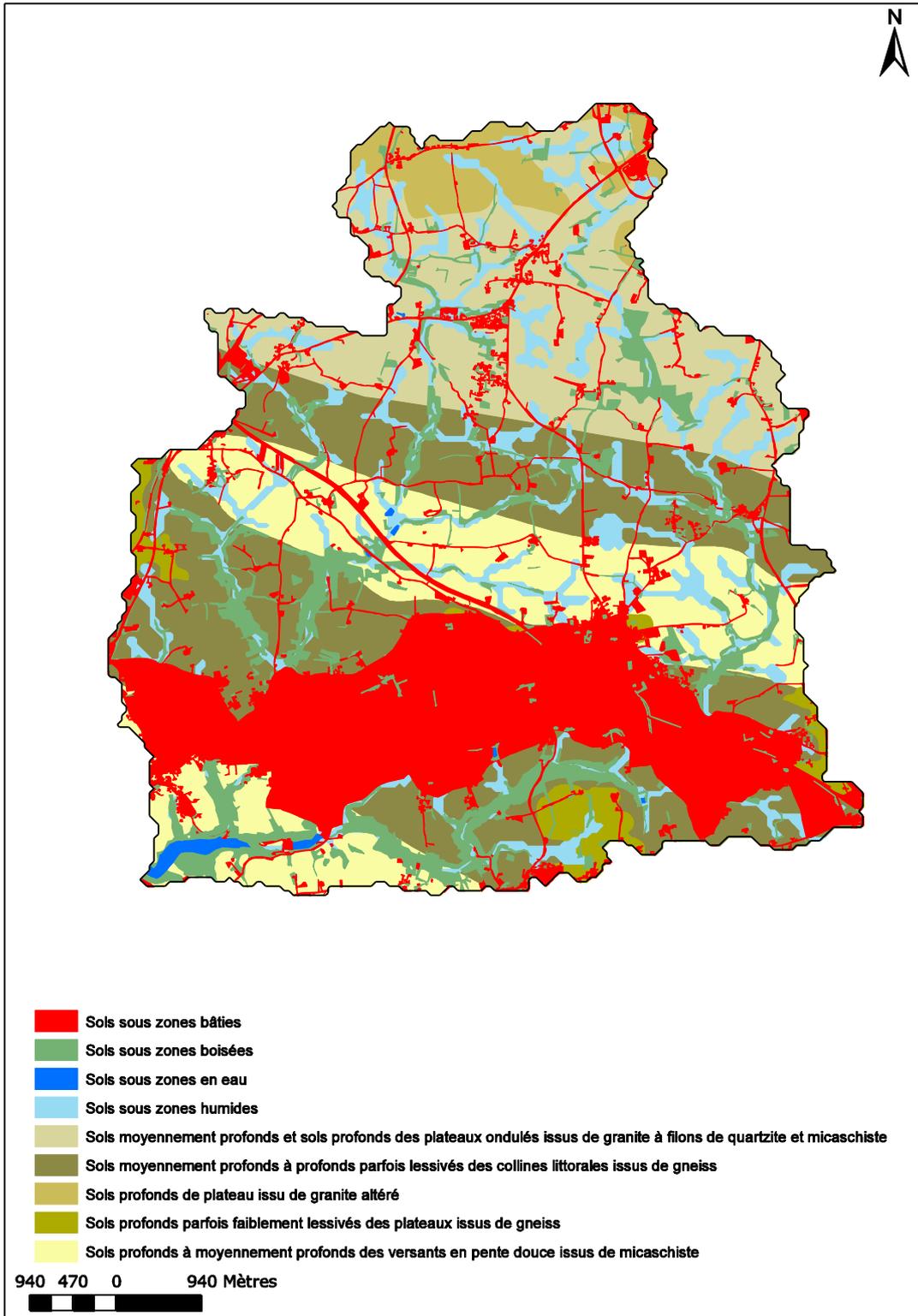
Carte des types de sols : Lapiç



Carte des types de sols : Ris

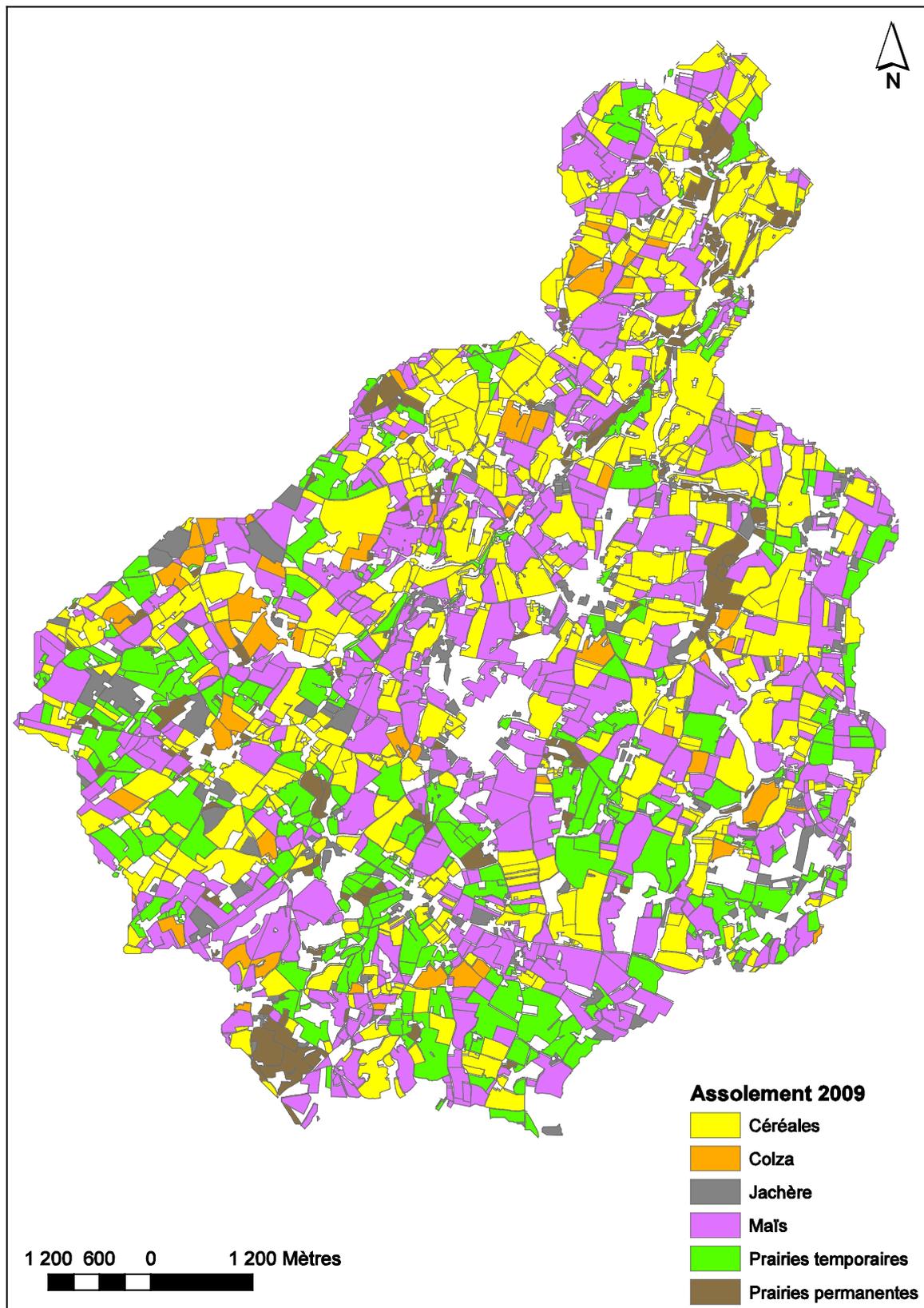


Carte des types de sols : St Laurent

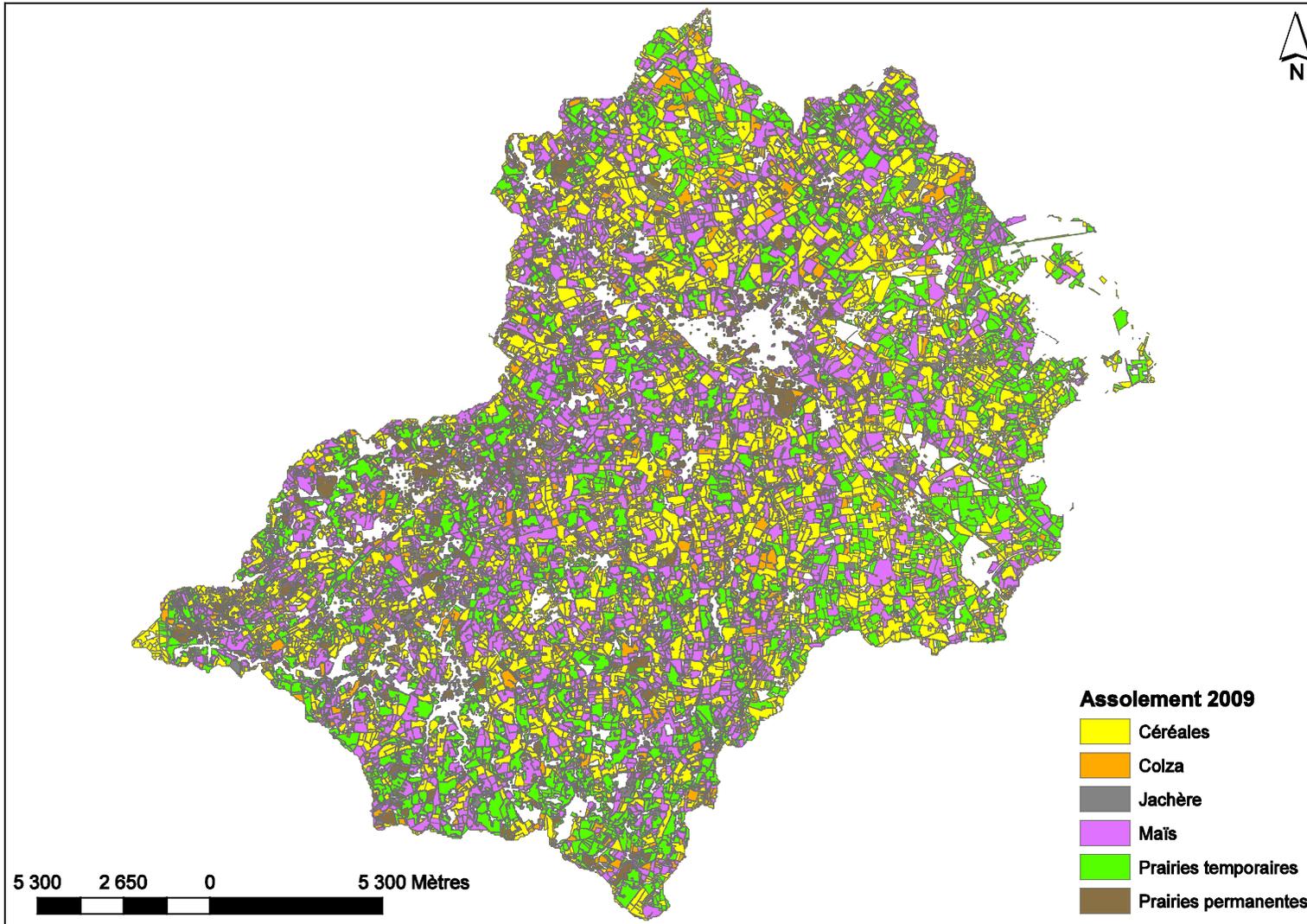


Carte des types de sols : Moros

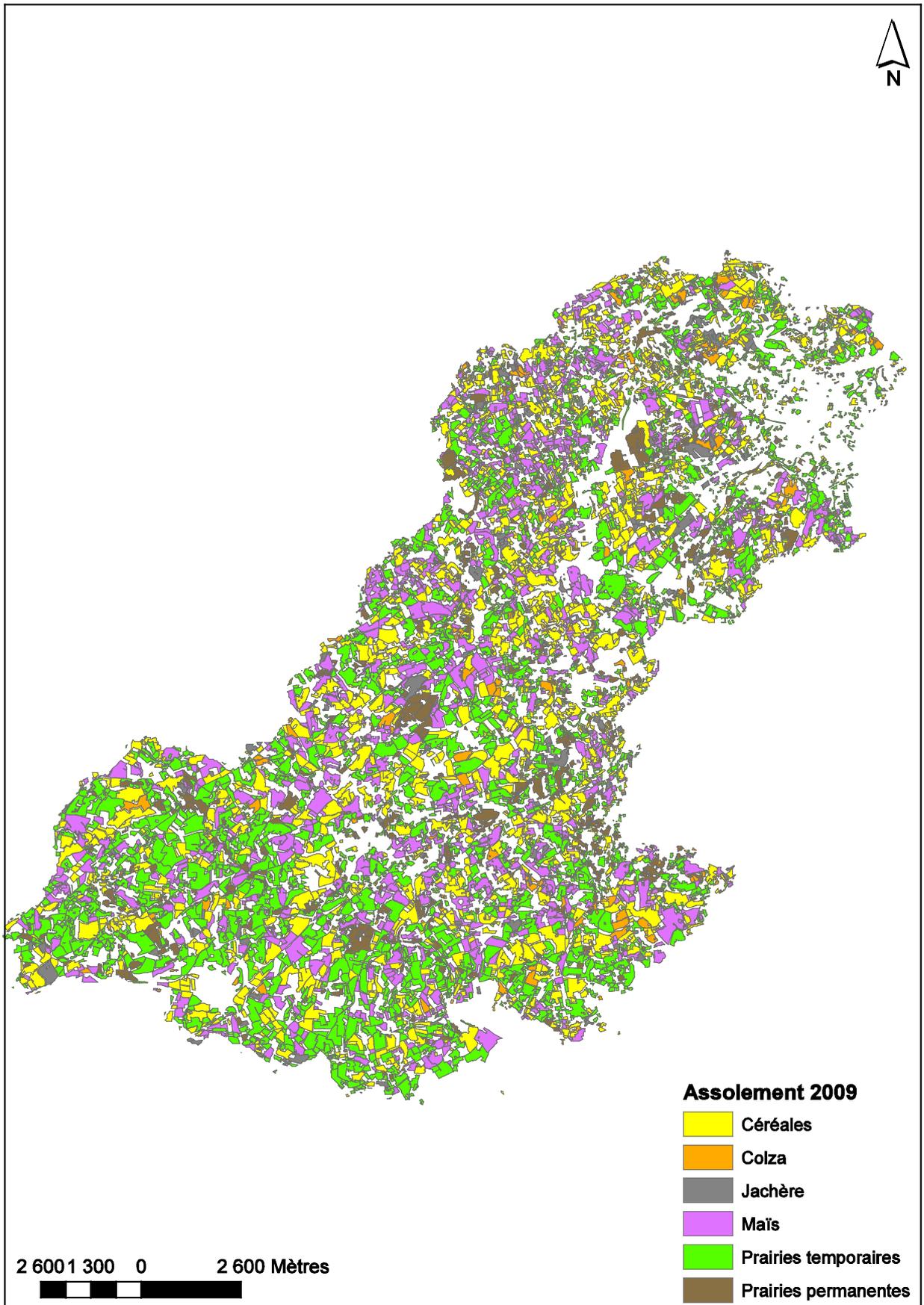
Annexe 5 : Cartes de l'assolement détaillé de l'année de référence 2009



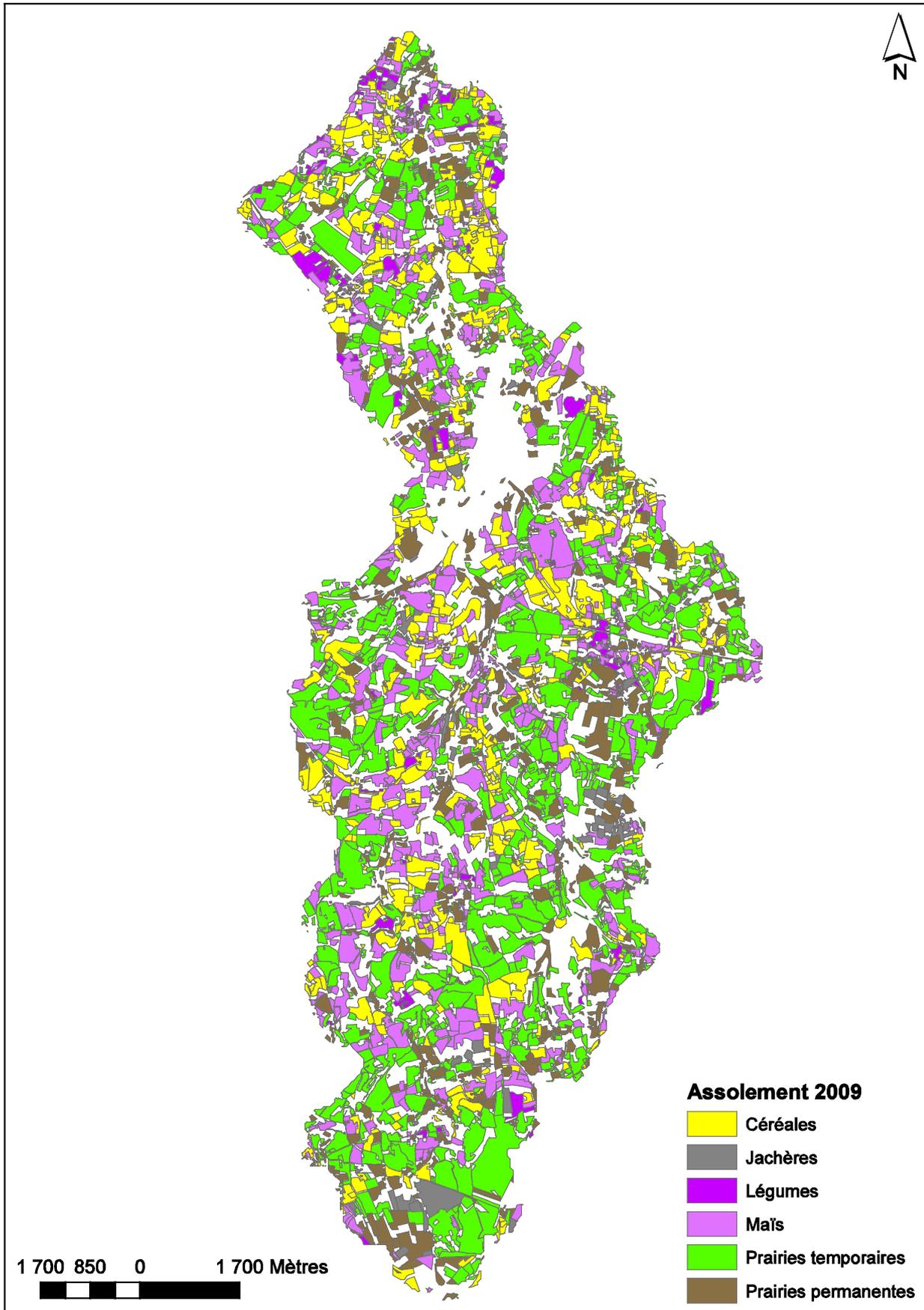
Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Frémur



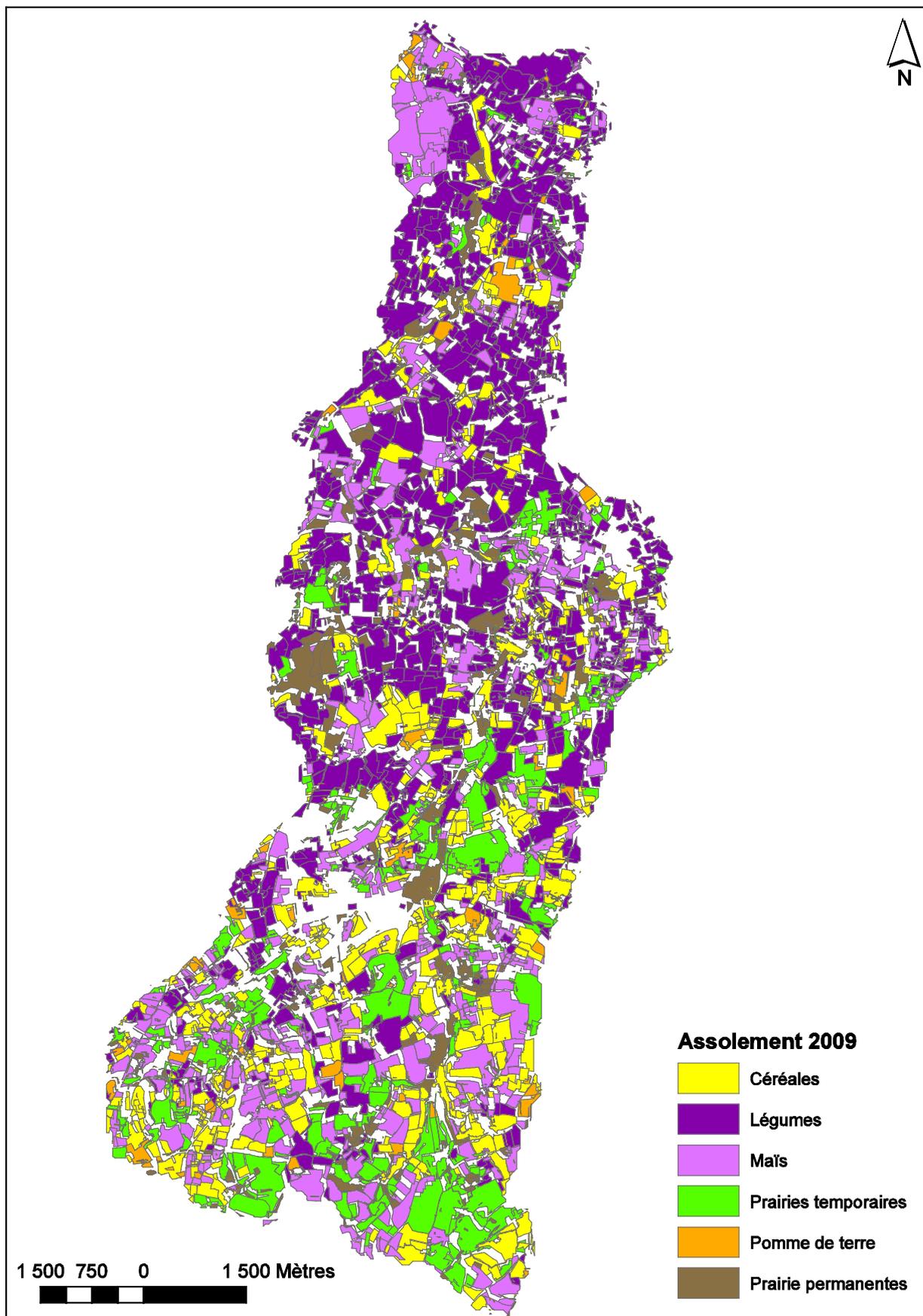
Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Guessant



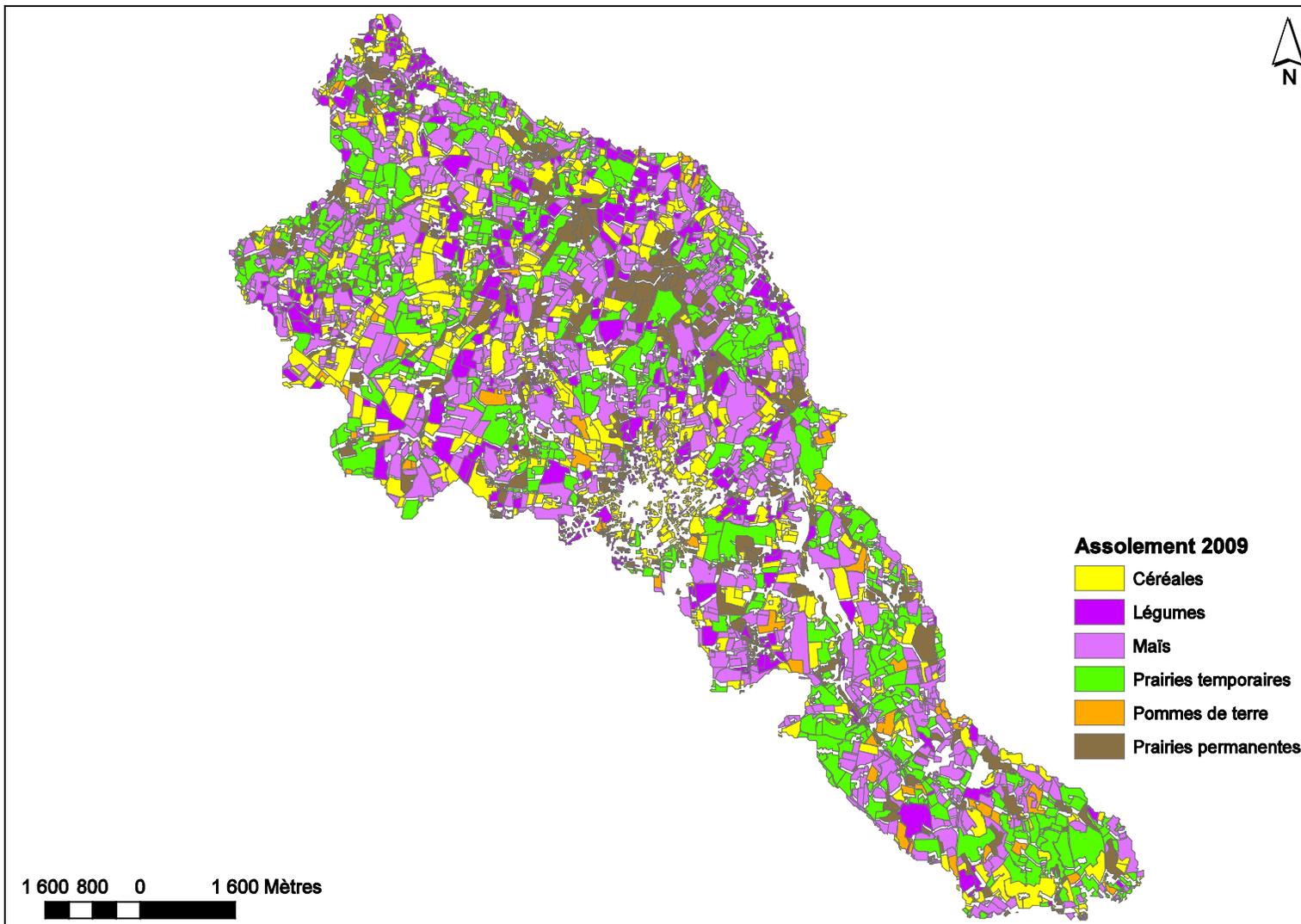
Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Gouet



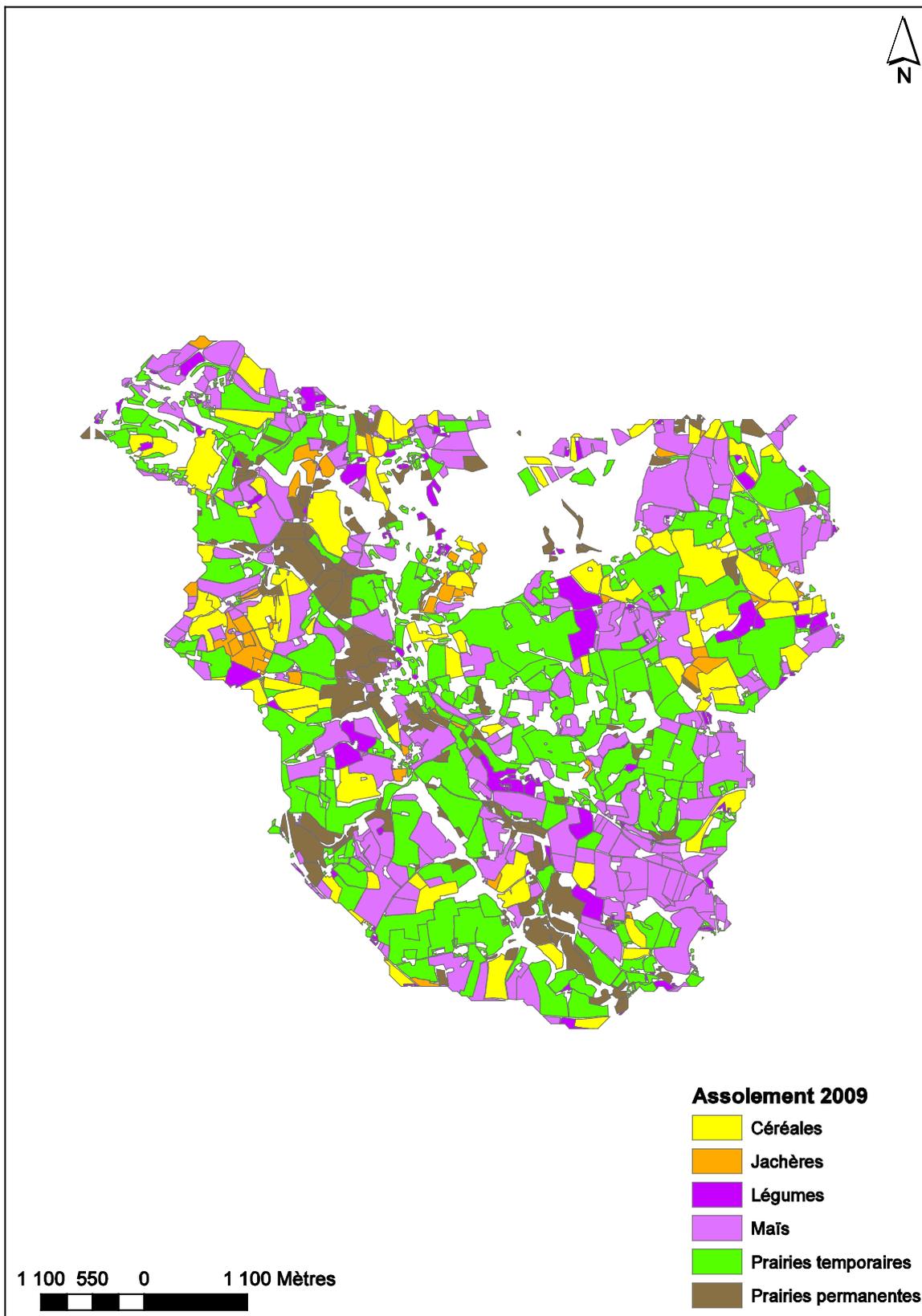
Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Douron



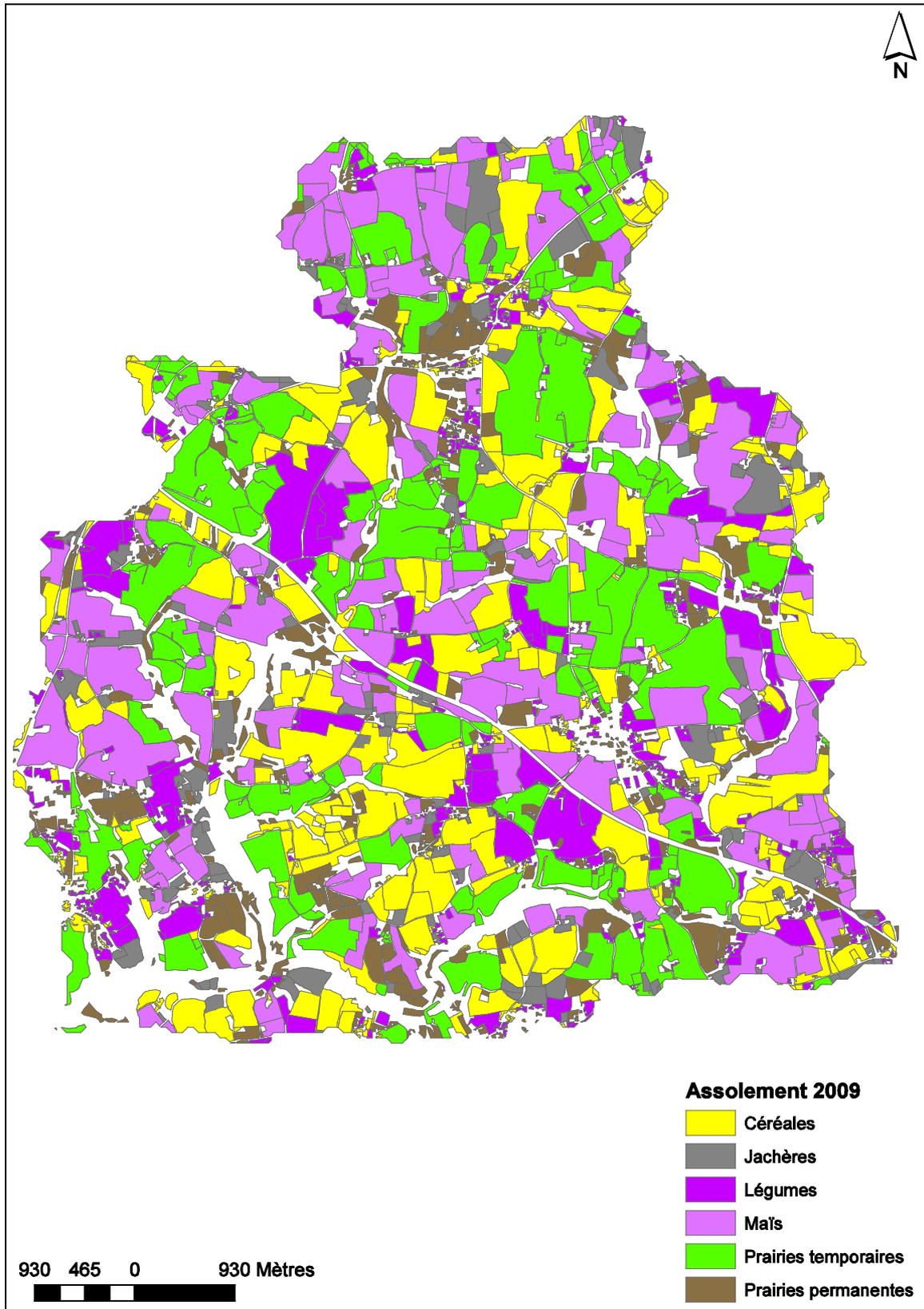
Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Horn



Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Quillimadec



Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Ris



Répartition spatiale simplifiée des cultures pour l'année de référence 2009 : Moros

Annexe 6 : Itinéraires techniques

Le tableau suivant explicite le nom des cultures et des types d'apport azotés utilisés dans les itinéraires techniques :

cultures		apports azotés	
art1	artichaut an 1	min	minéral
art2	artichaut an 2	FB	fumier de bovins
art3	artichaut an 3	FV	fumier de volailles
ble	blé	LP	lisier de porcs
broco	brocoli	LPaut	lisier de porcs en automne
chouh	chou hâtif	LB	lisier de bovins
chout	chou tardif		
colza	colza	itks generiques	
echal	échalote	sem	semis
epi	épinard	ret	retournement
haricot	haricot	cipan_tard	cipan après mais_e
mais_e	maïs ensilage	cipan_tot	autre cipan
mais_g	maïs grain	itk_gel	fauche de la jachère
orge	orge	haie_resti	chute des feuilles
pois	pois		
RGA	prairie de graminées	itks prairies	
RGA_TB	prairie d'association	RGA ou RGA_TB _P	pâturage
laitue	laitue	RGA ou RGA_TB _PFP	pâturage et fauche
pdT	pomme de terre	RGA ou RGA_TB _aut	ltk d'automne
triticale	triticale		
prairie_p	prairie permanente		
cipan	cipan		
gel	jachère (herbe)		
haie	haie et forêt		

Les pourcentages des apports de lisiers sur prairies et céréales à l'automne sont tirés de l'enquête « pratiques culturales » de 2001 utilisée dans l'étude « Contentieux » (INRA, 2008) pour la période 1 et l'enquête BV-BEP de 2004 pour la période 2. En période 3, on fait l'hypothèse que ce type d'apport n'est plus réalisé.

La distinction entre « cipan_tot » et « cipan_tard » permet de distinguer les cipan implantées après céréales ou cultures de printemps récoltées tôt de celles plus tardives mises en place après maïs ensilage. Le principe est identique pour les semis de prairie.

Frémur

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITKs_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	104	104	62.9	25-oct		20-févr	31.2	15-mars	41.6	20-avr	31.2	01-août
bleLP	221	61	282	27.4	25-oct	10-févr	221.4	10-mars	30.3	05-avr	30.3		01-août
bleLPaut	221	61	282	9.6	25-oct	26-oct	221.4	10-mars	30.3	05-avr	30.3		01-août
colzaLPaut	326	39	365	74.3	10-sept	11-sept	325.6	05-mars	39.0				20-juil
colzamin	0	78	78	25.7	10-sept			20-mars	46.8	05-mai	31.2		20-juil
mais_e_FB	388	48	435	13.5	01-mai	17-mars	387.6	05-mai	19.1	20-mai	28.6		15-sept
mais_e_LB	181	48	228	10.0	01-mai	30-avr	180.7	05-mai	19.1	20-mai	28.6		15-sept
mais_e_LP	326	48	373	47.2	01-mai	05-avr	325.6	05-mai	19.1	20-mai	28.6		15-sept
mais_e_FV	569	48	616	18.3	01-mai	17-mars	568.8	05-mai	19.1	20-mai	28.6		15-sept
mais_emin	0	74	74	11.0	01-mai			05-mai	14.7	20-mai	58.9		15-sept
mais_g_FB	388	48	435	13.5	01-mai	17-mars	387.6	05-mai	19.1	20-mai	28.6		20-oct
mais_g_LB	181	48	228	10.0	01-mai	30-avr	180.7	05-mai	19.1	20-mai	28.6		20-oct
mais_g_LP	326	48	373	47.2	01-mai	05-avr	325.6	05-mai	19.1	20-mai	28.6		20-oct
mais_g_FV	569	48	616	18.3	01-mai	17-mars	568.8	05-mai	19.1	20-mai	28.6		20-oct
mais_gmin	0	74	74	11.0	01-mai			05-mai	14.7	20-mai	58.9		20-oct
orgemin	0	100	100	62.9	25-oct			20-févr	49.8	20-mars	49.8		20-juil
orgeLP	195	52	247	37.1	25-oct	20-févr	195.4	15-mars	26.0	01-avr	26.0		20-juil
RGA_min	0	108	108	33.0				15-mars	36.1	15-avr	36.1	10-mai	36.1
RGA_LP	300	52	352	18.7		20-mars	299.6	20-avr	26.0	01-mai	26.0		
RGA_LB	155	52	207	3.3		20-mars	154.9	20-avr	26.0	01-mai	26.0		
RGA_TB_min	0	108	108	42.0				15-mars	36.1	15-avr	36.1	10-mai	36.1
RGA_TB_LP	300	52	352	23.8		20-mars	299.6	20-avr	26.0	01-mai	26.0		
RGA_TB_LB	155	52	207	4.2		20-mars	154.9	20-avr	26.0	01-mai	26.0		
prairie_p	0	35	35	100.0				05-mars	34.7				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	76	76	62.9	25-oct		20-févr	22.7	15-mars	30.3	20-avr	22.7	01-août
bleLP	157	44	202	37.1	25-oct	10-févr	157.5	10-mars	22.1	05-avr	22.1		01-août
bleLPaut	157	44	202	0.0	25-oct	26-oct	157.5	10-mars	22.1	05-avr	22.1		01-août
colzaLPaut	232	28	260	74.3	10-sept	11-sept	231.6	05-mars	28.4				20-juil
colzamin	0	57	57	25.7	10-sept			20-mars	34.0	05-mai	22.7		20-juil
mais_e_FB	275	35	309	13.4	01-mai	17-mars	274.8	05-mai	13.9	20-mai	20.8		15-sept
mais_e_LB	128	35	163	9.8	01-mai	30-avr	128.2	05-mai	13.9	20-mai	20.8		15-sept
mais_e_LP	232	35	266	56.5	01-mai	05-avr	231.6	05-mai	13.9	20-mai	20.8		15-sept
mais_e_FV	403	35	438	9.3	01-mai	17-mars	403.0	05-mai	13.9	20-mai	20.8		15-sept
mais_emin	0	54	54	11.0	01-mai			05-mai	10.7	20-mai	42.9		15-sept
mais_g_FB	275	35	309	13.4	01-mai	17-mars	274.8	05-mai	13.9	20-mai	20.8		20-oct
mais_g_LB	128	35	163	9.8	01-mai	30-avr	128.2	05-mai	13.9	20-mai	20.8		20-oct
mais_g_LP	232	35	266	56.5	01-mai	05-avr	231.6	05-mai	13.9	20-mai	20.8		20-oct
mais_g_FV	403	35	438	9.3	01-mai	17-mars	403.0	05-mai	13.9	20-mai	20.8		20-oct
mais_gmin	0	54	54	11.0	01-mai			05-mai	10.7	20-mai	42.9		20-oct
orgemin	0	73	73	62.9	25-oct			20-févr	36.3	20-mars	36.3		20-juil
orgeLP	139	38	177	37.1	25-oct	20-févr	139.0	15-mars	18.9	01-avr	18.9		20-juil
RGA_min	0	79	79	33.0				15-mars	26.3	15-avr	26.3	10-mai	26.3
RGA_LP	213	38	251	18.7		20-mars	213.1	20-avr	18.9	01-mai	18.9		
RGA_LB	110	38	148	3.3		20-mars	109.9	20-avr	18.9	01-mai	18.9		
RGA_TB_min	0	79	79	42.0				15-mars	26.3	15-avr	26.3	10-mai	26.3
RGA_TB_LP	213	38	251	23.8		20-mars	213.1	20-avr	18.9	01-mai	18.9		
RGA_TB_LB	110	38	148	4.2		20-mars	109.9	20-avr	18.9	01-mai	18.9		
prairie_p	0	25	25	100.0				05-mars	25.2				

Mode d'exploitation des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0						15-oct
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0						15-oct
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	05-sept			
sem_aut_RGA_tard	23-oct			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				15-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	05-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	23-oct			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				15-mars
cipan_moutarde_tard	25-oct			14-mars
cipan_moutarde_tot	10-sept			14-mars
cipan_rgi_tard	25-oct			14-mars
cipan_rgi_tot	10-sept			14-mars
itk_gel				15-sept
haie_resti		16-nov	resti	

Gouessant

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITKs_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	126	126	70.4	10-nov		25-févr	35.4	25-mars	60.7	01-mai	30.3	15-août
bleLP	208	71	279	14.3	10-nov	10-mars	208.1	25-févr	33.3	01-mai	37.5		15-août
bleLPaut	208	71	279	5.0	10-nov	11-nov	208.1	25-févr	33.3	01-mai	37.5		15-août
bleFV	312	71	382	10.4	10-nov	10-mars	311.6	25-févr	38.2	01-mai	32.6		15-août
colzaLPaut	260	0	260	100.0	10-sept	11-sept	260.1	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	126	126	0.0	10-sept			01-févr	63.2	01-mars	63.2		25-juil
mais_e_FB	280	15	295	28.3	25-avr	20-mars	279.8	26-avr	15.2				05-oct
mais_e_LB	186	15	202	4.7	25-avr	20-mars	186.4	26-avr	15.2				05-oct
mais_e_LP	281	15	296	51.9	25-avr	05-avr	280.9	26-avr	15.2				05-oct
mais_e_FV	498	15	514	9.4	25-avr	05-avr	498.5	26-avr	15.2				05-oct
mais_emin	0	51	51	5.6	25-avr			26-avr	50.6				05-oct
mais_g_FB	280	15	295	28.3	25-avr	20-mars	279.8	26-avr	15.2				30-oct
mais_g_LB	186	15	202	4.7	25-avr	20-mars	186.4	26-avr	15.2				30-oct
mais_g_LP	281	15	296	51.9	25-avr	05-avr	280.9	26-avr	15.2				30-oct
mais_g_FV	498	15	514	9.4	25-avr	05-avr	498.5	26-avr	15.2				30-oct
mais_gmin	0	51	51	5.6	25-avr			26-avr	50.6				30-oct
orgemin	0	106	106	70.4	25-oct			20-févr	45.6	25-mars	60.5		20-juil
orgeLP	208	25	233	19.3	25-oct	10-mars	208.1	20-févr	25.3				20-juil
orgeFV	312	25	337	10.4	25-oct	10-mars	311.6	20-févr	25.3				20-juil
RGA_min	0	96	96	28.7				20-mars	45.1	26-mai	50.9		
RGA_LP	187	61	248	18.9		01-févr	187.3	20-mars	30.3	11-avr	30.3		
RGA_LB	176	61	237	7.4		01-févr	176.0	20-mars	30.3	11-avr	30.3		
RGA_LPaut	187	0	187	5.2		15-sept	187.3						
RGA_LBaut	176	0	176	2.0		15-sept	176.0						
RGA_TB_min	0	61	61	36.5				05-avr	25.5	15-mai	35.2		
RGA_TB_LP	187	0	187	24.1		10-mars	187.3						
RGA_TB_LB	176	0	176	9.4		10-mars	176.0						
RGA_TB_LPaut	187	0	187	5.2		15-sept	187.3						
RGA_TB_LBaut	176	0	176	2.0		15-sept	176.0						
prairie_p	0	35	35	100.0				20-avr	35.4				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	105	105	70.4	10-nov		25-févr	29.5	25-mars	50.6	01-mai	25.3	15-août
bleLP	161	59	220	29.6	10-nov	10-mars	161.4	25-févr	27.7	01-mai	31.3		15-août
bleLPaut	161	59	220	0.0	10-nov	11-nov	161.4	25-févr	27.7	01-mai	31.3		15-août
bleFV	244	59	303	0.0	10-nov	10-mars	243.8	25-févr	31.8	01-mai	27.1		15-août
colzaLPaut	202	0	202	100.0	10-sept	11-sept	201.8	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	105	105	0.0	10-sept			01-févr	52.7	01-mars	52.7		25-juil
mais_e_FB	222	13	234	34.9	25-avr	20-mars	221.9	26-avr	12.6				05-oct
mais_e_LB	148	13	160	4.7	25-avr	20-mars	147.5	26-avr	12.6				05-oct
mais_e_LP	218	13	231	50.0	25-avr	05-avr	217.9	26-avr	12.6				05-oct
mais_e_FV	390	13	403	4.7	25-avr	05-avr	390.1	26-avr	12.6				05-oct
mais_emin	0	42	42	5.6	25-avr			26-avr	42.1				05-oct
mais_g_FB	222	13	234	34.9	25-avr	20-mars	221.9	26-avr	12.6				30-oct
mais_g_LB	148	13	160	4.7	25-avr	20-mars	147.5	26-avr	12.6				30-oct
mais_g_LP	218	13	231	50.0	25-avr	05-avr	217.9	26-avr	12.6				30-oct
mais_g_FV	390	13	403	4.7	25-avr	05-avr	390.1	26-avr	12.6				30-oct
mais_gmin	0	42	42	5.6	25-avr			26-avr	42.1				30-oct
orgemin	0	88	88	70.4	25-oct			20-févr	38.0	25-mars	50.4		20-juil
orgeLP	161	21	182	26.7	25-oct	10-mars	161.4	20-févr	21.1				20-juil
orgeFV	244	21	265	3.0	25-oct	10-mars	243.8	20-févr	21.1				20-juil
RGA_min	0	80	80	28.7				20-mars	37.6	26-mai	42.4		
RGA_LP	145	51	196	16.8		01-févr	145.3	20-mars	25.3	11-avr	25.3		
RGA_LB	139	51	190	9.5		01-févr	139.3	20-mars	25.3	11-avr	25.3		
RGA_LPaut	145	0	145	0.0		15-sept	145.3						
RGA_LBaut	139	0	139	0.0		15-sept	139.3						
RGA_TB_min	0	51	51	36.5				05-avr	21.2	15-mai	29.3		
RGA_TB_LP	145	0	145	21.4		10-mars	145.3						
RGA_TB_LB	139	0	139	12.0		10-mars	139.3						
RGA_TB_LPaut	145	0	145	0.0		15-sept	145.3						
RGA_TB_LBaut	139	0	139	0.0		15-sept	139.3						
prairie_p	0	29	29	100.0				20-avr	29.5				

Mode d'exploitation des prairies

ITKs	%_ITK	fauche1	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	10-oct			
ret_aut_RGA				25-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	10-oct			
ret_aut_RGA_TB				25-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	20-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			15-mars
cipan_rgi_tard	20-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			15-mars
itk_gel				15-sept
haie_resti		16-nov	resti	

Urne

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	110	110	55.5	10-nov		25-févr	30.8	25-mars	52.9	01-mai	26.4	15-août
bleLP	226	62	288	21.4	10-nov	10-mars	225.9	25-févr	29.0	01-mai	32.7		15-août
bleLPaut	226	62	288	7.5	10-nov	11-nov	225.9	25-févr	29.0	01-mai	32.7		15-août
bleFV	356	62	418	15.6	10-nov	10-mars	356.2	25-févr	33.3	01-mai	28.4		15-août
colzaLPaut	282	0	282	100.0	10-sept	11-sept	282.4	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	110	110	0.0	10-sept			01-févr	55.1	01-mars	55.1		25-juil
mais_e_FB	302	13	315	27.7	25-avr	20-mars	301.8	26-avr	13.2				05-oct
mais_e_LB	203	13	217	4.6	25-avr	20-mars	203.4	26-avr	13.2				05-oct
mais_e_LP	305	13	318	41.6	25-avr	05-avr	305.0	26-avr	13.2				05-oct
mais_e_FV	570	13	583	18.5	25-avr	05-avr	569.9	26-avr	13.2				05-oct
mais_emin	0	44	44	7.5	25-avr			26-avr	44.0				05-oct
mais_g_FB	302	13	315	27.7	25-avr	20-mars	301.8	26-avr	13.2				30-oct
mais_g_LB	203	13	217	4.6	25-avr	20-mars	203.4	26-avr	13.2				30-oct
mais_g_LP	305	13	318	41.6	25-avr	05-avr	305.0	26-avr	13.2				30-oct
mais_g_FV	570	13	583	18.5	25-avr	05-avr	569.9	26-avr	13.2				30-oct
mais_gmin	0	44	44	7.5	25-avr			26-avr	44.0				30-oct
orgemin	0	93	93	55.5	25-oct			20-févr	39.8	25-mars	52.7		20-juil
orgeLP	226	22	248	28.9	25-oct	10-mars	225.9	20-févr	22.0				20-juil
orgeFV	356	22	378	15.6	25-oct	10-mars	356.2	20-févr	22.0				20-juil
RGA_min	0	84	84	32.6				20-mars	39.3	26-mai	44.4		
RGA_LP	203	53	256	14.6		01-févr	203.3	20-mars	26.4	11-avr	26.4		
RGA_LB	192	53	245	7.8		01-févr	192.1	20-mars	26.4	11-avr	26.4		
RGA_LPaut	203	0	203	4.0		15-sept	203.3						
RGA_LBaut	192	0	192	2.1		15-sept	192.1						
RGA_TB_min	0	53	53	41.5				05-avr	22.2	15-mai	30.7		
RGA_TB_LP	203	0	203	18.5		10-mars	203.3						
RGA_TB_LB	192	0	192	10.0		10-mars	192.1						
RGA_TB_LPaut	203	0	203	4.0		15-sept	203.3						
RGA_TB_LBaut	192	0	192	2.1		15-sept	192.1						
prairie_p	0	31	31	100.0				20-avr	30.8				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	91	91	55.5	10-nov		25-févr	25.4	25-mars	43.5	01-mai	21.7	15-août
bleLP	158	51	208	35.6	10-nov	10-mars	157.7	25-févr	23.8	01-mai	26.9		15-août
bleLPaut	158	51	208	0.0	10-nov	11-nov	157.7	25-févr	23.8	01-mai	26.9		15-août
bleFV	207	51	258	8.9	10-nov	10-mars	206.9	25-févr	27.4	01-mai	23.3		15-août
colzaLPaut	197	0	197	100.0	10-sept	11-sept	197.1	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	91	91	0.0	10-sept			01-févr	45.3	01-mars	45.3		25-juil
mais_e_FB	193	11	204	37.0	25-avr	20-mars	193.0	26-avr	10.9				05-oct
mais_e_LB	151	11	161	4.6	25-avr	20-mars	150.6	26-avr	10.9				05-oct
mais_e_LP	213	11	224	50.9	25-avr	05-avr	212.9	26-avr	10.9				05-oct
mais_e_FV	331	11	342	0.0	25-avr	05-avr	331.0	26-avr	10.9				05-oct
mais_emin	0	36	36	7.5	25-avr			26-avr	36.2				05-oct
mais_g_FB	193	11	204	37.0	25-avr	20-mars	193.0	26-avr	10.9				30-oct
mais_g_LB	151	11	161	4.6	25-avr	20-mars	150.6	26-avr	10.9				30-oct
mais_g_LP	213	11	224	50.9	25-avr	05-avr	212.9	26-avr	10.9				30-oct
mais_g_FV	331	11	342	0.0	25-avr	05-avr	331.0	26-avr	10.9				30-oct
mais_gmin	0	36	36	7.5	25-avr			26-avr	36.2				30-oct
orgemin	0	76	76	55.5	25-oct			20-févr	32.7	25-mars	43.4		20-juil
orgeLP	158	18	176	37.8	25-oct	10-mars	157.7	20-févr	18.1				20-juil
orgeFV	207	18	225	6.7	25-oct	10-mars	206.9	20-févr	18.1				20-juil
RGA_min	0	69	69	32.6				20-mars	32.4	26-mai	36.5		
RGA_LP	142	43	185	13.4		01-févr	141.9	20-mars	21.7	11-avr	21.7		
RGA_LB	142	43	186	9.0		01-févr	142.2	20-mars	21.7	11-avr	21.7		
RGA_LPaut	142	0	142	0.0		15-sept	141.9						
RGA_LBaut	142	0	142	0.0		15-sept	142.2						
RGA_TB_min	0	43	43	41.5				05-avr	18.3	15-mai	25.2		
RGA_TB_LP	142	0	142	17.1		10-mars	141.9						
RGA_TB_LB	142	0	142	11.4		10-mars	142.2						
RGA_TB_LPaut	142	0	142	0.0		15-sept	141.9						
RGA_TB_LBaut	142	0	142	0.0		15-sept	142.2						
prairie_p	0	25	25	100.0				20-avr	25.4				

Mode d'exploitation des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.10	0.06
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	10-oct			
ret_aut_RGA				25-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	10-oct			
ret_aut_RGA_TB				25-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	20-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			15-mars
cipan_rgi_tard	20-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			15-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti	16-nov	resti		

Gouet

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	97	97	80.0	10-nov		25-févr	27.0	25-mars	46.3	01-mai	23.2	15-août
bleLP	160	54	214	8.1	10-nov	10-mars	159.5	25-févr	25.4	01-mai	28.7		15-août
bleLPaut	160	54	214	2.9	10-nov	11-nov	159.5	25-févr	25.4	01-mai	28.7		15-août
bleFV	241	54	295	9.0	10-nov	10-mars	241.1	25-févr	29.2	01-mai	24.9		15-août
colzaLPaut	199	0	199	100.0	10-sept	11-sept	199.4	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	97	97	0.0	10-sept			01-févr	48.3	01-mars	48.3		25-juil
mais_e_FB	216	12	227	53.2	25-avr	20-mars	215.8	26-avr	11.6				05-oct
mais_e_LB	144	12	155	4.7	25-avr	20-mars	143.6	26-avr	11.6				05-oct
mais_e_LP	215	12	227	12.1	25-avr	05-avr	215.3	26-avr	11.6				05-oct
mais_e_FV	386	12	397	23.3	25-avr	05-avr	385.8	26-avr	11.6				05-oct
mais_emin	0	39	39	6.6	25-avr			26-avr	38.6				05-oct
mais_g_FB	216	12	227	53.2	25-avr	20-mars	215.8	26-avr	11.6				30-oct
mais_g_LB	144	12	155	4.7	25-avr	20-mars	143.6	26-avr	11.6				30-oct
mais_g_LP	215	12	227	12.1	25-avr	05-avr	215.3	26-avr	11.6				30-oct
mais_g_FV	386	12	397	23.3	25-avr	05-avr	385.8	26-avr	11.6				30-oct
mais_gmin	0	39	39	6.6	25-avr			26-avr	38.6				30-oct
orgemin	0	81	81	80.0	25-oct			20-févr	34.9	25-mars	46.2		20-juil
orgeLP	160	19	179	11.0	25-oct	10-mars	159.5	20-févr	19.3				20-juil
orgeFV	241	19	260	9.0	25-oct	10-mars	241.1	20-févr	19.3				20-juil
RGA_min	0	73	73	31.4				20-mars	34.5	26-mai	38.9		
RGA_LP	144	46	190	16.1		01-févr	143.6	20-mars	23.2	11-avr	23.2		
RGA_LB	136	46	182	7.6		01-févr	135.6	20-mars	23.2	11-avr	23.2		
RGA_LPaut	144	0	144	4.4		15-sept	143.6						
RGA_LBaut	136	0	136	2.1		15-sept	135.6						
RGA_TB_min	0	46	46	39.9				05-avr	19.5	15-mai	26.9		
RGA_TB_LP	144	0	144	20.5		10-mars	143.6						
RGA_TB_LB	136	0	136	9.6		10-mars	135.6						
RGA_TB_LPaut	144	0	144	4.4		15-sept	143.6						
RGA_TB_LBaut	136	0	136	2.1		15-sept	135.6						
prairie_p	0	27	27	100.0				20-avr	27.0				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	79	79	80.0	10-nov		25-févr	22.2	25-mars	38.1	01-mai	19.1	15-août
bleLP	136	44	180	18.4	10-nov	10-mars	135.7	25-févr	20.9	01-mai	23.6		15-août
bleLPaut	136	44	180	0.0	10-nov	11-nov	135.7	25-févr	20.9	01-mai	23.6		15-août
bleFV	202	44	246	1.6	10-nov	10-mars	201.8	25-févr	24.0	01-mai	20.5		15-août
colzaLPaut	170	0	170	100.0	10-sept	11-sept	169.6	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	79	79	0.0	10-sept			01-févr	39.7	01-mars	39.7		25-juil
mais_e_FB	183	10	192	65.3	25-avr	20-mars	182.9	26-avr	9.5				05-oct
mais_e_LB	121	10	130	4.7	25-avr	20-mars	120.8	26-avr	9.5				05-oct
mais_e_LP	183	10	193	14.0	25-avr	05-avr	183.2	26-avr	9.5				05-oct
mais_e_FV	323	10	332	9.3	25-avr	05-avr	322.8	26-avr	9.5				05-oct
mais_emin	0	32	32	6.6	25-avr			26-avr	31.8				05-oct
mais_g_FB	183	10	192	65.3	25-avr	20-mars	182.9	26-avr	9.5				30-oct
mais_g_LB	121	10	130	4.7	25-avr	20-mars	120.8	26-avr	9.5				30-oct
mais_g_LP	183	10	193	14.0	25-avr	05-avr	183.2	26-avr	9.5				30-oct
mais_g_FV	323	10	332	9.3	25-avr	05-avr	322.8	26-avr	9.5				30-oct
mais_gmin	0	32	32	6.6	25-avr			26-avr	31.8				30-oct
orgemin	0	67	67	80.0	25-oct			20-févr	28.7	25-mars	38.0		20-juil
orgeLP	136	16	152	18.4	25-oct	10-mars	135.7	20-févr	15.9				20-juil
orgeFV	202	16	218	1.6	25-oct	10-mars	201.8	20-févr	15.9				20-juil
RGA_min	0	60	60	31.4				20-mars	28.4	26-mai	32.0		
RGA_LP	122	38	160	13.5		01-févr	122.1	20-mars	19.1	11-avr	19.1		
RGA_LB	114	38	152	10.2		01-févr	114.0	20-mars	19.1	11-avr	19.1		
RGA_LPaut	122	0	122	0.0		15-sept	122.1						
RGA_LBaut	114	0	114	0.0		15-sept	114.0						
RGA_TB_min	0	38	38	39.9				05-avr	16.0	15-mai	22.1		
RGA_TB_LP	122	0	122	17.2		10-mars	122.1						
RGA_TB_LB	114	0	114	12.9		10-mars	114.0						
RGA_TB_LPaut	122	0	122	0.0		15-sept	122.1						
RGA_TB_LBaut	114	0	114	0.0		15-sept	114.0						
prairie_p	0	22	22	100.0				20-avr	22.2				

Mode d'exploitation des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0	15-oct					
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	date_fauche1	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	10-oct			
ret_aut_RGA				25-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	10-oct			
ret_aut_RGA_TB				25-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	20-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			15-mars
cipan_rgi_tard	20-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			15-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti	16-nov	resti		

lc

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	151	151	57.6	10-nov		25-févr	42.4	25-mars	72.6	01-mai	36.3	15-août
bleLP	182	85	266	25.1	10-nov	10-mars	181.6	25-févr	39.8	01-mai	44.9		15-août
bleLPaut	182	85	266	8.8	10-nov	11-nov	181.6	25-févr	39.8	01-mai	44.9		15-août
bleFV	237	85	322	8.5	10-nov	10-mars	237.1	25-févr	45.8	01-mai	39.0		15-août
colzaLPaut	227	0	227	100.0	10-sept	11-sept	227.0	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	151	151	0.0	10-sept			01-févr	75.7	01-mars	75.7		25-juil
mais_e_FB	226	18	244	28.6	25-avr	20-mars	226.2	26-avr	18.2				05-oct
mais_e_LB	159	18	177	9.5	25-avr	20-mars	159.0	26-avr	18.2				05-oct
mais_e_LP	245	18	263	52.5	25-avr	05-avr	245.1	26-avr	18.2				05-oct
mais_e_FV	379	18	398	4.8	25-avr	05-avr	379.4	26-avr	18.2				05-oct
mais_emin	0	61	61	4.6	25-avr			26-avr	60.5				05-oct
mais_g_FB	226	18	244	28.6	25-avr	20-mars	226.2	26-avr	18.2				30-oct
mais_g_LB	159	18	177	9.5	25-avr	20-mars	159.0	26-avr	18.2				30-oct
mais_g_LP	245	18	263	52.5	25-avr	05-avr	245.1	26-avr	18.2				30-oct
mais_g_FV	379	18	398	4.8	25-avr	05-avr	379.4	26-avr	18.2				30-oct
mais_gmin	0	61	61	4.6	25-avr			26-avr	60.5				30-oct
orgemin	0	127	127	57.6	25-oct			20-févr	54.7	25-mars	72.5		20-juil
orgeLP	182	30	212	33.9	25-oct	10-mars	181.6	20-févr	30.3				20-juil
orgeFV	237	30	267	8.5	25-oct	10-mars	237.1	20-févr	30.3				20-juil
RGA_min	0	115	115	37.3				20-mars	54.1	26-mai	61.0		
RGA_LP	163	73	236	9.7		01-févr	163.4	20-mars	36.3	11-avr	36.3		
RGA_LB	150	73	223	7.9		01-févr	150.1	20-mars	36.3	11-avr	36.3		
RGA_LPaut	163	0	163	2.6		15-sept	163.4						
RGA_LBaut	150	0	150	2.2		15-sept	150.1						
RGA_TB_min	0	73	73	47.5				05-avr	30.5	15-mai	42.1		
RGA_TB_LP	163	0	163	12.4		10-mars	163.4						
RGA_TB_LB	150	0	150	10.1		10-mars	150.1						
RGA_TB_LPaut	163	0	163	2.6		15-sept	163.4						
RGA_TB_LBaut	150	0	150	2.2		15-sept	150.1						
prairie_p	0	42	42	100.0				20-avr	42.4				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	124	124	57.6	10-nov		25-févr	34.9	25-mars	59.8	01-mai	29.9	15-août
bleLP	191	70	261	38.1	10-nov	10-mars	191.3	25-févr	32.8	01-mai	36.9		15-août
bleLPaut	191	70	261	0.0	10-nov	11-nov	191.3	25-févr	32.8	01-mai	36.9		15-août
bleFV	248	70	317	4.2	10-nov	10-mars	247.6	25-févr	37.6	01-mai	32.1		15-août
colzaLPaut	239	0	239	100.0	10-sept	11-sept	239.1	01-févr	0.0				25-juil
colzamin	0	124	124	0.0	10-sept			01-févr	62.2	01-mars	62.2		25-juil
mais_e_FB	203	15	218	28.6	25-avr	20-mars	202.9	26-avr	14.9				05-oct
mais_e_LB	161	15	176	9.5	25-avr	20-mars	160.9	26-avr	14.9				05-oct
mais_e_LP	258	15	273	57.3	25-avr	05-avr	258.3	26-avr	14.9				05-oct
mais_e_FV	396	15	411	0.0	25-avr	05-avr	396.1	26-avr	14.9				05-oct
mais_emin	0	50	50	4.6	25-avr			26-avr	49.8				05-oct
mais_g_FB	203	15	218	28.6	25-avr	20-mars	202.9	26-avr	14.9				30-oct
mais_g_LB	161	15	176	9.5	25-avr	20-mars	160.9	26-avr	14.9				30-oct
mais_g_LP	258	15	273	57.3	25-avr	05-avr	258.3	26-avr	14.9				30-oct
mais_g_FV	396	15	411	0.0	25-avr	05-avr	396.1	26-avr	14.9				30-oct
mais_gmin	0	50	50	4.6	25-avr			26-avr	49.8				30-oct
orgemin	0	105	105	57.6	25-oct			20-févr	45.0	25-mars	59.6		20-juil
orgeLP	191	25	216	38.1	25-oct	10-mars	191.3	20-févr	24.9				20-juil
orgeFV	248	25	272	4.2	25-oct	10-mars	247.6	20-févr	24.9				20-juil
RGA_min	0	95	95	37.3				20-mars	44.5	26-mai	50.1		
RGA_LP	172	60	232	13.2		01-févr	172.2	20-mars	29.9	11-avr	29.9		
RGA_LB	152	60	212	4.4		01-févr	152.0	20-mars	29.9	11-avr	29.9		
RGA_LPaut	172	0	172	0.0		15-sept	172.2						
RGA_LBaut	152	0	152	0.0		15-sept	152.0						
RGA_TB_min	0	60	60	47.5				05-avr	25.1	15-mai	34.7		
RGA_TB_LP	172	0	172	16.9		10-mars	172.2						
RGA_TB_LB	152	0	152	5.6		10-mars	152.0						
RGA_TB_LPaut	172	0	172	0.0		15-sept	172.2						
RGA_TB_LBaut	152	0	152	0.0		15-sept	152.0						
prairie_p	0	35	35	100.0				20-avr	34.9				

Mode d'exploitation des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	10-oct			
ret_aut_RGA				25-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	10-oct			
ret_aut_RGA_TB				25-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	20-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			15-mars
cipan_rgi_tard	20-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			15-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti		16-nov	resti	

Douron

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte				
art1FB	230	38	268	70.0	20-mars	21-mars	230.0	22-mars	38.0		15-sept				
art1FV	279	38	317	30.0	20-mars	21-mars	278.8	22-mars	38.0		15-sept				
art2min	0	87	87	100.0	18-sept	15-avr		15-mars	86.9		15-juil				
art3min	0	109	109	100.0	18-sept	15-avr		01-mars	108.6		15-juin				
blemin	0	152	152	76.8	15-nov			15-févr	48.7	25-mars	103.4	10-août			
bleLP	168	81	249	13.7	15-nov	01-mars	167.7	01-févr	48.9	15-avr	32.6	10-août			
bleLPaut	168	81	249	4.8	15-nov	16-nov	167.7	01-févr	48.9	15-avr	32.6	10-août			
bleFV	233	81	314	4.6	15-nov	10-mars	233.0	01-févr	48.9	15-avr	32.6	10-août			
chouhFB	234	54	288	16.0	15-août	16-août	234.2	25-déc	54.3			15-févr			
chouhLP	260	54	314	56.0	15-août	16-août	260.0	25-déc	54.3			15-févr			
chouhFV	291	54	346	8.0	15-août	16-août	291.3	25-déc	54.3			15-févr			
chouhmin	0	109	109	20.0	15-août			16-août	54.3	25-déc	54.3	15-févr			
choutFB	234	109	343	18.0	15-août	16-août	234.2	05-févr	54.3	01-mars	54.3	18-mars			
choutLP	260	109	369	63.0	15-août	16-août	260.0	05-févr	54.3	01-mars	54.3	18-mars			
choutFV	291	109	400	9.0	15-août	16-août	291.3	05-févr	54.3	01-mars	54.3	18-mars			
choutmin	0	163	163	10.0	15-août			16-août	54.3	25-févr	54.3	18-mars			
mais_e_FB	301	20	321	50.3	01-mai	10-mars	301.1	02-mai	19.5			15-oct			
mais_e_LB	166	20	185	5.4	01-mai	30-mars	165.9	02-mai	19.5			15-oct			
mais_e_LP	235	20	254	8.2	01-mai	05-avr	234.8	02-mai	19.5			15-oct			
mais_e_FV	366	20	386	26.8	01-mai	05-avr	366.2	02-mai	19.5			15-oct			
mais_emin	0	109	109	9.3	01-mai			25-avr	86.9	02-mai	21.7	15-oct			
orgemin	0	119	119	76.8	10-nov			01-févr	54.4	10-mars	65.1	20-juil			
orgeLP	168	54	222	23.2	10-nov	01-mars	167.7	01-févr	54.3			20-juil			
triticalemin	0	119	119	76.8	10-nov			01-févr	54.4	10-mars	65.1	20-juil			
triticaleLP	168	54	222	23.2	10-nov	01-mars	167.7	01-févr	54.3			20-juil			
RGA_min	0	217	217	37.4				25-févr	54.3	01-avr	54.3	10-mai	54.3	15-juin	54.3
RGA_LP	235	136	371	9.7		25-févr	234.8	10-mai	67.9	15-juin	67.9				
RGA_LB	100	136	235	7.9		25-févr	99.6	10-mai	67.9	15-juin	67.9				
RGA_LPaut	235	0	235	2.6		15-sept	234.8								
RGA_LBaut	100	0	100	2.2		15-sept	99.6								
RGA_TB_min	0	92	92	47.6				15-févr	46.2	10-mai	46.2				
RGA_TB_LP	143	33	175	12.3		25-févr	142.6	10-mai	32.6						
RGA_TB_LB	124	33	157	10.1		25-févr	124.4	10-mai	32.6						
RGA_TB_LPaut	143	0	143	2.6		15-sept	142.6								
RGA_TB_LBaut	124	0	124	2.2		15-sept	124.4								
prairie_p	0	43	43	100.0				01-mai	43.4						

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte					
art1FB	207	38	245	70.0	20-mars	21-mars	207.0	22-mars	38.3		15-sept				
art1FV	254	38	293	30.0	20-mars	21-mars	254.4	22-mars	38.3		15-sept				
art2min	0	88	88	100.0	18-sept	15-avr		15-mars	87.6		15-juil				
art3min	0	109	109	100.0	18-sept	15-avr		01-mars	109.5		15-juin				
blemin	0	153	153	76.8	15-nov			15-févr	49.0	25-mars	104.2	10-août			
bleLP	149	82	231	18.6	15-nov	01-mars	149.2	01-févr	49.3	15-avr	32.8	10-août			
bleLPaut	149	82	231	0.0	15-nov	16-nov	149.2	01-févr	49.3	15-avr	32.8	10-août			
bleFV	213	82	295	4.6	15-nov	10-mars	212.6	01-févr	49.3	15-avr	32.8	10-août			
chouhFB	211	55	265	16.0	15-août	16-août	210.8	25-déc	54.7			15-févr			
chouhLP	231	55	286	56.0	15-août	16-août	231.3	25-déc	54.7			15-févr			
chouhFV	266	55	321	8.0	15-août	16-août	265.8	25-déc	54.7			15-févr			
chouhmin	0	109	109	20.0	15-août			16-août	54.7	25-déc	54.7	15-févr			
choutFB	211	109	320	18.0	15-août	16-août	210.8	05-févr	54.7	01-mars	54.7	18-mars			
choutLP	231	109	341	63.0	15-août	16-août	231.3	05-févr	54.7	01-mars	54.7	18-mars			
choutFV	266	109	375	9.0	15-août	16-août	265.8	05-févr	54.7	01-mars	54.7	18-mars			
choutmin	0	164	164	10.0	15-août			16-août	54.7	25-févr	54.7	01-mars	54.7	18-mars	
mais_e_FB	271	20	291	56.2	01-mai	10-mars	271.0	02-mai	19.7			15-oct			
mais_e_LB	152	20	172	4.5	01-mai	30-mars	152.2	02-mai	19.7			15-oct			
mais_e_LP	209	20	229	6.3	01-mai	05-avr	208.9	02-mai	19.7			15-oct			
mais_e_FV	334	20	354	23.6	01-mai	05-avr	334.1	02-mai	19.7			15-oct			
mais_emin	0	109	109	9.3	01-mai			25-avr	87.6	02-mai	21.9	15-oct			
orgemin	0	120	120	76.8	10-nov			01-févr	54.8	10-mars	65.6	20-juil			
orgeLP	149	55	204	23.2	10-nov	01-mars	149.2	01-févr	54.7			20-juil			
triticalemin	0	120	120	76.8	10-nov			01-févr	54.8	10-mars	65.6	20-juil			
triticaleLP	149	55	204	23.2	10-nov	01-mars	149.2	01-févr	54.7			20-juil			
RGA_min	0	219	219	37.4				25-févr	54.7	01-avr	54.7	10-mai	54.7	15-juin	54.7
RGA_LP	209	137	346	7.7		25-févr	208.9	10-mai	68.4	15-juin	68.4				
RGA_LB	91	137	228	9.9		25-févr	91.3	10-mai	68.4	15-juin	68.4				
RGA_LPaut	209	0	209	0.0		15-sept	208.9								
RGA_LBaut	91	0	91	0.0		15-sept	91.3								
RGA_TB_min	0	93	93	47.6				15-févr	46.5	10-mai	46.5				
RGA_TB_LP	127	33	160	9.9		25-févr	126.8	10-mai	32.8						
RGA_TB_LB	114	33	147	12.5		25-févr	114.2	10-mai	32.8						
RGA_TB_LPaut	127	0	127	0.0		15-sept	126.8								
RGA_TB_LBaut	114	0	114	0.0		15-sept	114.2								
prairie_p	0	44	44	100.0				01-mai	43.8						

Mode d'exploitation des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	15-sept			
sem_aut_RGA_tard	18-oct			
ret_aut_RGA				01-sept
ret_print_RGA				07-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	15-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	18-oct			
ret_aut_RGA_TB				01-sept
ret_print_RGA_TB				07-mars
cipan_moutarde_tard	25-oct			06-mars
cipan_moutarde_tot	25-août			06-mars
cipan_rgi_tard	25-oct			06-mars
cipan_rgi_tot	25-août			06-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti		16-nov	resti	

Horn

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte	
art1FB	236	27	263	70.0	20-mars	21-mars	236.4	22-mars	26.8		15-sept	
art1FV	337	27	363	30.0	20-mars	21-mars	336.7	22-mars	26.8		15-sept	
art2min	0	61	61	100.0	18-sept			15-mars	61.3		15-juil	
art3min	0	77	77	100.0	18-sept			01-mars	76.6		15-juin	
blemin	0	115	115	65.0	30-oct			15-févr	38.3	25-mars 38.3	20-août	
bleLP	131	77	208	25.9	30-oct	10-mars	130.9	20-févr	38.3	15-avr 38.3	20-août	
bleLPaut	131	77	208	9.1	30-oct	01-nov	130.9	20-févr	38.3	15-avr 38.3	20-août	
brocoFB	215	29	244	50.0	23-août	24-août	214.9	25-août	28.7		15-janv	
brocomin	0	38	38	50.0	23-août			25-août	38.3		15-janv	
chouhFB	241	38	279	8.8	23-août	24-août	240.7	25-déc	38.3		15-févr	
chouhLP	262	38	300	63.2	23-août	24-août	261.8	25-déc	38.3		15-févr	
chouhFV	290	38	328	8.0	23-août	24-août	289.8	25-déc	38.3		15-févr	
chouhmin	0	77	77	20.0	23-août			24-août	38.3	25-déc 38.3	15-févr	
choutFB	241	38	279	9.9	23-août	24-août	240.7	05-févr	38.3		15-mars	
choutLP	262	38	300	71.1	23-août	24-août	261.8	05-févr	38.3		15-mars	
choutFV	290	38	328	9.0	23-août	24-août	289.8	05-févr	38.3		15-mars	
choutmin	0	115	115	10.0	23-août			24-août	38.3	25-févr 38.3	01-mars 38.3	15-mars
echalmin	0	34	34	100.0	18-mars			19-mars	34.5		10-juil	
haricotmin	0	14	14	100.0	05-juin			06-juin	13.8		31-juil	
mais_e_FB	344	15	359	4.6	01-mai	20-avr	343.8	02-mai	15.3		25-sept	
mais_e_LB	139	15	155	20.0	01-mai	20-avr	139.2	02-mai	15.3		25-sept	
mais_e_LP	209	15	225	60.1	01-mai	20-avr	209.5	02-mai	15.3		25-sept	
mais_e_FV	298	15	314	6.4	01-mai	20-avr	298.3	02-mai	15.3		25-sept	
mais_emin	0	46	46	9.0	01-mai			02-mai	46.0		25-sept	
mais_g_FB	344	15	359	4.6	01-mai	20-avr	343.8	02-mai	15.3		27-oct	
mais_g_LB	139	15	155	20.0	01-mai	20-avr	139.2	02-mai	15.3		27-oct	
mais_g_LP	209	15	225	60.1	01-mai	20-avr	209.5	02-mai	15.3		27-oct	
mais_g_FV	298	15	314	6.4	01-mai	20-avr	298.3	02-mai	15.3		27-oct	
mais_gmin	0	46	46	9.0	01-mai			02-mai	46.0		27-oct	
orgemin	0	100	100	65.0	27-oct			15-févr	39.9	01-avr 59.8	17-juil	
orgeLP	131	38	169	35.0	27-oct	10-mars	130.9	15-févr	38.3		17-juil	

ITKs_p1_suite	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte			
RGA_min	0	153	153	34.7			25-févr	38.3	11-avr	38.3	07-mai	38.3	26-mai	38.3
RGA_LP	157	115	272	10.2		25-févr	157.1	11-avr	38.3	07-mai	38.3	26-juin	38.3	
RGA_LB	87	115	202	10.2		25-févr	87.0	11-avr	38.3	07-mai	38.3	26-juin	38.3	
RGA_LPaut	157	0	157	2.8		15-sept	157.1							
RGA_LBaut	87	0	87	2.8		15-sept	87.0							
RGA_TB_min	0	77	77	44.1				11-avr	38.3	07-mai	38.3			
RGA_TB_LP	157	38	195	13.0		25-févr	157.1	11-avr	38.3					
RGA_TB_LB	87	38	125	13.0		25-févr	87.0	11-avr	38.3					
RGA_TB_LPaut	157	0	157	2.8		15-sept	157.1							
RGA_TB_LBaut	87	0	87	2.8		15-sept	87.0							
pdtmin	0	100	100	100.0	18-mars			19-mars	99.6					10-juil
prairie_p	0	38	38	100.0				01-mai	38.3					

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte			
art1FB	113	24	137	70.0	20-mars	21-mars	113.1	22-mars	23.9		15-sept			
art1FV	160	24	184	30.0	20-mars	21-mars	159.6	22-mars	23.9		15-sept			
art2min	0	55	55	100.0	18-sept			15-mars	54.6		15-juil			
art3min	0	68	68	100.0	18-sept			01-mars	68.2		15-juin			
blemin	0	102	102	65.0	30-oct			15-févr	34.1	25-mars	34.1	15-avr	34.1	20-août
bleLP	60	68	129	35.0	30-oct	10-mars	60.4	20-févr	34.1	15-avr	34.1			20-août
bleLPaut	60	68	129	0.0	30-oct	01-nov	60.4	20-févr	34.1	15-avr	34.1			20-août
brocoFB	103	26	128	50.0	23-août	24-août	102.8	25-août	25.6					15-janv
brocomin	0	34	34	50.0	23-août			25-août	34.1					15-janv
chouhFB	115	34	149	16.0	23-août	24-août	115.2	25-déc	34.1					15-févr
chouhLP	121	34	155	38.4	23-août	24-août	120.8	25-déc	34.1					15-févr
chouhFV	137	34	172	25.6	23-août	24-août	137.4	25-déc	34.1					15-févr
chouhmin	0	68	68	20.0	23-août			24-août	34.1	25-déc	34.1			15-févr
choutFB	115	34	149	18.0	23-août	24-août	115.2	05-févr	34.1					15-mars
choutLP	121	34	155	43.2	23-août	24-août	120.8	05-févr	34.1					15-mars
choutFV	137	34	172	28.8	23-août	24-août	137.4	05-févr	34.1					15-mars
choutmin	0	102	102	10.0	23-août			24-août	34.1	25-févr	34.1	01-mars	34.1	15-mars
echalmin	0	31	31	100.0	18-mars			19-mars	30.7					10-juil
haricotmin	0	12	12	100.0	05-juin			06-juin	12.3					31-juil
mais_e_FB	165	14	178	9.1	01-mai	20-avr	164.5	02-mai	13.6					25-sept
mais_e_LB	66	14	80	30.0	01-mai	20-avr	66.0	02-mai	13.6					25-sept
mais_e_LP	97	14	110	33.7	01-mai	20-avr	96.7	02-mai	13.6					25-sept
mais_e_FV	141	14	155	18.2	01-mai	20-avr	141.4	02-mai	13.6					25-sept
mais_e_min	0	41	41	9.0	01-mai			02-mai	40.9					25-sept

ITKs_p3_suite	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte
mais_g_FB	165	14	178	9.1	01-mai	20-avr	164.5	02-mai	13.6		27-oct
mais_g_LB	66	14	80	30.0	01-mai	20-avr	66.0	02-mai	13.6		27-oct
mais_g_LP	97	14	110	33.7	01-mai	20-avr	96.7	02-mai	13.6		27-oct
mais_g_FV	141	14	155	18.2	01-mai	20-avr	141.4	02-mai	13.6		27-oct
mais_gmin	0	41	41	9.0	01-mai			02-mai	40.9		27-oct
orgemin	0	89	89	65.0	27-oct			15-févr	35.5	01-avr	53.2
orgeLP	60	34	95	35.0	27-oct	10-mars	60.4	15-févr	34.1		17-juil
RGA_min	0	136	136	34.7				25-févr	34.1	11-avr	34.1
RGA_LP	72	102	175	10.2		25-févr	72.5	11-avr	34.1	07-mai	34.1
RGA_LB	41	102	144	10.2		25-févr	41.2	11-avr	34.1	07-mai	34.1
RGA_LPaut	72	0	72	0.0		15-sept	72.5				
RGA_LBaut	41	0	41	0.0		15-sept	41.2				
RGA_TB_min	0	68	68	44.1				11-avr	34.1	07-mai	34.1
RGA_TB_LP	72	34	107	13.0		25-févr	72.5	11-avr	34.1		
RGA_TB_LB	41	34	75	13.0		25-févr	41.2	11-avr	34.1		
RGA_TB_LPaut	72	0	72	0.0		15-sept	72.5				
RGA_TB_LBaut	41	0	41	0.0		15-sept	41.2				
pdtdmin	0	89	89	100.0	18-mars			19-mars	88.7		10-juil
prairie_p	0	34	34	100.0				01-mai	34.1		

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.06	0.04
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	18-sept			
sem_aut_RGA_tard	30-oct			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	18-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	30-oct			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	05-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	23-août			15-mars
cipan_rgi_tard	05-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	23-août			15-mars
itk_gel				15-sept
haie_resti		16-nov	resti	

Guillec

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITKs_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte			
art1FB	261	29	289	70.0	20-mars	21-mars	260.5	22-mars	29.0		15-sept			
art1FV	379	29	407	30.0	20-mars	21-mars	378.5	22-mars	29.0		15-sept			
art2min	0	66	66	100.0	18-sept			15-mars	66.2		15-juil			
art3min	0	83	83	100.0	18-sept			01-mars	82.8		15-juin			
blemin	0	124	124	65.0	30-oct			15-févr	41.4	25-mars	41.4	15-avr	41.4	20-août
bleLP	143	83	225	25.9	30-oct	10-mars	142.7	20-févr	41.4	15-avr	41.4			20-août
bleLPaut	143	83	225	9.1	30-oct	01-nov	142.7	20-févr	41.4	15-avr	41.4			20-août
brocoFB	237	31	268	50.0	23-août	24-août	236.8	25-août	31.0					15-janv
brocomin	0	41	41	50.0	23-août			25-août	41.4					15-janv
chouhFB	265	41	307	12.0	23-août	24-août	265.2	25-déc	41.4					15-févr
chouhLP	285	41	327	60.0	23-août	24-août	285.4	25-déc	41.4					15-févr
chouhFV	326	41	367	8.0	23-août	24-août	325.8	25-déc	41.4					15-févr
chouhmin	0	83	83	20.0	23-août			24-août	41.4	25-déc	41.4			15-févr
choutFB	265	41	307	13.5	23-août	24-août	265.2	05-févr	41.4					15-mars
choutLP	285	41	327	67.5	23-août	24-août	285.4	05-févr	41.4					15-mars
choutFV	326	41	367	9.0	23-août	24-août	325.8	05-févr	41.4					15-mars
choutmin	0	124	124	10.0	23-août			24-août	41.4	25-févr	41.4	01-mars	41.4	15-mars
echalmin	0	37	37	100.0	18-mars			19-mars	37.2					10-juil
haricotmin	0	15	15	100.0	05-juin			06-juin	14.9					31-juil
mais_e_FB	379	17	395	5.0	01-mai	20-avr	378.9	02-mai	16.6					25-sept
mais_e_LB	152	17	168	20.0	01-mai	20-avr	151.6	02-mai	16.6					25-sept
mais_e_LP	228	17	245	46.4	01-mai	20-avr	228.3	02-mai	16.6					25-sept
mais_e_FV	335	17	352	19.6	01-mai	20-avr	335.4	02-mai	16.6					25-sept
mais_emin	0	50	50	9.0	01-mai			02-mai	49.7					25-sept
mais_g_FB	379	17	395	5.0	01-mai	20-avr	378.9	02-mai	16.6					27-oct
mais_g_LB	152	17	168	20.0	01-mai	20-avr	151.6	02-mai	16.6					27-oct
mais_g_LP	228	17	245	46.4	01-mai	20-avr	228.3	02-mai	16.6					27-oct
mais_g_FV	335	17	352	19.6	01-mai	20-avr	335.4	02-mai	16.6					27-oct
mais_gmin	0	50	50	9.0	01-mai			02-mai	49.7					27-oct
orgemin	0	108	108	65.0	27-oct			15-févr	43.0	01-avr	64.6			17-juil
orgeLP	143	41	184	35.0	27-oct	10-mars	142.7	15-févr	41.4					17-juil

ITKs_p1_suite	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte			
RGA_min	0	166	166	34.7			25-févr	41.4	11-avr	41.4	07-mai	41.4	26-mai	41.4
RGA_LP	171	124	295	10.2		25-févr	171.2	11-avr	41.4	07-mai	41.4	26-juin	41.4	
RGA_LB	95	124	219	10.2		25-févr	94.8	11-avr	41.4	07-mai	41.4	26-juin	41.4	
RGA_LPaut	171	0	171	2.8		15-sept	171.2							
RGA_LBaut	95	0	95	2.8		15-sept	94.8							
RGA_TB_min	0	83	83	44.1			11-avr	41.4	07-mai	41.4				
RGA_TB_LP	171	41	213	13.0		25-févr	171.2	11-avr	41.4					
RGA_TB_LB	95	41	136	13.0		25-févr	94.8	11-avr	41.4					
RGA_TB_LPaut	171	0	171	2.8		15-sept	171.2							
RGA_TB_LBaut	95	0	95	2.8		15-sept	94.8							
pdmin	0	108	108	100.0	18-mars		19-mars	107.6						10-juil
prairie_p	0	41	41	100.0			01-mai	41.4						

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte		
art1FB	177	30	207	85.0	20-mars	21-mars	177.2	22-mars	30.1		15-sept		
art1FV	256	30	286	15.0	20-mars	21-mars	256.2	22-mars	30.1		15-sept		
art2min	0	69	69	100.0	18-sept		15-mars	68.7			15-juil		
art3min	0	86	86	100.0	18-sept		01-mars	85.9			15-juin		
blemin	0	129	129	65.0	30-oct		15-févr	42.9	25-mars	42.9	15-avr	42.9	20-août
bleLP	97	86	183	35.0	30-oct	10-mars	97.1	20-févr	42.9	15-avr	42.9		20-août
bleLPaut	97	86	183	0.0	30-oct	01-nov	97.1	20-févr	42.9	15-avr	42.9		20-août
brocoFB	161	32	193	50.0	23-août	24-août	161.1	25-août	32.2				15-janv
brocomin	0	43	43	50.0	23-août		25-août	42.9					15-janv
chouhFB	180	43	223	16.8	23-août	24-août	180.4	25-déc	42.9				15-févr
chouhLP	194	43	237	62.4	23-août	24-août	194.2	25-déc	42.9				15-févr
chouhFV	220	43	263	0.8	23-août	24-août	220.5	25-déc	42.9				15-févr
chouhmin	0	86	86	20.0	23-août		24-août	42.9	25-déc	42.9			15-févr
choutFB	180	43	223	18.9	23-août	24-août	180.4	05-févr	42.9				15-mars
choutLP	194	43	237	70.2	23-août	24-août	194.2	05-févr	42.9				15-mars
choutFV	220	43	263	0.9	23-août	24-août	220.5	05-févr	42.9				15-mars
choutmin	0	129	129	10.0	23-août		24-août	42.9	25-févr	42.9	01-mars	42.9	15-mars
echalmin	0	39	39	100.0	18-mars		19-mars	38.6					10-juil
haricotmin	0	15	15	100.0	05-juin		06-juin	15.5					31-juil
mais_e_FB	258	17	275	5.0	01-mai	20-avr	257.7	02-mai	17.2				25-sept
mais_e_LB	103	17	120	20.5	01-mai	20-avr	103.2	02-mai	17.2				25-sept
mais_e_LP	155	17	173	61.0	01-mai	20-avr	155.3	02-mai	17.2				25-sept
mais_e_FV	227	17	244	4.6	01-mai	20-avr	227.0	02-mai	17.2				25-sept
mais_e_min	0	52	52	9.0	01-mai			02-mai	51.5				25-sept

ITKs_p3_suite	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	min4	recolte
mais_g_FB	258	17	275	5.0	01-mai	20-avr	257.7	02-mai	17.2		27-oct
mais_g_LB	103	17	120	20.5	01-mai	20-avr	103.2	02-mai	17.2		27-oct
mais_g_LP	155	17	173	61.0	01-mai	20-avr	155.3	02-mai	17.2		27-oct
mais_g_FV	227	17	244	4.6	01-mai	20-avr	227.0	02-mai	17.2		27-oct
mais_gmin	0	52	52	9.0	01-mai			02-mai	51.5		27-oct
orgemin	0	112	112	65.0	27-oct			15-févr	44.7	01-avr	67.0
orgeLP	97	43	140	35.0	27-oct	10-mars	97.1	15-févr	42.9		17-juil
RGA_min	0	172	172	34.7				25-févr	42.9	11-avr	42.9
RGA_LP	116	129	245	10.2		25-févr	116.5	11-avr	42.9	07-mai	42.9
RGA_LB	65	129	193	10.2		25-févr	64.5	11-avr	42.9	07-mai	42.9
RGA_LPaut	116	0	116	0.0		15-sept	116.5			26-juin	42.9
RGA_LBaut	65	0	65	0.0		15-sept	64.5			26-juin	42.9
RGA_TB_min	0	86	86	44.1				11-avr	42.9	07-mai	42.9
RGA_TB_LP	116	43	159	13.0		25-févr	116.5	11-avr	42.9		
RGA_TB_LB	65	43	107	13.0		25-févr	64.5	11-avr	42.9		
RGA_TB_LPaut	116	0	116	0.0		15-sept	116.5				
RGA_TB_LBaut	65	0	65	0.0		15-sept	64.5				
pdtrmin	0	112	112	100.0	18-mars			19-mars	111.7		10-juil
prairie_p	0	43	43	100.0				01-mai	42.9		

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.06	0.04
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	18-sept			
sem_aut_RGA_tard	30-oct			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	18-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	30-oct			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	05-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	23-août			15-mars
cipan_rgi_tard	05-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	23-août			15-mars
itk_gel				15-sept
haie_resti		16-nov	resti	

Quillimadec

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte				
blemin	0	172	172	66.8	04-nov		15-févr	51.6	20-mars	86.0	07-avr	34.4	05-août	
bleLP	235	103	338	24.5	04-nov	10-mars	234.6	15-févr	51.6	07-avr	51.6		05-août	
bleLPaut	235	103	338	8.6	04-nov	01-nov	234.6	15-févr	51.6	07-avr	51.6		05-août	
brocoFB	268	43	311	50.0	23-août	24-août	268.1	25-août	43.0				15-janv	
brocomin	0	57	57	50.0	23-août			25-août	57.3				15-janv	
chouhFB	300	57	358	17.6	23-août	24-août	300.3	25-déc	57.3				15-févr	
chouhLP	320	57	377	56.0	23-août	24-août	319.9	25-déc	57.3				15-févr	
chouhFV	363	57	421	6.4	23-août	24-août	363.3	25-déc	57.3				15-févr	
chouhmin	0	115	115	20.0	23-août			24-août	57.3	25-déc	57.3		15-févr	
choutFB	300	57	358	19.8	23-août	24-août	300.3	05-févr	57.3				15-mars	
choutLP	320	57	377	63.0	23-août	24-août	319.9	05-févr	57.3				15-mars	
choutFV	363	57	421	7.2	23-août	24-août	363.3	05-févr	57.3				15-mars	
choutmin	0	172	172	10.0	23-août			24-août	57.3	25-févr	57.3	01-mars	57.3	15-mars
echalmin	0	52	52	100.0	18-mars			19-mars	51.6					10-juil
haricotmin	0	21	21	100.0	05-juin			06-juin	20.6					31-juil
mais_e_FB	290	23	313	29.7	01-mai	20-mars	289.6	02-mai	22.9					15-oct
mais_e_LB	194	23	217	10.5	01-mai	15-avr	194.0	02-mai	22.9					15-oct
mais_e_LP	277	23	300	47.0	01-mai	15-avr	277.2	02-mai	22.9					15-oct
mais_e_FV	374	23	397	8.6	01-mai	15-avr	373.9	02-mai	22.9					15-oct
mais_emin	0	92	92	4.1	01-mai			02-mai	91.7					15-oct
mais_g_FB	290	23	313	29.7	01-mai	20-mars	289.6	02-mai	22.9					01-nov
mais_g_LB	194	23	217	10.5	01-mai	15-avr	194.0	02-mai	22.9					01-nov
mais_g_LP	277	23	300	47.0	01-mai	15-avr	277.2	02-mai	22.9					01-nov
mais_g_FV	374	23	397	8.6	01-mai	15-avr	373.9	02-mai	22.9					01-nov
mais_gmin	0	92	92	4.1	01-mai			02-mai	91.7					01-nov
orgemin	0	132	132	66.8	27-oct			15-févr	52.7	01-avr	79.1			20-juil
orgeLP	213	57	271	33.2	27-oct	10-mars	213.2	15-févr	57.3					20-juil
RGA_min	0	103	103	32.0				01-mars	51.6	07-mai	51.6			
RGA_LP	181	92	273	11.5		20-févr	181.3	01-mai	45.9	10-juin	45.9			
RGA_LB	140	92	232	11.5		10-févr	140.1	01-mai	45.9	10-juin	45.9			
RGA_LPaut	181	0	181	3.1		15-sept	181.3							
RGA_LBaut	140	0	140	3.1		15-sept	140.1							
RGA_TB_min	0	103	103	40.7				01-mars	51.6	07-mai	51.6			
RGA_TB_LP	181	57	239	14.6		20-févr	181.3	15-mai	57.3					
RGA_TB_LB	140	57	197	14.6		10-févr	140.1	15-mai	57.3					
RGA_TB_LPaut	181	0	181	3.1		15-sept	181.3							
RGA_TB_LBaut	140	0	140	3.1		15-sept	140.1							
endivemin	0	57	57	100.0	15-avr			16-avr	57.3					01-nov
pdtmin	0	103	103	100.0	18-mars			19-mars	103.2					15-août
prairie_p	0	40	40	100.0				01-mai	40.1					

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte				
blemin	0	128	128	66.8	04-nov		15-févr	38.5	20-mars	64.1	07-avr	25.7	05-août	
bleLP	178	77	255	33.2	04-nov	10-mars	177.8	15-févr	38.5	07-avr	38.5		05-août	
bleLPaut	178	77	255	0.0	04-nov	01-nov	177.8	15-févr	38.5	07-avr	38.5		05-août	
brocoFB	202	32	234	50.0	23-août	24-août	202.2	25-août	32.1				15-janv	
brocomin	0	43	43	50.0	23-août			25-août	42.8				15-janv	
chouhFB	226	43	269	16.8	23-août	24-août	226.5	25-déc	42.8				15-févr	
chouhLP	242	43	285	56.0	23-août	24-août	242.5	25-déc	42.8				15-févr	
chouhFV	274	43	316	7.2	23-août	24-août	273.5	25-déc	42.8				15-févr	
chouhmin	0	86	86	20.0	23-août			24-août	42.8	25-déc	42.8		15-févr	
choutFB	226	43	269	18.9	23-août	24-août	226.5	05-févr	42.8				15-mars	
choutLP	242	43	285	63.0	23-août	24-août	242.5	05-févr	42.8				15-mars	
choutFV	274	43	316	8.1	23-août	24-août	273.5	05-févr	42.8				15-mars	
choutmin	0	128	128	10.0	23-août			24-août	42.8	25-févr	42.8	01-mars	42.8	15-mars
echalmin	0	38	38	100.0	18-mars			19-mars	38.5				10-juil	
haricotmin	0	15	15	100.0	05-juin			06-juin	15.4				31-juil	
mais_e_FB	218	17	236	40.3	01-mai	20-mars	218.4	02-mai	17.1				15-oct	
mais_e_LB	145	17	162	14.4	01-mai	15-avr	144.5	02-mai	17.1				15-oct	
mais_e_LP	210	17	227	36.4	01-mai	15-avr	210.2	02-mai	17.1				15-oct	
mais_e_FV	282	17	299	4.8	01-mai	15-avr	281.6	02-mai	17.1				15-oct	
mais_emin	0	68	68	4.1	01-mai			02-mai	68.4				15-oct	
mais_g_FB	218	17	236	40.3	01-mai	20-mars	218.4	02-mai	17.1				01-nov	
mais_g_LB	145	17	162	14.4	01-mai	15-avr	144.5	02-mai	17.1				01-nov	
mais_g_LP	210	17	227	36.4	01-mai	15-avr	210.2	02-mai	17.1				01-nov	
mais_g_FV	282	17	299	4.8	01-mai	15-avr	281.6	02-mai	17.1				01-nov	
mais_gmin	0	68	68	4.1	01-mai			02-mai	68.4				01-nov	
orgemin	0	98	98	66.8	27-oct			15-févr	39.3	01-avr	59.0		20-juil	
orgeLP	162	43	204	33.2	27-oct	10-mars	161.7	15-févr	42.8				20-juil	
RGA_min	0	77	77	32.0				01-mars	38.5	07-mai	38.5			
RGA_LP	137	68	206	11.5		20-févr	137.4	01-mai	34.2	10-juin	34.2			
RGA_LB	104	68	173	11.5		10-févr	104.4	01-mai	34.2	10-juin	34.2			
RGA_LPaut	137	0	137	0.0		15-sept	137.4							
RGA_LBaut	104	0	104	0.0		15-sept	104.4							
RGA_TB_min	0	77	77	40.7				01-mars	38.5	07-mai	38.5			
RGA_TB_LP	137	43	180	14.6		20-févr	137.4	15-mai	42.8					
RGA_TB_LB	104	43	147	14.6		10-févr	104.4	15-mai	42.8					
RGA_TB_LPaut	137	0	137	0.0		15-sept	137.4							
RGA_TB_LBaut	104	0	104	0.0		15-sept	104.4							
endivemin	0	43	43	100.0	15-avr			16-avr	42.8				01-nov	
pdtmin	0	77	77	100.0	18-mars			19-mars	77.0				15-août	
prairie_p	0	30	30	100.0				01-mai	29.9					

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	25-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	18-sept			
sem_aut_RGA_tard	03-nov			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	18-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	03-nov			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	05-oct			15-mars
cipan_moutarde_tot	23-août			15-mars
cipan_rgi_tard	05-oct			15-mars
cipan_rgi_tot	23-août			15-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti		16-nov	resti	

Kerharo

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	aporg2	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	91	91	52.1	20-nov			20-févr	27.2	20-mars	40.8	25-avr	22.7	01-août
bleLP	201	57	258	35.4	20-nov	01-mars	200.9	15-mars	34.0	30-avr	22.7			01-août
bleLPaut	201	57	258	12.4	20-nov	21-nov	200.9	15-mars	34.0	30-avr	22.7			01-août
mais_e_FB	302	11	313	14.7	01-mai	15-mars	301.9	02-mai	11.3					15-oct
mais_e_LB	140	11	152	9.8	01-mai	15-avr	140.3	02-mai	11.3					15-oct
mais_e_LP	301	11	313	60.6	01-mai	20-mars	301.3	02-mai	11.3					15-oct
mais_e_FV	401	11	412	5.6	01-mai	15-avr	401.1	02-mai	11.3					15-oct
mais_emin	0	84	84	9.3	01-mai			02-mai	83.8					15-oct
mais_g_FB	302	11	313	14.7	01-mai	15-mars	301.9	02-mai	11.3					01-nov
mais_g_LB	140	11	152	9.8	01-mai	15-avr	140.3	02-mai	11.3					01-nov
mais_g_LP	301	11	313	60.6	01-mai	20-mars	301.3	02-mai	11.3					01-nov
mais_g_FV	401	11	412	5.6	01-mai	15-avr	401.1	02-mai	11.3					01-nov
mais_gmin	0	84	84	9.3	01-mai			02-mai	83.8					01-nov
orgemin	0	65	65	52.1	05-nov			15-févr	26.1	01-avr	39.1			17-juil
orgeLP	201	28	229	47.9	05-nov	10-mars	200.9	15-févr	28.3					17-juil
RGA_min	0	96	96	29.5				10-mars	24.1	02-avr	33.7	30-avr	38.5	
RGA_LP	261	28	289	21.7		31-janv	156.7	16-avr	104.5	29-mai	28.3			
RGA_LB	140	28	169	3.8		31-janv	70.1	26-mars	70.1	29-mai	28.3			
RGA_LPaut	261	0	261	5.9		15-sept	261.1							
RGA_LBaut	140	0	140	1.0		15-sept	140.3							
RGA_TB_min	0	96	96	37.5				10-mars	24.1	02-avr	33.7	30-avr	38.5	
RGA_TB_LP	181	34	215	27.6		15-mars	180.8	15-avr	34.0					
RGA_TB_LB	130	34	164	4.9		15-févr	130.2	14-mars	17.0	25-mai	17.0			
RGA_TB_LPaut	181	0	181	5.9		15-sept	180.8							
RGA_TB_LBaut	130	0	130	1.0		15-sept	130.2							
prairie_p	0	37	37	100.0				01-avr	36.8					

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	aporg2	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	91	91	52.1	20-nov			20-févr	27.4	20-mars	41.1	25-avr	22.8	01-août
bleLP	162	57	219	47.9	20-nov	01-mars	161.6	15-mars	34.3	30-avr	22.8			01-août
bleLPaut	162	57	219	0.0	20-nov	21-nov	161.6	15-mars	34.3	30-avr	22.8			01-août
mais_e_FB	242	11	253	16.5	01-mai	15-mars	241.8	02-mai	11.4					15-oct
mais_e_LB	112	11	124	10.9	01-mai	15-avr	112.4	02-mai	11.4					15-oct
mais_e_LP	242	11	254	55.9	01-mai	20-mars	242.3	02-mai	11.4					15-oct
mais_e_FV	321	11	333	7.4	01-mai	15-avr	321.2	02-mai	11.4					15-oct
mais_emin	0	85	85	9.3	01-mai			02-mai	84.5					15-oct
mais_g_FB	242	11	253	16.5	01-mai	15-mars	241.8	02-mai	11.4					01-nov
mais_g_LB	112	11	124	10.9	01-mai	15-avr	112.4	02-mai	11.4					01-nov
mais_g_LP	242	11	254	55.9	01-mai	20-mars	242.3	02-mai	11.4					01-nov
mais_g_FV	321	11	333	7.4	01-mai	15-avr	321.2	02-mai	11.4					01-nov
mais_gmin	0	85	85	9.3	01-mai			02-mai	84.5					01-nov
orgemin	0	66	66	52.1	05-nov			15-févr	26.3	01-avr	39.4			17-juil
orgeLP	162	29	190	47.9	05-nov	10-mars	161.6	15-févr	28.5					17-juil
RGA_min	0	97	97	29.5				10-mars	24.3	02-avr	34.0	30-avr	38.8	
RGA_LP	210	29	239	21.7		31-janv	126.0	16-avr	84.0	29-mai	28.5			
RGA_LB	112	29	141	3.8		31-janv	56.2	26-mars	56.2	29-mai	28.5			
RGA_LPaut	210	0	210	0.0		15-sept	210.0							
RGA_LBaut	112	0	112	0.0		15-sept	112.4							
RGA_TB_min	0	97	97	37.5				10-mars	24.3	02-avr	34.0	30-avr	38.8	
RGA_TB_LP	145	34	180	27.6		15-mars	145.4	15-avr	34.3					
RGA_TB_LB	104	34	139	4.9		15-févr	104.4	14-mars	17.1	25-mai	17.1			
RGA_TB_LPaut	145	0	145	0.0		15-sept	145.4							
RGA_TB_LBaut	104	0	104	0.0		15-sept	104.4							
prairie_p	0	37	37	100.0				01-avr	37.1					

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	03-nov			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	03-nov			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	05-oct			12-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			01-mars
cipan_rgi_tard	05-oct			11-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			01-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti		16-nov	resti	

Lapic

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITks_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	aporg2	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	86	86	52.1	20-nov			20-févr	25.9	20-mars	38.9	25-avr	21.6	01-août
bleLP	177	54	231	35.4	20-nov	01-mars	177.3	15-mars	32.4	30-avr	21.6			01-août
bleLPaut	177	54	231	12.4	20-nov	21-nov	177.3	15-mars	32.4	30-avr	21.6			01-août
mais_e_FB	266	11	276	31.8	01-mai	15-mars	265.6	02-mai	10.8					15-oct
mais_e_LB	124	11	135	20.2	01-mai	15-avr	124.0	02-mai	10.8					15-oct
mais_e_LP	266	11	277	25.0	01-mai	20-mars	265.9	02-mai	10.8					15-oct
mais_e_FV	354	11	365	13.6	01-mai	15-avr	353.7	02-mai	10.8					15-oct
mais_emin	0	80	80	9.3	01-mai			02-mai	79.9					15-oct
mais_g_FB	266	11	276	31.8	01-mai	15-mars	265.6	02-mai	10.8					01-nov
mais_g_LB	124	11	135	20.2	01-mai	15-avr	124.0	02-mai	10.8					01-nov
mais_g_LP	266	11	277	25.0	01-mai	20-mars	265.9	02-mai	10.8					01-nov
mais_g_FV	354	11	365	13.6	01-mai	15-avr	353.7	02-mai	10.8					01-nov
mais_gmin	0	80	80	9.3	01-mai			02-mai	79.9					01-nov
RGA_min	0	92	92	29.5				10-mars	22.9	02-avr	32.1	30-avr	36.7	
RGA_LP	230	27	257	21.7		31-janv	138.3	16-avr	92.2	29-mai	27.0			
RGA_LB	124	27	151	3.8		31-janv	62.0	26-mars	62.0	29-mai	27.0			
RGA_LPaut	230	0	230	5.9		15-sept	230.5							
RGA_LBaut	124	0	124	1.0		15-sept	124.0							
RGA_TB_min	0	92	92	37.5				10-mars	22.9	02-avr	32.1	30-avr	36.7	
RGA_TB_LP	160	32	192	27.6		15-mars	159.6	15-avr	32.4					
RGA_TB_LB	115	32	148	4.9		15-févr	115.2	14-mars	16.2	25-mai	16.2			
RGA_TB_LPaut	160	0	160	5.9		15-sept	159.6							
RGA_TB_LBaut	115	0	115	1.0		15-sept	115.2							
triticalemin	0	76	76	52.1	10-nov			15-févr	30.2	01-avr	45.3			01-août
triticaleLP	177	43	220	47.9	10-nov	15-mars	177.3	15-févr	43.2					01-août
prairie_p	0	35	35	100.0				01-avr	35.1					

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	aporg2	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	87	87	52.1	20-nov			20-févr	26.1	20-mars	39.2	25-avr	21.8	01-août
bleLP	146	54	200	47.9	20-nov	01-mars	145.8	15-mars	32.6	30-avr	21.8			01-août
bleLPaut	146	54	200	0.0	20-nov	21-nov	145.8	15-mars	32.6	30-avr	21.8			01-août
mais_e_FB	219	11	230	30.8	01-mai	15-mars	218.7	02-mai	10.9					15-oct
mais_e_LB	101	11	112	19.4	01-mai	15-avr	101.4	02-mai	10.9					15-oct
mais_e_LP	219	11	230	30.4	01-mai	20-mars	218.7	02-mai	10.9					15-oct
mais_e_FV	292	11	303	10.0	01-mai	15-avr	291.8	02-mai	10.9					15-oct
mais_emin	0	81	81	9.3	01-mai			02-mai	80.5					15-oct
mais_g_FB	219	11	230	30.8	01-mai	15-mars	218.7	02-mai	10.9					01-nov
mais_g_LB	101	11	112	19.4	01-mai	15-avr	101.4	02-mai	10.9					01-nov
mais_g_LP	219	11	230	30.4	01-mai	20-mars	218.7	02-mai	10.9					01-nov
mais_g_FV	292	11	303	10.0	01-mai	15-avr	291.8	02-mai	10.9					01-nov
mais_gmin	0	81	81	9.3	01-mai			02-mai	80.5					01-nov
RGA_min	0	92	92	29.5				10-mars	23.1	02-avr	32.4	30-avr	37.0	
RGA_LP	190	27	217	21.7		31-janv	113.7	16-avr	75.8	29-mai	27.2			
RGA_LB	101	27	129	3.8		31-janv	50.7	26-mars	50.7	29-mai	27.2			
RGA_LPaut	190	0	190	0.0		15-sept	189.6							
RGA_LBaut	101	0	101	0.0		15-sept	101.4							
RGA_TB_min	0	92	92	37.5				10-mars	23.1	02-avr	32.4	30-avr	37.0	
RGA_TB_LP	131	33	164	27.6		15-mars	131.2	15-avr	32.6					
RGA_TB_LB	94	33	127	4.9		15-févr	94.1	14-mars	16.3	25-mai	16.3			
RGA_TB_LPaut	131	0	131	0.0		15-sept	131.2							
RGA_TB_LBaut	94	0	94	0.0		15-sept	94.1							
triticalemin	0	76	76	52.1	10-nov			15-févr	30.5	01-avr	45.7			01-août
triticaleLP	146	44	189	47.9	10-nov	15-mars	145.8	15-févr	43.5					01-août
prairie_p	0	35	35	100.0				01-avr	35.4					

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	03-nov			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	03-nov			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	05-oct			12-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			01-mars
cipan_rgi_tard	05-oct			11-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			01-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti		16-nov	resti	

Ris

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITKs_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	aporg2	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	141	141	88.6	20-nov			20-févr	42.3	20-mars	63.4	25-avr	35.2	01-août
bleLP	150	88	238	8.4	20-nov	01-mars	149.6	15-mars	52.9	30-avr	35.2			01-août
bleLPaut	150	88	238	3.0	20-nov	21-nov	149.6	15-mars	52.9	30-avr	35.2			01-août
haricotmin	0	16	16	100.0	05-juin			06-juin	15.9					31-juil
mais_e_FB	225	18	243	55.0	01-mai	15-mars	225.0	02-mai	17.6					15-oct
mais_e_LB	106	18	124	37.5	01-mai	15-avr	106.0	02-mai	17.6					15-oct
mais_e_LP	224	18	242	3.4	01-mai	20-mars	224.5	02-mai	17.6					15-oct
mais_e_FV	298	18	315	1.4	01-mai	15-avr	297.6	02-mai	17.6					15-oct
mais_emin	0	130	130	2.6	01-mai			02-mai	130.4					15-oct
mais_g_FB	225	18	243	55.0	01-mai	15-mars	225.0	02-mai	17.6					01-nov
mais_g_LB	106	18	124	37.5	01-mai	15-avr	106.0	02-mai	17.6					01-nov
mais_g_LP	224	18	242	3.4	01-mai	20-mars	224.5	02-mai	17.6					01-nov
mais_g_FV	298	18	315	1.4	01-mai	15-avr	297.6	02-mai	17.6					01-nov
mais_gmin	0	130	130	2.6	01-mai			02-mai	130.4					01-nov
poismin	0	16	16	100.0	25-mars			26-mars	15.9					12-juil
RGA_min	0	150	150	39.7				10-mars	37.4	02-avr	52.4	30-avr	59.9	
RGA_LP	195	44	239	13.0		31-janv	116.7	16-avr	77.8	29-mai	44.1			
RGA_LB	106	44	150	2.3		31-janv	53.0	26-mars	53.0	29-mai	44.1			
RGA_LPaut	195	0	195	3.5		15-sept	194.5							
RGA_LBaut	106	0	106	0.6		15-sept	106.0							
RGA_TB_min	0	150	150	50.5				10-mars	37.4	02-avr	52.4	30-avr	59.9	
RGA_TB_LP	135	53	188	16.5		15-mars	134.7	15-avr	52.9					
RGA_TB_LB	98	53	151	2.9		15-févr	98.4	14-mars	26.4	25-mai	26.4			
RGA_TB_LPaut	135	0	135	3.5		15-sept	134.7							
RGA_TB_LBaut	98	0	98	0.6		15-sept	98.4							
triticalemin	0	123	123	88.6	10-nov			15-févr	49.3	01-avr	74.0			01-août
triticaleLP	150	70	220	11.4	10-nov	15-mars	149.6	15-févr	70.5					01-août
prairie_p	0	57	57	100.0				01-avr	57.3					

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	aporg2	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	142	142	88.6	20-nov			20-févr	42.6	20-mars	64.0	25-avr	35.5	01-août
bleLP	145	89	234	11.4	20-nov	01-mars	145.0	15-mars	53.3	30-avr	35.5			01-août
bleLPaut	145	89	234	0.0	20-nov	21-nov	145.0	15-mars	53.3	30-avr	35.5			01-août
haricotmin	0	16	16	100.0	05-juin			06-juin	16.0					31-juil
mais_e_FB	218	18	236	56.8	01-mai	15-mars	218.3	02-mai	17.8					15-oct
mais_e_LB	101	18	119	39.3	01-mai	15-avr	101.5	02-mai	17.8					15-oct
mais_e_LP	217	18	235	1.3	01-mai	20-mars	217.5	02-mai	17.8					15-oct
mais_e_FV	200	18	218	0.0	01-mai	15-avr	200.0	02-mai	17.8					15-oct
mais_emin	0	131	131	2.6	01-mai			02-mai	131.5					15-oct
mais_g_FB	218	18	236	56.8	01-mai	15-mars	218.3	02-mai	17.8					01-nov
mais_g_LB	101	18	119	39.3	01-mai	15-avr	101.5	02-mai	17.8					01-nov
mais_g_LP	217	18	235	1.3	01-mai	20-mars	217.5	02-mai	17.8					01-nov
mais_g_FV	200	18	218	0.0	01-mai	15-avr	200.0	02-mai	17.8					01-nov
mais_gmin	0	131	131	2.6	01-mai			02-mai	131.5					01-nov
poismin	0	16	16	100.0	25-mars			26-mars	16.0					12-juil
RGA_min	0	151	151	39.7				10-mars	37.8	02-avr	52.9	30-avr	60.4	
RGA_LP	188	44	233	13.0		31-janv	113.1	16-avr	75.4	29-mai	44.4			
RGA_LB	101	44	146	2.3		31-janv	50.7	26-mars	50.7	29-mai	44.4			
RGA_LPaut	188	0	188	0.0		15-sept	188.5							
RGA_LBaut	101	0	101	0.0		15-sept	101.5							
RGA_TB_min	0	151	151	50.5				10-mars	37.8	02-avr	52.9	30-avr	60.4	
RGA_TB_LP	130	53	184	16.5		15-mars	130.5	15-avr	53.3					
RGA_TB_LB	94	53	148	2.9		15-févr	94.2	14-mars	26.6	25-mai	26.6			
RGA_TB_LPaut	130	0	130	0.0		15-sept	130.5							
RGA_TB_LBaut	94	0	94	0.0		15-sept	94.2							
triticalemin	0	124	124	88.6	10-nov			15-févr	49.7	01-avr	74.6			01-août
triticaleLP	145	71	216	11.4	10-nov	15-mars	145.0	15-févr	71.1					01-août
prairie_p	0	58	58	100.0				01-avr	57.7					

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_tard	03-nov			
ret_aut_RGA				14-sept
ret_print_RGA				17-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	01-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	03-nov			
ret_aut_RGA_TB				14-sept
ret_print_RGA_TB				17-mars
cipan_moutarde_tard	05-oct			12-mars
cipan_moutarde_tot	01-sept			01-mars
cipan_rgi_tard	05-oct			11-mars
cipan_rgi_tot	01-sept			01-mars
itk_gel				15-sept
haie_resti		16-nov	resti	

St Laurent

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITKs_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	205	205	89.2	01-nov		15-févr	61.4	01-avr	81.8	01-mai	61.4	25-juil
bleLP	139	88	226	4.0	01-nov	01-mars	139	01-avr	87.6				25-juil
bleLPaut	139	88	226	1.4	01-nov	02-nov	139	01-avr	87.6				25-juil
bleFV	183	88	270	5.4	01-nov	15-févr	183	01-avr	87.6				25-juil
colzaLPaut	115	146	262	16.0	13-sept	14-sept	115	15-févr	73.0	15-mars	73.0		10-juil
colzaFBaut	199	146	345	8.0	13-sept	14-sept	199	15-févr	73.0	15-mars	73.0		10-juil
colzaFVaut	171	146	317	16.0	13-sept	14-sept	171	15-févr	73.0	15-mars	73.0		10-juil
colzamin	0	175	175	60.0	13-sept			15-févr	87.6	15-mars	87.6		10-juil
epiFV	240	146	386	100.0	05-avr	06-avr	240	07-avr	73.0	25-avr	73.0		25-juin
haricotFB	114	73	187	40.0	01-juin	02-juin	114	03-juin	73.0				10-sept
haricotLP	150	73	223	60.0	01-juin	02-juin	150	03-juin	73.0				10-sept
mais_e_FB	199	22	221	27.5	25-avr	15-mars	199	26-avr	21.9				20-sept
mais_e_LP	115	22	137	36.0	25-avr	05-avr	115	26-avr	21.9				20-sept
mais_e_FV	171	22	193	36.5	25-avr	05-avr	171	26-avr	21.9				20-sept
mais_emin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		20-sept
mais_g_FB	199	22	221	27.5	25-avr	15-mars	199	26-avr	21.9				28-oct
mais_g_LP	115	22	137	36.0	25-avr	05-avr	115	26-avr	21.9				28-oct
mais_g_FV	171	22	193	36.5	25-avr	05-avr	171	26-avr	21.9				28-oct
mais_gmin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		28-oct
poismin	0	58	58	100.0	15-mars			30-mai	58.4				01-juil
RGA_minP	0	146	146	44.5				15-mars	73.0	15-mai	73.0		
RGA_LP_P	127	80	207	1.8		25-janv	127	15-mars	40.2	15-mai	40.2		
RGA_LB_P	147	80	228	11.4		25-janv	147	15-mars	40.2	15-mai	40.2		
RGA_LPaut	127	0	127	0.5		15-sept	127						
RGA_LBaut	147	0	147	3.1		15-sept	147						
RGA_FBaut	80	0	80	6.0		15-oct	80						
RGA_TB_minP	0	88	88	55.0				15-mars	43.8	15-mai	43.8		
RGA_TB_LP_P	81	80	161	2.3		25-janv	81	15-mars	40.2	15-mai	40.2		
RGA_TB_LB_P	91	80	171	14.5		25-janv	91	15-mars	40.2	15-mai	40.2		
RGA_TB_LPaut	81	0	81	0.5		15-sept	81						
RGA_TB_LBaut	91	0	91	3.1		15-sept	91						
RGA_TB_FBaut	80	0	80	6.0		15-oct	80						
prairie_p	0	73	73	100.0				15-mars	73.0				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	206	206	89.2	01-nov		15-févr	61.9	01-avr	82.5	01-mai	61.9	25-juil
bleLP	179	88	268	5.4	01-nov	01-mars	179	01-avr	88.4				25-juil
bleLPaut	179	88	268	0.0	01-nov	02-nov	179	01-avr	88.4				25-juil
bleFV	240	88	329	5.4	01-nov	15-févr	240	01-avr	88.4				25-juil
colzaLPaut	149	147	297	16.0	13-sept	14-sept	149	15-févr	73.6	15-mars	73.6		10-juil
colzaFBaut	258	147	405	8.0	13-sept	14-sept	258	15-févr	73.6	15-mars	73.6		10-juil
colzaFVaut	225	147	373	16.0	13-sept	14-sept	225	15-févr	73.6	15-mars	73.6		10-juil
colzamin	0	177	177	60.0	13-sept			15-févr	88.4	15-mars	88.4		10-juil
epiFV	315	147	463	100.0	05-avr	06-avr	315	07-avr	73.6	25-avr	73.6		25-juin
haricotFB	147	74	221	40.0	01-juin	02-juin	147	03-juin	73.6				10-sept
haricotLP	194	74	268	60.0	01-juin	02-juin	194	03-juin	73.6				10-sept
mais_e_FB	258	22	280	29.0	25-avr	15-mars	258	26-avr	22.1				20-sept
mais_e_LP	149	22	172	28.0	25-avr	05-avr	149	26-avr	22.1				20-sept
mais_e_FV	225	22	247	43.0	25-avr	05-avr	225	26-avr	22.1				20-sept
mais_emin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		20-sept
mais_g_FB	258	22	280	29.0	25-avr	15-mars	258	26-avr	22.1				28-oct
mais_g_LP	149	22	172	28.0	25-avr	05-avr	149	26-avr	22.1				28-oct
mais_g_FV	225	22	247	43.0	25-avr	05-avr	225	26-avr	22.1				28-oct
mais_gmin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		28-oct
poismin	0	59	59	100.0	15-mars			30-mai	58.9				01-juil
RGA_minP	0	147	147	42.1				15-mars	73.6	15-mai	73.6		
RGA_LP_P	164	81	245	0.0		25-janv	164	15-mars	40.5	15-mai	40.5		
RGA_LB_P	195	81	276	14.5		25-janv	195	15-mars	40.5	15-mai	40.5		
RGA_LPaut	164	0	164	0.0		15-sept	164						
RGA_LBaut	195	0	195	0.0		15-sept	195						
RGA_FBaut	103	0	103	3.6		15-oct	103						
RGA_TB_minP	0	88	88	52.6				15-mars	44.2	15-mai	44.2		
RGA_TB_LP_P	105	81	186	0.0		25-janv	105	15-mars	40.5	15-mai	40.5		
RGA_TB_LB_P	120	81	201	18.5		25-janv	120	15-mars	40.5	15-mai	40.5		
RGA_TB_LPaut	105	0	105	0.0		15-sept	105						
RGA_TB_LBaut	120	0	120	0.0		15-sept	120						
RGA_TB_FBaut	103	0	103	3.6		15-oct	103						
prairie_p	0	74	74	100.0				15-mars	73.6				

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.00	0.00
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	25-sept			
sem_aut_RGA_tard	05-nov			
ret_aut_RGA				25-sept
ret_print_RGA				12-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	25-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	05-nov			
ret_aut_RGA_TB				25-sept
ret_print_RGA_TB				12-mars
cipan_moutarde_tard	10-oct			01-mars
cipan_moutarde_tot	15-août			01-mars
cipan_rgi_tard	10-oct			01-mars
cipan_rgi_tot	15-août			01-mars
itk_gel			15-sept	
haie_resti		16-nov	resti	

Moros

Itinéraires techniques des cultures et des prairies, périodes 1 et 3

ITKs_p1	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	174	174	95.7	01-nov		15-févr	52.3	01-avr	69.8	01-mai	52.3	25-juil
bleLP	105	75	179	1.6	01-nov	01-mars	105	01-avr	74.8				25-juil
bleLPaut	105	75	179	0.6	01-nov	02-nov	105	01-avr	74.8				25-juil
bleFV	139	75	214	2.2	01-nov	15-févr	139	01-avr	74.8				25-juil
epiFV	182	125	307	100.0	05-avr	06-avr	182	07-avr	62.3	25-avr	62.3		25-juin
haricotFB	87	62	149	40.0	01-juin	02-juin	87	03-juin	62.3				10-sept
haricotLP	113	62	176	60.0	01-juin	02-juin	113	03-juin	62.3				10-sept
mais_e_FB	152	19	170	39.0	25-avr	15-mars	152	26-avr	18.7				20-sept
mais_e_LP	87	19	106	47.5	25-avr	05-avr	87	26-avr	18.7				20-sept
mais_e_FV	130	19	149	13.5	25-avr	05-avr	130	26-avr	18.7				20-sept
mais_emin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		20-sept
mais_g_FB	152	19	170	39.0	25-avr	15-mars	152	26-avr	18.7				28-oct
mais_g_LP	87	19	106	47.5	25-avr	05-avr	87	26-avr	18.7				28-oct
mais_g_FV	130	19	149	13.5	25-avr	05-avr	130	26-avr	18.7				28-oct
mais_gmin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		28-oct
poismin	0	50	50	100.0	15-mars			30-mai	49.9				01-juil
RGA_min	0	125	125	44.2				15-mars	62.3	15-mai	62.3		
RGA_LP	96	69	164	2.8		25-janv	96	15-mars	34.3	15-mai	34.3		
RGA_LB	113	69	181	10.6		25-janv	113	15-mars	34.3	15-mai	34.3		
RGA_LPaut	96	0	96	0.8		15-sept	96						
RGA_LBaut	113	0	113	2.9		15-sept	113						
RGA_FBaut	61	0	61	5.7		15-oct	61						
RGA_TB_min	0	75	75	54.7				15-mars	37.4	15-mai	37.4		
RGA_TB_LP	61	69	130	3.6		25-janv	61	15-mars	34.3	15-mai	34.3		
RGA_TB_LB	69	69	138	13.4		25-janv	69	15-mars	34.3	15-mai	34.3		
RGA_TB_LPaut	61	0	61	0.8		15-sept	61						
RGA_TB_LBaut	69	0	69	2.9		15-sept	69						
RGA_TB_FBaut	61	0	61	5.7		15-oct	61						
triticalemin	0	162	162	100.0	01-nov			01-mars	81.0	15-avr	81.0		25-juil
prairie_p	0	62	62	100.0				15-mars	62.3				

ITKs_p3	N_org	N_min	N_total	%_ITK	semis	aporg1	min1	min2	min3	recolte			
blemin	0	176	176	95.7	01-nov		15-févr	52.8	01-avr	70.4	01-mai	52.8	25-juil
bleLP	108	75	183	4.3	01-nov	01-mars	108	01-avr	75.4				25-juil
bleLPaut	108	75	183	0.0	01-nov	02-nov	108	01-avr	75.4				25-juil
bleFV	0	75	75	0.0	01-nov	15-févr	0	01-avr	75.4				25-juil
epiFV	0	126	126	100.0	05-avr	06-avr	0	07-avr	62.8	25-avr	62.8		25-juin
haricotFB	90	63	153	40.0	01-juin	02-juin	90	03-juin	62.8				10-sept
haricotLP	117	63	179	60.0	01-juin	02-juin	117	03-juin	62.8				10-sept
mais_e_FB	158	19	176	36.0	25-avr	15-mars	158	26-avr	18.8				20-sept
mais_e_LP	90	19	108	64.0	25-avr	05-avr	90	26-avr	18.8				20-sept
mais_e_FV	0	19	19	0.0	25-avr	05-avr	0	26-avr	18.8				20-sept
mais_emin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		20-sept
mais_g_FB	158	19	176	36.0	25-avr	15-mars	158	26-avr	18.8				28-oct
mais_g_LP	90	19	108	64.0	25-avr	05-avr	90	26-avr	18.8				28-oct
mais_g_FV	0	19	19	0.0	25-avr	05-avr	0	26-avr	18.8				28-oct
mais_gmin	0	0	0	0.0	25-avr			26-avr	0.0	01-juin	0.0		28-oct
poismin	0	50	50	100.0	15-mars			30-mai	50.3				01-juil
RGA_min	0	126	126	44.5				15-mars	62.8	15-mai	62.8		
RGA_LP	99	69	168	1.7		25-janv	99	15-mars	34.6	15-mai	34.6		
RGA_LB	114	69	184	11.6		25-janv	114	15-mars	34.6	15-mai	34.6		
RGA_LPaut	99	0	99	0.0		15-sept	99						
RGA_LBaut	114	0	114	0.0		15-sept	114						
RGA_FBaut	63	0	63	6.0		15-oct	63						
RGA_TB_min	0	75	75	55.0				15-mars	37.7	15-mai	37.7		
RGA_TB_LP	63	69	132	2.1		25-janv	63	15-mars	34.6	15-mai	34.6		
RGA_TB_LB	70	69	140	14.7		25-janv	70	15-mars	34.6	15-mai	34.6		
RGA_TB_LPaut	63	0	63	0.0		15-sept	63						
RGA_TB_LBaut	70	0	70	0.0		15-sept	70						
RGA_TB_FBaut	63	0	63	6.0		14-oct	63						
triticalemin	0	163	163	100.0	01-nov			01-mars	81.7	15-avr	81.7		25-juil
prairie_p	0	63	63	100.0				15-mars	62.8				

Modes d'exploitations des prairies

ITKs	%_ITK	fauche	paturage1	paturage2	paturage3	paturage4	paturage5
RGA_P	55.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_PFP	45.0	20-juin	10-avr	20-juil			
RGA_aut	100.0		15-oct				
RGA_TB_P	70.0		10-avr	06-mai	25-mai	25-juin	25-juil
RGA_TB_FP	30.0	25-mai	15-juin	30-juil			
RGA_TB_aut	100.0		15-oct				
prairie_p	100.0		30-avr	01-juin	15-juil	15-oct	

Proportion des apports de lisier à l'automne sur céréales et prairies

Période	Proportion apports d'aut.	
	céréales	prairies
p1	0.26	0.15
p2	0.06	0.03
p3	0.00	0.00

Itinéraires techniques génériques

ITKs generiques	semis	aporg1	fauche	recolte
sem_aut_RGA_tot	25-sept			
sem_aut_RGA_tard	05-nov			
ret_aut_RGA				25-sept
ret_print_RGA				12-mars
sem_aut_RGA_TB_tot	25-sept			
sem_aut_RGA_TB_tard	05-nov			
ret_aut_RGA_TB				25-sept
ret_print_RGA_TB				12-mars
cipan_moutarde_tard	10-oct			01-mars
cipan_moutarde_tot	15-août			01-mars
cipan_rgi_tard	10-oct			01-mars
cipan_rgi_tot	15-août			01-mars
itk_gel				15-sept
haie_resti	16-nov	resti		

Annexe 7 : Matrices de transition avant et arrière : génération des occupations du sol estivales

Frémur

AVANT	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.16	0.127	0	0.211	0.378	0.06	0	0.047	0.017
colza	0.822	0.026	0	0.045	0.079	0.02	0	0.006	0.002
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.596	0	0	0.121	0.215	0.043	0	0.018	0.007
mais_g	0.598	0	0	0.12	0.215	0.043	0	0.018	0.006
orge	0.072	0.107	0	0.219	0.394	0.086	0	0.09	0.032
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.029	0	0	0.051	0.09	0.009	0	0.821	0
RGA_TB	0.029	0	0	0.051	0.09	0.009	0	0	0.821

ARRIERE	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.161	0.117	0	0.258	0.436	0.009	0	0.015	0.004
colza	0.879	0.028	0	0	0	0.093	0	0	0
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.505	0.016	0	0.125	0.21	0.066	0	0.061	0.017
mais_g	0.508	0.015	0	0.125	0.21	0.066	0	0.06	0.017
orge	0.468	0.021	0	0.144	0.241	0.082	0	0.035	0.01
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.097	0.003	0	0.016	0.028	0.022	0	0.835	0
RGA_TB	0.12	0.001	0	0.021	0.029	0.029	0	0	0.8

Gouessant

AVANT	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.169	0.114	0	0.297	0.221	0.161	0	0.025	0.013
colza	0.892	0.016	0	0.023	0.008	0	0	0.04	0.021
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.655	0	0	0.149	0.095	0.014	0	0.055	0.032
mais_g	0.655	0	0	0.148	0.096	0.015	0	0.054	0.032
orge	0.146	0.156	0	0.312	0.21	0.058	0	0.075	0.043
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.029	0	0	0.083	0.058	0.009	0	0.821	0
RGA_TB	0.029	0	0	0.083	0.058	0.009	0	0	0.821

ARRIERE	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.163	0.13	0	0.362	0.289	0.035	0	0.013	0.007
colza	0.744	0.016	0	0	0	0.24	0	0	0
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.502	0.006	0	0.144	0.114	0.131	0	0.066	0.037
mais_g	0.532	0.003	0	0.131	0.105	0.127	0	0.065	0.037
orge	0.805	0	0	0.04	0.037	0.085	0	0.021	0.012
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.052	0.013	0	0.065	0.057	0.048	0	0.766	0
RGA_TB	0.047	0.012	0	0.067	0.059	0.048	0	0	0.768

Urne

AVANT	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.112	0.112	0	0.439	0.108	0.175	0	0.034	0.020
colza	0.835	0.016	0	0.065	0.016	0.006	0	0.034	0.028
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.598	0	0	0.235	0.058	0.029	0	0.045	0.035
mais_g	0.598	0	0	0.235	0.059	0.029	0	0.045	0.034
orge	0.091	0.154	0	0.459	0.113	0.072	0	0.067	0.044
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.029	0	0	0.113	0.028	0.009	0	0.821	0
RGA_TB	0.029	0	0	0.113	0.028	0.009	0	0	0.821

ARRIERE	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.112	0.13	0	0.567	0.137	0.021	0	0.023	0.01
colza	0.748	0.014	0	0	0	0.238	0	0	0
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.457	0.011	0	0.232	0.056	0.111	0	0.093	0.041
mais_g	0.457	0.01	0	0.232	0.057	0.111	0	0.093	0.04
orge	0.738	0.005	0	0.116	0.028	0.07	0	0.03	0.013
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.047	0.007	0	0.059	0.014	0.021	0	0.852	0
RGA_TB	0.057	0.013	0	0.094	0.022	0.029	0	0	0.785

Gouet

AVANT	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.114	0.087	0	0.379	0.047	0.242	0	0.088	0.043
colza	0.837	0.016	0	0	0	0.076	0	0.06	0.011
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.601	0	0	0.154	0.019	0.095	0	0.065	0.066
mais_g	0.601	0	0	0.155	0.022	0.095	0	0.065	0.062
orge	0.092	0.129	0	0.422	0.052	0.138	0	0.125	0.042
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.029	0	0	0.126	0.015	0.009	0	0.821	0
RGA_TB	0.029	0	0	0.126	0.015	0.009	0	0	0.821

ARRIERE	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.114	0.121	0	0.591	0.071	0.039	0	0.043	0.019
colza	0.604	0.014	0	0	0	0.382	0	0	0
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.38	0	0	0.152	0.018	0.181	0	0.186	0.084
mais_g	0.385	0	0	0.153	0.02	0.18	0	0.18	0.081
orge	0.556	0.025	0	0.214	0.026	0.135	0	0.03	0.014
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.063	0.006	0	0.046	0.005	0.038	0	0.842	0
RGA_TB	0.064	0.003	0	0.096	0.011	0.027	0	0	0.799

lc

AVANT	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.198	0.111	0	0.289	0.217	0.161	0	0.014	0.010
colza	0.921	0.016	0	0.023	0.017	0	0	0.015	0.008
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.684	0	0	0.144	0.108	0.014	0	0.032	0.018
mais_g	0.684	0	0	0.144	0.109	0.014	0	0.032	0.017
orge	0.177	0.161	0	0.303	0.228	0.055	0	0.060	0.016
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.029	0	0	0.081	0.06	0.009	0	0.821	0
RGA_TB	0.029	0	0	0.081	0.06	0.009	0	0.000	0.821

ARRIERE	ble	colza	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.195	0.128	0	0.363	0.263	0.033	0	0.014	0.004
colza	0.776	0.015	0	0	0	0.209	0	0	0
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.541	0.006	0	0.144	0.105	0.106	0	0.076	0.022
mais_g	0.541	0.006	0	0.144	0.106	0.106	0	0.075	0.022
orge	0.846	0	0	0.04	0.029	0.054	0	0.023	0.008
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.033	0.005	0	0.04	0.029	0.026	0	0.867	0
RGA_TB	0.067	0.006	0	0.063	0.044	0.021	0	0	0.799

Kerharo

AVANT	ble	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.225	0	0.188	0.372	0.128	0	0.020	0.067
gel	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.580	0	0.112	0.231	0.059	0	0.011	0.007
mais_g	0.580	0	0.112	0.231	0.059	0	0.010	0.008
orge	0.228	0	0.179	0.358	0.103	0	0.030	0.102
prairie_p	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.022	0	0.078	0.134	0.017	0	0.749	0
RGA_TB	0.022	0	0.078	0.134	0.017	0	0	0.749

ARRIERE	ble	gel	mais_e	mais_g	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.227	0	0.251	0.457	0.053	0	0.003	0.009
gel	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.460	0	0.120	0.216	0.100	0	0.033	0.071
mais_g	0.460	0	0.123	0.226	0.101	0	0.029	0.061
orge	0.558	0	0.107	0.197	0.102	0	0.013	0.023
prairie_p	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.112	0	0.029	0.046	0.039	0	0.774	0
RGA_TB	0.182	0	0.008	0.015	0.063	0	0	0.732

Douron

AVANT	artichaut1	artichaut2	artichaut3	ble	sol_nu	gel	mais_e	orge	RGA	RGA_TB	prairie_p	triticale
artichaut1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut3	0	0	0	0.094	0.689	0	0	0.078	0.016	0.123	0	0
ble	0	0	0	0.058	0.089	0	0.431	0.21	0.041	0.171	0	0
sol_nu	0.028	0	0	0.123	0.509	0	0	0.129	0.013	0.198	0	0
gel	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0	0	0	0.32	0	0	0.233	0.142	0.026	0.121	0	0.158
orge	0	0	0	0.116	0.049	0	0.39	0.18	0.05	0.215	0	0
RGA	0	0	0	0.011	0	0	0.172	0.017	0.789	0	0	0.011
RGA_TB	0	0	0	0.011	0	0	0.172	0.017	0	0.789	0	0.011
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
triticale	0	0	0	0.116	0.032	0	0.43	0.209	0.04	0.154	0	0.019

ARRIERE	artichaut1	artichaut2	artichaut3	ble	gel	mais_e	orge	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu	triticale
artichaut1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
artichaut2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ble	0	0	0.002	0.061	0	1	0.101	0	0.011	0.036	0.042	0.044
gel	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
mais_e	0	0	0	0.205	0	0	0.157	0	0.071	0.256	0	0.076
orge	0	0	0.001	0.244	0	0	0.179	0	0.017	0.062	0.05	0.092
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
RGA	0	0	0.001	0.049	0	0	0.052	0	0.808	0	0.005	0.02
RGA_TB	0	0	0	0.054	0	0	0.057	0	0	0.768	0.021	0.018
sol_nu	0	0	0.03	0.279	0	0	0.128	0	0	0	0.522	0.041
triticale	0	0	0	0	0	1	0	0	0.021	0.09	0	0.017

Horn

AVANT	artichaut1	artichaut2	artichaut3	ble	echalote	haricot	mais_e	mais_g	orge	pdt	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu
artichaut1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut3	0	0	0	0.072	0	0	0	0	0	0	0	0.011	0	0.917
ble	0	0	0	0.123	0.006	0.085	0.008	0.13	0.287	0.11	0	0.005	0	0.246
echalote	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
haricot	0	0	0	0.48	0	0	0.401	0.119	0	0	0	0	0	0
mais_e	0	0	0	0.236	0.004	0.078	0.204	0.027	0.117	0.06	0	0.218	0.056	0
mais_g	0	0	0	0.383	0.013	0	0.038	0.494	0	0.061	0	0.011	0	0
orge	0	0	0	0	0.04	0	0.551	0.222	0	0	0	0	0	0.187
pdt	0	0	0	0.543	0.093	0	0.201	0.163	0	0	0	0	0	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.003	0	0	0.048	0	0	0.168	0.006	0	0	0	0.775	0	0
RGA_TB	0	0	0	0.058	0	0	0.184	0	0	0	0	0	0.758	0
sol_nu	0.138	0	0	0.048	0.039	0	0.031	0.021	0.095	0	0	0	0	0.628

ARRIERE	artichaut1	artichaut2	artichaut3	ble	echalote	haricot	mais_e	mais_g	orge	pdt	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu
artichaut1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008	0	0.992
artichaut2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ble	0	0	0.021	0.123	0	0.074	0.215	0.293	0	0.118	0	0.041	0.017	0.098
echalote	0	0	0	0.034	0	0	0.025	0.07	0.173	0.141	0	0	0	0.557
haricot	0	0	0	0.545	0	0	0.455	0	0	0	0	0	0	0
mais_e	0	0	0	0.008	0	0.068	0.202	0.032	0.361	0.047	0	0.154	0.059	0.069
mais_g	0	0	0	0.169	0	0.023	0.032	0.493	0.175	0.046	0	0.006	0	0.057
orge	0	0	0	0.485	0	0	0.181	0	0	0	0	0	0	0.334
pdt	0	0	0	0.518	0	0	0.263	0.219	0	0	0	0	0	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0	0	0.003	0.006	0	0	0.232	0.009	0	0	0	0.75	0	0
RGA_TB	0	0	0	0	0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.803	0
sol_nu	0	0	0.129	0.119	0.067	0	0	0	0.055	0	0	0	0	0.63

Guillec

AVANT	artichaut1	artichaut2	artichaut3	ble	echalote	haricot	mais_e	mais_g	orge	pdt	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu
artichaut1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut3	0	0	0	0.072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.928
ble	0	0	0	0.222	0.015	0.037	0.141	0.200	0.087	0.106	0	0	0	0.192
echalote	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
haricot	0	0	0	0.523	0	0	0.398	0.079	0	0	0	0	0	0
mais_e	0	0	0	0.015	0.006	0.029	0.313	0	0.093	0.320	0	0.124	0.100	0
mais_g	0	0	0	0.114	0.014	0	0.034	0.465	0	0.373	0	0	0	0
orge	0	0	0	0	0.042	0	0.549	0.182	0	0	0	0	0	0.227
pdt	0	0	0	0.583	0.095	0	0.199	0.123	0	0	0	0	0	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.003	0	0	0.048	0	0	0.168	0.006	0	0	0	0.775	0	0
RGA_TB	0	0	0	0.058	0	0	0.184	0	0	0	0	0	0.758	0
sol_nu	0.108	0	0	0.006	0.066	0	0.029	0.004	0.149	0	0	0	0	0.638

ARRIERE	artichaut1	artichaut2	artichaut3	ble	echalote	haricot	mais_e	mais_g	orge	pdt	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu
artichaut1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0	0.993
artichaut2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artichaut3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ble	0	0	0.022	0.222	0	0.046	0.023	0.092	0	0.508	0	0.039	0.032	0.016
echalote	0	0	0	0.048	0	0	0.031	0.035	0.081	0.256	0	0	0	0.550
haricot	0	0	0	0.467	0	0	0.533	0	0	0	0	0	0	0
mais_e	0	0	0	0.094	0	0.023	0.311	0.019	0.226	0.116	0	0.092	0.066	0.052
mais_g	0	0	0	0.245	0	0.008	0	0.461	0.137	0.131	0	0.006	0	0.012
orge	0	0	0	0.139	0	0	0.223	0	0	0	0	0	0	0.638
pdt	0	0	0	0.120	0	0	0.539	0.341	0	0	0	0	0	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0	0	0	0	0	0	0.225	0	0	0	0	0.775	0	0
RGA_TB	0	0	0	0	0	0	0.271	0	0	0	0	0	0.729	0
sol_nu	0	0	0.107	0.073	0.125	0	0	0	0.053	0	0	0	0	0.642

Quillimadec

AVANT	ble	echalote	endive	haricot	mais_e	mais_g	orge	pdt	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu
ble	0.176	0.003	0.04	0.024	0.288	0.196	0.12	0.093	0	0	0	0.06
echalote	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
endive	0.465	0.133	0	0	0.24	0.162	0	0	0	0	0	0
haricot	0.39	0	0	0	0.445	0.165	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.233	0.005	0.041	0.017	0.335	0.006	0.072	0.035	0	0.129	0.127	0
mais_g	0.342	0.016	0.052	0	0.126	0.4	0	0.064	0	0	0	0
orge	0	0.049	0.085	0	0.519	0.195	0	0	0	0	0.053	0.099
pdt	0.465	0.066	0.098	0	0.209	0.162	0	0	0	0	0	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.046	0	0	0	0.166	0.018	0	0	0	0.77	0	0
RGA_TB	0.046	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0	0.774	0
sol_nu	0.055	0.051	0.087	0	0.149	0	0.126	0	0	0	0	0.532

ARRIERE	ble	echalote	endive	haricot	mais_e	mais_g	orge	pdt	prairie_p	RGA	RGA_TB	sol_nu
ble	0.173	0	0.096	0.018	0.329	0.205	0	0.082	0	0.033	0.039	0.024
echalote	0.037	0	0.292	0	0.074	0.101	0.158	0.117	0	0	0	0.222
endive	0.191	0	0	0	0.278	0.149	0.121	0.083	0	0	0	0.178
haricot	0.499	0	0	0	0.501	0	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.198	0	0.035	0.014	0.33	0.052	0.11	0.026	0	0.082	0.107	0.044
mais_g	0.333	0	0.058	0.013	0.015	0.409	0.1	0.05	0	0.022	0	0
orge	0.432	0	0	0	0.371	0	0	0	0	0	0	0.197
pdt	0.509	0	0	0	0.277	0.214	0	0	0	0	0	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0	0	0	0	0.253	0	0	0	0	0.747	0	0
RGA_TB	0	0	0	0	0.211	0	0.019	0	0	0	0.77	0
sol_nu	0.147	0.23	0	0	0	0	0.073	0	0	0	0	0.551

Lapic

AVANT	ble	gel	mais_e	mais_g	prairie_p	RGA	RGA_TB	triticale
ble	0.150	0	0.363	0.258	0	0.052	0.082	0.095
gel	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.505	0	0.247	0.174	0	0.020	0.028	0.026
mais_g	0.505	0	0.248	0.174	0	0.020	0.027	0.026
prairie_p	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.022	0	0.101	0.071	0	0.789	0	0.017
RGA_TB	0.022	0	0.101	0.071	0	0	0.789	0.017
triticale	0.155	0	0.348	0.251	0	0.031	0.145	0.07

ARRIERE	ble	gel	mais_e	mais_g	prairie_p	RGA	RGA_TB	triticale
ble	0.150	0	0.471	0.331	0	0.008	0.016	0.024
gel	0	1	0	0	0	0	0	0
mais_e	0.393	0	0.248	0.178	0	0.044	0.077	0.060
mais_g	0.395	0	0.248	0.175	0	0.043	0.078	0.061
prairie_p	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.138	0	0.042	0.039	0	0.761	0	0.020
RGA_TB	0.116	0	0.035	0.022	0	0	0.794	0.033
triticale	0.586	0	0.152	0.098	0	0.040	0.073	0.051

Ris

AVANT	ble	gel	haricot	mais_e	mais_g	pois	prairie_p	RGA	RGA_TB	triticale
ble	0.045	0	0.052	0.54	0.071	0.04	0	0.085	0.018	0.149
gel	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
haricot	0.379	0	0.039	0.209	0.027	0.066	0	0.064	0.186	0.03
mais_e	0.216	0	0.043	0.377	0.049	0.031	0	0.054	0.145	0.085
mais_g	0.217	0	0.043	0.377	0.049	0.032	0	0.054	0.143	0.085
pois	0.292	0	0.098	0.251	0.033	0.015	0	0.077	0.2	0.034
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.022	0	0.007	0.151	0.019	0.005	0	0.78	0	0.016
RGA_TB	0.022	0	0.007	0.151	0.019	0.005	0	0	0.78	0.016
triticale	0.045	0	0.041	0.523	0.068	0.043	0	0.104	0.019	0.157

ARRIERE	ble	gel	haricot	mais_e	mais_g	pois	prairie_p	RGA	RGA_TB	triticale
ble	0.046	0	0.11	0.591	0.076	0.055	0	0.045	0.049	0.028
gel	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
haricot	0.183	0	0.044	0.449	0.072	0.043	0	0.05	0.063	0.096
mais_e	0.193	0	0.023	0.38	0.048	0.017	0	0.11	0.121	0.108
mais_g	0.187	0	0.03	0.378	0.052	0.025	0	0.104	0.118	0.106
pois	0.208	0	0.065	0.467	0.049	0	0	0.046	0.041	0.124
prairie_p	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.047	0	0.011	0.08	0.011	0.007	0	0.813	0	0.031
RGA_TB	0.008	0	0.026	0.177	0.021	0.017	0	0	0.747	0.004
triticale	0.247	0	0.019	0.396	0.049	0.015	0	0.057	0.06	0.157

St Laurent

AVANT	ble	colza	epinard	gel	haricot	mais_e	mais_g	pois	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.030	0.146	0.036	0	0.037	0.256	0.331	0.073	0	0.024	0.067
colza	0.594	0.017	0.027	0	0	0.093	0.122	0.060	0	0.024	0.063
epinard	0.395	0.1	0.168	0	0.028	0.086	0.112	0.055	0	0.009	0.047
gel	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
haricot	0.551	0.105	0.034	0	0.051	0.063	0.081	0.099	0	0	0.016
mais_e	0.414	0	0.027	0	0.026	0.161	0.209	0.064	0	0.027	0.072
mais_g	0.414	0	0.027	0	0.025	0.161	0.209	0.065	0	0.027	0.072
pois	0.453	0.124	0.032	0	0.080	0.083	0.107	0.064	0	0.009	0.048
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.022	0	0.008	0	0.007	0.075	0.096	0.005	0	0.787	0
RGA_TB	0.022	0	0.008	0	0.007	0.075	0.096	0.005	0	0	0.787

ARRIERE	ble	colza	epinard	gel	haricot	mais_e	mais_g	pois	prairie_p	RGA	RGA_TB
ble	0.032	0.121	0.048	0	0.056	0.260	0.363	0.094	0	0.008	0.018
colza	0.730	0.019	0.064	0	0.060	0	0	0.127	0	0	0
epinard	0.305	0.013	0.176	0	0.048	0.157	0.196	0.051	0	0	0.054
gel	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
haricot	0.351	0	0.017	0	0.056	0.166	0.201	0.164	0	0.007	0.038
mais_e	0.401	0.030	0.016	0	0.010	0.156	0.221	0.029	0	0.037	0.1
mais_g	0.402	0.031	0.015	0	0.008	0.158	0.222	0.027	0	0.038	0.099
pois	0.338	0.059	0.030	0	0.044	0.183	0.258	0.059	0	0.002	0.027
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RGA	0.084	0.021	0	0	0	0.060	0.080	0.001	0	0.754	0
RGA_TB	0.078	0.015	0.007	0	0	0.051	0.076	0.014	0	0	0.759

Moros

AVANT	ble	epinard	gel	haricot	mais_e	mais_g	pois	prairie_p	RGA	RGA_TB	triticale
ble	0.106	0.029	0	0.041	0.169	0.306	0.105	0	0.034	0.099	0.111
epinard	0.214	0.375	0	0.058	0.066	0.12	0.117	0	0.008	0.023	0.019
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
haricot	0.591	0.05	0	0.054	0.038	0.069	0.132	0	0.019	0.047	0
mais_e	0.451	0.017	0	0.03	0.108	0.193	0.097	0	0.015	0.04	0.049
mais_g	0.451	0.017	0	0.03	0.108	0.193	0.097	0	0.015	0.04	0.049
pois	0.515	0.034	0	0.084	0.056	0.101	0.1	0	0.03	0.08	0
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.022	0.003	0	0.007	0.061	0.109	0.005	0	0.777	0	0.016
RGA_TB	0.022	0.003	0	0.007	0.061	0.109	0.005	0	0	0.777	0.016
triticale	0.105	0.026	0	0.028	0.165	0.295	0.109	0	0.049	0.136	0.087

ARRIERE	ble	epinard	gel	haricot	mais_e	mais_g	pois	prairie_p	RGA	RGA_TB	triticale
ble	0.104	0.031	0	0.103	0.194	0.351	0.162	0	0.008	0.019	0.026
epinard	0.24	0.399	0	0.064	0.058	0.104	0.105	0	0.002	0.014	0.013
gel	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
haricot	0.283	0.066	0	0.071	0.082	0.166	0.196	0	0.031	0.048	0.056
mais_e	0.372	0.024	0	0.013	0.103	0.19	0.038	0	0.051	0.118	0.092
mais_g	0.374	0.022	0	0.014	0.104	0.187	0.039	0	0.049	0.117	0.092
pois	0.321	0.052	0	0.069	0.13	0.237	0.098	0	0	0.012	0.081
prairie_p	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RGA	0.092	0.001	0	0.013	0.022	0.032	0.024	0	0.78	0	0.037
RGA_TB	0.112	0.006	0	0.012	0.02	0.035	0.028	0	0	0.748	0.04
triticale	0.511	0.016	0	0	0.097	0.178	0	0	0.027	0.067	0.106

Annexe 8 : Occupations du sol estivales générées

Occupations du sol estivales : Frémur

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8
ble	1740.9	1729.8	1727.4	1735.4	1730.0	1741.9	1734.9	1728.4	1733.5	1735.6	1732.8	1729.9	1733.4
bois	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1
colza	250.3	251.5	251.0	250.4	252.2	255.0	249.4	247.9	251.4	250.5	250.4	251.5	251.0
gel	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3
mais_e	720.3	722.8	725.7	723.9	721.2	722.2	725.5	721.9	721.4	721.6	723.1	724.3	722.8
mais_g	1295.5	1296.3	1286.9	1294.9	1286.0	1289.4	1297.5	1290.3	1292.4	1297.7	1292.1	1292.9	1292.7
orge	214.7	225.0	235.7	217.3	235.3	215.9	214.1	232.8	224.3	213.7	225.1	224.4	223.2
prairie_p	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7
RGA	777.9	775.6	773.9	779.7	775.7	774.7	778.1	776.5	777.8	780.3	776.7	776.0	776.9
RGA_TB	281.0	279.8	280.1	279.1	280.3	281.5	281.1	283.0	279.9	281.3	280.5	281.6	280.8
S_BV	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5
SAU	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6

Occupations du sol estivales : Guessant

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0
ble	9704.7	9703.7	9711.0	9666.0	9742.5	9747.0	9716.0	9733.6	9748.0	9699.3	9744.0	9714.4	9719.2
bois	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6
colza	1423.6	1451.3	1428.7	1429.0	1374.2	1368.4	1440.5	1386.9	1341.9	1382.4	1356.8	1424.7	1400.7
gel	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0
mais_e	5626.1	5605.7	5652.7	5628.3	5648.2	5607.8	5611.7	5639.9	5647.5	5649.6	5654.0	5640.1	5634.3
mais_g	3954.8	3964.8	3939.8	3974.6	3944.3	3959.7	3935.7	3963.5	3944.9	3970.8	3935.2	3959.7	3954.0
orge	1885.7	1882.8	1877.3	1881.4	1889.1	1883.6	1892.2	1883.7	1882.5	1885.6	1892.2	1883.8	1885.0
prairie_p	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0
RGA	5383.3	5359.1	5376.4	5405.5	5392.3	5409.6	5379.2	5384.7	5405.1	5378.8	5396.1	5362.7	5386.1
RGA_TB	3037.5	3048.2	3029.8	3030.8	3025.1	3039.6	3040.3	3023.3	3045.8	3049.0	3037.3	3030.1	3036.4
S_BV	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2
SAU	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6

Occupations du sol estivales : Ic

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4
ble	2159.1	2177.7	2158.4	2178.6	2166.0	2177.7	2170.4	2163.0	2168.2	2166.0	2168.4	2179.0	2169.4
bois	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7
colza	315.3	271.1	304.6	267.9	309.9	282.5	280.8	301.4	308.3	292.6	311.4	287.0	294.4
gel	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6
mais_e	1127.8	1121.8	1127.3	1128.2	1126.5	1125.5	1125.5	1128.3	1125.7	1131.8	1127.0	1127.5	1126.9
mais_g	842.3	844.4	847.5	843.6	849.1	847.7	848.4	843.7	849.7	846.9	846.1	848.0	846.5
orge	406.5	410.1	408.5	407.8	407.6	409.5	410.0	408.4	412.4	407.7	408.4	410.2	408.9
prairie_p	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7
RGA	698.4	721.6	703.0	722.9	688.7	705.0	714.5	703.1	683.4	702.3	686.7	684.2	701.1
RGA_TB	363.8	366.7	363.9	364.3	365.6	365.4	363.7	365.4	365.5	366.1	365.2	377.4	366.1
S_BV	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7
SAU	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6

Occupations du sol estivales : Douron

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
artichaut1	5.9	0.5	1.6	23.8	1.3	0.8	26.1	6.4	5.5	5.5	5.5	6.6	7.5
artichaut2	11.8	5.9	0.5	1.6	23.8	1.3	0.8	26.1	6.4	5.5	5.5	5.5	7.9
artichaut3	1.0	11.8	5.9	0.5	1.6	23.8	1.3	0.8	26.1	6.4	5.5	5.5	7.5
bati	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9
ble	638.5	644.9	635.9	635.0	636.1	635.4	638.0	636.6	634.3	639.3	636.9	634.5	637.1
bois	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4
gel	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2
mais_e	1408.8	1399.9	1408.9	1405.8	1413.3	1402.7	1404.1	1408.0	1403.2	1411.1	1406.7	1403.1	1406.3
orge	560.7	562.5	562.4	563.1	561.1	563.3	558.7	559.8	558.8	559.8	561.0	561.4	561.0
prairie_p	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5
RGA	493.7	491.0	489.5	492.8	493.8	497.1	493.4	494.0	489.6	490.5	491.8	491.8	492.4
RGA_TB	2266.6	2267.4	2277.0	2281.4	2259.1	2258.7	2278.2	2260.6	2260.2	2262.6	2269.5	2279.9	2268.4
sol_nu	193.0	195.6	197.0	174.1	188.7	196.5	178.2	186.1	195.7	197.1	196.5	205.5	192.0
triticale	256.6	257.1	257.9	258.4	257.9	256.9	257.8	258.1	256.9	258.7	257.6	242.8	256.4
S_BV	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5
SAU	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2

Occupations du sol estivales : Quillimadec

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7
ble	1003.9	1007.8	1008.2	1004.9	1009.2	1005.0	1003.0	1007.2	1011.2	1010.6	1005.7	1006.5	1006.9
bois	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0
echalote	87.0	105.3	86.2	100.5	102.6	94.8	91.4	103.9	125.5	95.7	91.6	91.8	98.0
endive	202.7	202.8	203.6	203.0	202.9	204.5	203.1	202.9	203.1	204.8	203.6	203.4	203.4
haricot	54.4	25.7	44.7	41.9	35.5	33.2	42.6	41.4	19.4	28.2	48.7	42.9	38.2
mais_e	1441.7	1445.5	1442.5	1442.9	1446.9	1451.8	1444.9	1441.5	1443.5	1448.5	1445.2	1447.9	1445.2
mais_g	575.1	572.5	575.7	571.4	574.2	574.2	574.5	574.5	571.6	572.6	573.3	571.8	573.4
orge	272.5	272.2	274.2	271.3	272.6	272.6	279.4	271.5	272.0	281.0	272.4	273.7	273.8
pdv	180.2	181.3	180.1	181.5	180.6	181.1	180.8	181.1	179.5	181.2	180.9	181.4	180.8
prairie_p	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7
RGA	810.9	814.5	809.2	813.2	809.2	814.2	811.7	808.7	807.2	808.3	810.6	810.0	810.7
RGA_TB	875.1	879.1	877.9	874.9	874.3	874.2	874.2	874.6	872.4	873.8	875.0	877.2	875.2
sol_nu	385.7	382.5	386.9	383.8	381.0	383.6	383.4	381.8	383.6	384.4	382.3	382.6	383.5
S_BV	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6
SAU	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9

Occupations du sol estivales : Kerharo

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8
ble	1096.4	1092.3	1093.1	1100.7	1096.2	1095.0	1099.7	1100.3	1099.2	1096.1	1095.9	1092.3	1096.4
bois	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2
gel	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8
mais_e	450.3	447.5	451.9	450.7	449.1	448.1	451.4	448.1	447.6	448.6	449.6	448.9	449.3
mais_g	891.6	889.4	887.5	888.2	887.5	895.1	890.7	893.8	889.7	891.3	891.0	888.8	890.4
orge	256.0	256.0	256.3	255.6	255.6	254.9	256.3	256.1	256.3	256.9	256.2	261.6	256.5
prairie_p	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4
RGA	173.5	178.7	175.8	169.2	176.3	172.1	169.5	167.7	171.4	169.4	173.1	173.2	172.5
RGA_TB	437.5	441.4	440.7	440.7	440.5	440.0	437.6	439.2	440.9	442.8	439.4	440.3	440.1
S_BV	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5
SAU	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4

Occupations du sol estivales : St Laurent

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1
ble	430.8	432.3	432.3	431.2	433.7	431.6	431.1	431.5	432.9	432.4	433.0	434.6	432.3
bois	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0
colza	86.8	87.1	86.8	87.8	86.9	86.9	86.3	87.0	86.6	87.2	86.8	80.0	86.4
epinard	54.0	53.2	53.1	53.2	53.4	53.3	53.4	53.2	53.5	53.5	53.3	53.5	53.4
gel	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2
haricot	45.1	46.6	45.1	48.5	44.9	47.9	49.0	48.0	46.6	46.4	47.8	50.2	47.2
mais_e	280.9	279.0	278.9	282.1	279.7	280.4	280.8	279.4	280.1	278.7	279.8	281.1	280.1
mais_g	363.6	361.4	363.8	361.6	363.7	361.7	360.3	362.5	361.9	362.5	362.0	363.0	362.3
pois	95.0	95.6	95.0	94.4	94.7	94.9	94.3	94.6	95.1	94.6	94.8	96.2	94.9
prairie_p	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6
RGA	145.7	146.7	146.4	145.9	146.3	146.8	146.3	145.6	145.6	146.1	146.0	146.7	146.2
RGA_TB	417.1	417.3	417.8	414.4	415.9	415.6	417.6	417.4	416.8	417.8	415.7	413.8	416.4
S_BV	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0
SAU	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0

Occupations du sol estivales : Moros

OS_ETE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4
ble	768.7	769.4	771.2	770.6	775.0	773.2	768.9	772.2	775.9	773.2	772.4	773.9	772.1
bois	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7
epinard	100.1	96.6	98.5	91.2	90.4	94.6	96.2	96.6	96.0	96.0	96.1	90.3	95.2
gel	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7
haricot	104.8	104.8	105.1	108.4	104.4	104.8	110.3	105.0	104.7	105.1	104.8	104.9	105.6
mais_e	348.8	351.9	348.6	350.4	350.5	349.2	349.1	347.5	348.0	349.2	349.0	349.6	349.3
mais_g	626.7	628.6	627.4	629.2	629.4	626.6	625.1	624.6	626.9	624.7	627.4	629.5	627.2
pois	251.6	248.0	249.6	248.5	248.7	249.9	248.0	249.7	247.8	249.8	248.9	248.2	249.0
prairie_p	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2
RGA	266.3	266.1	266.4	266.0	264.4	266.7	265.6	266.3	266.7	265.7	265.7	266.9	266.1
RGA_TB	738.4	741.1	737.3	741.6	741.7	739.3	741.3	744.1	739.7	737.8	740.8	741.6	740.4
triticale	165.7	164.6	166.9	165.3	166.8	166.7	166.6	165.2	165.3	169.6	166.0	166.2	166.2
S_BV	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1
SAU	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9

Annexe 9 : Règles d'hiver : génération des occupations du sol hivernales

REGLES OS HIVER – FREMUR

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	orge
	triticale
	colza
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 71%
- p2 : 22%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	71.0	14.5	14.5
	01_2000	71.0	14.5	14.5
	01_2001	71.0	14.5	14.5
	01_2002	71.0	14.5	14.5
p2	01_2003	22.0	39.0	39.0
	01_2004	22.0	39.0	39.0
	01_2005	22.0	39.0	39.0
	01_2006	22.0	39.0	39.0
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Diagnostic	2000	7% SAU en cipan
p2	Enquête BV-BEP	2004	13% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipan sont semées en octobre, sinon en aout, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – GOUessant

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	orge
	colza
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%
- p2 : 5%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	5.0	47.5	47.5
	01_2004	5.0	47.5	47.5
	01_2005	5.0	47.5	47.5
	01_2006	5.0	47.5	47.5
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	4% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – URNE

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes.

On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	orge
	colza
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu apres mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%

- p2 : 24%

- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	24.0	38.0	38.0
	01_2004	24.0	38.0	38.0
	01_2005	24.0	38.0	38.0
	01_2006	24.0	38.0	38.0
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	7% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semés en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – GOUET

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	orge
	colza
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%
- p2 : 31%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	31.0	34.5	34.5
	01_2004	31.0	34.5	34.5
	01_2005	31.0	34.5	34.5
	01_2006	31.0	34.5	34.5
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à 01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	5% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – IC

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	orge
	colza
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%
- p2 : 0%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	0.0	50.0	50.0
	01_2004	0.0	50.0	50.0
	01_2005	0.0	50.0	50.0
	01_2006	0.0	50.0	50.0
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	2% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – DOURON

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	art1
	mais_e
cereale	ble
	orge
	triticale
prairie_t	RGA
	RGA_TB
chou/brocoli	brocoli
	chou_hatif
	chou_tardif
derobee	brocoli
	chou_hatif
recoltee_tot	orge
	ble
	triticale
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
duree culture artichaut = 3 ans	si os_ete_suiv = art2 alors os_hiv_prec = art2	/
	si os_ete_suiv = art3 alors os_hiv_prec = art3	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
OS d'été = sol nul : chou/brocoli	si os_ete_suiv = sol_nu alors os_hiv_prec = chou/brocoli	tab1
sol nu apres mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
possibilité de culture dérobée après les cultures récoltées tôt	Si os_ete_prec = recoltee_tot et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = derobee	tab2
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab3

Tableau 1 : Proportions de chou hâtif/chou tardif/brocoli pour l'OS sol nu estival

	%1		%2
chou fleur	100.0	chou hâtif (0.75)	75.0
		chou tardif (0.25)	25.0
brocoli	0.0	brocoli	0.0

Surfaces en cultures dérobées : 47 ha des surfaces avec dérobées possibles en chou_h ou brocoli (Tableau 2).

Tableau 2 : Proportions des cultures dérochées chou hâtif/brocoli

	%
chou_h	100.0
brocoli	0.0

Pourcentages de sol nu (Tableau 3 et 4) :

- p1 : 100%

- p2 : 33%

- p3 : 0%

Tableau 3 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	33.0	33.5	33.5
	01_2004	33.0	33.5	33.5
	01_2005	33.0	33.5	33.5
	01_2006	33.0	33.5	33.5
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 4 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	5% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – HORN

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	art1
	echalote
	haricot
	mais_e
	mais_g
cereale	pdt
	ble
	orge
prairie_t	triticale
	RGA
chou/brocoli	RGA_TB
	brocoli
	chou_hatif
derobee	chou_tardif
	brocoli
recoltee_tot	chou_hatif
	orge
	pdt
cipan	echalote
	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
duree culture artichaut = 3 ans	si os_ete_suiv = art2 alors os_hiv_prec = art2	/
	si os_ete_suiv = art3 alors os_hiv_prec = art3	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
OS d'été = sol nul : chou/brocoli	si os_ete_suiv = sol_nu alors os_hiv_prec = chou/brocoli	tab1
sol nu apres mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
possibilité de culture dérobée après les cultures récoltées tôt	Si os_ete_prec = recoltee_tot et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = derobee	tab2
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab3

Tableau 1 : Proportions de chou hâtif/chou tardif/brocoli pour l'OS sol nu estival

	%1		%2
chou fleur	91.9	chou hâtif (0.75)	68.9
		chou tardif (0.25)	23.0
brocoli	8.1	brocoli	8.1

Surfaces en cultures dérobées : 455 ha des surfaces avec dérobées possibles en chou_h ou brocoli (Tableau2).

Tableau 2 : Proportions des cultures dérobées chou hâtif/brocoli

	%
chou_h	89.4
brocoli	10.6

Pourcentages de sol nu (Tableau 3 et 4) :

- p1 : 100%

- p2 : 70%

- p3 : 0%

Tableau 3 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	70.0	15.0	15.0
	01_2004	70.0	15.0	15.0
	01_2005	70.0	15.0	15.0
	01_2006	70.0	15.0	15.0
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à 01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 4 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	16% SAU en sol nu
p3	Diagnostic agricole HGK	2008	3 à 5% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en aout, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – GUILLEC

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	art1
	echalote
	haricot
	mais_e
	mais_g
	pdt
cereale	ble
	orge
prairie_t	RGA
	RGA_TB
chou/brocoli	brocoli
	chou_hatif
	chou_tardif
derobee	brocoli
	chou_hatif
recoltee_tot	orge
	pdt
	echalote
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
duree culture artichaut = 3 ans	si os_ete_suiv = art2 alors os_hiv_prec = art2	/
	si os_ete_suiv = art3 alors os_hiv_prec = art3	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
OS d'été = sol nul : chou/brocoli	si os_ete_suiv = sol_nu alors os_hiv_prec = chou/brocoli	tab1
sol nu apres mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
possibilité de culture dérobée après les cultures récoltées tôt	Si os_ete_prec = recoltee_tot et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = derobee	tab2
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab3

Tableau 1 : Proportions de chou hâtif/chou tardif/brocoli pour l'OS sol nu estival

	%1		%2
chou fleur	88.2	chou hâtif (0.75)	66.1
		chou tardif (0.25)	22.0
brocoli	11.8	brocoli	11.8

Surfaces en cultures dérobées : 203 ha des surfaces avec dérobées possibles en chou_h ou brocoli (Tableau2).

Tableau 2 : Proportions des cultures dérobées chou hâtif/brocoli

	%
chou_h	84.8
brocoli	15.2

Pourcentages de sol nu (Tableau 3 et 4) :

- p1 : 100%

- p2 : 41%

- p3 : 0%

Tableau 3 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	41.0	29.5	29.5
	01_2004	41.0	29.5	29.5
	01_2005	41.0	29.5	29.5
	01_2006	41.0	29.5	29.5
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à 01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 4 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	16% SAU en sol nu (Horn)
p3	Diagnostic agricole HGK	2008	3 à 5% SAU en sol nu

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – QUILLIMADEC

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies
culture_tot_mais_g_end.	culture_tot sauf mais_g et endive
culture_ptps	art1
	echalote
	haricot
	mais_e
	mais_g
	pdtd
cereale	ble
	orge
	triticale
prairie_t	RGA
	RGA_TB
chou/brocoli	brocoli
	chou_hatif
	chou_tardif
derobee	brocoli
	chou_hatif
recoltee_tot	orge
	pdtd
	echalote
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
duree culture artichaut = 3 ans	si os_ete_suiv = art2 alors os_hiv_prec = art2	/
	si os_ete_suiv = art3 alors os_hiv_prec = art3	/
prairie_t retournee au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
OS d'été = sol nul : chou/brocoli	si os_ete_suiv = sol_nu alors os_hiv_prec = chou/brocoli	tab1
sol nu apres mais_g ou endive et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
possibilité de culture dérobée après les cultures récoltées tôt	Si os_ete_prec = recoltee_tot et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = derobee	tab2
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g_end. et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab3

Tableau 1 : Proportions de chou hâtif/chou tardif/brocoli pour l'OS sol nu estival

	%1		%2
chou fleur	75.2	chou hâtif (0.75)	56.4
		chou tardif (0.25)	18.8
brocoli	24.8	brocoli	24.8

Surfaces en cultures dérobées : 111 ha des surfaces avec dérobées possibles en chou_h ou brocoli (Tableau2).

Tableau 2 : Proportions des cultures dérobées chou hâtif/brocoli

	%
chou_h	69.5
brocoli	30.5

Pourcentages de sol nu (Tableau 3 et 4) :

- p1 : 100%

- p2 : 15%

- p3 : 0%

Tableau 3 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	15.0	42.5	42.5
	01_2004	15.0	42.5	42.5
	01_2005	15.0	42.5	42.5
	01_2006	15.0	42.5	42.5
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 4 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Diagnostic	2000	30% SAU en sol nu
p2	Enquête BV-BEP	2004	9% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0%

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipan sont semées en octobre, sinon en aout, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – KERHARO

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	orge
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%

- p2 : 0%

- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	0.0	50.0	50.0
	01_2004	0.0	50.0	50.0
	01_2005	0.0	50.0	50.0
	01_2006	0.0	50.0	50.0
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à 01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	0.2% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0%

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – LAPIC

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
cereale	ble
	triticale
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%
- p2 : 7.2%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	7.2	46.4	46.4
	01_2004	7.2	46.4	46.4
	01_2005	7.2	46.4	46.4
	01_2006	7.2	46.4	46.4
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à 01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	8% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0%

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – RIS

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
	haricot
	pois
cereale	ble
	triticale
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles. Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%
- p2 : 17%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	17.0	41.5	41.5
	01_2004	17.0	41.5	41.5
	01_2005	17.0	41.5	41.5
	01_2006	17.0	41.5	41.5
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	6% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0%

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – ST LAURENT

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
	epinard
	haricot
	pois
cereale	ble
	colza
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%

- p2 : 15.3%

- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	15.3	42.35	42.35
	01_2004	15.3	42.35	42.35
	01_2005	15.3	42.35	42.35
	01_2006	15.3	42.35	42.35
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	11% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0%

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semés en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

REGLES OS HIVER – MOROS

Si on considère un hiver donné, l'occupation du sol peut être déduite à partir de l'occupation du sol l'été suivant et dans certain cas de l'occupation du sol l'été précédent. Cette déduction peut se faire selon les règles suivantes. On définit les groupes de cultures suivants :

groupe	définition
culture_tot	totalité sauf prairies et gel
culture_tot_mais_g	culture_tot sauf mais_g
culture_ptps	mais_e
	mais_g
	epinard
	haricot
	pois
cereale	ble
	triticale
prairie_t	RGA
	RGA_TB
cipan	moutarde
	rgi

Les règles sont les suivantes :

règle	définition	
pas de rotation pour prairie_p	si os_ete_suiv = prairie_p alors os_hiv_prec = prairie_p	/
pas de rotation pour le gel	si os_ete_suiv = gel alors os_hiv_prec = gel	/
cereales = cereales d'hiver	si os_ete_suiv = cereale alors os_hiv_prec = cereale	/
prairie_t retournée au printemps avant une culture de printemps	Si os_ete_prec = prairie_t et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = prairie_t	/
prairie_t semée en automne après cultures	Si os_ete_prec = culture_tot et os_ete_suiv = prairie_t alors os_hiv_prec = prairie_t	/
sol nu après mais_g et avant culture_ptps	Si os_ete_prec = mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = sol_nu	/
sol nu, cipan	Si os_ete_prec = culture_tot_mais_g et os_ete_suiv = culture_ptps alors os_hiv_prec = vide	tab1

Surfaces en cultures dérochées : 0 ha des surfaces avec dérochées possibles.

Pourcentages de sol nu (Tableau 1 et 2) :

- p1 : 100%
- p2 : 62%
- p3 : 0%

Tableau 1 : Cipan et sol nu selon les périodes

période	hiver	% sol nu	% mout	% rgi
p1	01_1999	100.0	0.0	0.0
	01_2000	100.0	0.0	0.0
	01_2001	100.0	0.0	0.0
	01_2002	100.0	0.0	0.0
p2	01_2003	62.0	19.0	19.0
	01_2004	62.0	19.0	19.0
	01_2005	62.0	19.0	19.0
	01_2006	62.0	19.0	19.0
p3	01_2007	0.0	50.0	50.0
	à			
	01_2027	0.0	50.0	50.0

Tableau 2 : Données sol nu

période	source	année	donnée
p1	Aucune	2000	/
p2	Enquête BV-BEP	2004	22% SAU en sol nu
p3	Règlementation	2008	0%

Date de semis des cipans :

Après mais_e, les cipans sont semées en octobre, sinon en août, ce qui nous donne les catégories d'OS suivantes : cipan_moutarde_tot, cipan_moutarde_tard, cipan_rgi_tot et cipan_rgi_tard.

Annexe 10 : Occupations du sol hivernales générées

Occupations du sol hivernales : Frémur

OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8	693.8
ble	1729.8	1727.4	1735.4	1730.0	1741.9	1734.9	1728.4	1733.5	1735.6	1732.8	1729.9	1733.0
bois	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1	915.1
cipan_moutarde	177.4	211.4	197.3	554.5	519.6	597.4	548.3	700.3	703.2	699.0	707.3	526.7
cipan_rgi	255.9	220.7	218.0	580.2	523.5	598.8	548.1	705.7	705.6	710.9	714.7	542.1
colza	251.5	251.0	250.4	252.2	255.0	249.4	247.9	251.4	250.5	250.4	251.5	251.0
gel	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3	281.3
orge	225.0	235.7	217.3	235.3	215.9	214.1	232.8	224.3	213.7	225.1	224.4	224.0
prairie_p	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7	276.7
RGA	872.2	873.8	888.8	903.0	888.7	860.2	880.1	903.7	869.1	870.8	882.7	881.2
RGA_TB	315.4	308.5	312.8	325.5	359.5	316.5	361.0	328.8	315.8	311.3	341.6	327.0
sol_nu	1453.4	1452.1	1460.7	699.9	776.7	709.4	734.1	433.0	487.0	480.3	428.5	795.6
S_BV	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5	7447.5
SAU	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6

Occupations du sol hivernales : Guessant

OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2000-2010
bati	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0	2857.0
ble	9703.7	9711.0	9666.0	9742.5	9747.0	9716.0	9733.6	9748.0	9699.3	9744.0	9714.4	9720.5
bois	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6	5065.6
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	3607.1	3558.2	3509.9	3488.2	3726.4	3706.9	3679.9	3744.2	2638.3
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	3610.6	3548.8	3516.9	3495.3	3753.5	3709.2	3682.4	3744.8	2641.9
colza	1451.3	1428.7	1429.0	1374.2	1368.4	1440.5	1386.9	1341.9	1382.4	1356.8	1424.7	1398.6
gel	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0	1451.0
orge	1882.8	1877.3	1881.4	1889.1	1883.6	1892.2	1883.7	1882.5	1885.6	1892.2	1883.8	1884.9
prairie_p	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0	1714.0
RGA	6108.8	6202.2	6201.5	6031.1	6147.2	6221.6	6153.5	6075.3	6240.4	6240.4	6084.7	6155.2
RGA_TB	3390.9	3460.6	3476.0	3426.9	3453.5	3466.3	3428.7	3472.4	3433.3	3413.7	3454.6	3443.3
sol_nu	8478.1	8335.9	8361.7	1334.1	1309.0	1252.2	1445.8	1015.7	958.4	1006.1	964.3	3132.8
S_BV	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2	42103.2
SAU	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6	34180.6

Occupations du sol hivernales : Ic

OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4	819.4
ble	2177.7	2158.4	2178.6	2166.0	2177.7	2170.4	2163.0	2168.2	2166.0	2168.4	2179.0	2170.3
bois	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7	1213.7
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	793.4	811.1	804.7	798.7	775.9	785.3	785.7	805.5	578.2
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	793.6	815.1	810.4	805.4	777.5	790.6	792.3	810.8	581.4
colza	271.1	304.6	267.9	309.9	282.5	280.8	301.4	308.3	292.6	311.4	287.0	292.5
gel	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6	336.6
orge	410.1	408.5	407.8	407.6	409.5	410.0	408.4	412.4	407.7	408.4	410.2	409.1
prairie_p	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7	227.7
RGA	790.7	792.0	814.8	775.7	802.1	841.4	810.1	810.6	830.1	806.9	794.8	806.3
RGA_TB	408.5	420.3	395.6	433.2	427.2	409.4	426.3	428.0	434.9	420.8	433.0	421.6
sol_nu	1855.2	1829.4	1848.7	233.8	188.1	186.2	200.0	232.3	206.2	219.4	192.9	653.9
S_BV	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7	8510.7
SAU	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6	6477.6

Occupations du sol hivernales : Douron

OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
artichaut2	5.9	0.5	1.6	23.8	1.3	0.8	26.1	6.4	5.5	5.5	5.5	7.5
artichaut3	11.8	5.9	0.5	1.6	23.8	1.3	0.8	26.1	6.4	5.5	5.5	8.1
bati	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9	573.9
ble	644.9	635.9	635.0	636.1	635.4	638.0	636.6	634.3	639.3	636.9	634.5	637.0
bois	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4	1825.4
chou_hatif	193.5	194.5	174.8	186.1	192.9	179.3	185.7	188.2	189.9	193.6	184.2	187.5
chou_tardif	49.0	49.5	46.4	49.5	50.6	45.9	47.4	54.4	54.2	49.9	68.3	51.4
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	306.0	286.9	302.0	304.2	441.1	439.9	431.5	430.0	267.4
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	308.6	287.1	310.0	307.9	462.5	460.2	432.4	439.9	273.5
gel	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2	194.2
orge	562.5	562.4	563.1	561.1	563.3	558.7	559.8	558.8	559.8	561.0	561.4	561.1
prairie_p	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5	1110.5
RGA	560.5	551.9	568.8	563.0	558.1	581.4	561.9	571.5	554.5	550.1	577.2	563.5
RGA_TB	2594.7	2674.2	2651.7	2641.9	2702.0	2662.1	2667.5	2636.3	2668.2	2712.5	2687.3	2663.5
sol_nu	956.6	903.9	936.3	301.0	278.2	299.3	280.5	0.0	0.0	0.0	0.0	359.6
triticale	257.1	257.9	258.4	257.9	256.9	257.8	258.1	256.9	258.7	257.6	242.8	256.4
S_BV	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5	9540.5
SAU	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2	7141.2

Occupations du sol hivernales : Quillimadec

OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7	824.7
ble	1007.8	1008.2	1004.9	1009.2	1005.0	1003.0	1007.2	1011.2	1010.6	1005.7	1006.5	1007.2
bois	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0
brocoli	133.1	131.6	131.2	131.3	140.5	134.0	129.8	134.9	146.9	143.4	132.2	135.3
chou_hatif	283.2	292.6	285.5	289.1	286.0	287.9	291.1	288.9	275.5	287.1	291.5	287.1
chou_tardif	77.2	73.7	78.0	71.6	68.0	72.5	72.0	70.9	73.0	62.8	69.9	71.8
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	675.3	713.3	695.9	701.2	820.1	821.9	811.8	809.8	549.9
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	673.2	711.8	693.3	701.3	820.6	822.3	823.1	809.9	550.5
orge	272.2	274.2	271.3	272.6	272.6	279.4	271.5	272.0	281.0	272.4	273.7	273.9
prairie_p	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7	833.7
RGA	998.0	949.0	962.9	964.4	936.9	971.9	961.3	950.3	955.1	1002.9	968.8	965.6
RGA_TB	1045.4	1032.2	1065.6	1090.2	1032.8	1038.7	1056.4	1042.8	1004.7	1018.9	1031.9	1041.8
sol_nu	2072.3	2127.6	2089.7	712.2	722.1	712.6	697.6	477.5	498.1	461.1	495.0	1006.0
S_BV	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6	7910.6
SAU	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9	6722.9

Occupations du sol hivernales : Kerharo

OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8	283.8
ble	1092.3	1093.1	1100.7	1096.2	1095.0	1099.7	1100.3	1099.2	1096.1	1095.9	1092.3	1096.4
bois	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2	320.2
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	447.2	446.5	477.2	402.4	435.1	423.2	433.9	440.3	318.7
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	458.0	463.9	501.8	403.6	486.2	458.2	435.1	441.7	331.7
gel	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8	395.8
orge	256.0	256.3	255.6	255.6	254.9	256.3	256.1	256.3	256.9	256.2	261.6	256.5
prairie_p	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4
RGA	206.6	187.4	218.4	202.8	197.4	191.3	220.5	198.4	209.8	207.9	194.0	203.1
RGA_TB	498.3	481.0	569.4	557.1	519.2	483.5	518.4	515.4	528.1	560.7	561.8	526.6
sol_nu	1252.0	1287.4	1161.1	288.3	328.2	295.3	404.0	314.7	333.0	315.5	313.4	572.1
S_BV	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5	4450.5
SAU	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4	3846.4

Occupations du sol hivernales : St Laurent

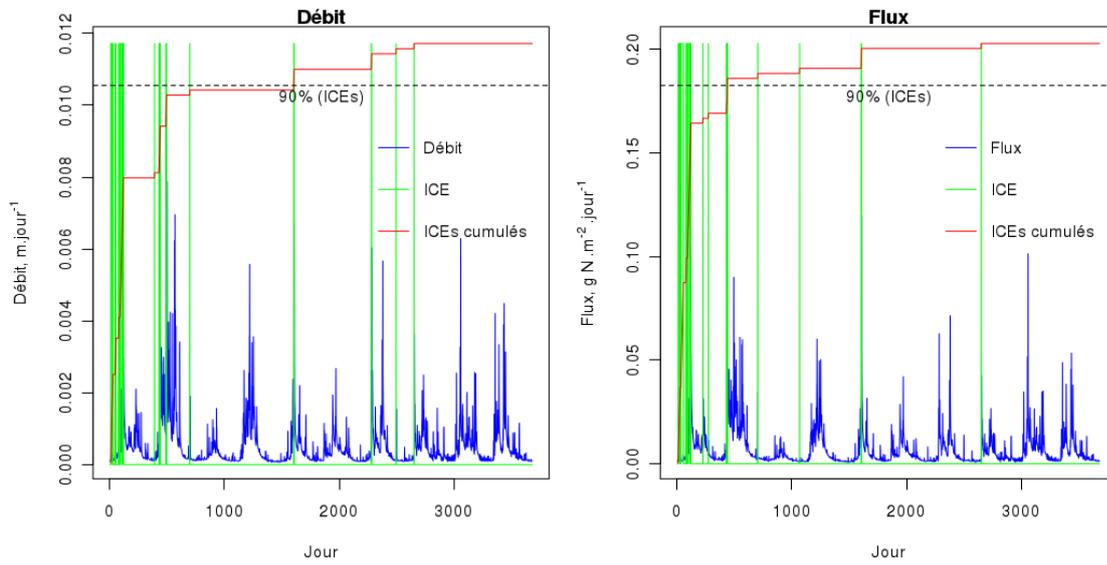
OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1	250.1
ble	432.3	432.3	431.2	433.7	431.6	431.1	431.5	432.9	432.4	433.0	434.6	432.4
bois	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0	403.0
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	228.5	238.9	257.1	231.4	275.7	291.3	274.3	263.1	187.3
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	254.3	237.7	260.7	227.1	277.4	303.8	277.2	280.6	192.6
colza	87.1	86.8	87.8	86.9	86.9	86.3	87.0	86.6	87.2	86.8	80.0	86.3
gel	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2	148.2
prairie_p	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6
RGA	179.8	190.9	199.7	175.7	162.2	191.7	173.7	159.3	173.8	164.8	158.8	175.5
RGA_TB	472.1	499.0	471.3	494.7	487.8	469.0	504.3	486.7	500.2	502.3	494.7	489.3
sol_nu	747.8	710.2	729.2	245.2	274.1	223.2	264.2	200.6	130.5	180.9	207.3	355.8
S_BV	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0	3028.0
SAU	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0	2375.0

Occupations du sol hivernales : Moros

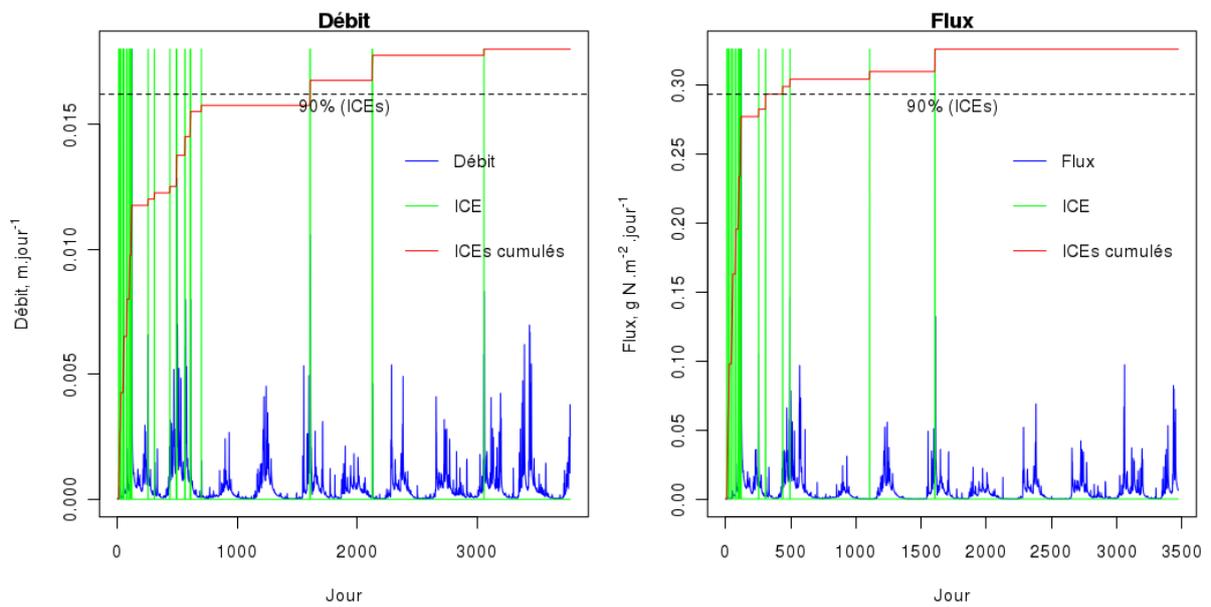
OS_HIVER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	1999-2010
bati	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4	419.4
ble	769.4	771.2	770.6	775.0	773.2	768.9	772.2	775.9	773.2	772.4	773.9	772.4
bois	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7	542.7
cipan_moutarde	0.0	0.0	0.0	178.1	194.5	186.7	180.9	469.8	477.3	461.3	459.0	237.1
cipan_rgi	0.0	0.0	0.0	177.5	203.1	196.5	194.4	503.5	478.3	463.4	492.5	246.3
gel	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7	274.7
prairie_p	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2
RGA	310.1	330.0	308.8	337.8	304.6	317.7	320.1	302.6	326.7	302.5	352.7	319.4
RGA_TB	853.3	911.2	870.8	877.7	859.9	881.0	877.7	850.6	901.6	912.9	886.7	880.3
sol_nu	1273.7	1191.7	1255.5	858.2	869.0	853.7	860.5	303.4	244.4	292.5	240.1	749.3
triticale	164.6	166.9	165.3	166.8	166.7	166.6	165.2	165.3	169.6	166.0	166.2	166.3
S_BV	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1	4955.1
SAU	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9	3992.9

Annexe 11 : Evénements critiques pour la calibration

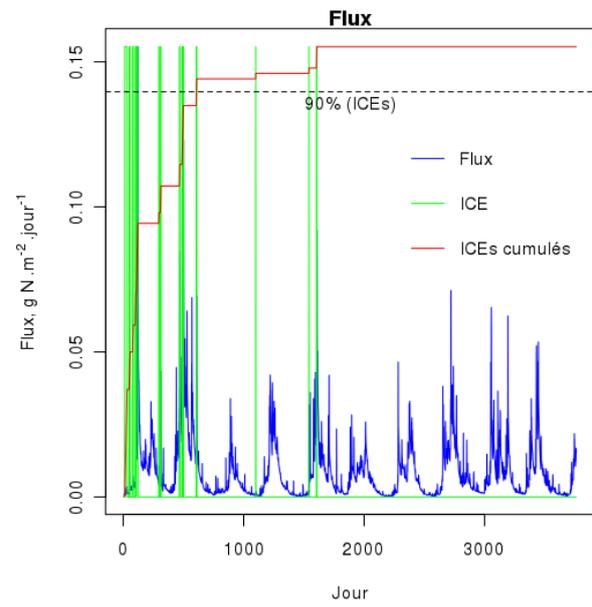
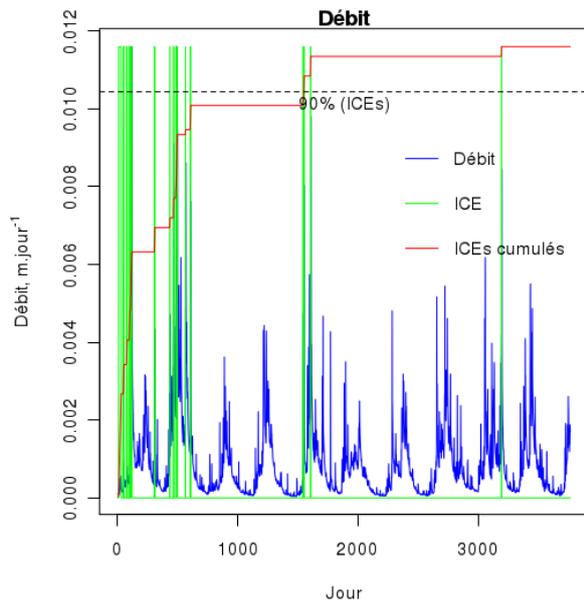
Frémur



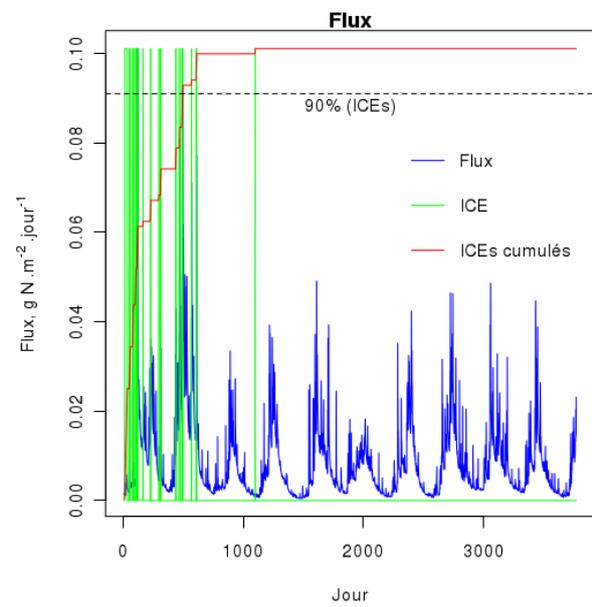
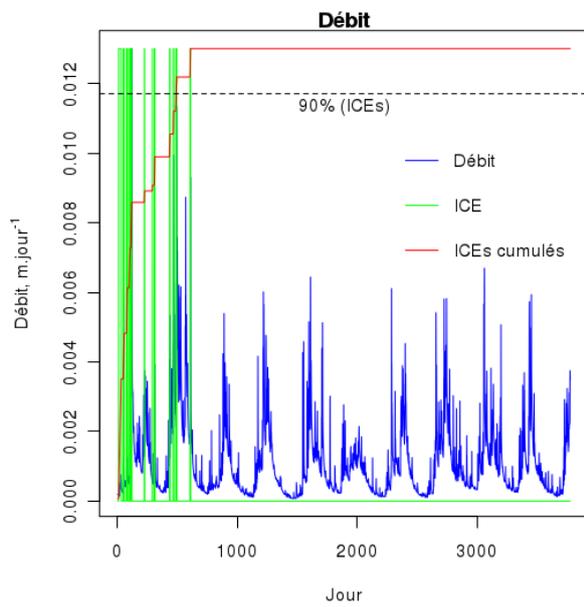
Guessant



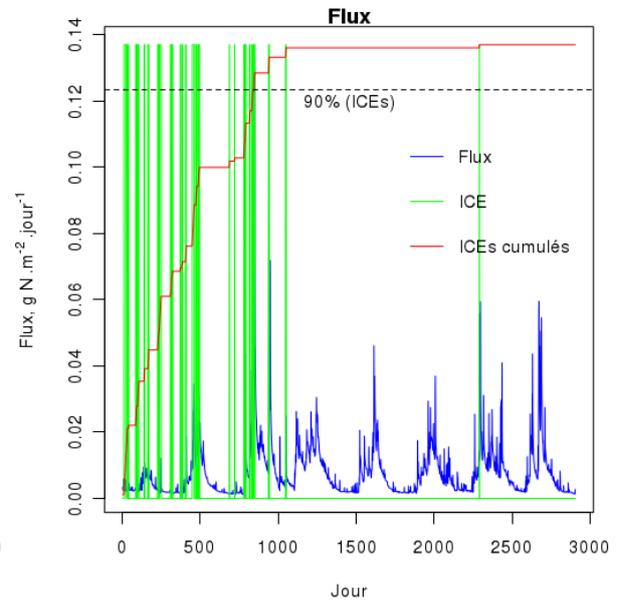
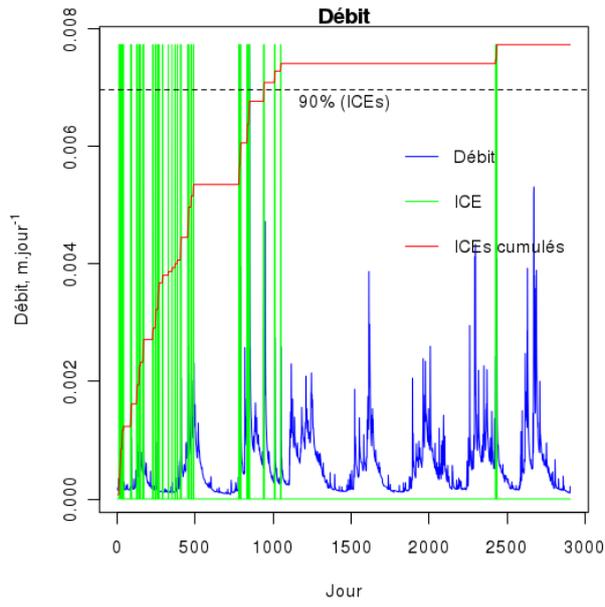
Urne



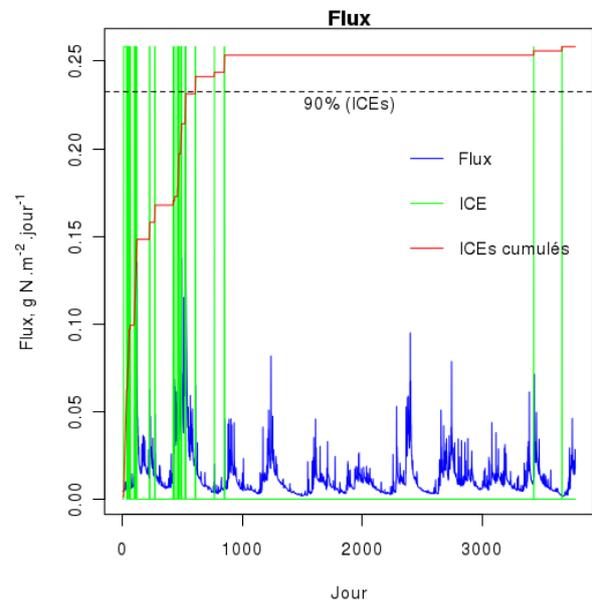
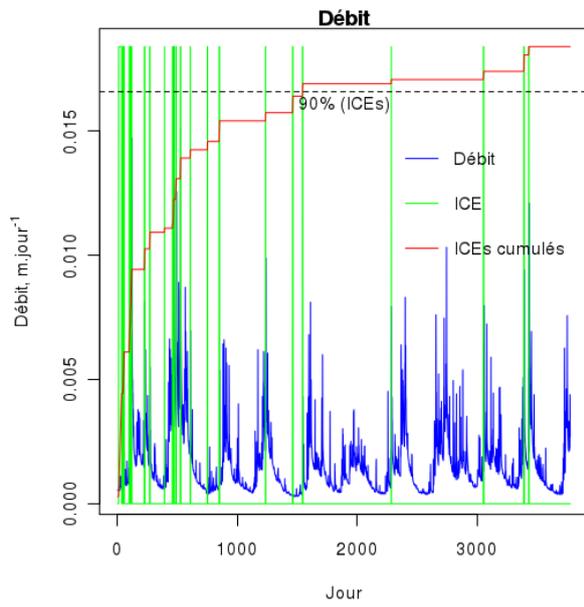
Gouet



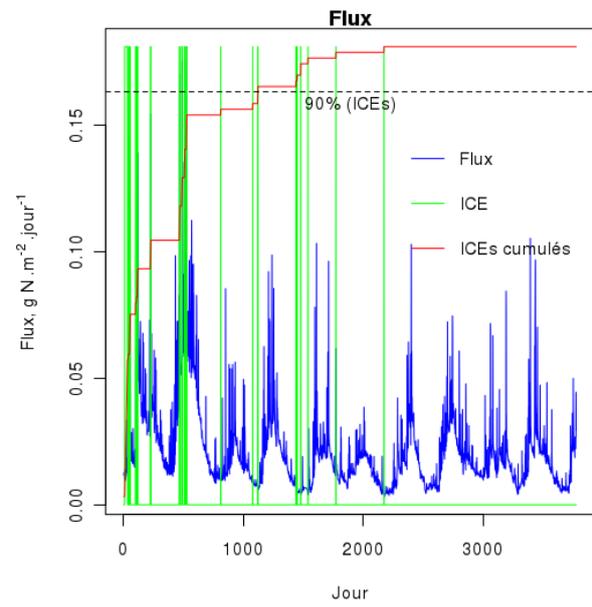
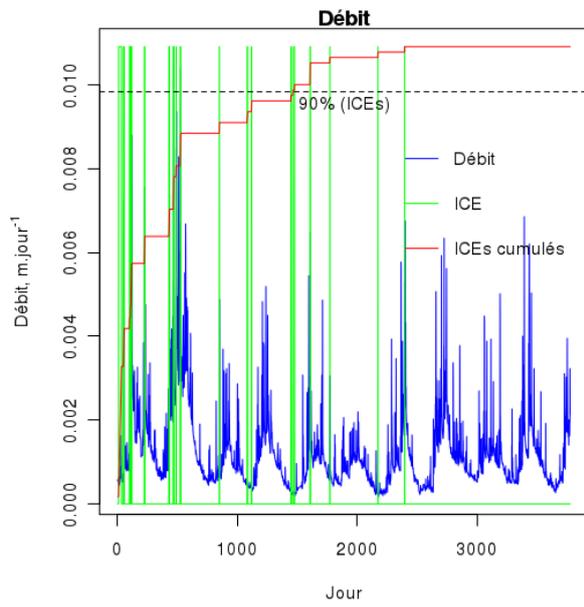
Ic



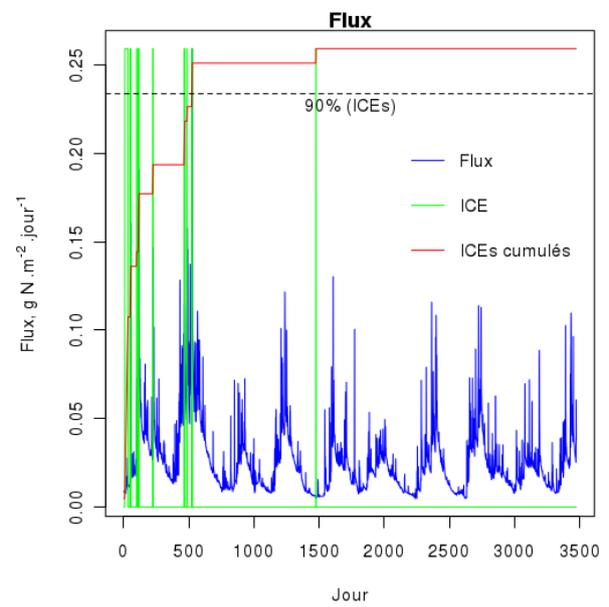
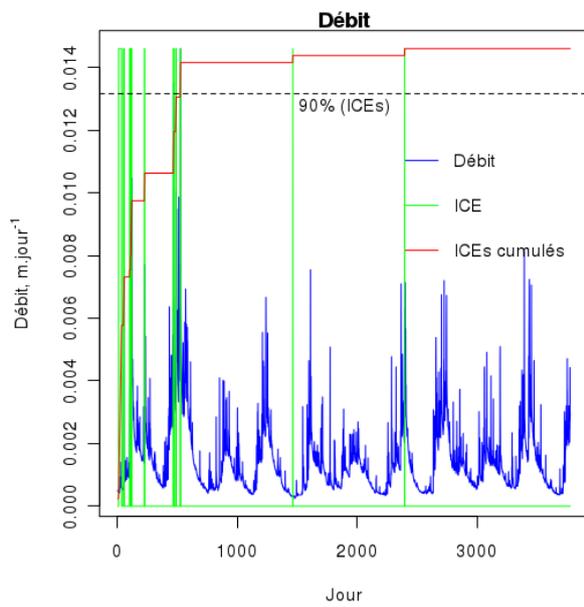
Douron



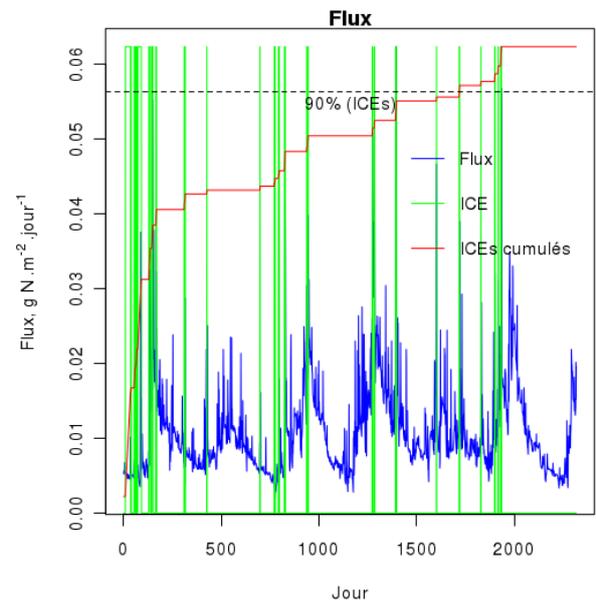
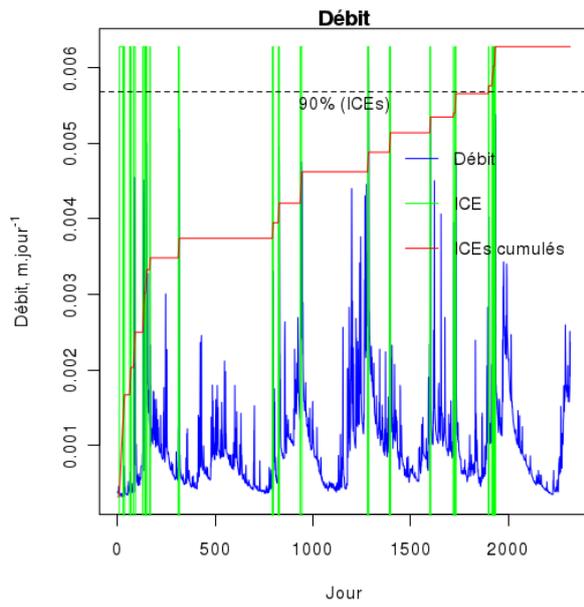
Horn



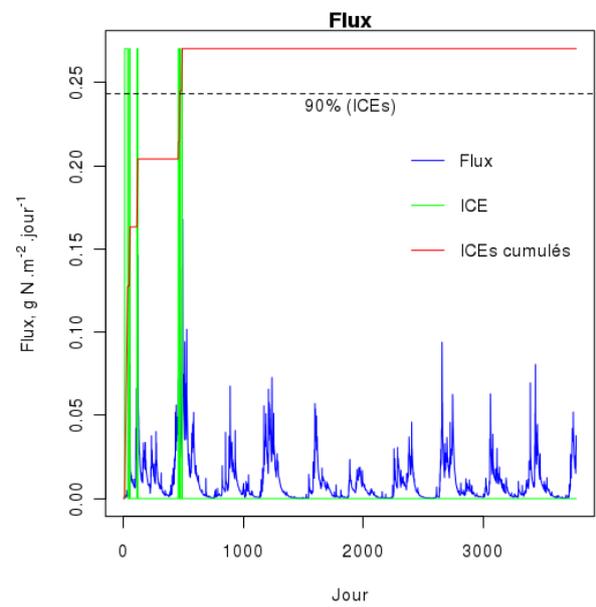
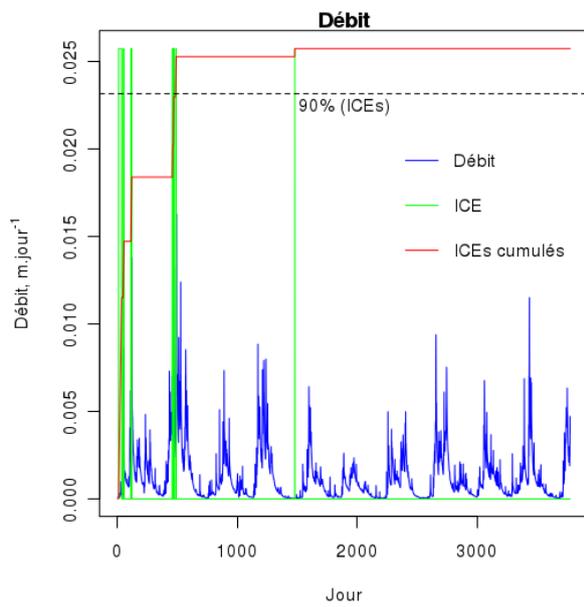
Guillec



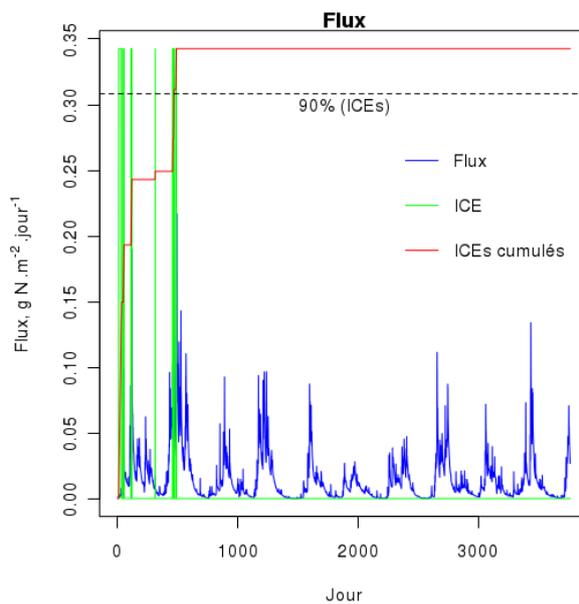
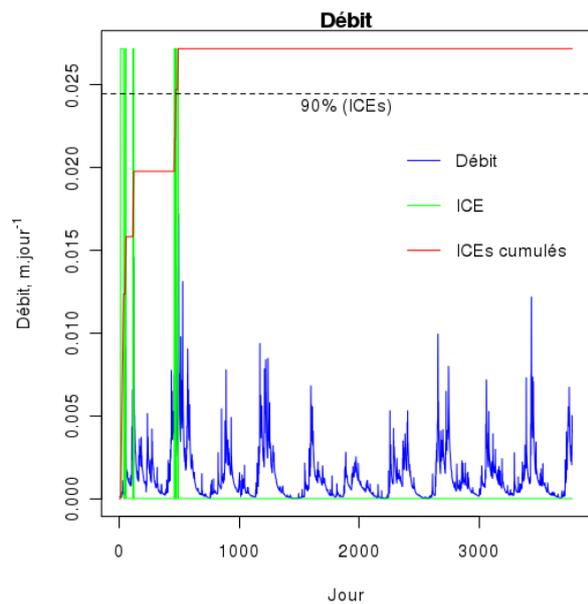
Quillimadec



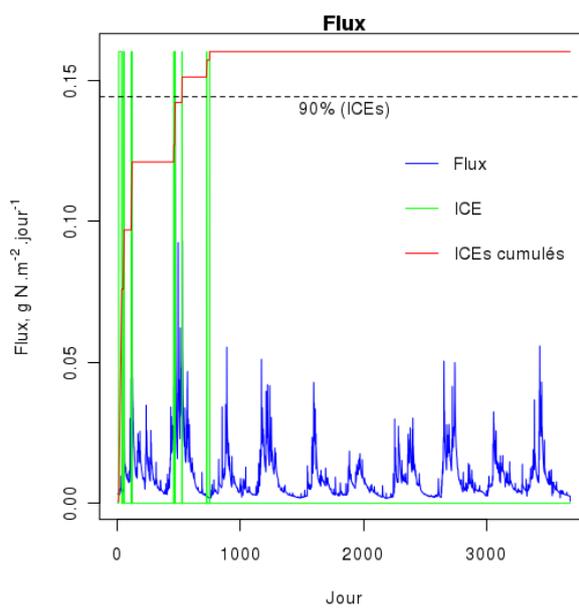
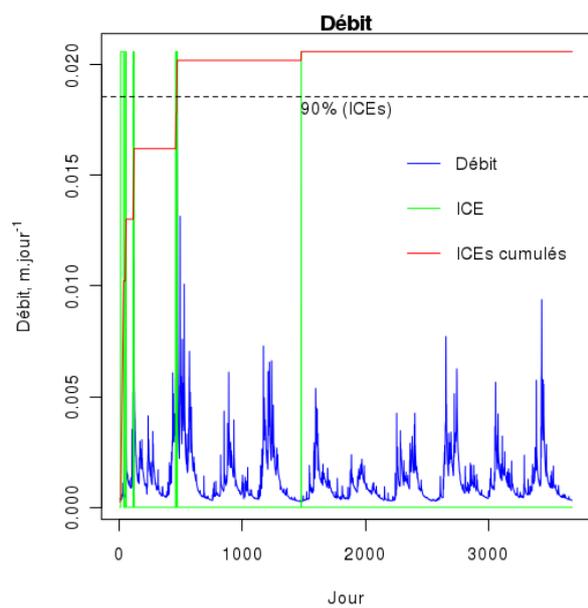
Kerharo



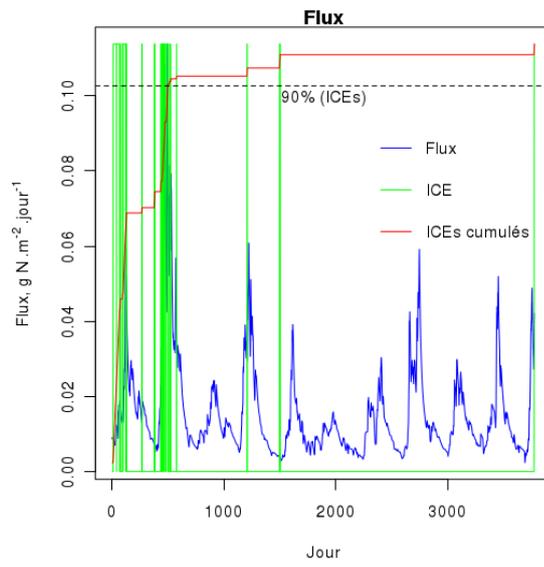
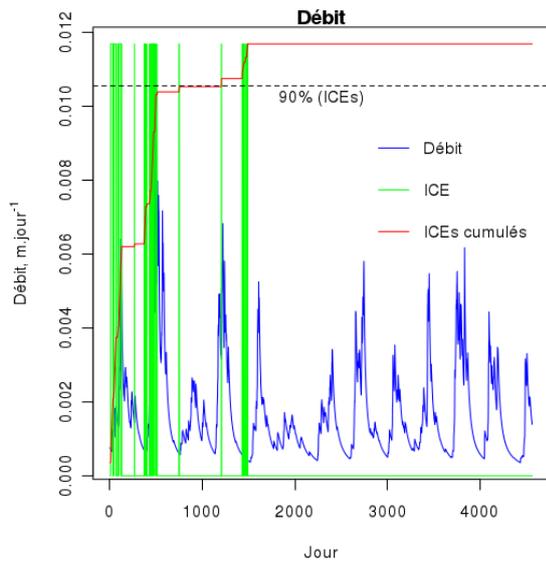
Lapic



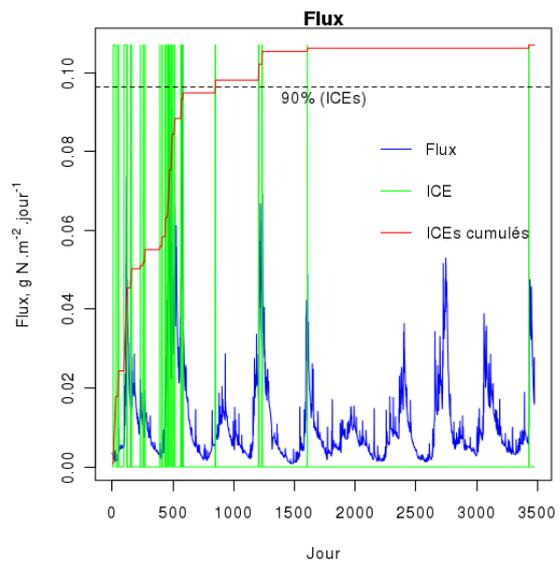
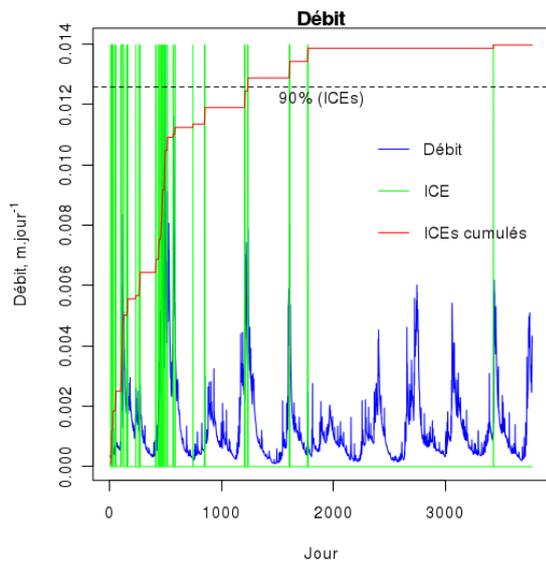
Ris



St Laurent

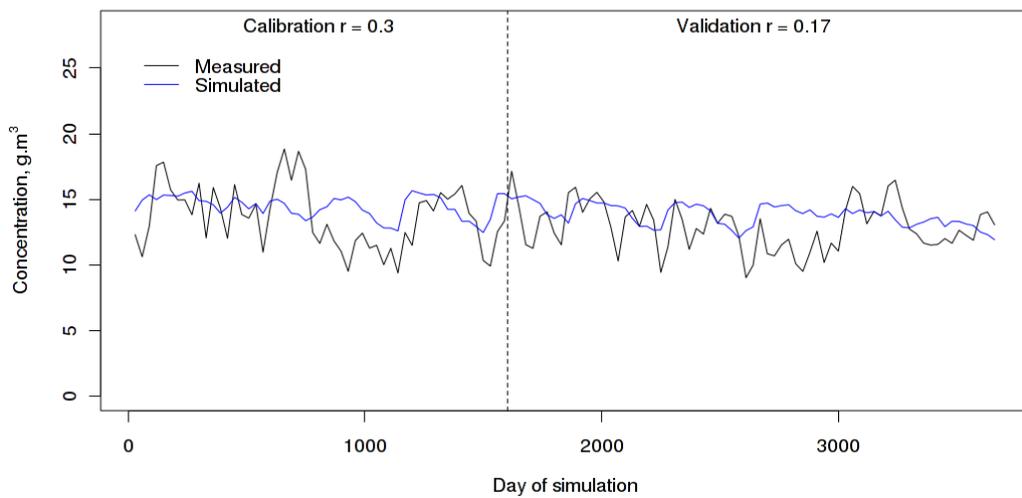
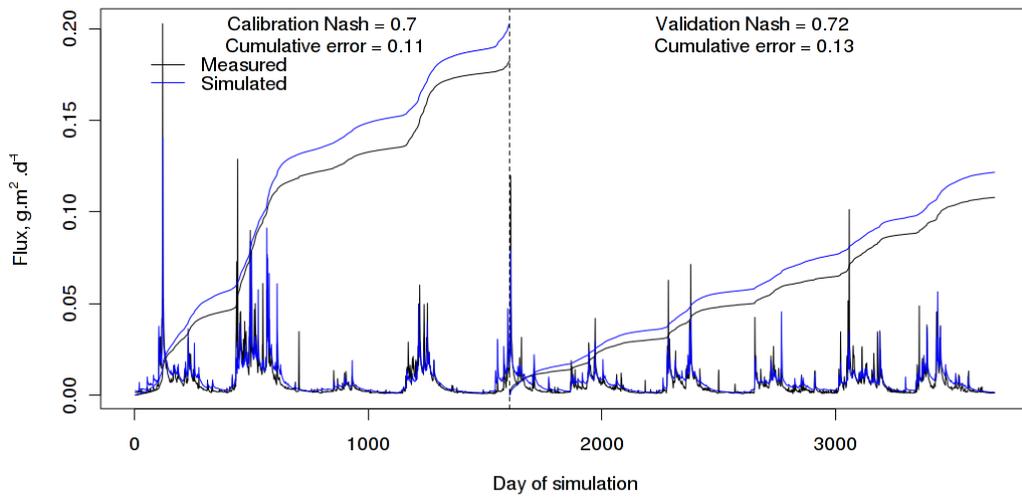
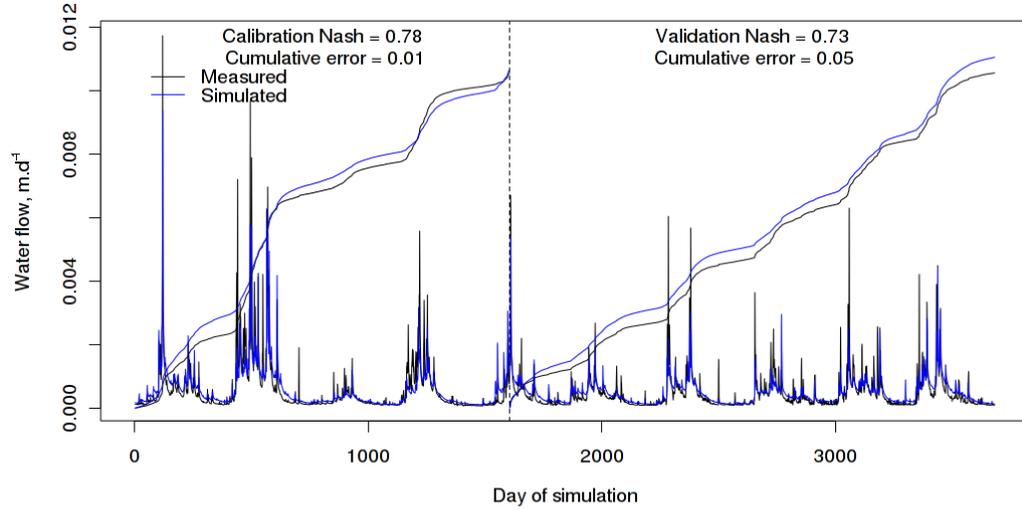


Moros

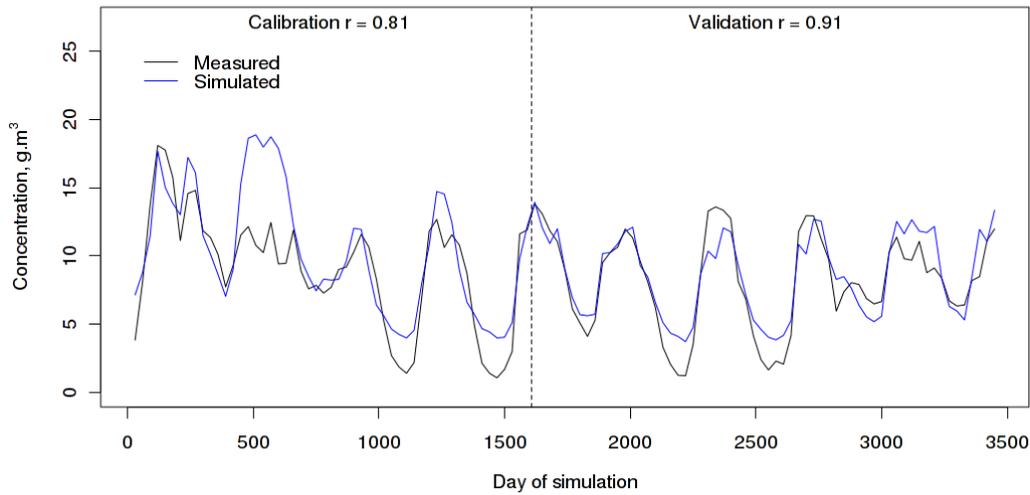
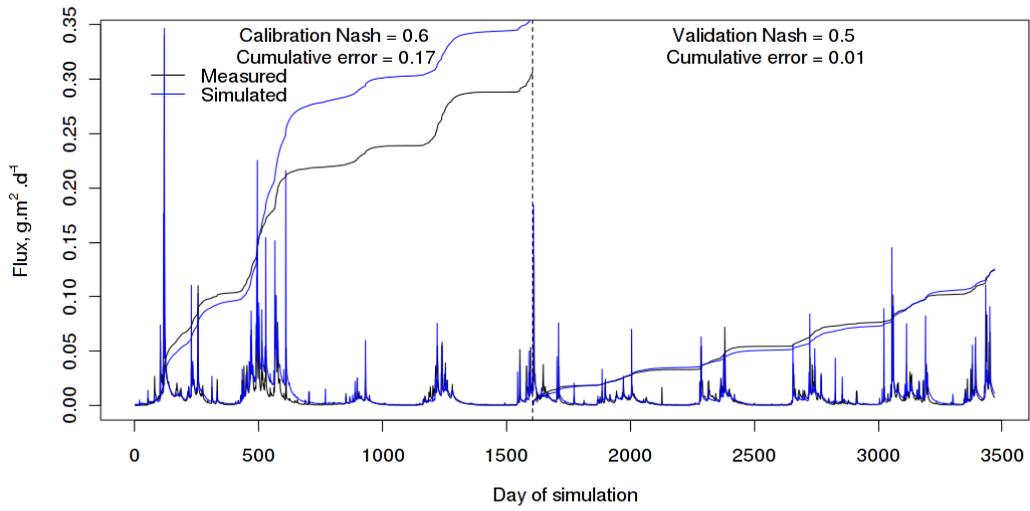
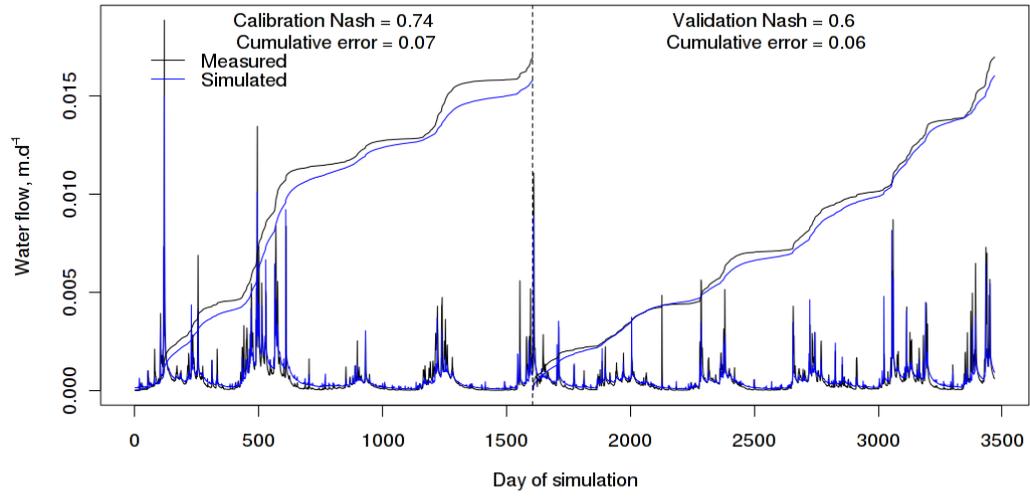


Annexe 12 : Résultats des phases de calibration/validation

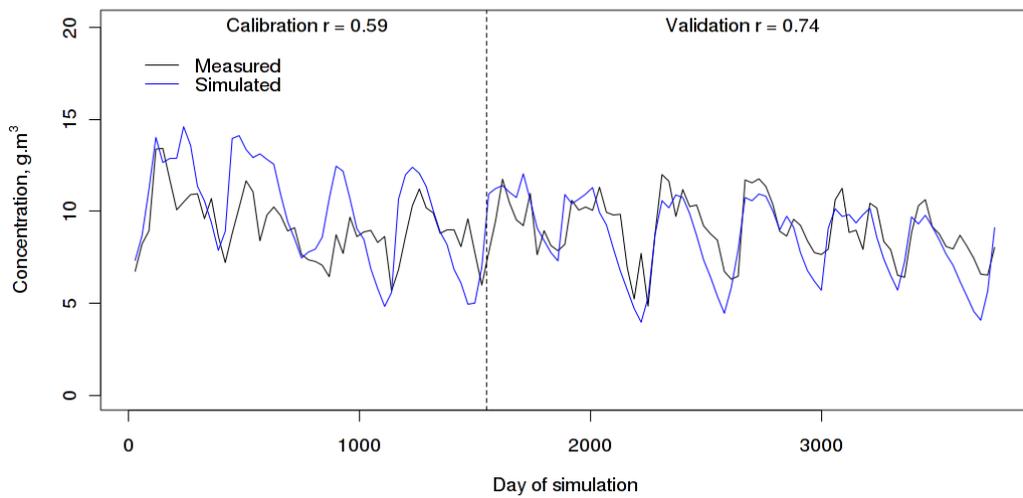
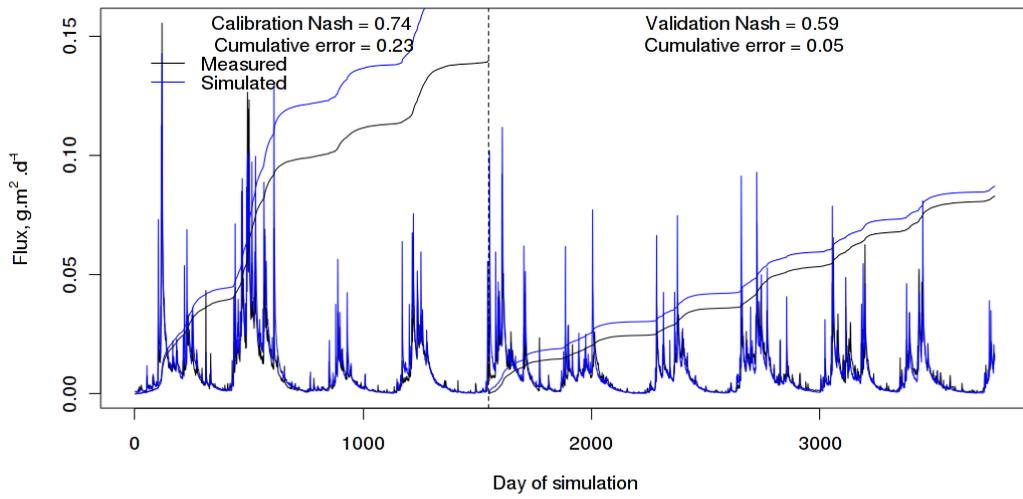
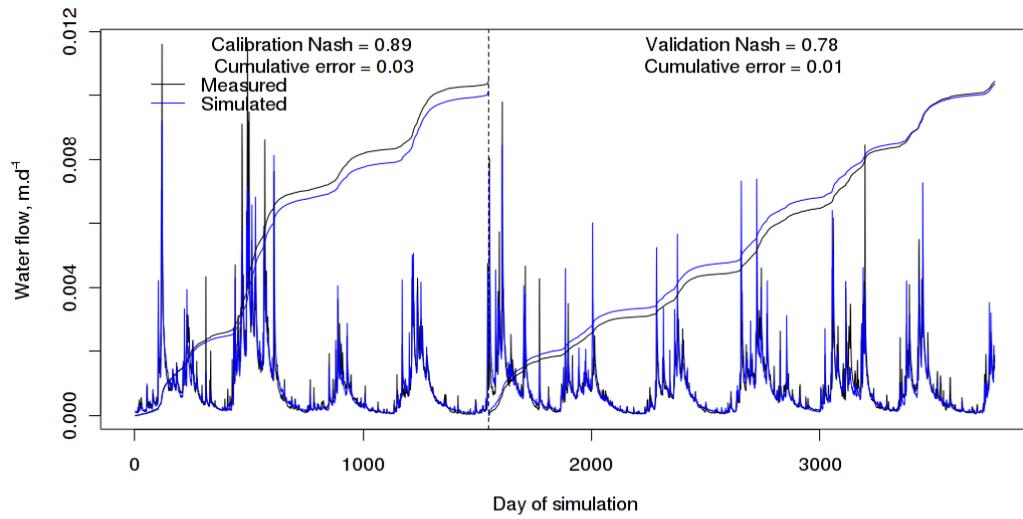
Frémur



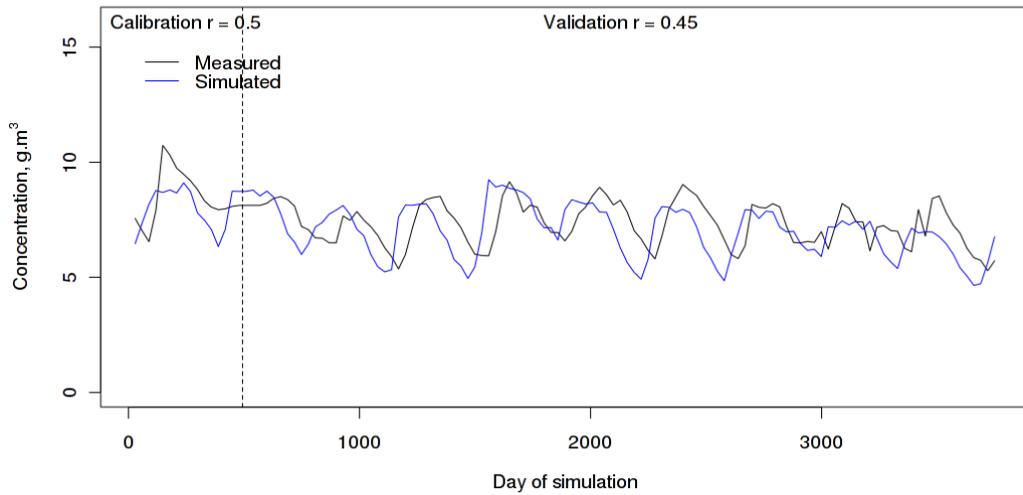
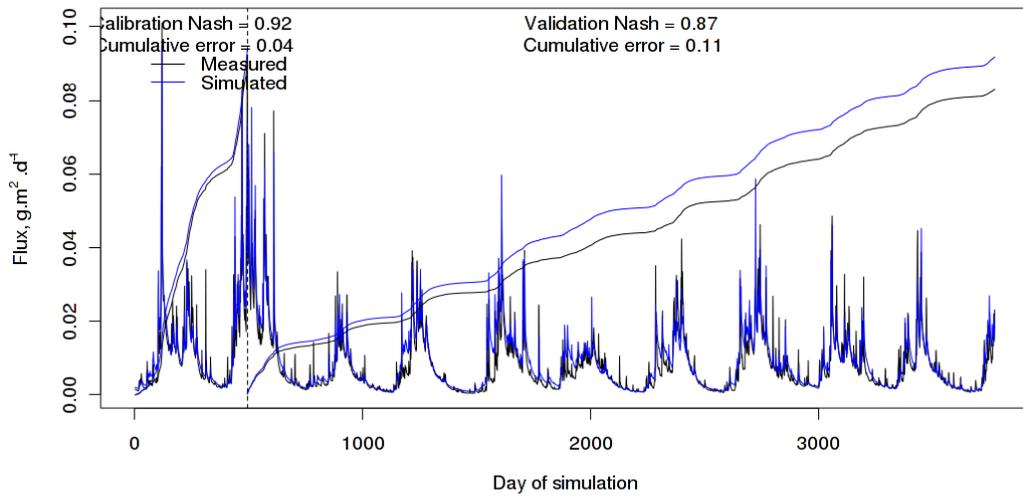
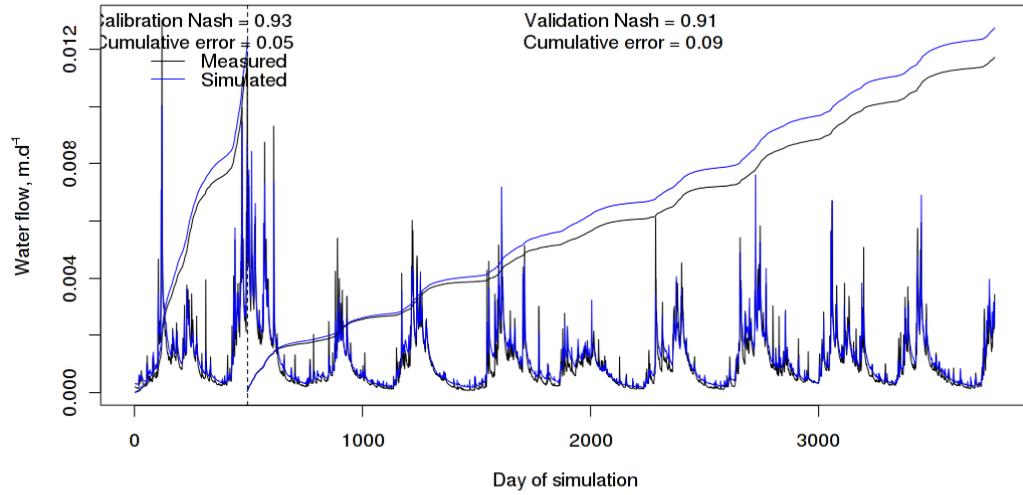
Gouessant



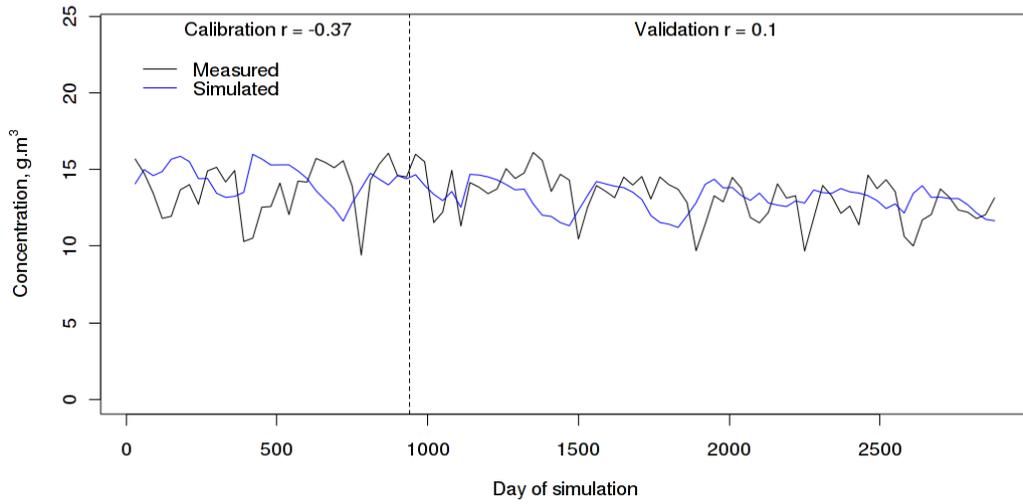
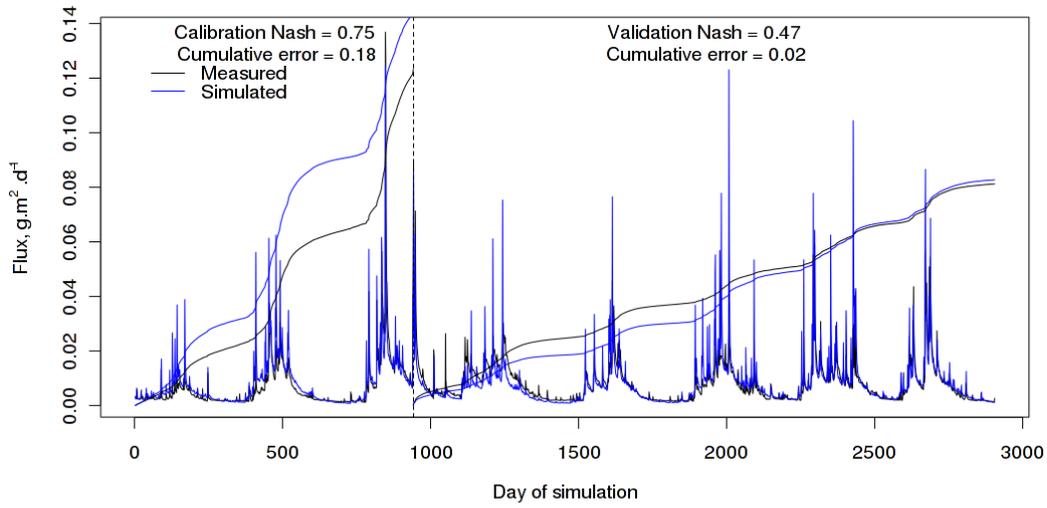
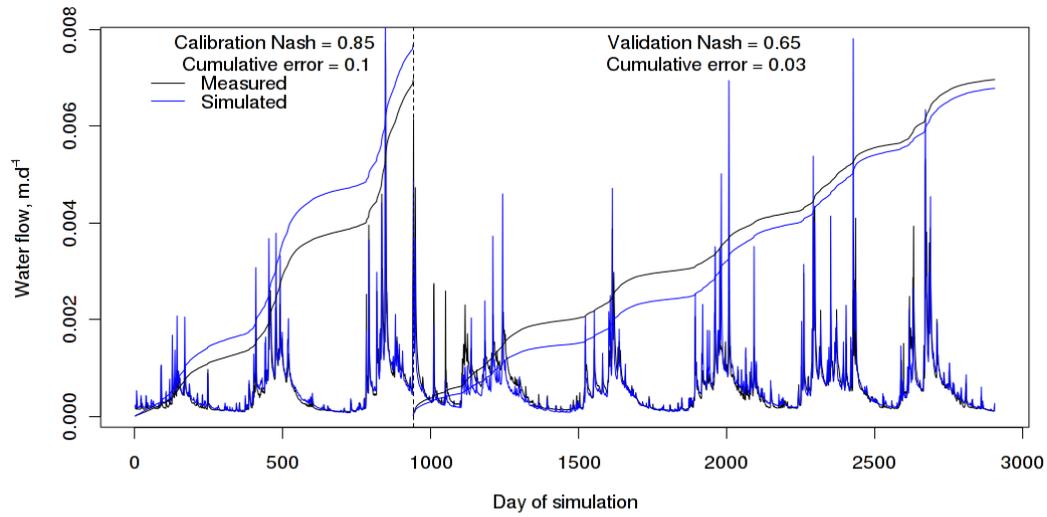
Urne



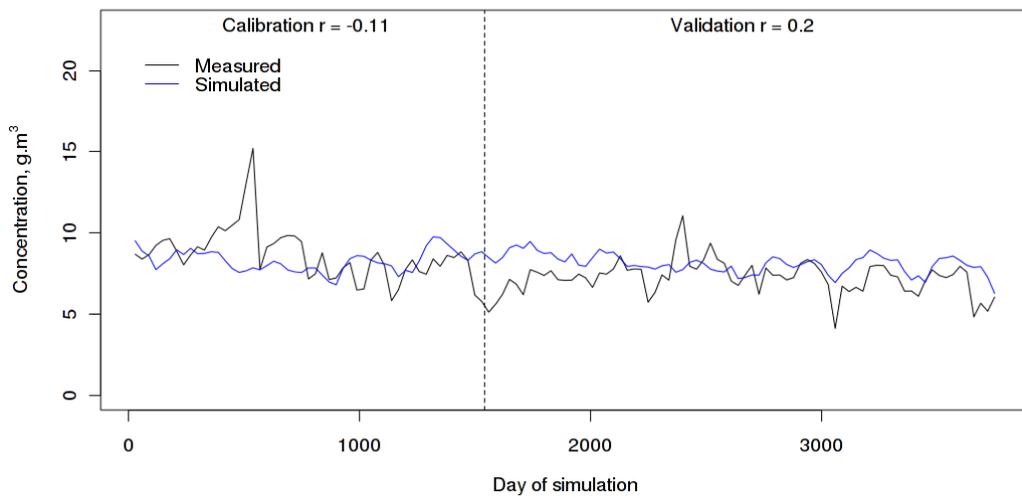
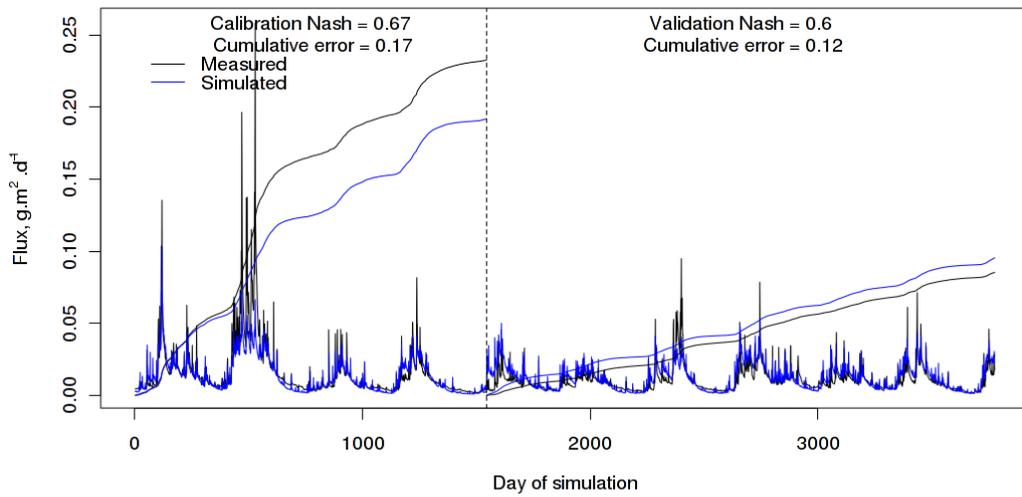
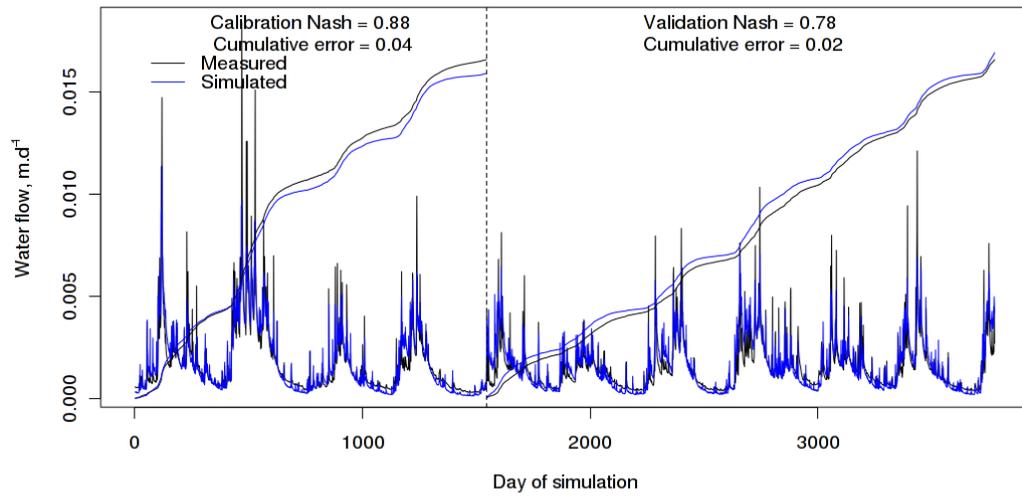
Gouet



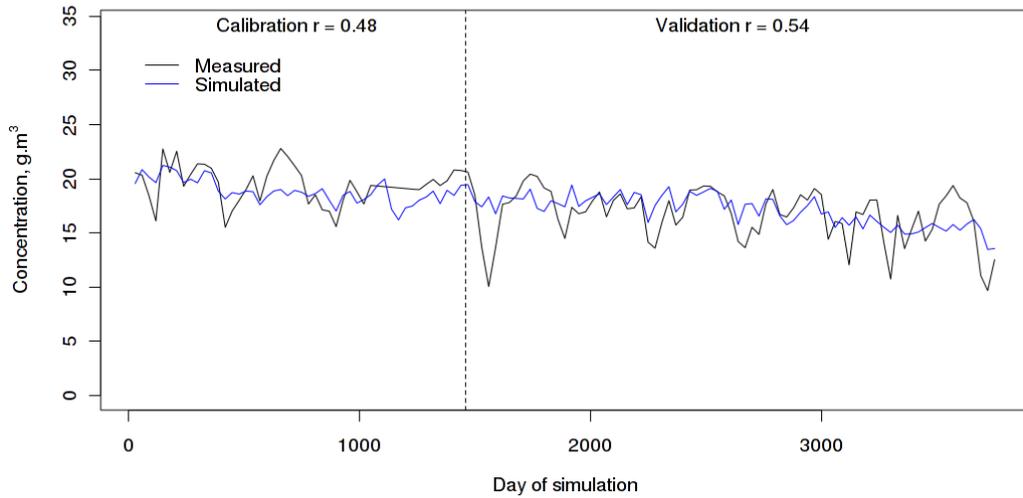
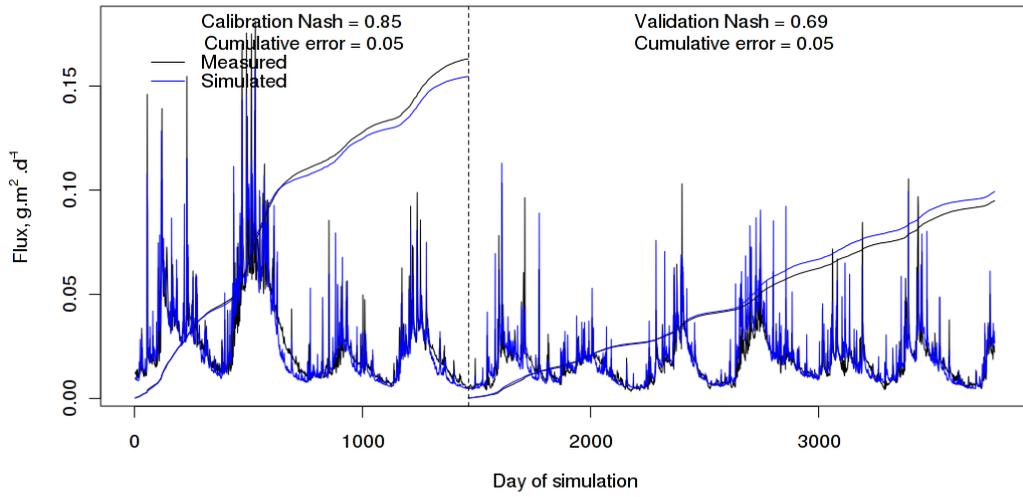
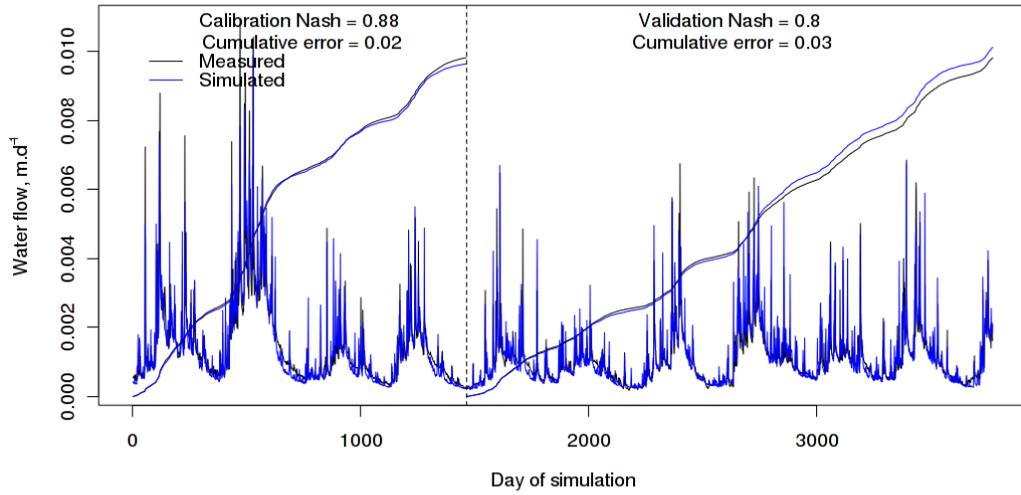
lc



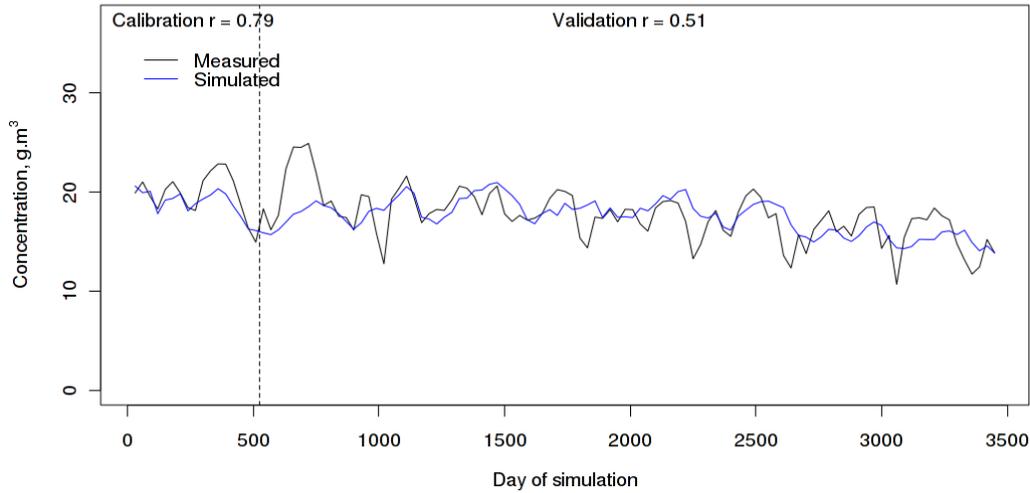
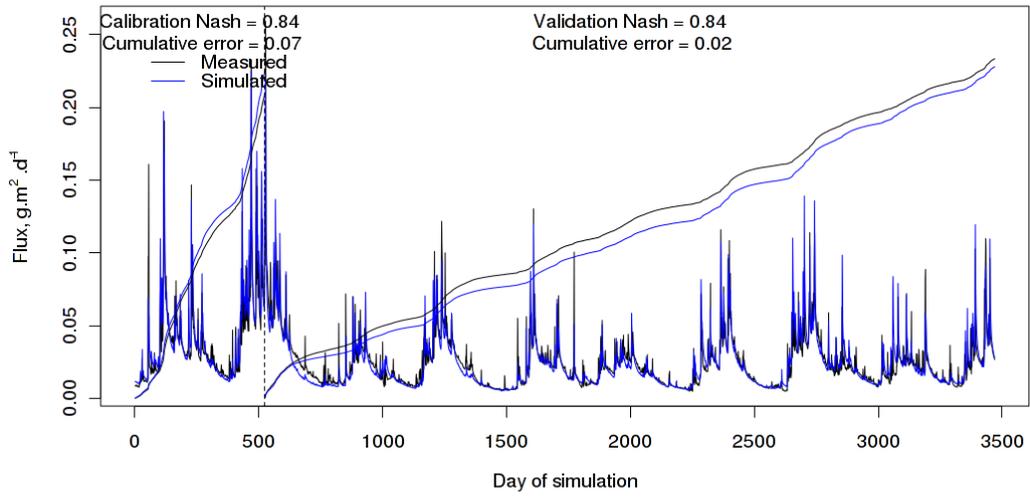
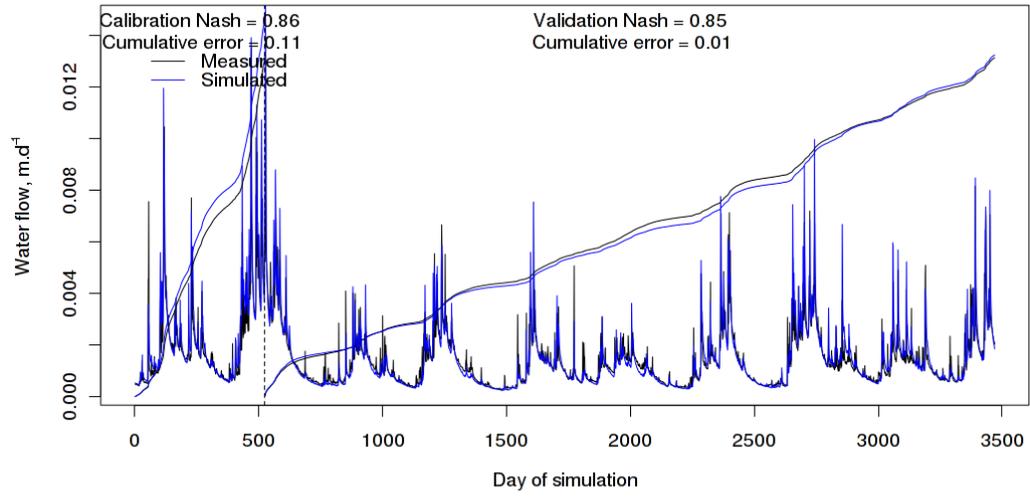
Douron



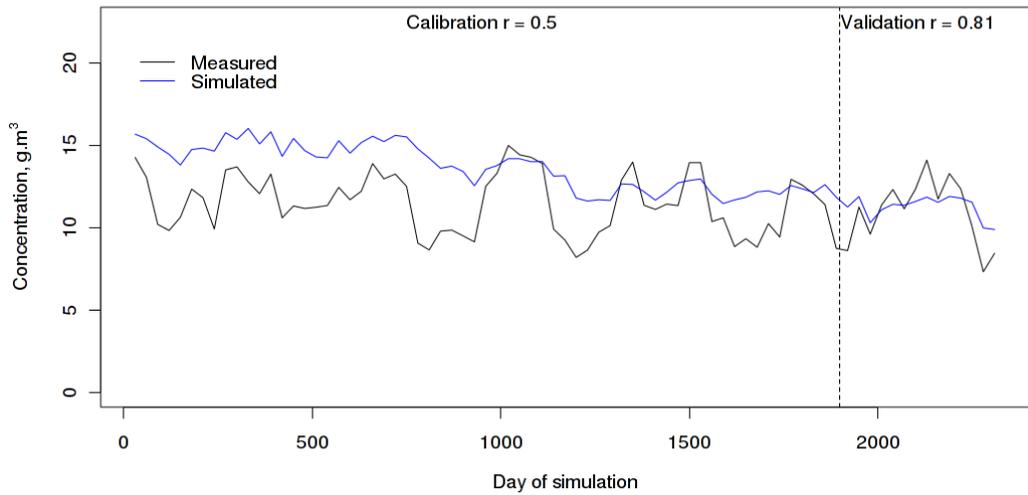
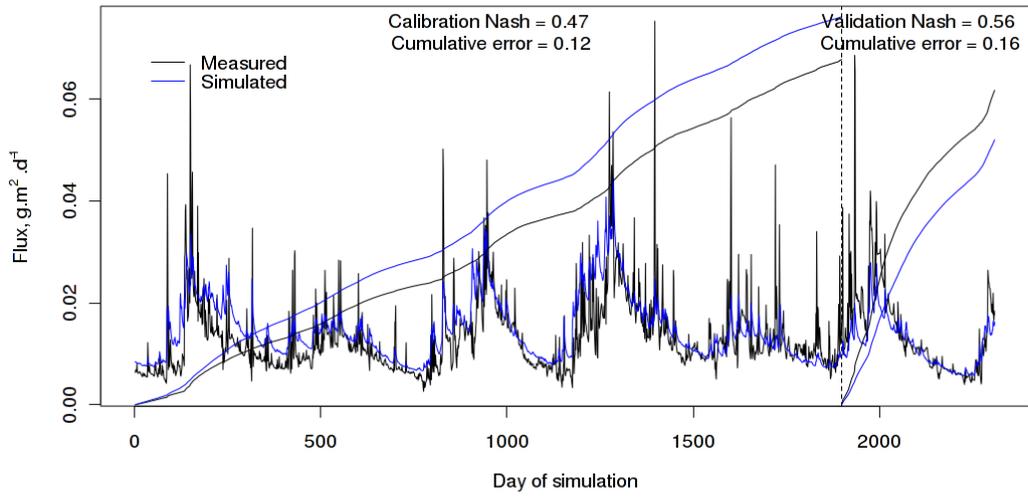
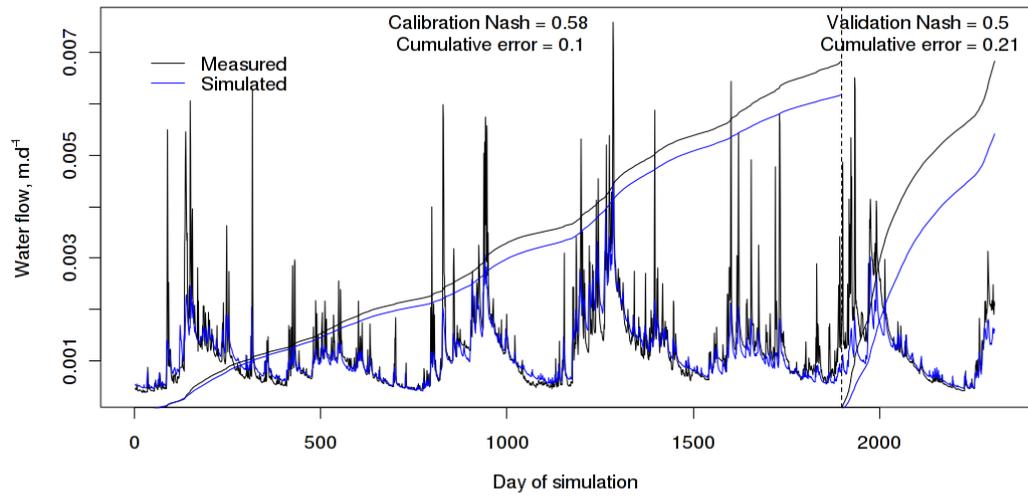
Horn



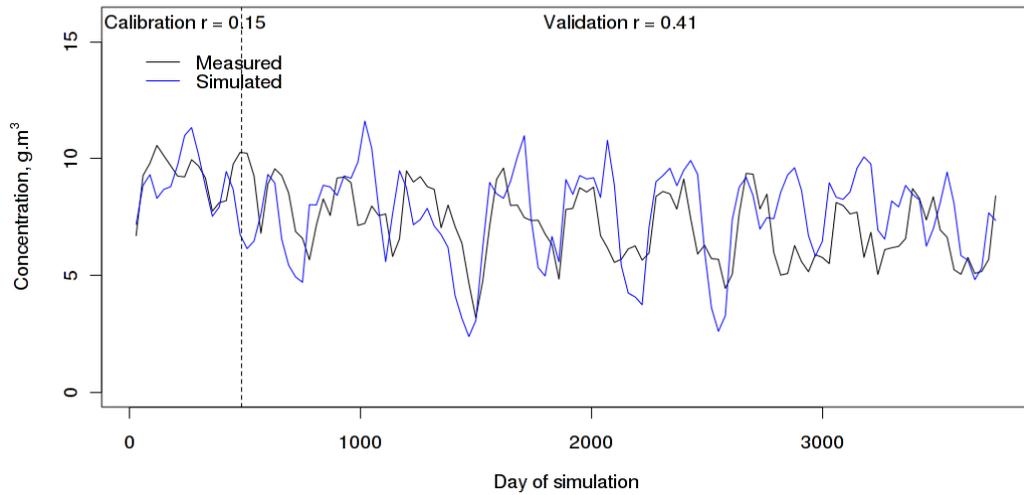
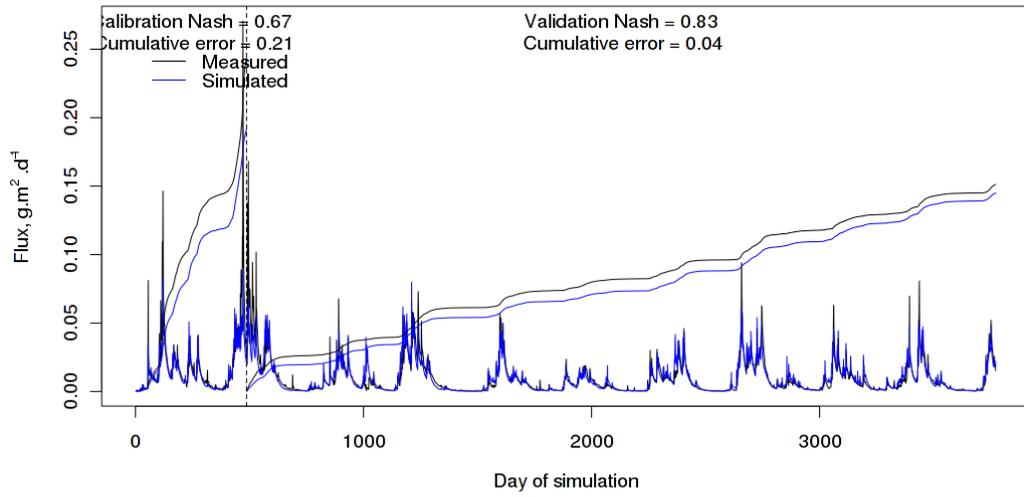
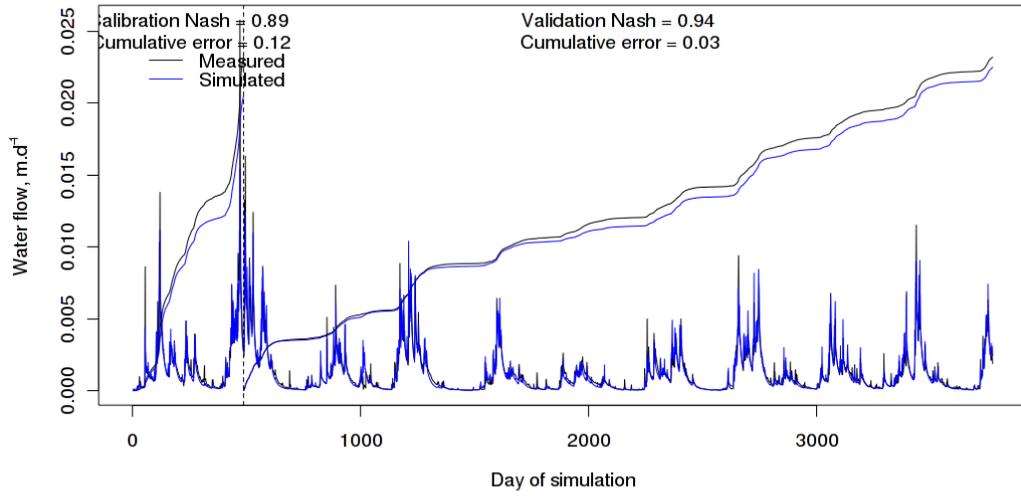
Guillec



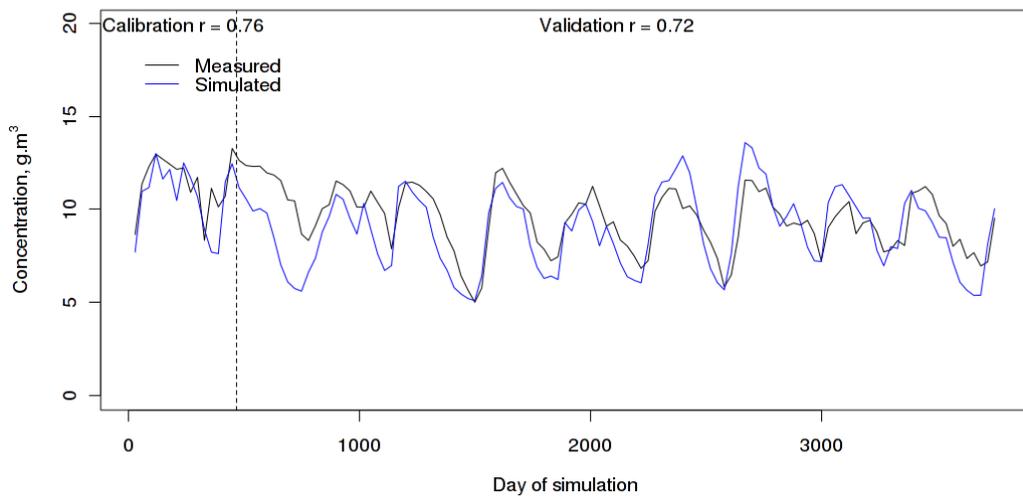
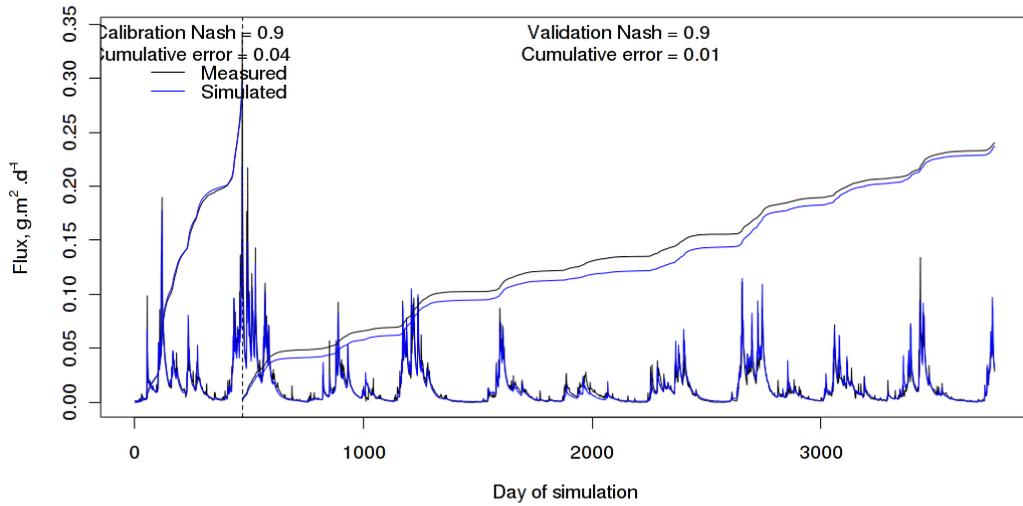
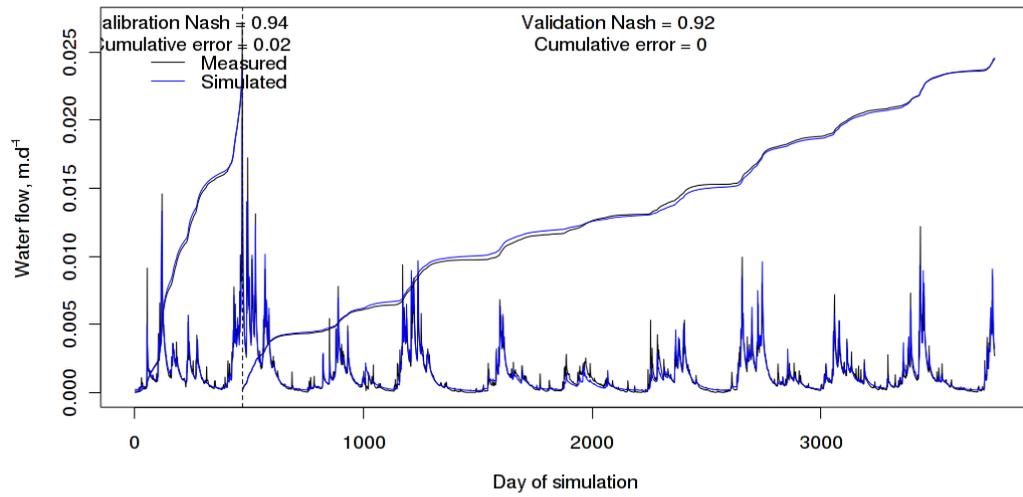
Quillimadec



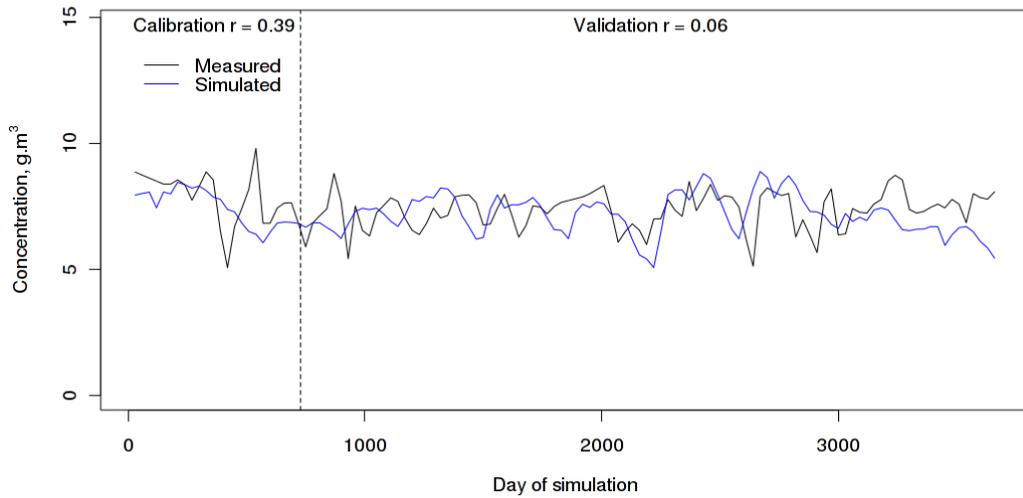
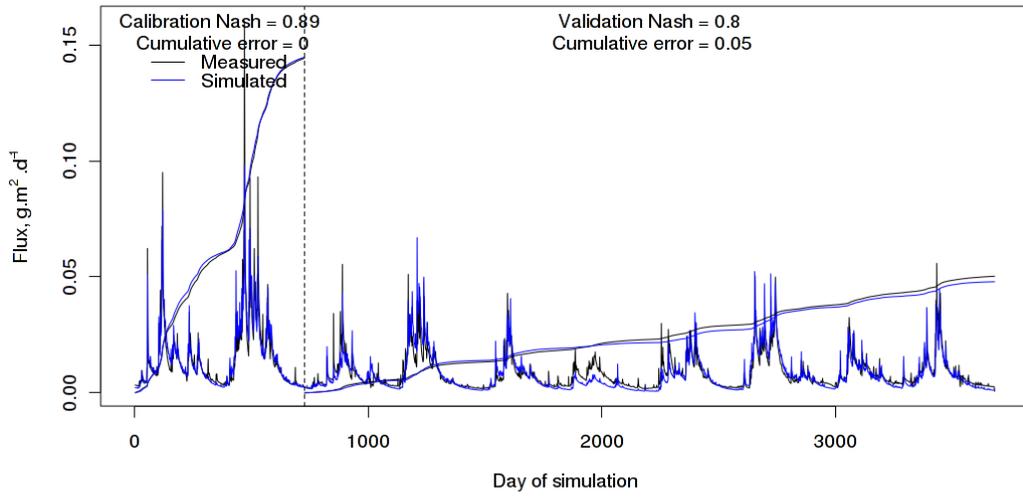
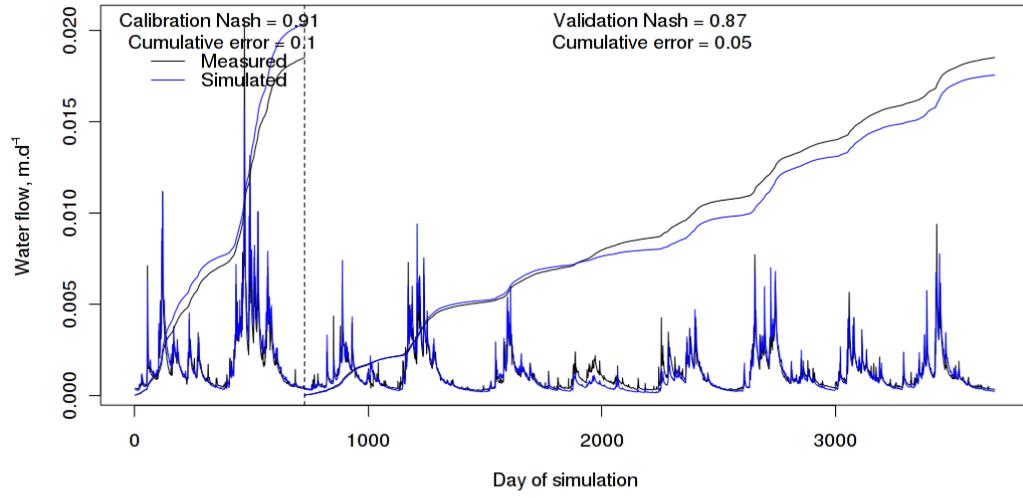
Kerharo



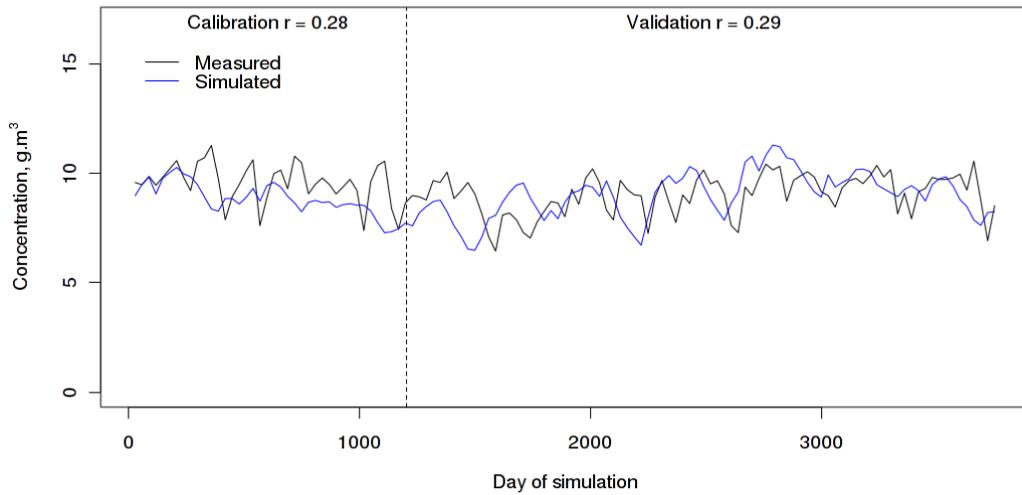
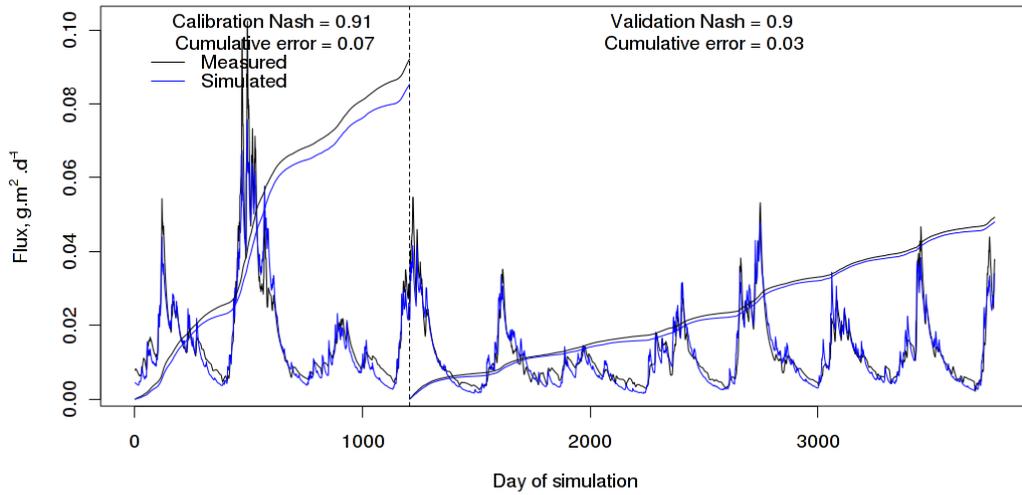
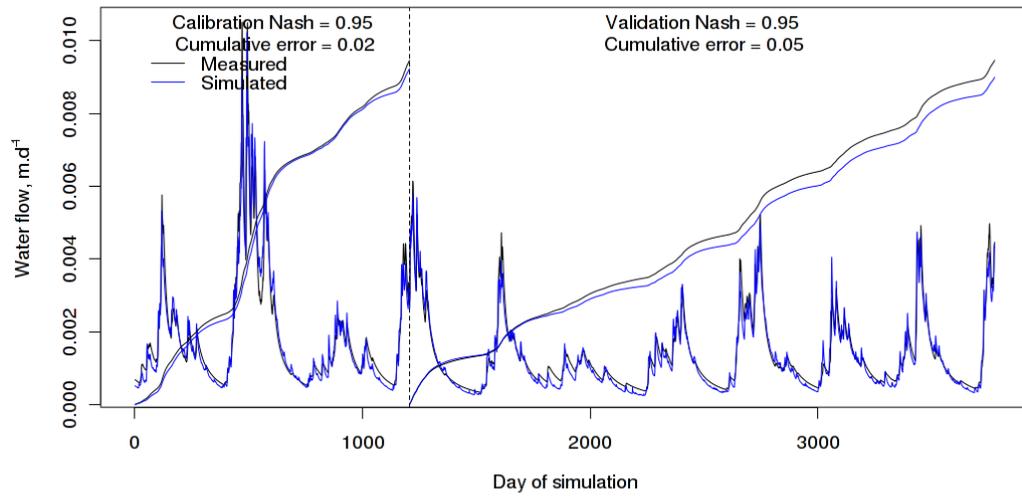
Lapic



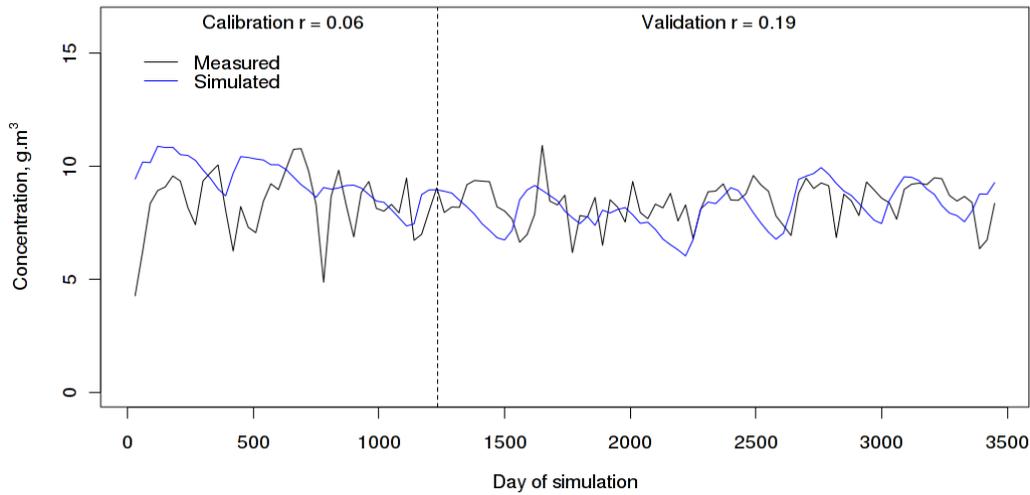
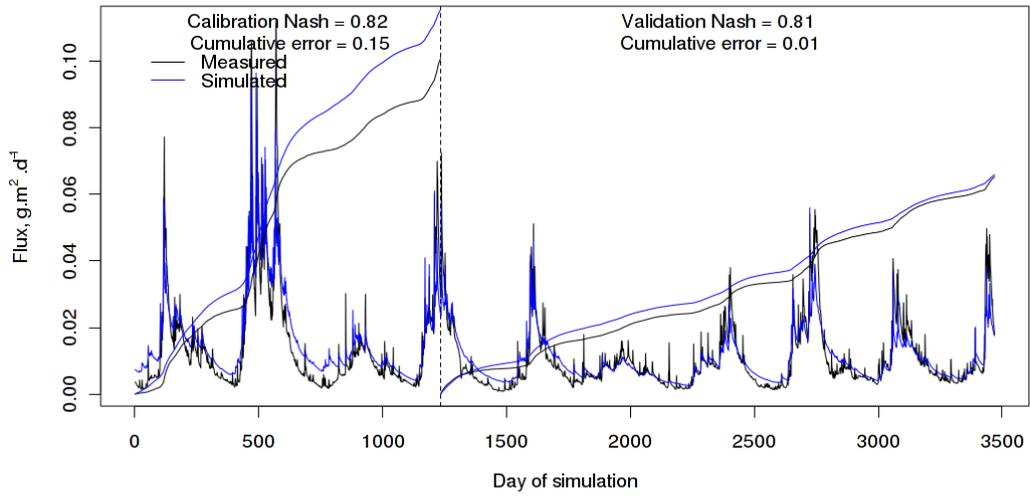
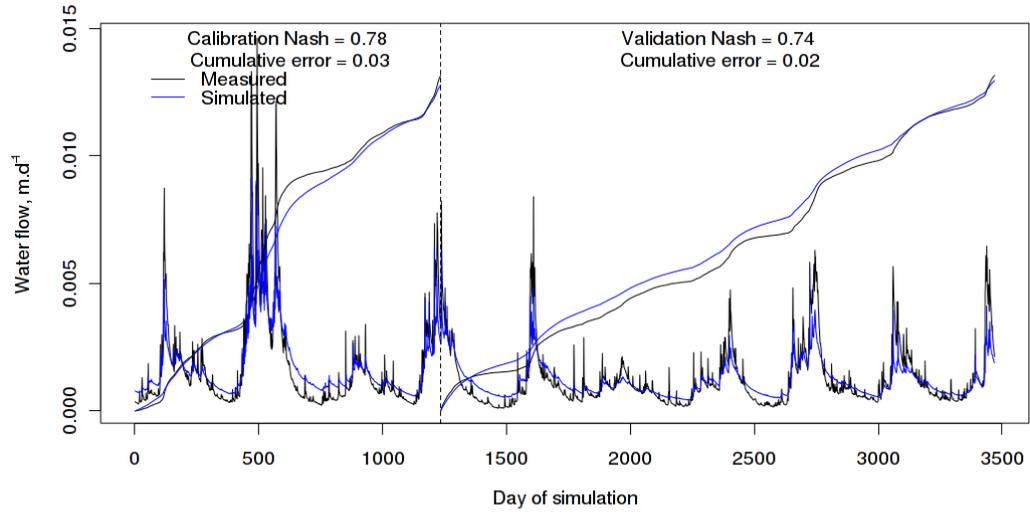
Ris



St Laurent

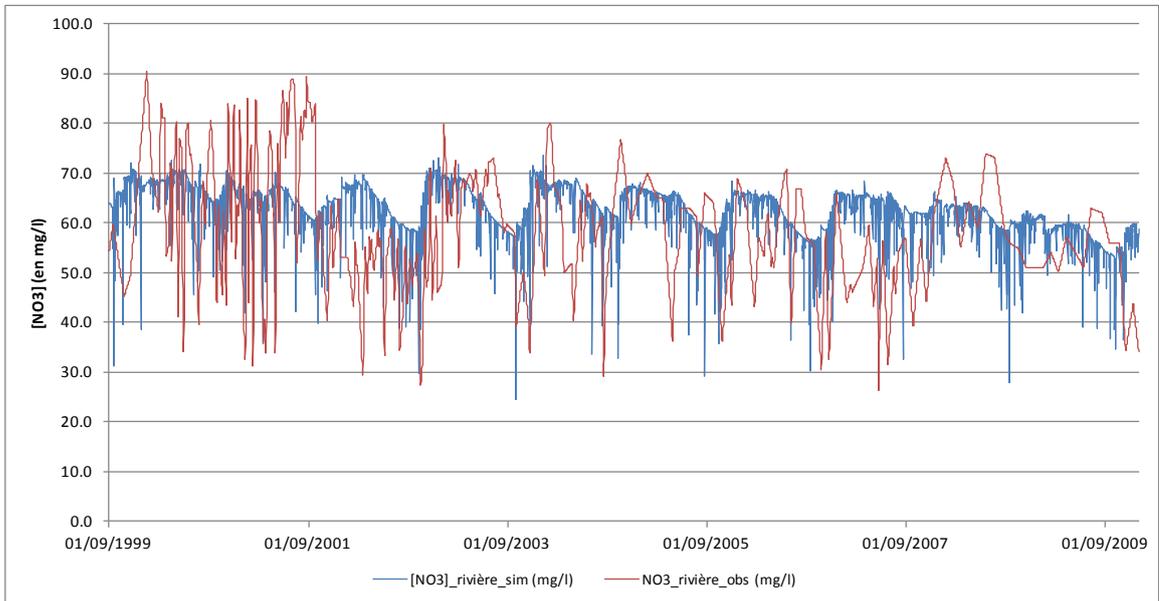


Moros

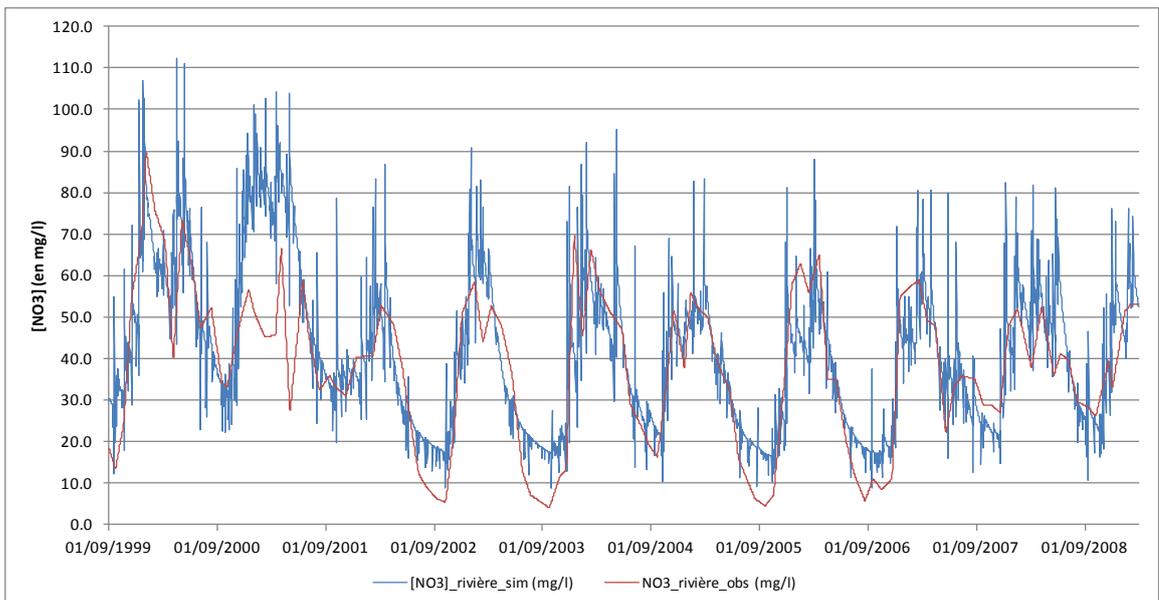


Annexe 14 : Concentrations en nitrate observées et simulées

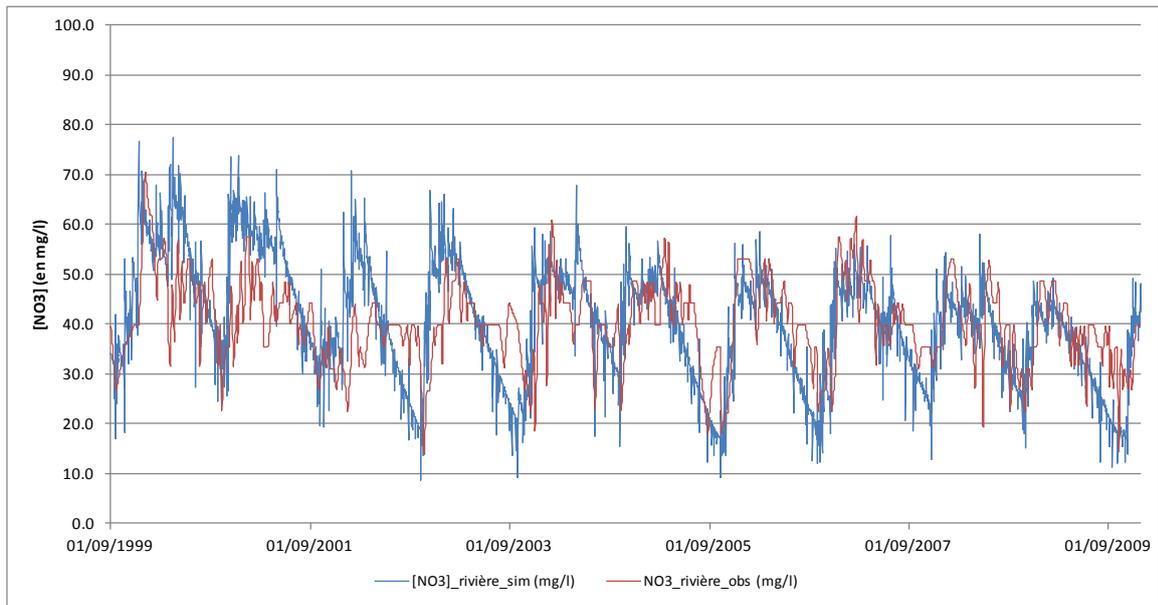
FREMUR



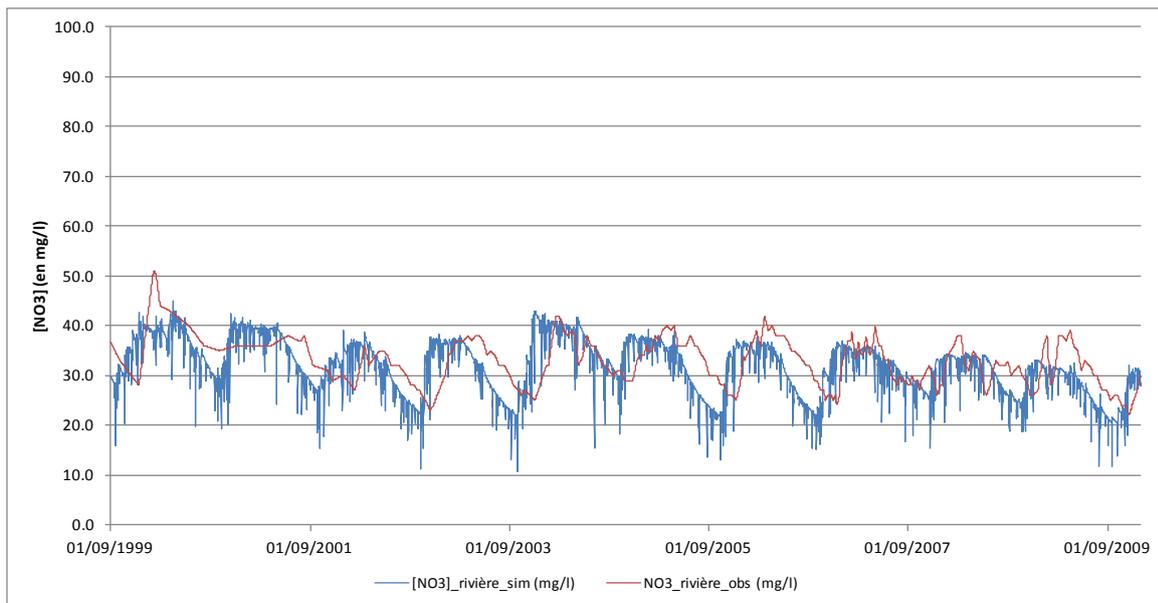
GOUESSANT



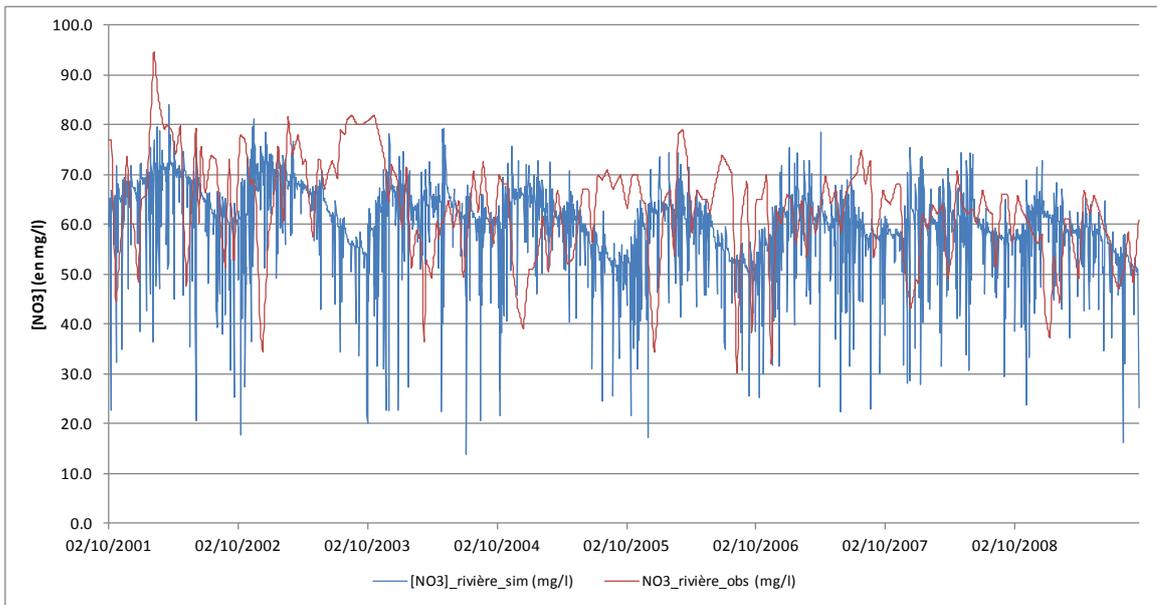
URNE



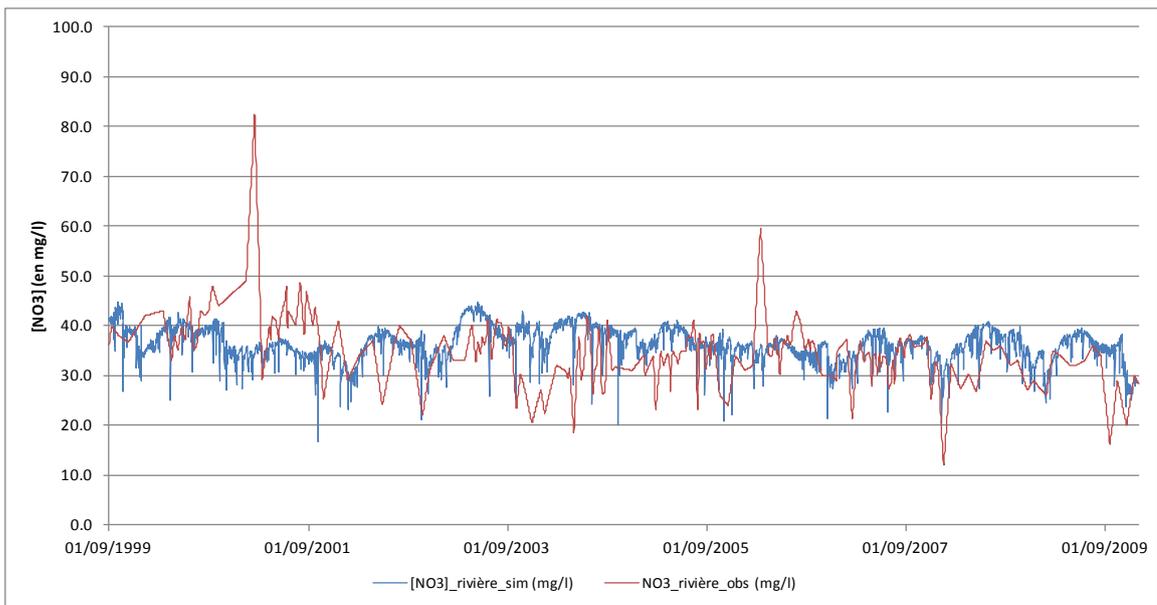
GOUET



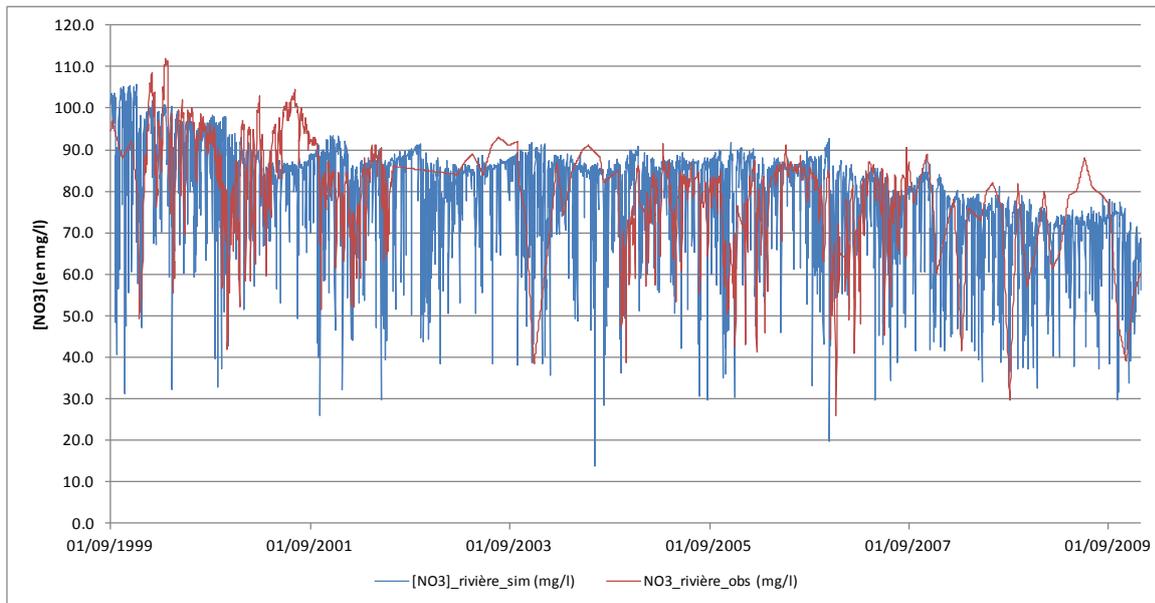
IC



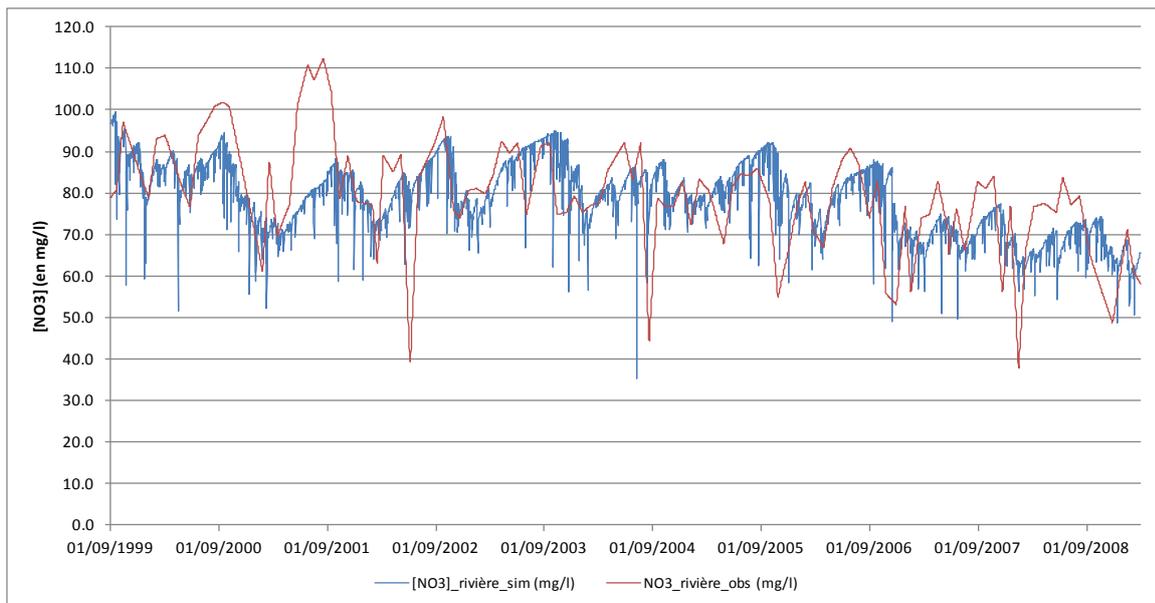
DOURON



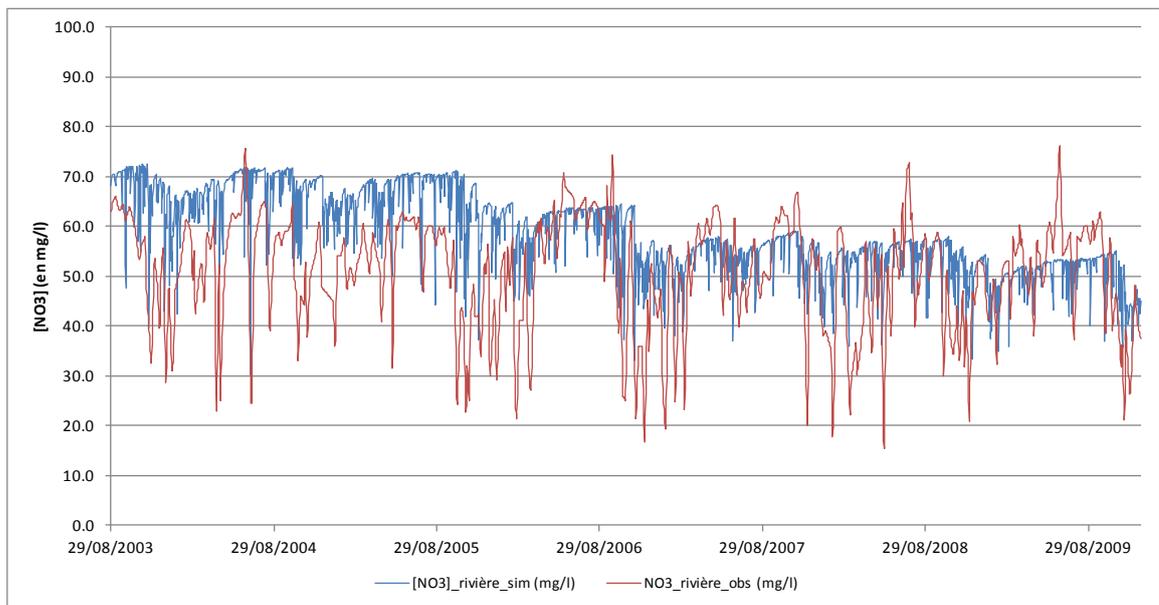
HORN



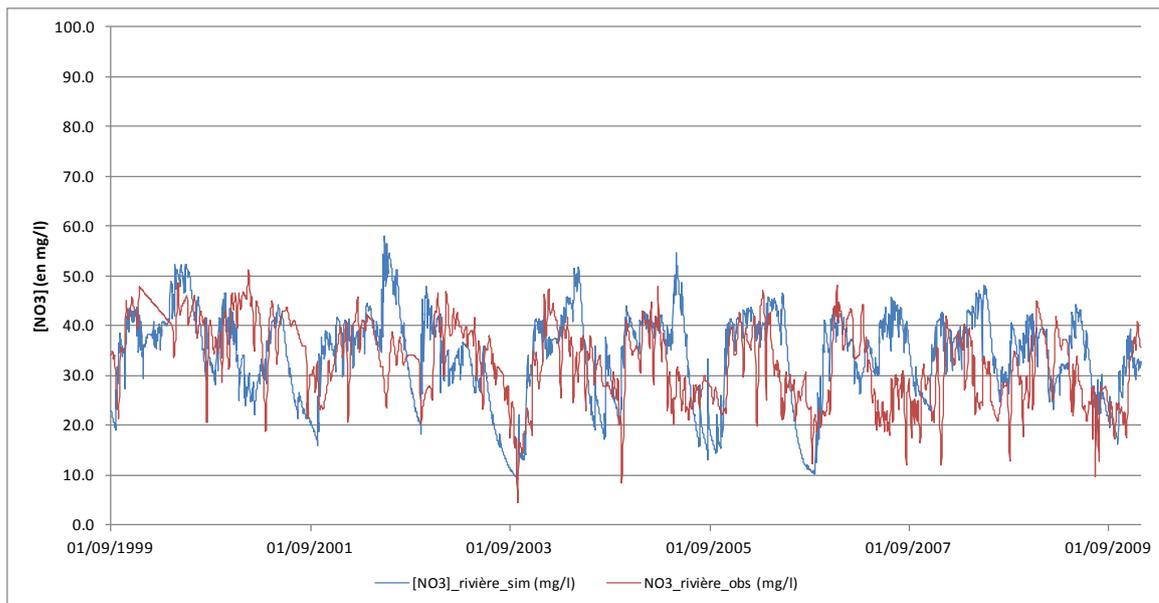
GUILLEC



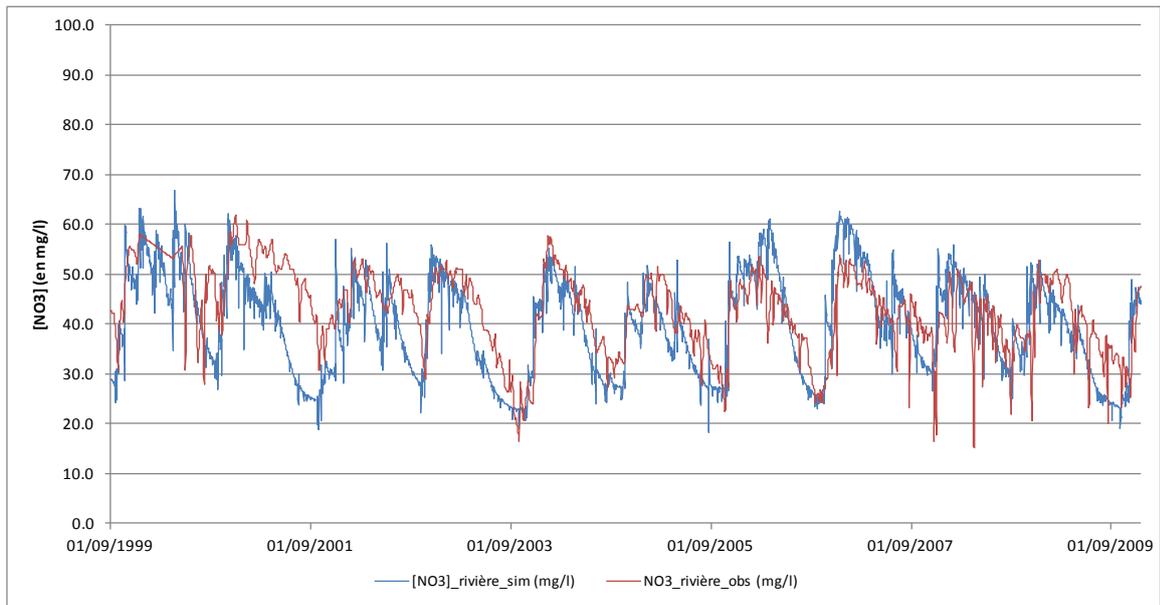
QUILLMADEC



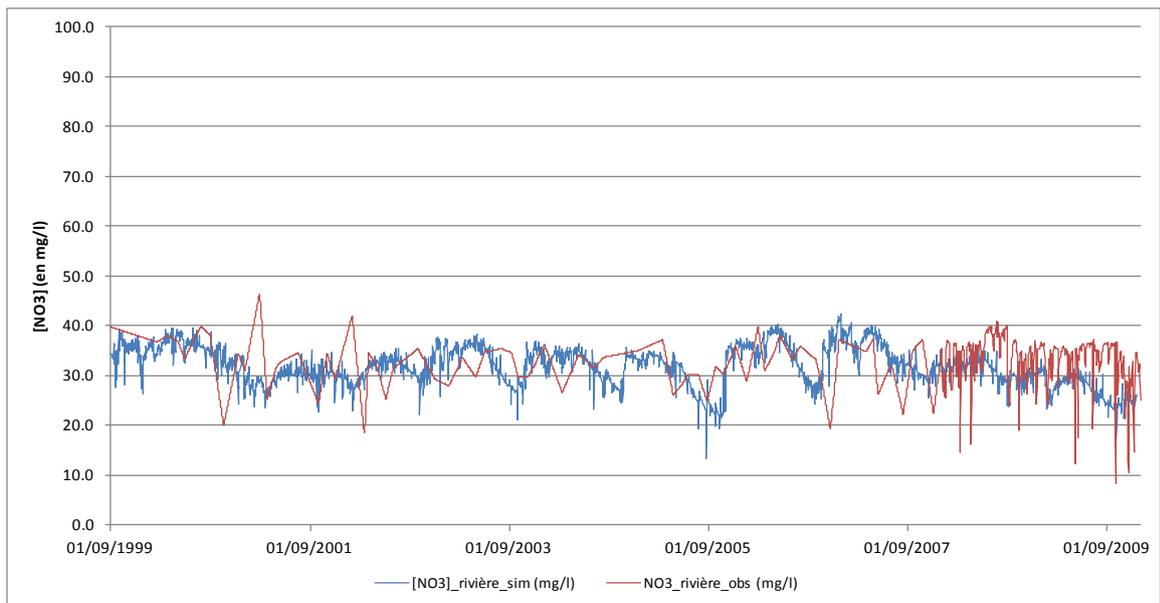
KERHARO



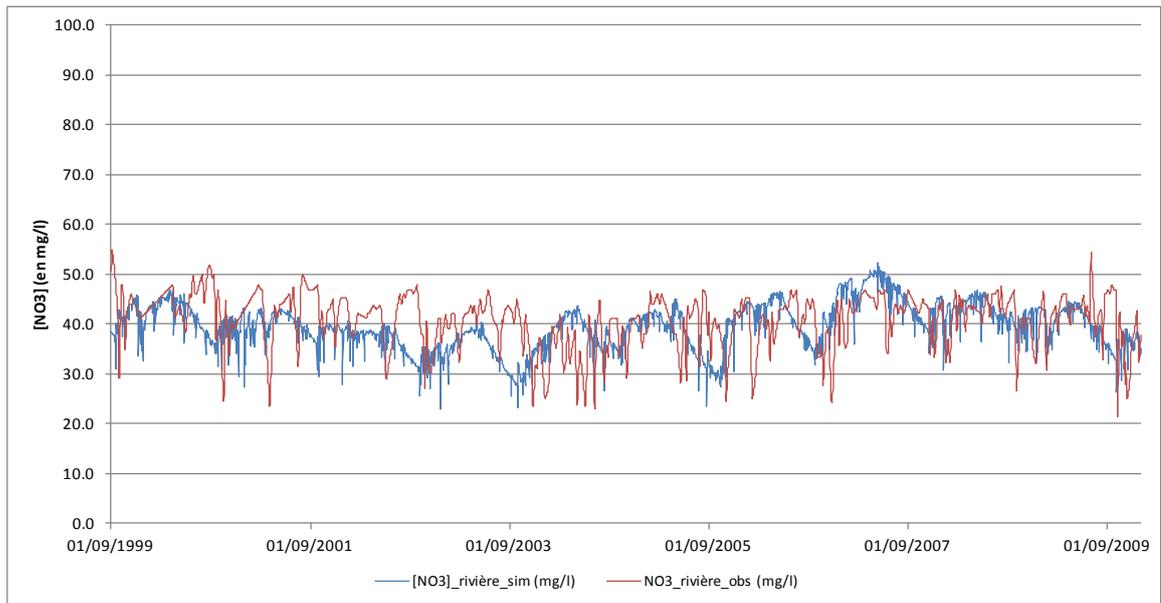
LAPIC



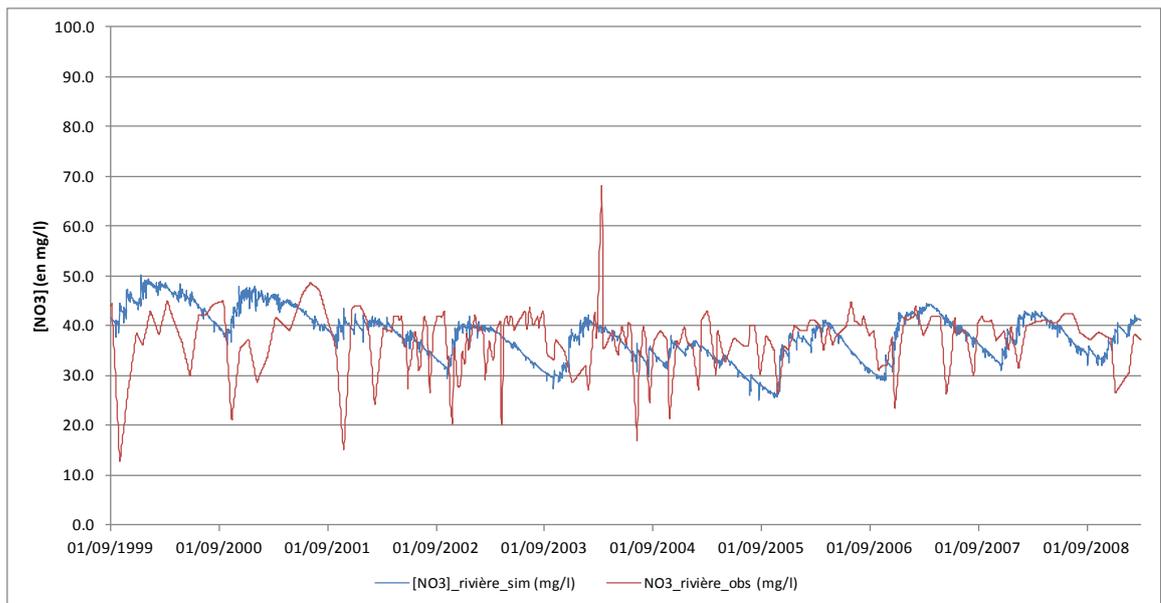
RIS



ST LAURENT



MOROS



Annexe 15-1 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Frémur

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	1.5	1.1
	N_res_hydro	26.1	18.7
	N_denit	5.6	4.7
	N_volat	9.7	8.4
	N_exp_cult	125.7	114.8
	sorties_tot	168.6	147.7
var_stock_tot	20.7	15.9	
entrees_tot	N_atmo	10.2	10.1
	N_fix	2.3	2.5
	N_ferti_min	43.6	37.7
	N_ferti_org	108.0	90.2
	N_resti_pât	25.2	23.1
	entrees_tot	189.3	163.7

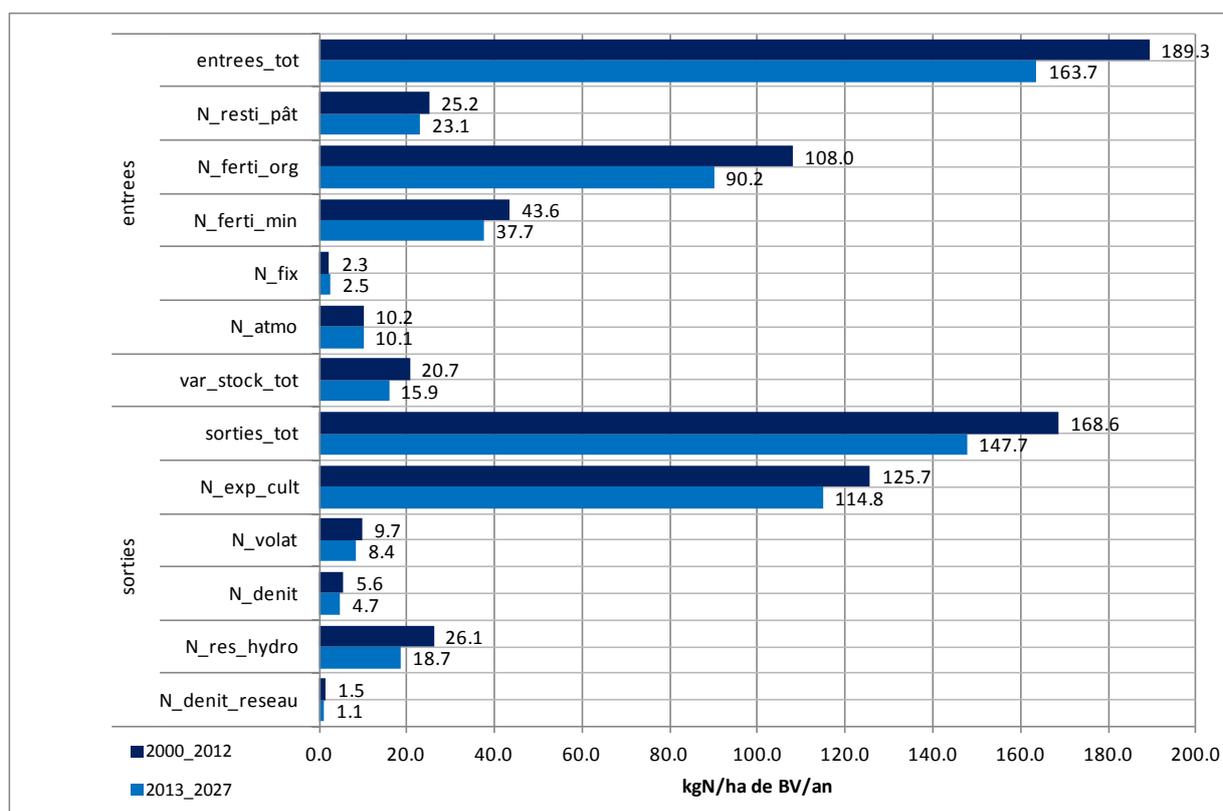


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.40	28
2000_2001	2.02	26
2001_2002	0.50	26
2002_2003	0.93	28
2003_2004	1.09	27
2004_2005	0.84	27
2005_2006	0.96	26
2006_2007	0.85	26
2007_2008	1.01	26
2008_2009	1.20	24
2009_2010	0.95	23
2010_2011	0.76	23
2011_2012	0.65	22
2012_2013	1.84	21
2013_2014	0.49	20
2014_2015	0.92	20
2015_2016	1.09	20
2016_2017	0.84	19
2017_2018	0.96	19
2018_2019	0.85	19
2019_2020	1.02	19
2020_2021	1.20	19
2021_2022	0.95	18
2022_2023	0.77	19
2023_2024	0.65	18
2024_2025	1.84	17
2025_2026	0.49	17
2026_2027	0.92	17

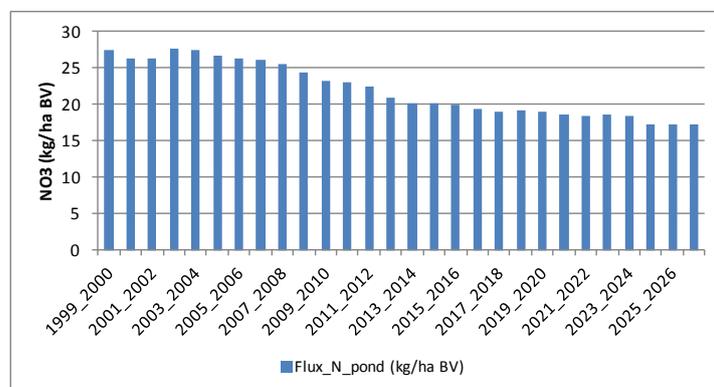


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	26.9	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	23.3	-13.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.6	-27.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	17.3	-35.9
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	25.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	18.9	-26.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	17.3	-32.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.5	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.6	-23.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	17.3	-32.4

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.74	1.05	1.68	1.50	6.7	12.1	6.2	2.5
2000_2001	1.93	2.24	2.05	1.21	6.8	11.1	6.0	2.4
2001_2002	0.47	0.46	0.52	0.71	6.4	12.0	5.8	2.3
2002_2003	1.10	1.05	0.59	0.69	6.9	12.3	5.9	2.3
2003_2004	0.83	1.26	1.04	1.19	6.8	12.1	6.0	2.4
2004_2005	1.09	0.75	0.76	0.81	6.7	11.8	5.8	2.3
2005_2006	1.03	1.02	0.84	0.80	6.5	11.7	5.8	2.2
2006_2007	0.61	0.69	1.07	1.66	6.3	11.6	5.8	2.4
2007_2008	0.67	0.94	1.45	1.25	6.5	11.2	5.6	2.3
2008_2009	1.45	1.19	1.03	0.98	6.2	10.5	5.3	2.2
2009_2010	0.82	1.15	0.77	0.80	5.9	10.2	5.2	2.0
2010_2011	1.23	0.65	0.48	0.68	5.8	10.4	4.9	1.9
2011_2012	0.45	0.43	1.09	1.18	5.3	10.0	5.1	2.1
2012_2013	1.64	2.05	1.97	1.18	5.5	8.8	4.6	1.9
2013_2014	0.46	0.45	0.51	0.70	5.1	9.1	4.4	1.8
2014_2015	1.09	1.04	0.58	0.69	5.1	8.8	4.3	1.7
2015_2016	0.82	1.26	1.03	1.19	5.0	8.7	4.4	1.8
2016_2017	1.10	0.74	0.76	0.82	4.9	8.5	4.2	1.7
2017_2018	1.03	1.01	0.85	0.81	4.7	8.4	4.2	1.6
2018_2019	0.60	0.69	1.07	1.68	4.7	8.5	4.2	1.8
2019_2020	0.68	0.94	1.45	1.26	4.8	8.3	4.2	1.7
2020_2021	1.44	1.19	1.03	0.98	4.8	8.1	4.1	1.7
2021_2022	0.83	1.14	0.77	0.80	4.7	8.0	4.1	1.6
2022_2023	1.24	0.66	0.48	0.69	4.7	8.3	3.9	1.5
2023_2024	0.45	0.43	1.08	1.18	4.3	8.2	4.2	1.7
2024_2025	1.64	2.05	1.97	1.18	4.6	7.3	3.9	1.6
2025_2026	0.47	0.44	0.51	0.71	4.3	7.8	3.7	1.5
2026_2027	1.09	1.05	0.58	0.69	4.4	7.6	3.7	1.5

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	6.7	11.9	6.0	2.4	8.3
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.8	10.3	5.1	2.0	7.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.9	8.6	4.3	1.7	6.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.4	7.6	3.8	1.5	5.3
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	6.4	11.3	5.6	2.3	7.9
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.8	8.3	4.2	1.7	5.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.4	7.6	3.8	1.5	5.3
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	6.5	11.2	5.6	2.3	7.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.9	8.6	4.3	1.7	6.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.4	7.7	3.9	1.6	5.4
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-13.7	-13.5	-14.3	-14.3	-14.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-26.8	-27.4	-27.7	-28.1	-27.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.5	-36.1	-36.6	-36.4	-36.5
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-25.3	-26.5	-26.4	-26.0	-26.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-30.9	-33.0	-33.0	-32.7	-33.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-24.0	-23.1	-23.5	-25.2	-24.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-32.2	-30.9	-31.2	-32.1	-31.5

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	70.6
2000_2001	68.0
2001_2002	68.5
2002_2003	70.1
2003_2004	69.8
2004_2005	67.9
2005_2006	66.8
2006_2007	67.0
2007_2008	64.6
2008_2009	62.2
2009_2010	60.0
2010_2011	58.9
2011_2012	57.5
2012_2013	54.1
2013_2014	52.0
2014_2015	51.0
2015_2016	51.0
2016_2017	49.7
2017_2018	48.5
2018_2019	49.1
2019_2020	48.5
2020_2021	47.5
2021_2022	47.4
2022_2023	47.5
2023_2024	47.5
2024_2025	44.8
2025_2026	44.6
2026_2027	44.2

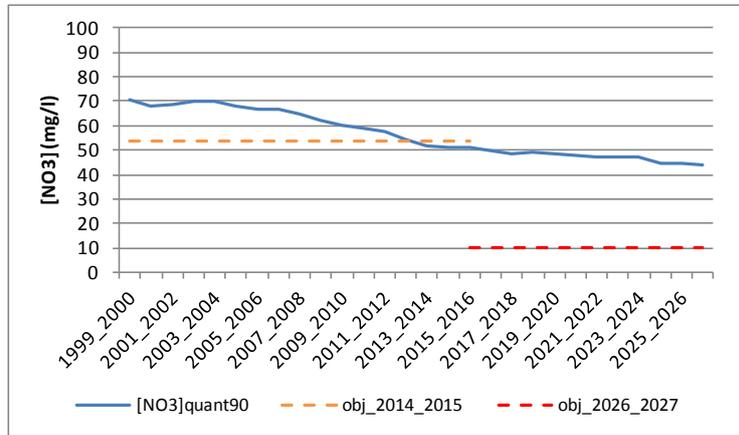
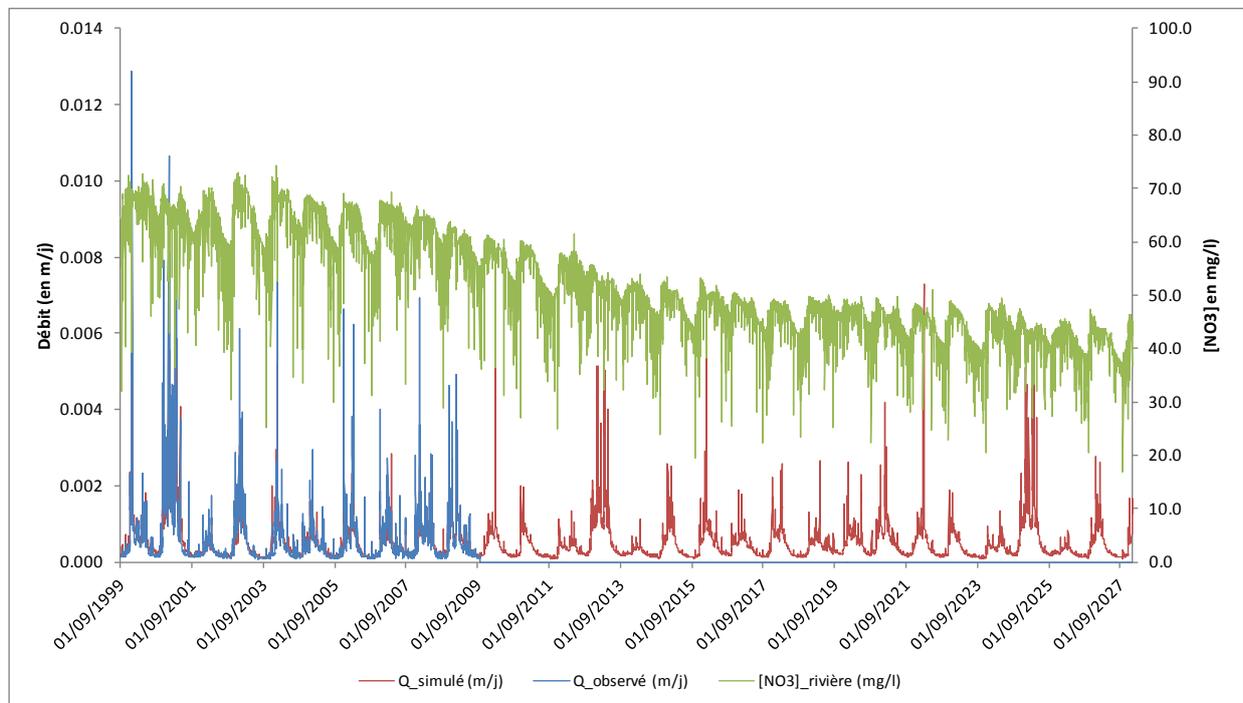


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	1.0	0.2
	N_res_hydro	18.8	4.0
	N_denit	4.7	0.4
	N_volat	8.2	0.0
	N_exp_cult	113.2	75.9
	sorties_tot	145.8	80.5
var_stock_tot		15.6	-52.0
entrées	N_atmo	10.1	9.8
	N_fix	2.5	18.7
	N_ferti_min	37.7	0.0
	N_ferti_org	88.7	0.0
	N_resti_pât	22.4	0.0
	entrees_tot	161.4	28.5

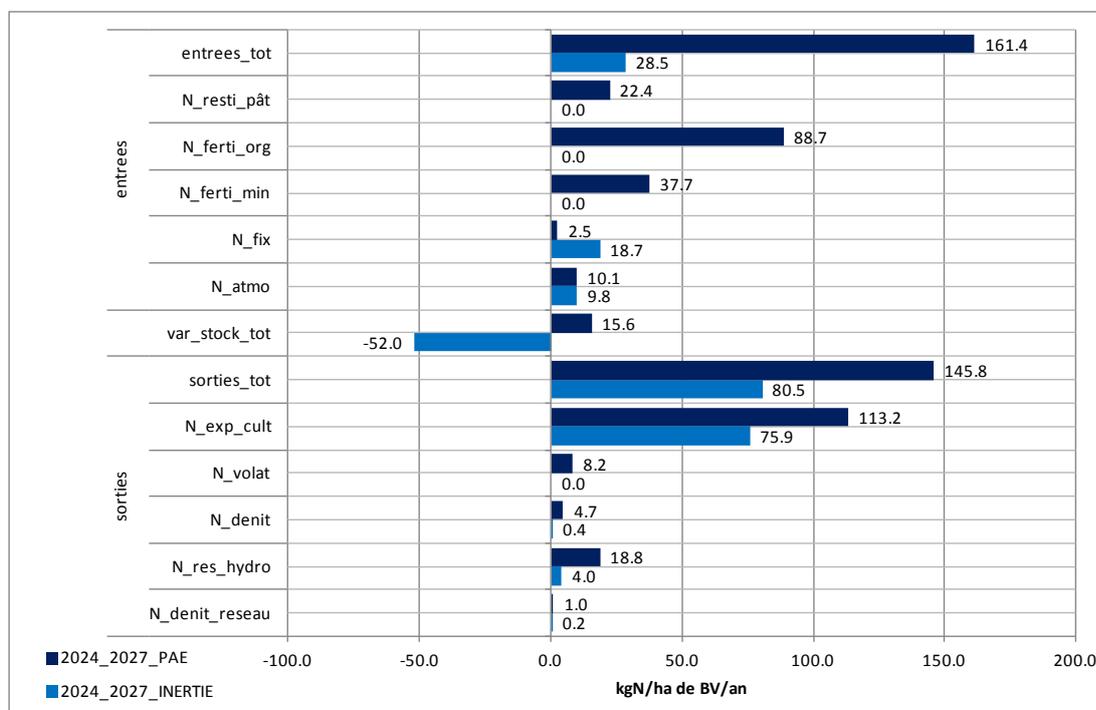


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.53	25
2000_2001	2.20	24
2001_2002	0.54	24
2002_2003	1.01	25
2003_2004	1.19	25
2004_2005	0.92	24
2005_2006	1.05	24
2006_2007	0.92	24
2007_2008	1.11	23
2008_2009	1.31	22
2009_2010	1.04	21
2010_2011	0.83	21
2011_2012	0.71	21
2012_2013	1.99	18
2013_2014	0.45	15
2014_2015	0.84	14
2015_2016	0.99	12
2016_2017	0.74	10
2017_2018	0.86	9
2018_2019	0.73	8
2019_2020	0.88	6
2020_2021	1.08	6
2021_2022	0.86	5
2022_2023	0.67	6
2023_2024	0.54	5
2024_2025	1.76	4
2025_2026	0.43	5
2026_2027	0.83	4

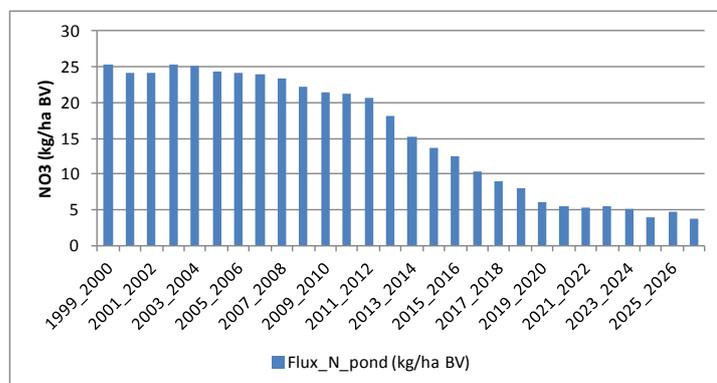


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	24.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	21.3	-13.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	11.4	-53.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.2	-83.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	23.5	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.5	-63.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.2	-82.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	23.4	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	11.4	-51.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.2	-82.3

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.99	1.13	1.79	1.62	5.9	11.2	5.8	2.3
2000_2001	2.21	2.41	2.18	1.30	6.0	10.3	5.6	2.2
2001_2002	0.53	0.49	0.56	0.77	5.6	11.1	5.4	2.1
2002_2003	1.25	1.14	0.62	0.75	6.1	11.4	5.5	2.1
2003_2004	0.95	1.35	1.10	1.28	5.9	11.3	5.7	2.2
2004_2005	1.25	0.81	0.80	0.88	5.9	11.0	5.4	2.1
2005_2006	1.18	1.10	0.89	0.87	5.7	10.8	5.4	2.0
2006_2007	0.70	0.74	1.14	1.79	5.5	10.8	5.5	2.3
2007_2008	0.76	1.02	1.54	1.35	5.7	10.4	5.3	2.1
2008_2009	1.65	1.28	1.10	1.06	5.4	9.8	5.0	2.0
2009_2010	0.94	1.24	0.82	0.87	5.2	9.4	4.9	1.9
2010_2011	1.41	0.70	0.51	0.74	5.1	9.6	4.6	1.8
2011_2012	0.52	0.46	1.16	1.28	4.6	9.3	4.8	1.9
2012_2013	1.89	2.18	2.07	1.22	4.8	7.9	3.8	1.6
2013_2014	0.45	0.40	0.47	0.66	3.8	6.8	3.4	1.3
2014_2015	0.88	1.01	0.55	0.67	3.2	6.0	3.2	1.3
2015_2016	0.66	1.17	0.95	1.07	3.1	5.5	2.8	1.1
2016_2017	0.91	0.67	0.68	0.74	2.5	4.6	2.3	1.0
2017_2018	0.80	0.94	0.80	0.77	2.2	3.8	2.1	1.0
2018_2019	0.50	0.57	0.99	1.44	2.2	3.6	1.7	0.7
2019_2020	0.55	0.81	1.27	1.08	1.6	2.6	1.3	0.7
2020_2021	1.22	1.11	0.95	0.90	1.3	2.3	1.3	0.7
2021_2022	0.66	1.05	0.72	0.76	1.4	2.1	1.4	0.7
2022_2023	1.04	0.60	0.45	0.65	1.2	2.3	1.4	0.6
2023_2024	0.37	0.35	0.90	1.00	1.4	2.4	1.0	0.5
2024_2025	1.47	1.92	1.98	1.17	0.9	1.6	0.9	0.5
2025_2026	0.41	0.37	0.45	0.64	1.3	1.9	1.0	0.5
2026_2027	0.88	0.99	0.54	0.66	0.9	1.5	1.1	0.5

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	5.9	11.0	5.6	2.2	7.8	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.1	9.5	4.8	1.9	6.7	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.8	5.0	2.6	1.1	3.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.0	1.7	1.0	0.5	1.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	5.6	10.5	5.3	2.1	7.4	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	2.1	3.7	1.9	0.9	2.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.0	1.7	1.0	0.5	1.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	5.7	10.4	5.3	2.1	7.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.8	5.0	2.6	1.1	3.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.1	1.8	1.0	0.5	1.5	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-13.7	-13.5	-14.3	-14.3	-14.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-53.2	-54.7	-53.7	-49.8	-52.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-82.6	-85.0	-81.8	-76.6	-80.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-62.1	-65.1	-63.9	-59.1	-62.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-81.6	-84.2	-80.8	-75.3	-79.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-51.4	-52.1	-51.0	-47.7	-50.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-80.2	-82.3	-81.0	-75.8	-79.5	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	70.6
2000_2001	68.0
2001_2002	68.5
2002_2003	70.1
2003_2004	69.8
2004_2005	67.9
2005_2006	66.8
2006_2007	67.0
2007_2008	64.6
2008_2009	62.2
2009_2010	60.0
2010_2011	58.9
2011_2012	57.5
2012_2013	53.9
2013_2014	43.6
2014_2015	38.5
2015_2016	36.7
2016_2017	29.9
2017_2018	27.8
2018_2019	27.1
2019_2020	21.1
2020_2021	19.8
2021_2022	19.6
2022_2023	18.5
2023_2024	18.4
2024_2025	15.6
2025_2026	14.8
2026_2027	14.5

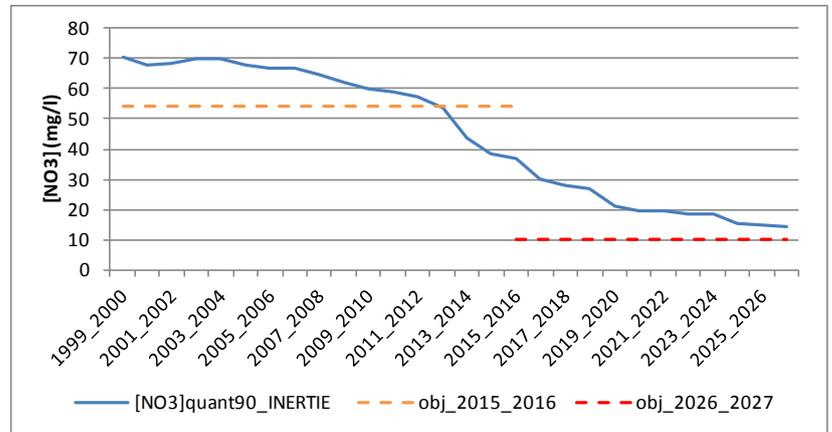
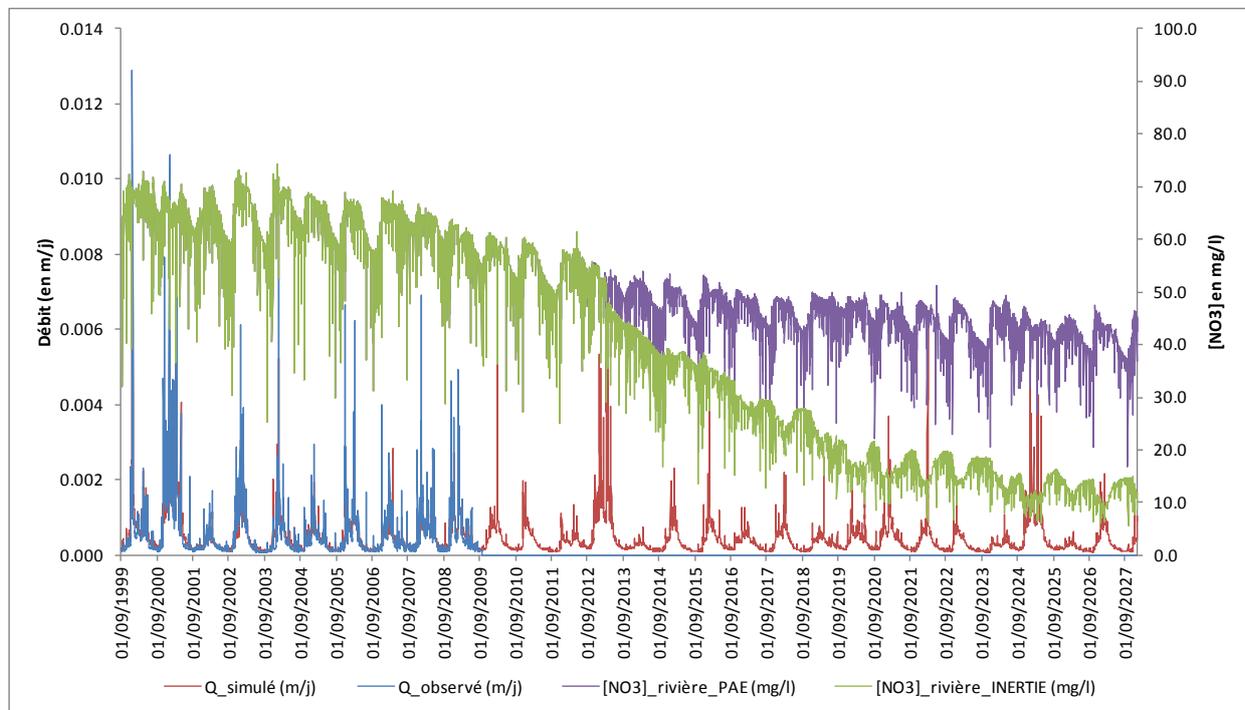


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

	2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ	
sorties	N_denit_reseau	1.0	0.9
	N_res_hydro	18.8	18.3
	N_denit	4.7	4.6
	N_volat	8.2	7.8
	N_exp_cult	113.2	109.5
	sorties_tot	145.8	141.1
var_stock_tot	15.6	14.8	
entrées	N_atmo	10.1	10.1
	N_fix	2.5	2.6
	N_ferti_min	37.7	35.4
	N_ferti_org	88.7	85.9
	N_resti_pât	22.4	21.9
	entrees_tot	161.4	155.9

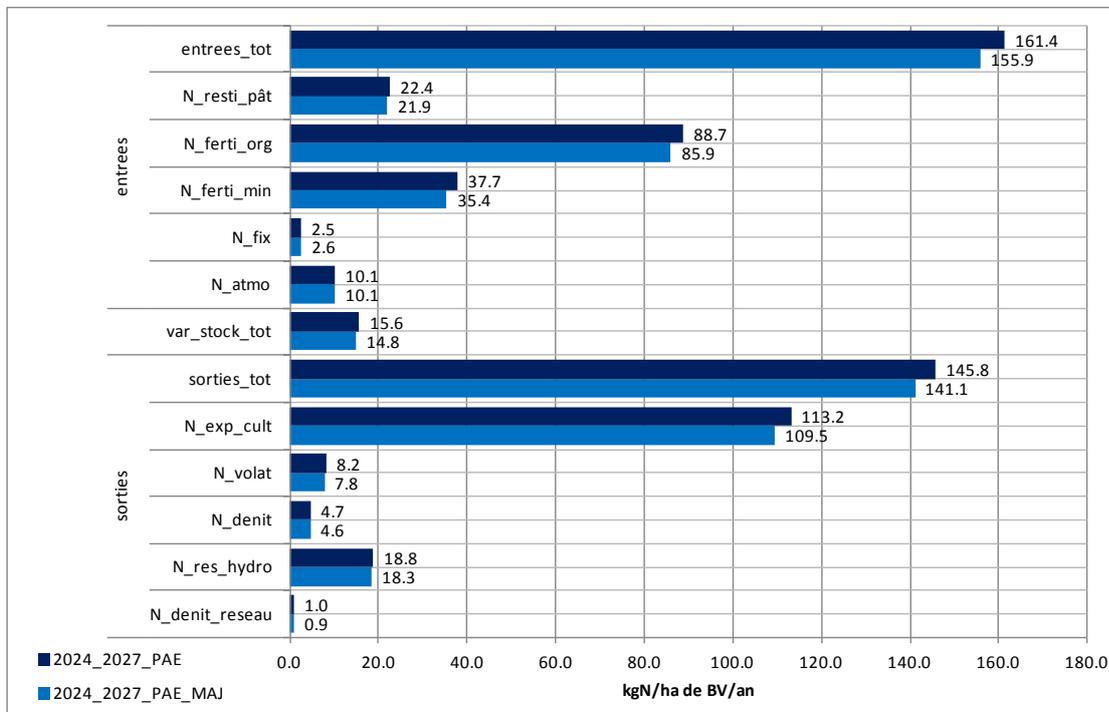


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.40	28
2000_2001	2.01	26
2001_2002	0.50	26
2002_2003	0.92	28
2003_2004	1.09	27
2004_2005	0.84	27
2005_2006	0.96	26
2006_2007	0.84	26
2007_2008	1.01	26
2008_2009	1.20	24
2009_2010	0.95	23
2010_2011	0.76	23
2011_2012	0.65	22
2012_2013	1.84	21
2013_2014	0.49	20
2014_2015	0.92	20
2015_2016	1.09	20
2016_2017	0.84	19
2017_2018	0.96	19
2018_2019	0.85	19
2019_2020	1.02	19
2020_2021	1.20	18
2021_2022	0.95	18
2022_2023	0.77	18
2023_2024	0.65	18
2024_2025	1.84	17
2025_2026	0.49	17
2026_2027	0.92	17

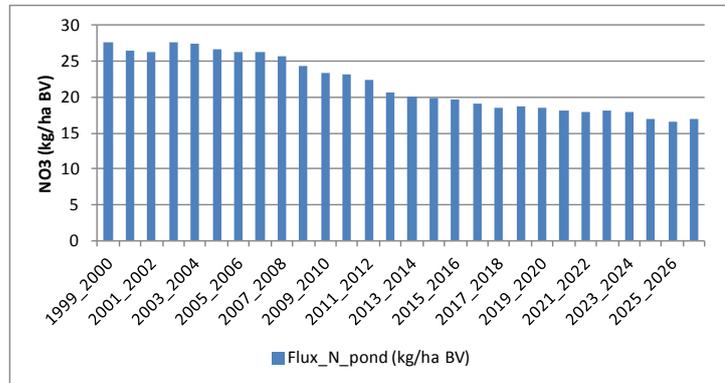


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	27.0	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	23.3	-13.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.3	-28.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	16.8	-37.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	25.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	18.5	-27.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	16.8	-34.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.6	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.3	-24.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	16.8	-34.3

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.73	1.04	1.68	1.49	6.8	12.1	6.2	2.5
2000_2001	1.92	2.23	2.05	1.20	6.9	11.1	6.0	2.4
2001_2002	0.46	0.46	0.52	0.71	6.4	12.0	5.8	2.3
2002_2003	1.09	1.05	0.59	0.69	7.0	12.3	5.9	2.3
2003_2004	0.82	1.25	1.04	1.18	6.8	12.2	6.0	2.4
2004_2005	1.09	0.75	0.76	0.81	6.7	11.8	5.8	2.3
2005_2006	1.03	1.02	0.84	0.80	6.6	11.7	5.8	2.2
2006_2007	0.61	0.69	1.07	1.66	6.4	11.7	5.8	2.4
2007_2008	0.66	0.94	1.45	1.25	6.5	11.2	5.6	2.3
2008_2009	1.44	1.19	1.03	0.98	6.2	10.6	5.3	2.2
2009_2010	0.82	1.14	0.77	0.80	5.9	10.2	5.2	2.0
2010_2011	1.24	0.65	0.48	0.68	5.9	10.5	4.9	1.9
2011_2012	0.45	0.43	1.10	1.18	5.4	10.0	5.0	2.0
2012_2013	1.65	2.05	1.96	1.17	5.4	8.8	4.6	1.9
2013_2014	0.46	0.44	0.52	0.70	5.1	9.0	4.4	1.7
2014_2015	1.10	1.05	0.58	0.69	5.0	8.7	4.3	1.7
2015_2016	0.83	1.26	1.02	1.19	4.9	8.6	4.4	1.8
2016_2017	1.11	0.74	0.76	0.82	4.8	8.4	4.1	1.6
2017_2018	1.04	1.02	0.84	0.81	4.6	8.2	4.1	1.6
2018_2019	0.62	0.69	1.07	1.69	4.6	8.3	4.1	1.8
2019_2020	0.67	0.95	1.45	1.26	4.7	8.1	4.1	1.7
2020_2021	1.44	1.19	1.03	0.98	4.7	7.9	4.0	1.6
2021_2022	0.83	1.15	0.77	0.80	4.5	7.8	4.0	1.5
2022_2023	1.25	0.66	0.48	0.69	4.6	8.1	3.7	1.5
2023_2024	0.45	0.43	1.09	1.18	4.2	8.0	4.0	1.6
2024_2025	1.64	2.04	1.97	1.18	4.4	7.1	3.8	1.5
2025_2026	0.47	0.45	0.52	0.71	4.2	7.6	3.6	1.4
2026_2027	1.09	1.05	0.58	0.69	4.3	7.5	3.6	1.4

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	6.8	11.9	6.0	2.4	8.4	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.9	10.3	5.1	2.0	7.1	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.9	8.5	4.2	1.7	5.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.3	7.4	3.7	1.5	5.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	6.4	11.3	5.6	2.3	7.9	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.7	8.1	4.1	1.6	5.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.3	7.4	3.7	1.5	5.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	6.5	11.2	5.6	2.3	7.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.9	8.5	4.2	1.7	5.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.3	7.6	3.8	1.5	5.3	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-13.5	-13.3	-14.4	-14.5	-14.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-28.1	-28.8	-29.2	-29.6	-29.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-36.4	-37.8	-38.5	-38.9	-38.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-27.2	-28.3	-28.1	-27.9	-28.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-33.0	-34.8	-35.0	-35.4	-35.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-25.4	-24.6	-25.0	-26.7	-25.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.2	-32.7	-33.2	-34.7	-33.6	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	70.6
2000_2001	68.0
2001_2002	68.5
2002_2003	70.1
2003_2004	69.8
2004_2005	67.9
2005_2006	66.8
2006_2007	67.0
2007_2008	64.6
2008_2009	62.2
2009_2010	60.0
2010_2011	59.4
2011_2012	57.7
2012_2013	53.5
2013_2014	51.3
2014_2015	50.4
2015_2016	49.9
2016_2017	48.8
2017_2018	47.2
2018_2019	47.8
2019_2020	46.9
2020_2021	46.1
2021_2022	46.0
2022_2023	46.3
2023_2024	46.3
2024_2025	43.6
2025_2026	43.2
2026_2027	43.1

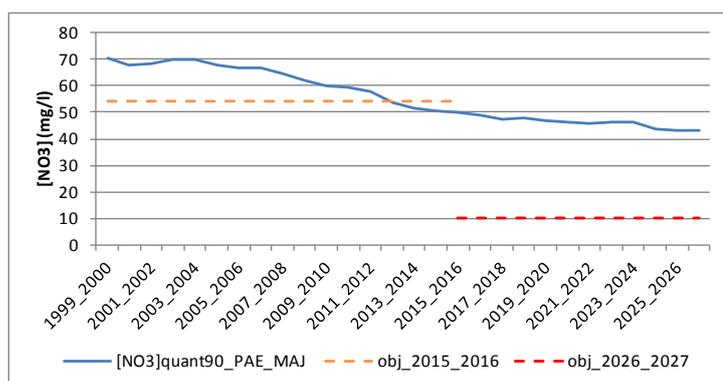
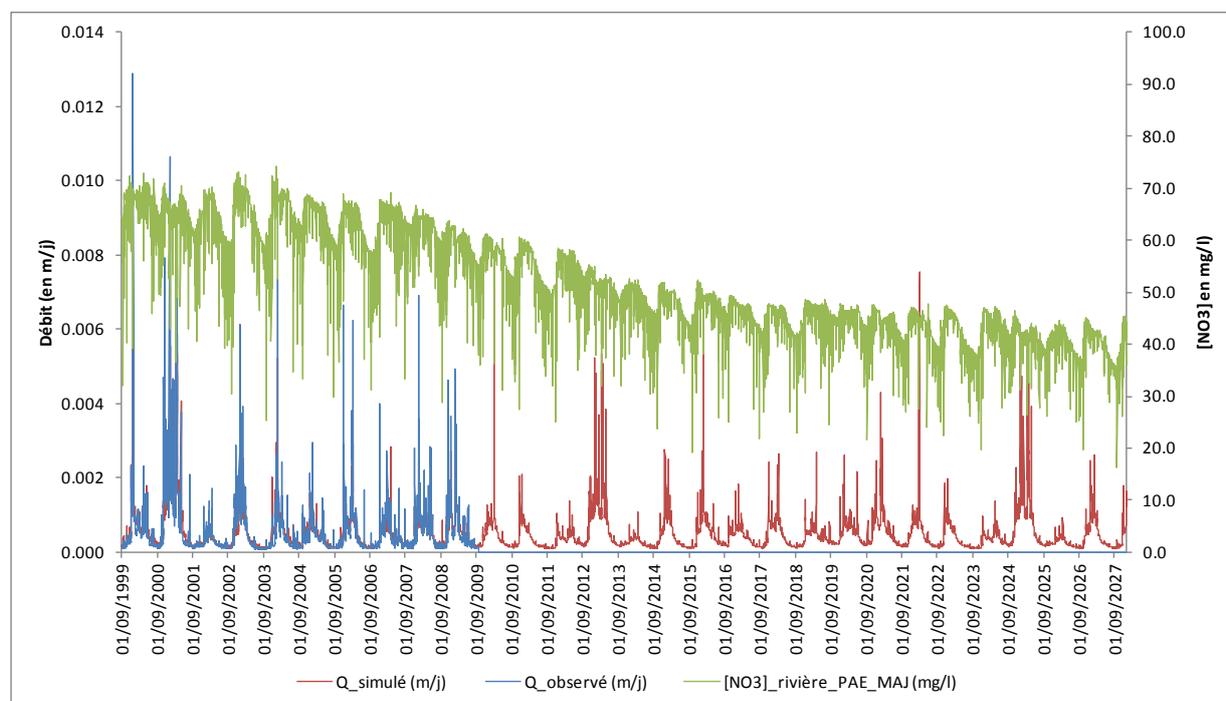


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-2 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Gouessant

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	12.7	9.0
	N_res_hydro	21.6	15.8
	N_denit	7.7	6.4
	N_volat	11.1	10.1
	N_exp_cult	155.0	145.3
	sorties_tot	208.1	186.5
var_stock_tot	-17.9	-11.1	
entrees_tot	N_atmo	10.3	10.2
	N_fix	3.2	4.8
	N_ferti_min	42.2	38.8
	N_ferti_org	93.1	81.3
	N_resti_pât	41.4	40.4
	entrees_tot	190.2	175.4

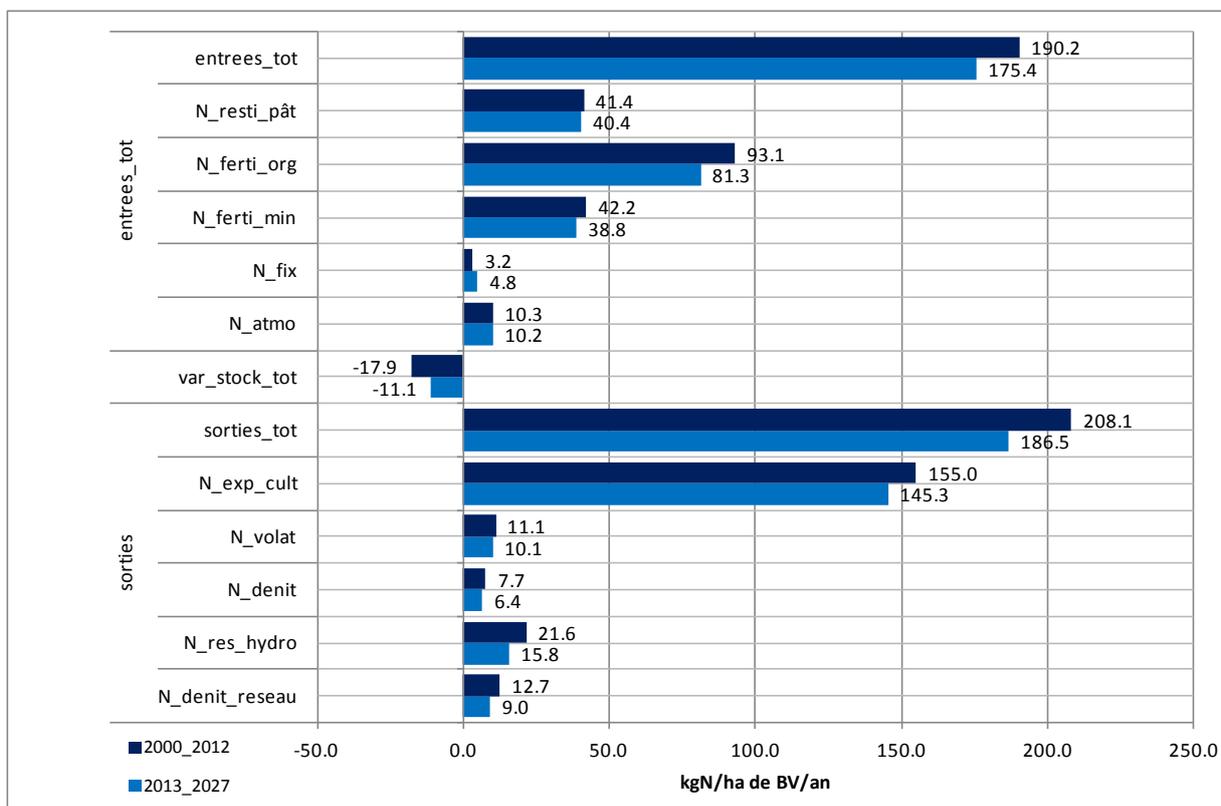


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.31	28
2000_2001	2.28	32
2001_2002	0.55	18
2002_2003	0.78	22
2003_2004	1.01	23
2004_2005	0.74	19
2005_2006	0.75	20
2006_2007	0.99	21
2007_2008	1.30	23
2008_2009	1.13	22
2009_2010	1.18	21
2010_2011	0.57	15
2011_2012	0.55	14
2012_2013	2.04	22
2013_2014	0.53	12
2014_2015	0.77	15
2015_2016	1.00	16
2016_2017	0.74	13
2017_2018	0.75	14
2018_2019	0.99	15
2019_2020	1.29	17
2020_2021	1.12	16
2021_2022	1.18	17
2022_2023	0.57	12
2023_2024	0.54	12
2024_2025	2.04	18
2025_2026	0.53	10
2026_2027	0.77	13

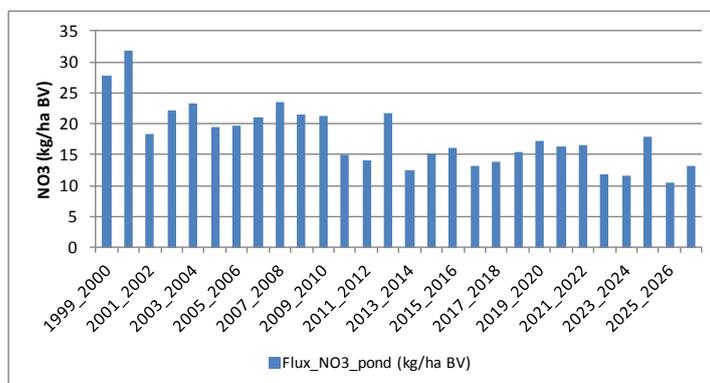


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	25.0	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	17.9	-28.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	14.6	-41.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	13.8	-44.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	21.4	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	14.9	-30.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	13.8	-35.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	23.4	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	14.6	-37.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	13.8	-41.0

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.74	0.82	1.78	1.62	6.3	12.6	7.1	1.5
2000_2001	2.05	2.43	2.41	1.66	6.3	16.1	7.4	1.5
2001_2002	0.58	0.56	0.50	0.62	3.4	10.8	3.4	0.7
2002_2003	0.83	0.95	0.46	0.61	4.0	12.6	3.3	0.7
2003_2004	0.79	1.07	1.02	1.24	4.2	12.5	5.3	1.1
2004_2005	1.13	0.66	0.59	0.66	4.2	10.7	3.5	0.7
2005_2006	0.89	0.71	0.70	0.71	4.2	10.9	4.0	0.7
2006_2007	0.84	0.93	1.04	1.58	4.1	11.5	4.8	1.2
2007_2008	0.85	1.21	1.78	1.60	4.2	12.1	5.8	1.2
2008_2009	1.43	1.16	0.85	0.94	4.7	11.5	4.0	0.9
2009_2010	1.02	1.50	0.81	0.85	4.0	11.5	3.8	0.8
2010_2011	1.06	0.47	0.32	0.53	3.7	7.7	2.1	0.5
2011_2012	0.40	0.23	1.16	0.94	2.3	4.5	4.3	0.7
2012_2013	1.62	2.21	2.26	1.54	4.2	11.1	5.0	1.0
2013_2014	0.54	0.54	0.48	0.59	2.3	7.3	2.3	0.5
2014_2015	0.82	0.95	0.45	0.59	2.8	8.6	2.2	0.5
2015_2016	0.79	1.06	1.00	1.23	2.9	8.7	3.7	0.8
2016_2017	1.13	0.66	0.58	0.65	2.9	7.3	2.3	0.5
2017_2018	0.89	0.71	0.70	0.70	3.0	7.7	2.7	0.5
2018_2019	0.83	0.93	1.03	1.58	3.0	8.4	3.4	0.8
2019_2020	0.84	1.21	1.76	1.59	3.2	8.9	4.2	0.9
2020_2021	1.44	1.15	0.85	0.94	3.6	8.7	3.0	0.7
2021_2022	1.01	1.50	0.81	0.85	3.2	9.0	2.9	0.6
2022_2023	1.06	0.46	0.32	0.53	3.0	6.1	1.6	0.4
2023_2024	0.40	0.22	1.15	0.94	1.9	3.6	3.6	0.6
2024_2025	1.64	2.21	2.27	1.54	3.5	9.1	4.2	0.8
2025_2026	0.54	0.54	0.48	0.59	1.9	6.3	1.9	0.4
2026_2027	0.84	0.94	0.45	0.59	2.5	7.5	1.8	0.4

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	5.0	13.0	5.3	1.1	6.4
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	3.7	8.8	3.5	0.7	4.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.9	8.1	2.7	0.6	3.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	7.6	2.6	0.5	3.2
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	4.3	11.2	4.5	0.9	5.5
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	2.9	7.9	3.0	0.6	3.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	7.6	2.6	0.5	3.2
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	4.2	12.1	5.8	1.2	7.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.9	8.1	2.7	0.6	3.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.5	6.6	2.9	0.5	3.4
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-26.4	-32.4	-33.6	-37.0	-34.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-41.6	-37.9	-48.8	-50.2	-49.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-47.6	-41.5	-50.4	-51.7	-50.6
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-31.8	-29.3	-33.7	-34.3	-33.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-38.7	-31.8	-41.6	-42.6	-41.8
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-30.9	-33.1	-52.8	-55.1	-53.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-42.1	-45.3	-50.1	-56.2	-51.2

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	68.0
2000_2001	76.4
2001_2002	47.4
2002_2003	58.6
2003_2004	56.7
2004_2005	48.9
2005_2006	50.2
2006_2007	53.5
2007_2008	57.6
2008_2009	54.2
2009_2010	50.9
2010_2011	39.7
2011_2012	34.4
2012_2013	52.6
2013_2014	32.2
2014_2015	40.1
2015_2016	39.2
2016_2017	33.0
2017_2018	35.2
2018_2019	39.0
2019_2020	42.7
2020_2021	41.2
2021_2022	40.0
2022_2023	31.4
2023_2024	28.5
2024_2025	43.4
2025_2026	27.2
2026_2027	34.5

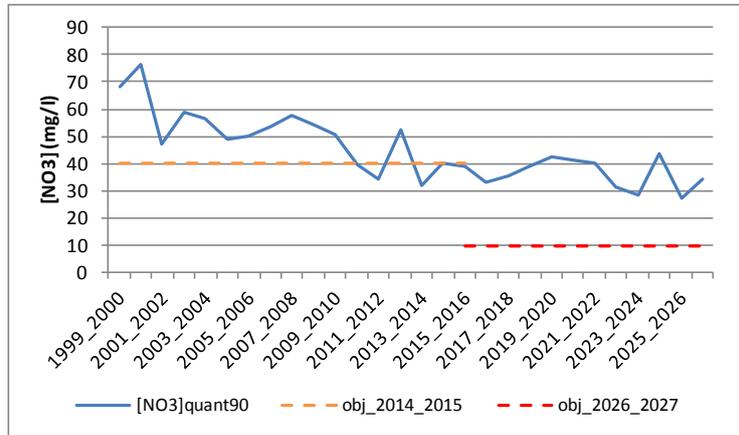
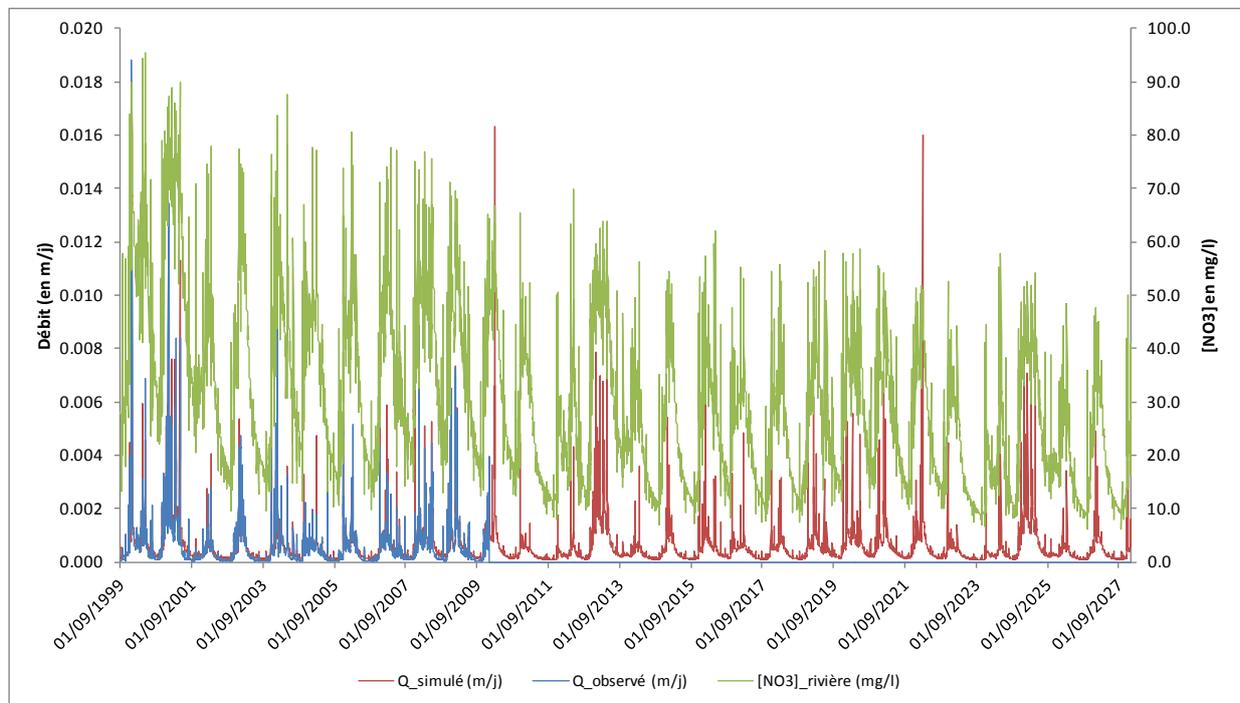


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027	2024_2027
		PAE	INERTIE
sorties	N_denit_reseau	8.3	1.7
	N_res_hydro	17.4	2.6
	N_denit	6.2	1.0
	N_volat	9.9	0.0
	N_exp_cult	141.9	98.2
	sorties_tot	183.7	103.4
var_stock_tot		-10.6	-81.5
entrées	N_atmo	10.3	9.8
	N_fix	5.1	12.1
	N_ferti_min	38.7	0.0
	N_ferti_org	79.6	0.0
	N_resti_pât	39.4	0.0
	entrees_tot	173.1	21.9

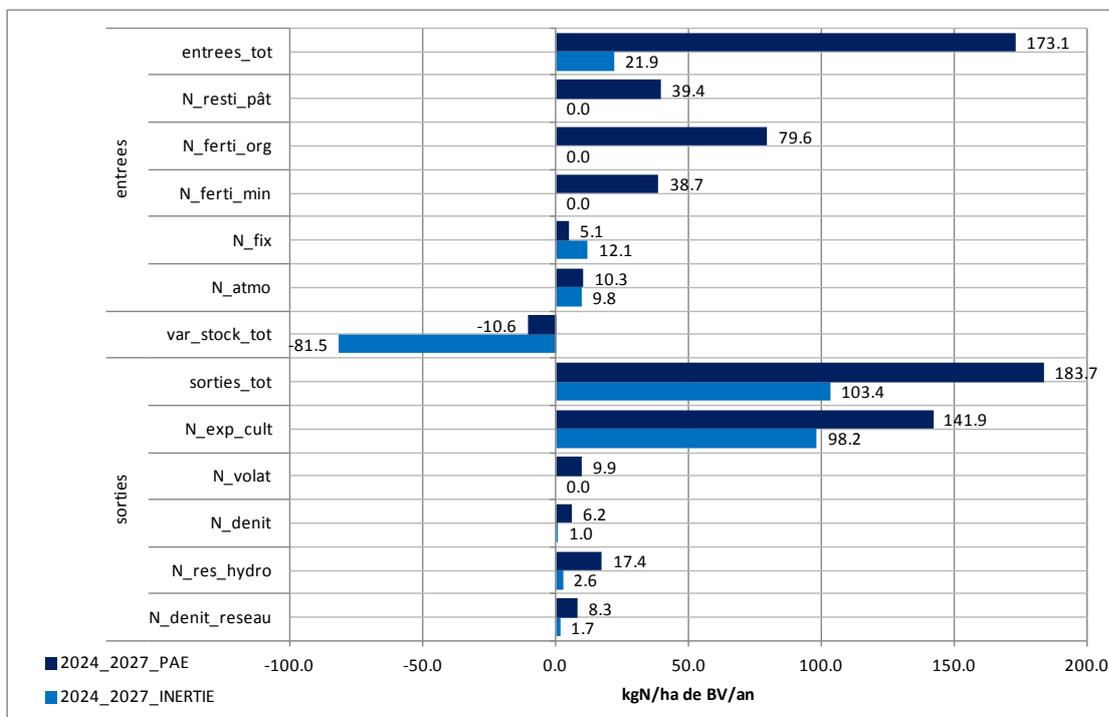


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.39	26
2000_2001	2.41	30
2001_2002	0.59	17
2002_2003	0.83	21
2003_2004	1.07	22
2004_2005	0.79	18
2005_2006	0.79	19
2006_2007	1.05	20
2007_2008	1.38	22
2008_2009	1.20	20
2009_2010	1.25	20
2010_2011	0.60	14
2011_2012	0.58	13
2012_2013	2.16	19
2013_2014	0.50	9
2014_2015	0.71	9
2015_2016	0.87	8
2016_2017	0.68	5
2017_2018	0.65	5
2018_2019	0.89	4
2019_2020	1.29	3
2020_2021	1.11	3
2021_2022	1.14	3
2022_2023	0.50	3
2023_2024	0.45	2
2024_2025	1.95	3
2025_2026	0.47	2
2026_2027	0.69	2

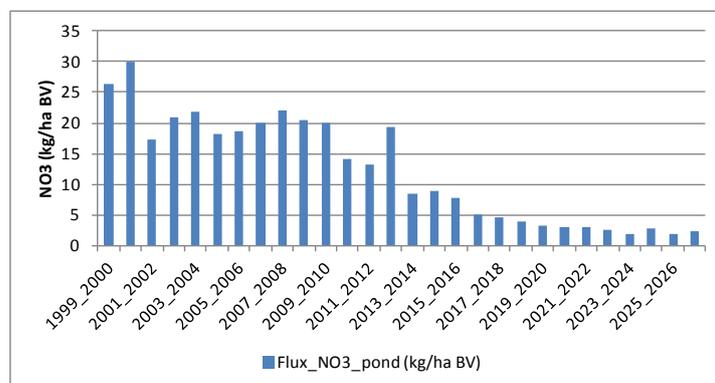


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	23.6	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	16.9	-28.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	6.6	-72.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.3	-90.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	20.2	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.3	-74.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.3	-88.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	22.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	6.6	-70.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.3	-89.7

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.91	0.86	1.86	1.71	5.8	11.9	6.8	1.5
2000_2001	2.26	2.56	2.52	1.75	5.7	15.3	7.1	1.4
2001_2002	0.64	0.59	0.52	0.65	3.1	10.2	3.3	0.7
2002_2003	0.91	1.00	0.48	0.64	3.7	12.0	3.1	0.7
2003_2004	0.87	1.13	1.06	1.30	3.8	11.9	5.1	1.0
2004_2005	1.24	0.70	0.61	0.69	3.9	10.2	3.3	0.7
2005_2006	0.98	0.75	0.73	0.75	3.8	10.4	3.8	0.7
2006_2007	0.92	0.98	1.09	1.66	3.8	10.9	4.6	1.1
2007_2008	0.93	1.27	1.86	1.68	3.8	11.5	5.5	1.2
2008_2009	1.58	1.23	0.88	0.99	4.3	11.0	3.8	0.8
2009_2010	1.12	1.58	0.85	0.90	3.6	10.9	3.6	0.7
2010_2011	1.16	0.49	0.34	0.56	3.4	7.3	2.0	0.5
2011_2012	0.44	0.24	1.22	0.99	2.1	4.3	4.2	0.6
2012_2013	1.81	2.32	2.38	1.60	3.8	10.2	4.2	0.8
2013_2014	0.59	0.48	0.45	0.58	1.7	4.9	1.6	0.4
2014_2015	0.71	0.88	0.41	0.56	1.5	5.0	1.4	0.3
2015_2016	0.64	0.93	0.89	1.08	1.3	4.4	1.7	0.4
2016_2017	1.02	0.62	0.53	0.60	1.1	2.8	1.0	0.3
2017_2018	0.67	0.65	0.65	0.64	0.9	2.5	1.0	0.2
2018_2019	0.64	0.87	0.94	1.42	0.8	2.2	0.8	0.2
2019_2020	0.82	1.20	1.77	1.59	0.6	1.7	0.7	0.2
2020_2021	1.35	1.18	0.84	0.92	0.6	1.6	0.7	0.2
2021_2022	0.87	1.49	0.81	0.84	0.5	1.5	0.7	0.2
2022_2023	0.93	0.42	0.29	0.50	0.6	1.3	0.5	0.1
2023_2024	0.34	0.19	0.94	0.81	0.5	1.1	0.4	0.1
2024_2025	1.46	2.08	2.27	1.52	0.5	1.4	0.6	0.2
2025_2026	0.52	0.46	0.43	0.55	0.4	0.9	0.4	0.1
2026_2027	0.68	0.87	0.41	0.55	0.4	1.2	0.4	0.1

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	4.6	12.4	5.1	1.1	6.2	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	3.4	8.4	3.4	0.7	4.1	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	1.2	3.7	1.2	0.3	1.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.5	1.2	0.5	0.1	0.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	3.9	10.6	4.3	0.9	5.2	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	1.0	2.9	1.1	0.3	1.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.5	1.2	0.5	0.1	0.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	3.8	11.5	5.5	1.2	6.7	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	1.2	3.7	1.2	0.3	1.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.5	1.1	0.5	0.1	0.6	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-26.4	-32.4	-33.6	-37.0	-34.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-73.6	-70.2	-75.5	-71.9	-74.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-90.1	-90.5	-90.7	-86.5	-90.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-74.0	-73.1	-75.1	-70.7	-74.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-88.4	-88.9	-89.1	-84.0	-88.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-68.7	-67.9	-77.4	-74.6	-76.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-88.2	-90.0	-91.6	-88.3	-91.0	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	68.0
2000_2001	76.4
2001_2002	47.4
2002_2003	58.6
2003_2004	56.7
2004_2005	48.9
2005_2006	50.2
2006_2007	53.5
2007_2008	57.6
2008_2009	54.2
2009_2010	50.9
2010_2011	39.7
2011_2012	34.4
2012_2013	50.5
2013_2014	23.3
2014_2015	24.5
2015_2016	21.1
2016_2017	13.8
2017_2018	12.7
2018_2019	11.6
2019_2020	9.0
2020_2021	8.5
2021_2022	8.2
2022_2023	7.4
2023_2024	5.9
2024_2025	8.0
2025_2026	5.0
2026_2027	6.4

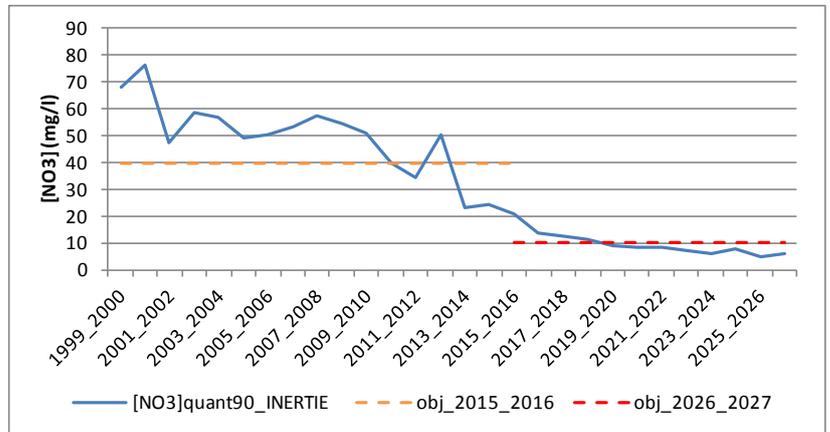
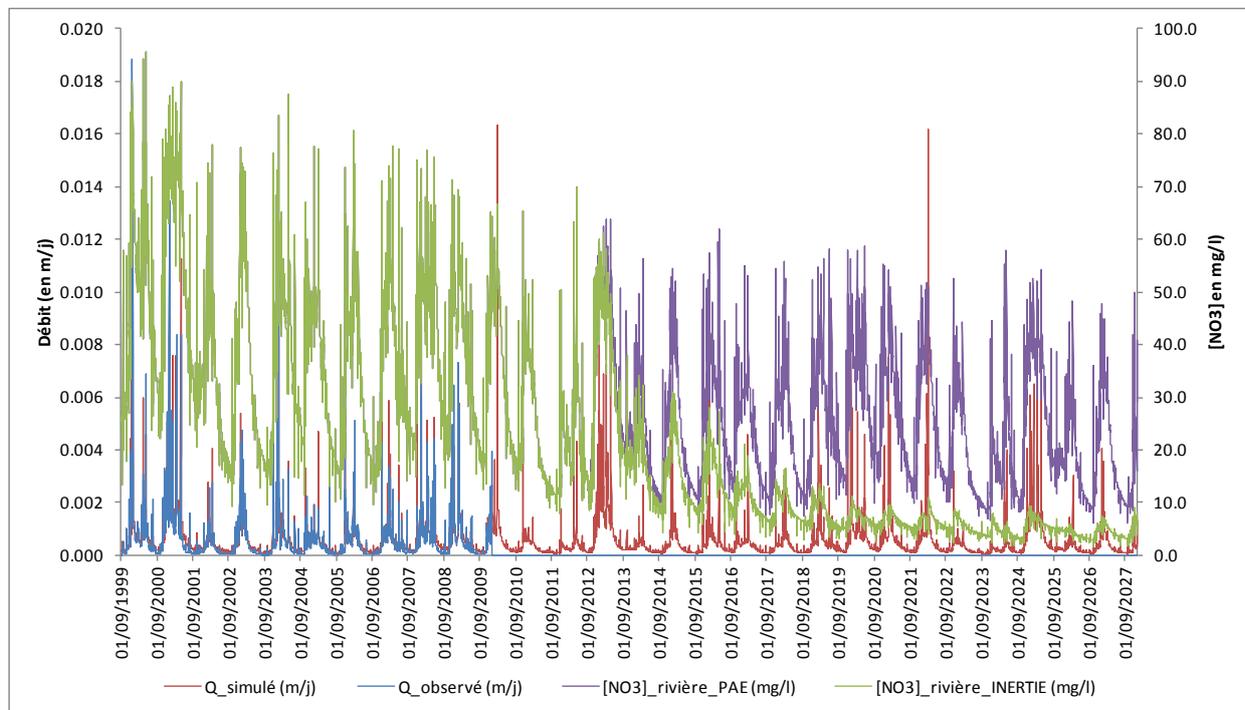


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027	2024_2027
		PAE	PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	8.3	8.8
	N_res_hydro	17.4	18.5
	N_denit	6.2	6.6
	N_volat	9.9	10.9
	N_exp_cult	141.9	144.4
	sorties_tot	183.7	189.2
var_stock_tot		-10.6	-11.5
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	5.1	5.1
	N_ferti_min	38.7	31.2
	N_ferti_org	79.6	92.1
	N_resti_pât	39.4	39.0
	entrees_tot	173.1	177.8

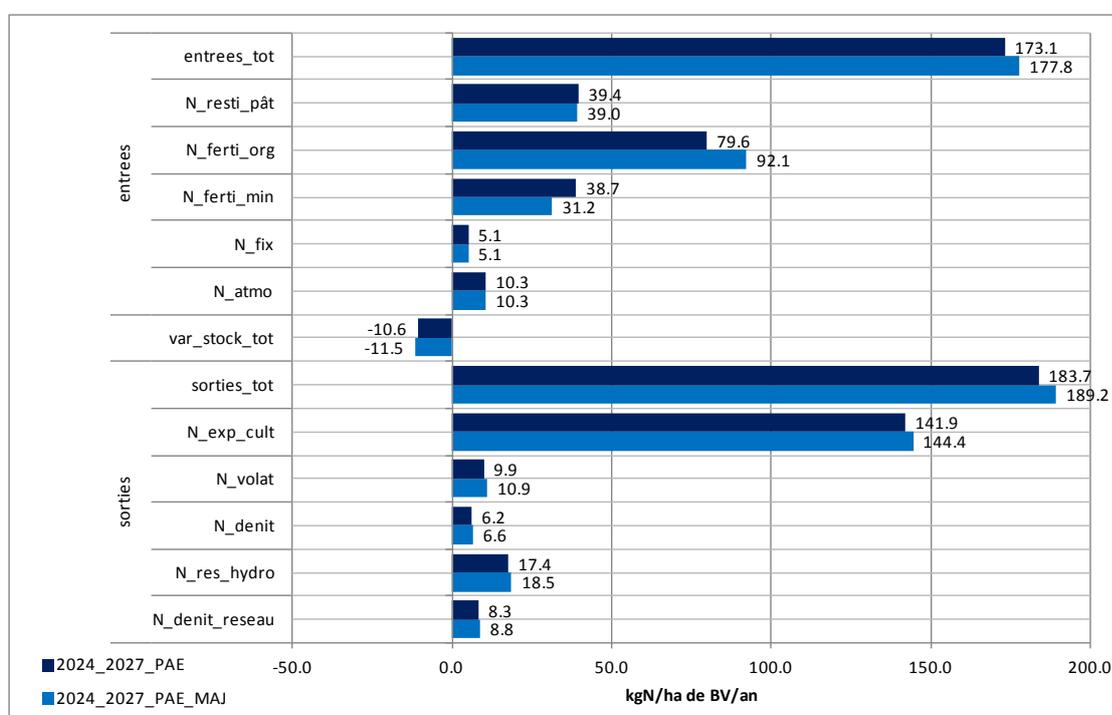


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.31	28
2000_2001	2.28	32
2001_2002	0.55	18
2002_2003	0.78	22
2003_2004	1.01	23
2004_2005	0.75	19
2005_2006	0.75	20
2006_2007	0.99	21
2007_2008	1.30	23
2008_2009	1.13	22
2009_2010	1.18	21
2010_2011	0.57	16
2011_2012	0.55	15
2012_2013	2.04	23
2013_2014	0.53	13
2014_2015	0.77	16
2015_2016	1.00	17
2016_2017	0.74	14
2017_2018	0.75	15
2018_2019	0.99	16
2019_2020	1.29	19
2020_2021	1.12	17
2021_2022	1.18	18
2022_2023	0.56	13
2023_2024	0.54	12
2024_2025	2.04	19
2025_2026	0.53	11
2026_2027	0.77	14

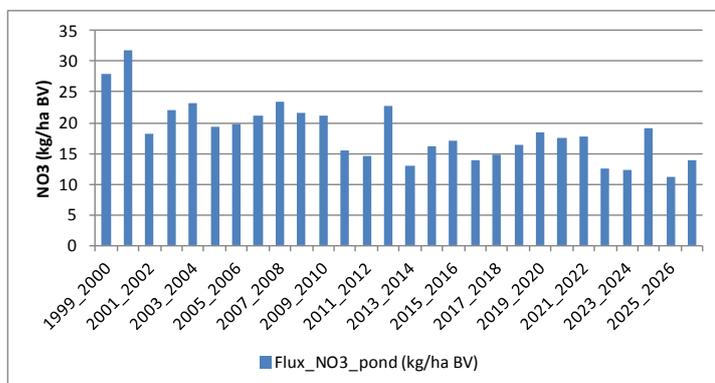


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	25.0	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	18.2	-27.1
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	15.5	-38.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	14.7	-41.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	21.5	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	15.8	-26.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	14.7	-31.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	23.4	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	15.5	-34.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	14.7	-37.2

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.74	0.82	1.78	1.62	6.3	12.6	7.1	1.5
2000_2001	2.05	2.43	2.41	1.66	6.3	16.1	7.4	1.5
2001_2002	0.58	0.56	0.50	0.62	3.4	10.8	3.4	0.7
2002_2003	0.83	0.95	0.46	0.61	4.0	12.6	3.3	0.7
2003_2004	0.79	1.07	1.02	1.24	4.2	12.5	5.3	1.1
2004_2005	1.13	0.66	0.58	0.66	4.2	10.7	3.5	0.7
2005_2006	0.89	0.71	0.70	0.71	4.2	10.9	4.0	0.7
2006_2007	0.84	0.93	1.04	1.58	4.1	11.5	4.8	1.2
2007_2008	0.85	1.21	1.78	1.60	4.2	12.1	5.8	1.2
2008_2009	1.43	1.16	0.85	0.94	4.7	11.5	4.0	0.9
2009_2010	1.02	1.50	0.81	0.85	4.0	11.5	3.8	0.8
2010_2011	1.06	0.47	0.32	0.53	3.9	8.0	2.1	0.5
2011_2012	0.40	0.23	1.16	0.94	2.4	4.7	4.6	0.7
2012_2013	1.62	2.21	2.26	1.54	4.4	11.6	5.3	1.1
2013_2014	0.54	0.54	0.48	0.59	2.4	7.7	2.4	0.5
2014_2015	0.82	0.94	0.45	0.59	3.0	9.1	2.3	0.5
2015_2016	0.79	1.06	1.01	1.23	3.1	9.2	3.9	0.8
2016_2017	1.12	0.66	0.58	0.65	3.1	7.7	2.4	0.5
2017_2018	0.89	0.71	0.70	0.70	3.2	8.2	2.9	0.5
2018_2019	0.83	0.93	1.03	1.58	3.2	8.9	3.6	0.9
2019_2020	0.85	1.21	1.76	1.59	3.4	9.5	4.5	1.0
2020_2021	1.44	1.15	0.85	0.94	3.9	9.3	3.1	0.7
2021_2022	1.01	1.50	0.81	0.85	3.4	9.6	3.1	0.6
2022_2023	1.06	0.47	0.32	0.53	3.2	6.5	1.7	0.4
2023_2024	0.40	0.22	1.16	0.93	2.0	3.8	3.9	0.6
2024_2025	1.64	2.20	2.27	1.54	3.7	9.7	4.5	0.9
2025_2026	0.54	0.54	0.48	0.59	2.0	6.6	2.0	0.4
2026_2027	0.84	0.94	0.45	0.59	2.7	7.9	1.9	0.4

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	5.0	13.0	5.3	1.1	6.4	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	3.7	8.9	3.6	0.7	4.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	3.1	8.6	2.9	0.6	3.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.8	8.1	2.8	0.6	3.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	4.3	11.2	4.5	0.9	5.5	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	3.1	8.4	3.2	0.7	3.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.8	8.1	2.8	0.6	3.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	4.2	12.1	5.8	1.2	7.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	3.1	8.6	2.9	0.6	3.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	7.0	3.1	0.6	3.7	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-25.2	-31.5	-32.1	-35.9	-32.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-38.2	-34.2	-45.9	-47.7	-46.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-44.0	-37.9	-47.2	-48.6	-47.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-27.8	-25.2	-30.0	-31.0	-30.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.9	-27.8	-38.1	-39.2	-38.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-26.8	-29.1	-50.1	-52.8	-50.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-38.2	-42.0	-46.7	-53.5	-47.9	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	68.0
2000_2001	76.4
2001_2002	47.4
2002_2003	58.6
2003_2004	56.7
2004_2005	48.9
2005_2006	50.2
2006_2007	53.5
2007_2008	57.6
2008_2009	54.2
2009_2010	50.9
2010_2011	41.2
2011_2012	36.1
2012_2013	55.1
2013_2014	34.0
2014_2015	42.2
2015_2016	41.2
2016_2017	34.9
2017_2018	37.5
2018_2019	41.5
2019_2020	45.9
2020_2021	44.1
2021_2022	42.8
2022_2023	33.3
2023_2024	30.8
2024_2025	46.2
2025_2026	29.0
2026_2027	36.4

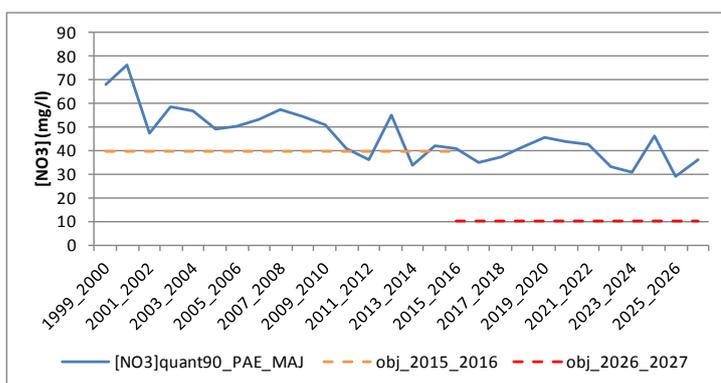
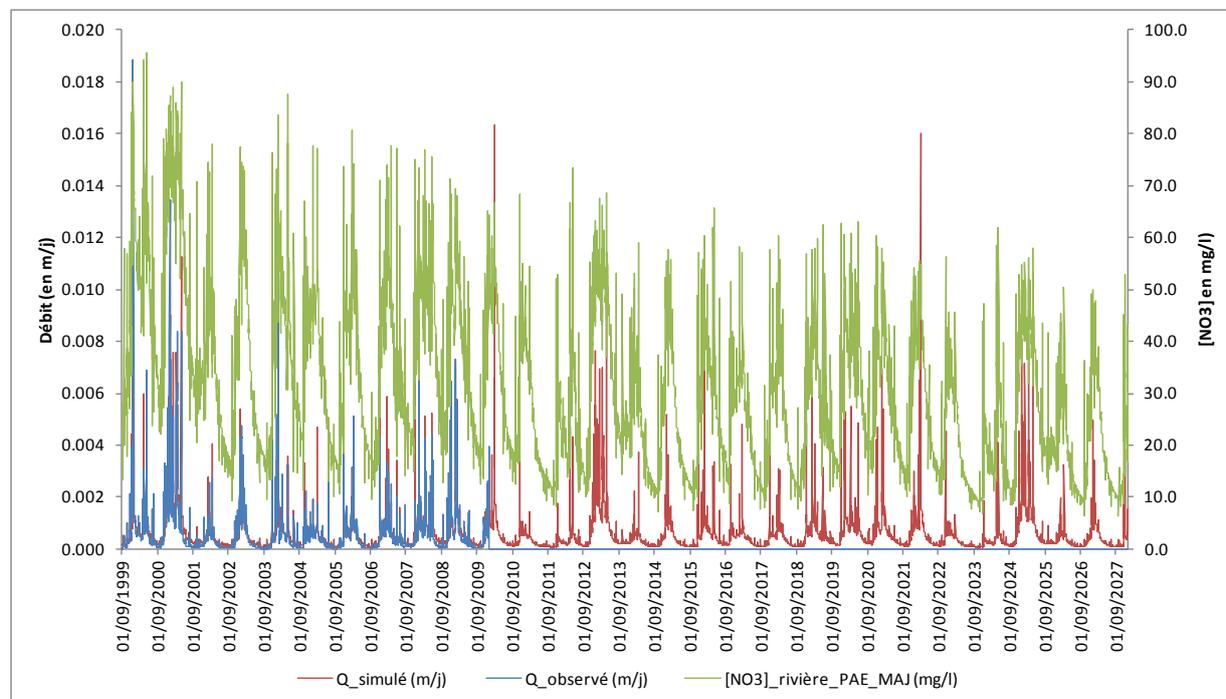


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	8.8	6.0
	N_res_hydro	18.5	12.4
	N_denit	6.6	4.7
	N_volat	10.9	10.6
	N_exp_cult	144.4	144.8
	sorties_tot	189.2	178.6
var_stock_tot		-11.5	-17.6
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	5.1	18.3
	N_ferti_min	31.2	18.6
	N_ferti_org	92.1	69.7
	N_resti_pât	39.0	44.0
	entrees_tot	177.8	160.9

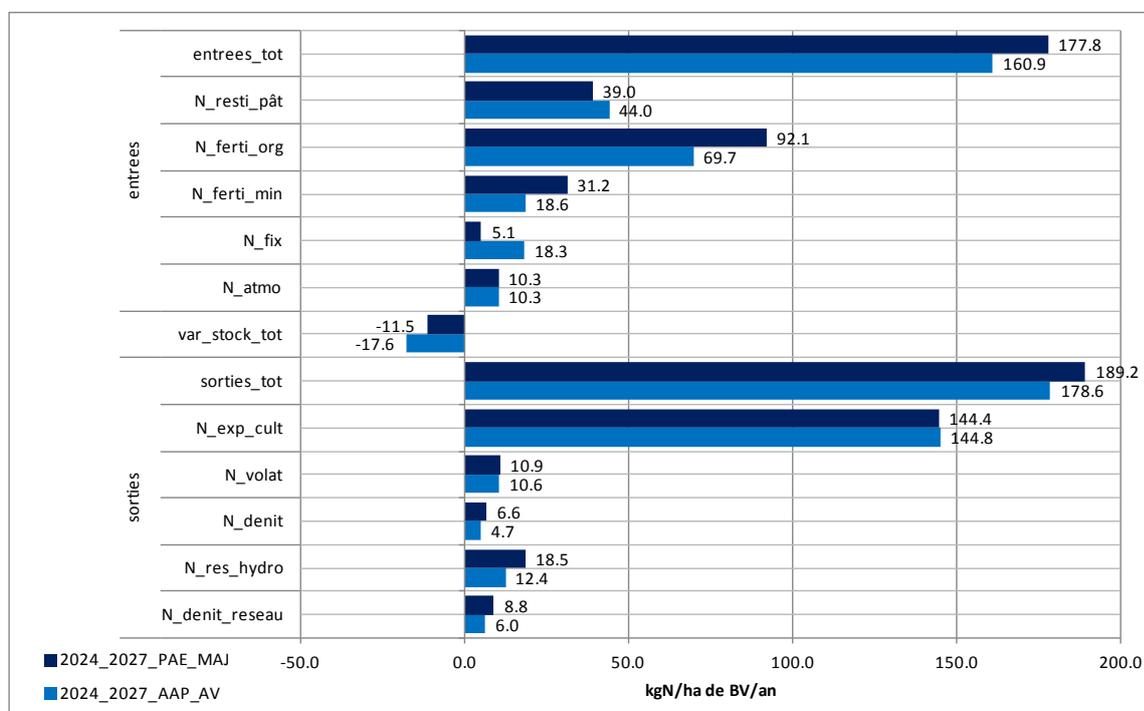


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.32	28
2000_2001	2.29	32
2001_2002	0.56	18
2002_2003	0.78	22
2003_2004	1.02	23
2004_2005	0.75	19
2005_2006	0.75	20
2006_2007	1.00	21
2007_2008	1.30	23
2008_2009	1.13	21
2009_2010	1.18	21
2010_2011	0.57	15
2011_2012	0.55	15
2012_2013	2.05	23
2013_2014	0.53	12
2014_2015	0.77	15
2015_2016	0.99	15
2016_2017	0.74	12
2017_2018	0.74	12
2018_2019	0.98	13
2019_2020	1.30	13
2020_2021	1.13	12
2021_2022	1.18	12
2022_2023	0.56	9
2023_2024	0.53	8
2024_2025	2.03	13
2025_2026	0.53	8
2026_2027	0.76	9

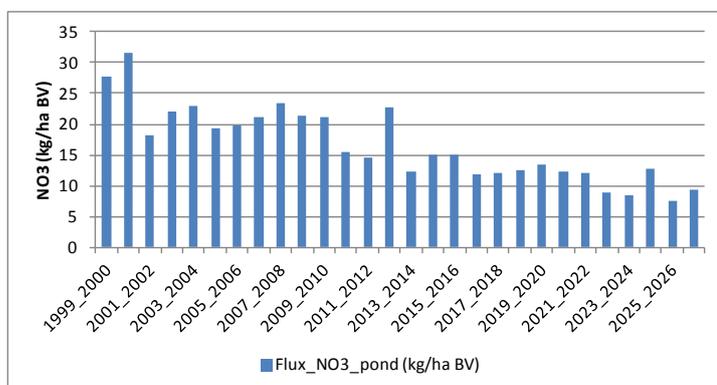


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	24.9	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	18.2	-27.1
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	13.5	-45.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.9	-60.1
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	21.4	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	12.4	-41.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.9	-53.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	23.3	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	13.5	-42.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.9	-57.4

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.75	0.82	1.79	1.63	6.3	12.5	7.1	1.5
2000_2001	2.07	2.44	2.42	1.67	6.2	16.0	7.4	1.5
2001_2002	0.58	0.56	0.50	0.62	3.3	10.7	3.4	0.7
2002_2003	0.83	0.96	0.46	0.61	4.0	12.5	3.3	0.7
2003_2004	0.80	1.08	1.02	1.24	4.1	12.5	5.3	1.1
2004_2005	1.14	0.67	0.59	0.66	4.2	10.7	3.5	0.7
2005_2006	0.89	0.72	0.70	0.71	4.1	10.9	4.0	0.7
2006_2007	0.84	0.94	1.04	1.59	4.1	11.4	4.8	1.2
2007_2008	0.85	1.21	1.78	1.61	4.2	12.0	5.7	1.2
2008_2009	1.44	1.17	0.85	0.94	4.7	11.5	3.9	0.9
2009_2010	1.03	1.50	0.81	0.86	4.0	11.4	3.7	0.8
2010_2011	1.06	0.47	0.32	0.53	3.9	7.9	2.1	0.5
2011_2012	0.40	0.23	1.17	0.95	2.4	4.7	4.6	0.7
2012_2013	1.63	2.22	2.27	1.55	4.3	11.6	5.3	1.1
2013_2014	0.55	0.53	0.47	0.59	2.3	7.3	2.3	0.5
2014_2015	0.83	0.94	0.45	0.59	2.8	8.4	2.2	0.5
2015_2016	0.77	1.05	0.99	1.21	2.8	8.2	3.4	0.7
2016_2017	1.12	0.66	0.57	0.65	2.7	6.6	2.1	0.4
2017_2018	0.88	0.70	0.69	0.70	2.6	6.6	2.4	0.4
2018_2019	0.81	0.92	1.02	1.56	2.5	6.9	2.8	0.7
2019_2020	0.86	1.21	1.77	1.59	2.5	6.9	3.3	0.7
2020_2021	1.43	1.17	0.85	0.94	2.7	6.6	2.3	0.5
2021_2022	1.00	1.50	0.81	0.85	2.3	6.5	2.2	0.5
2022_2023	1.06	0.46	0.32	0.53	2.3	4.5	1.3	0.3
2023_2024	0.40	0.22	1.13	0.92	1.5	2.8	2.6	0.4
2024_2025	1.62	2.19	2.26	1.53	2.5	6.5	3.0	0.6
2025_2026	0.54	0.53	0.48	0.59	1.4	4.5	1.4	0.3
2026_2027	0.82	0.93	0.44	0.59	1.8	5.3	1.3	0.3

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	5.0	13.0	5.3	1.1	6.4	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	3.7	8.9	3.6	0.7	4.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.7	7.4	2.5	0.5	3.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.9	5.5	1.9	0.4	2.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	4.3	11.1	4.5	0.9	5.5	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	2.5	6.6	2.5	0.5	3.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.9	5.5	1.9	0.4	2.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	4.2	12.0	5.7	1.2	7.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.7	7.4	2.5	0.5	3.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.8	4.8	2.1	0.4	2.5	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-25.2	-31.5	-32.1	-35.9	-32.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-45.5	-42.6	-53.1	-53.5	-53.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-62.5	-57.9	-64.0	-63.6	-63.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-42.6	-40.6	-44.6	-43.9	-44.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-56.3	-51.1	-57.8	-56.9	-57.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-35.5	-38.1	-56.7	-58.1	-56.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-57.9	-60.3	-64.0	-67.2	-64.6	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	68.0
2000_2001	76.4
2001_2002	47.4
2002_2003	58.6
2003_2004	56.7
2004_2005	48.9
2005_2006	50.2
2006_2007	53.5
2007_2008	57.6
2008_2009	54.2
2009_2010	50.9
2010_2011	41.2
2011_2012	36.1
2012_2013	55.1
2013_2014	32.5
2014_2015	39.2
2015_2016	37.1
2016_2017	30.0
2017_2018	30.6
2018_2019	32.0
2019_2020	33.2
2020_2021	31.4
2021_2022	29.7
2022_2023	23.9
2023_2024	21.1
2024_2025	31.0
2025_2026	20.0
2026_2027	24.9

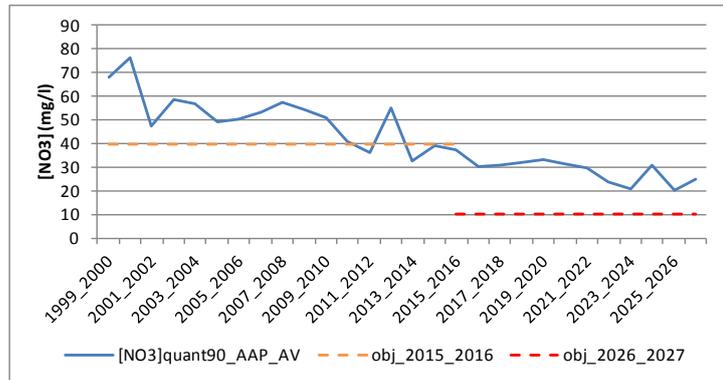
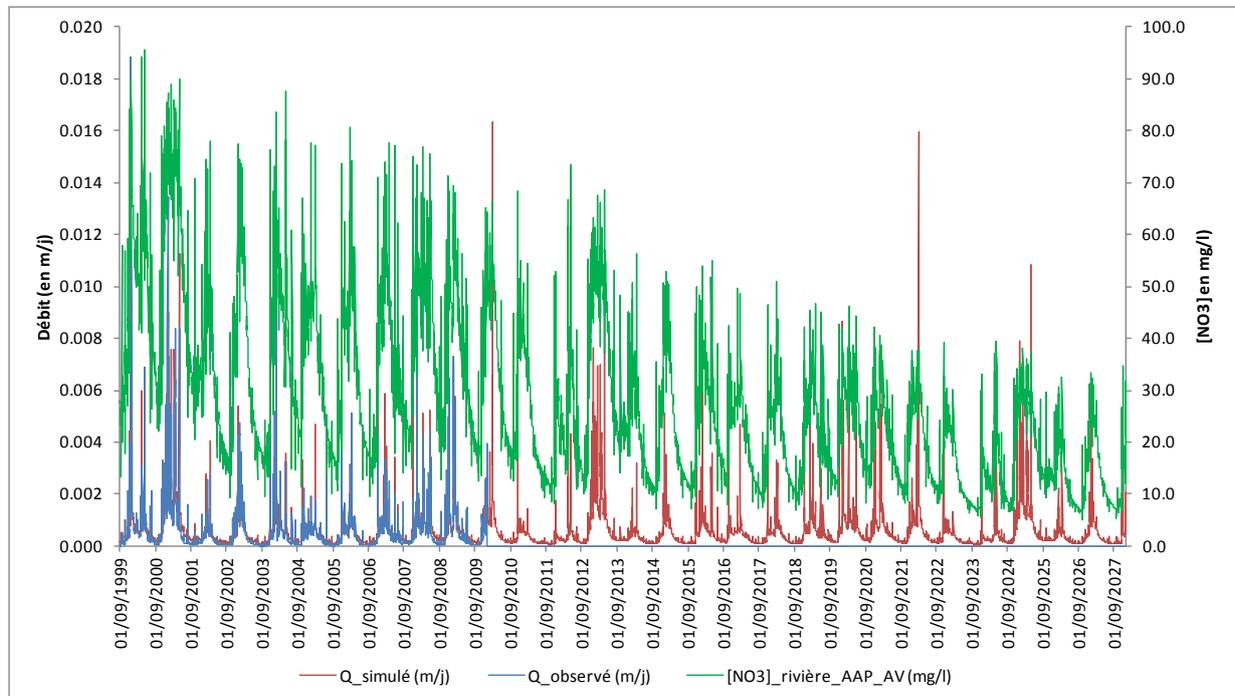


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-4 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Gouet

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	3.3	2.6
	N_res_hydro	27.2	22.2
	N_denit	4.0	3.3
	N_volat	8.4	7.8
	N_exp_cult	94.9	90.7
	sorties_tot	137.7	126.6
var_stock_tot	-5.2	-0.5	
entrees_tot	N_atmo	10.3	10.2
	N_fix	5.3	7.1
	N_ferti_min	25.7	23.5
	N_ferti_org	53.7	48.3
	N_resti_pât	37.6	36.9
	entrees_tot	132.5	126.1

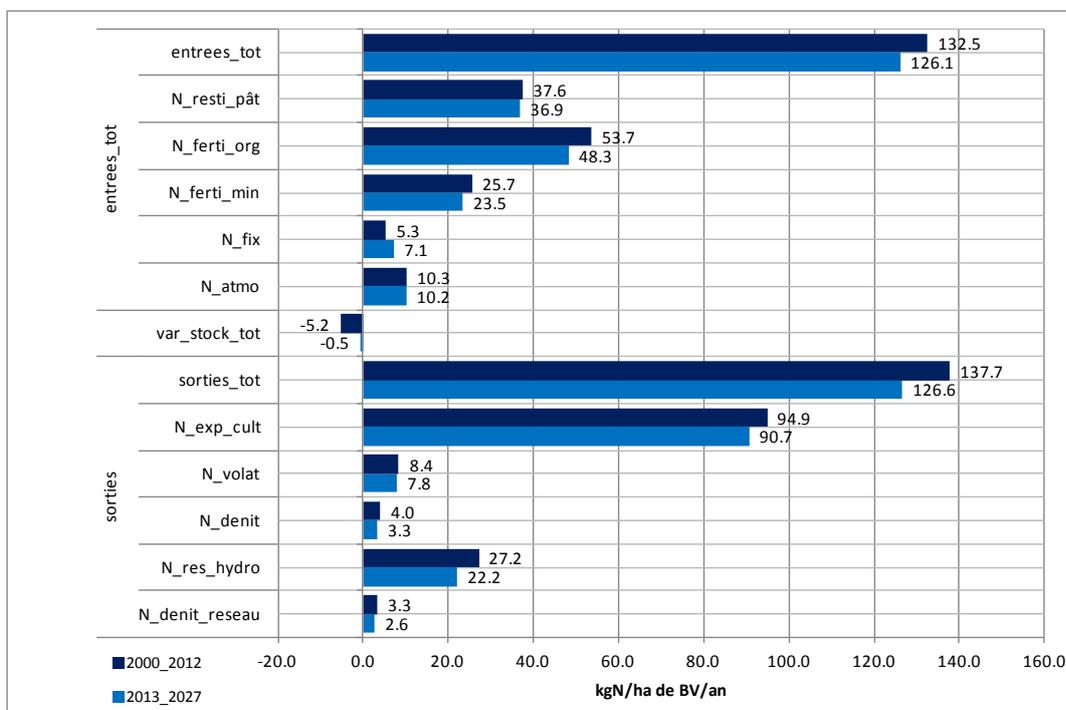


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.17	31
2000_2001	1.83	31
2001_2002	0.66	27
2002_2003	0.92	28
2003_2004	1.12	31
2004_2005	0.76	28
2005_2006	0.84	28
2006_2007	1.20	27
2007_2008	1.02	26
2008_2009	0.91	24
2009_2010	1.11	23
2010_2011	0.67	21
2011_2012	0.70	21
2012_2013	1.80	24
2013_2014	0.66	21
2014_2015	0.92	21
2015_2016	1.12	23
2016_2017	0.76	22
2017_2018	0.84	22
2018_2019	1.20	23
2019_2020	1.02	22
2020_2021	0.92	22
2021_2022	1.11	22
2022_2023	0.67	20
2023_2024	0.70	20
2024_2025	1.79	23
2025_2026	0.66	20
2026_2027	0.92	20

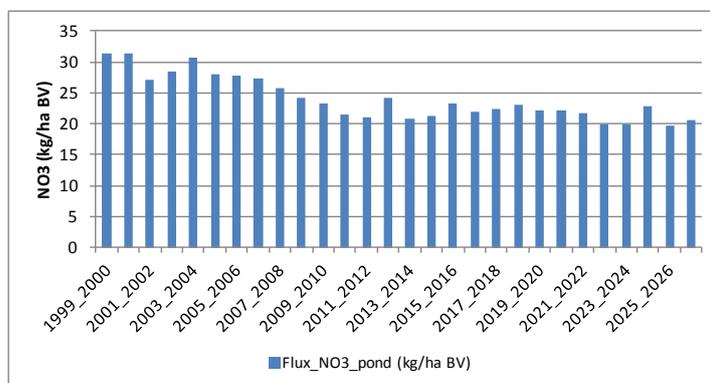


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	29.5	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	22.5	-23.8
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	22.2	-24.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	21.0	-29.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	26.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	21.7	-18.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	21.0	-21.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.7	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	22.2	-13.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	21.0	-18.4

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.26	0.83	1.59	1.50	7.5	14.6	7.2	2.4
2000_2001	1.93	1.98	1.73	1.12	8.0	13.9	7.0	2.3
2001_2002	0.51	0.72	0.68	0.75	6.4	12.8	5.9	1.9
2002_2003	1.13	1.04	0.56	0.63	7.1	13.2	5.8	1.8
2003_2004	0.89	1.12	1.23	1.52	7.4	14.2	6.8	2.3
2004_2005	1.06	0.66	0.63	0.65	7.2	13.1	5.9	1.8
2005_2006	0.81	0.84	0.91	0.77	6.7	12.8	6.2	1.8
2006_2007	0.95	1.17	1.32	1.78	6.8	12.5	6.0	2.2
2007_2008	0.62	0.97	1.48	1.30	6.1	11.6	5.8	2.1
2008_2009	0.96	0.97	0.76	0.85	6.3	11.1	5.1	1.6
2009_2010	1.25	1.28	0.77	0.73	6.0	10.6	4.9	1.5
2010_2011	1.11	0.57	0.41	0.56	5.7	10.1	4.1	1.3
2011_2012	0.41	0.45	1.25	1.33	4.5	9.6	5.0	1.6
2012_2013	1.86	1.94	1.73	1.11	6.0	10.7	5.5	1.8
2013_2014	0.51	0.72	0.68	0.75	5.0	9.8	4.4	1.4
2014_2015	1.13	1.03	0.56	0.63	5.3	9.9	4.4	1.3
2015_2016	0.89	1.12	1.23	1.53	5.7	10.8	5.1	1.8
2016_2017	1.06	0.66	0.64	0.65	5.6	10.1	4.6	1.5
2017_2018	0.82	0.84	0.91	0.77	5.5	10.3	5.1	1.5
2018_2019	0.95	1.16	1.32	1.78	5.7	10.5	5.0	1.9
2019_2020	0.62	0.97	1.48	1.30	5.2	10.0	5.0	1.9
2020_2021	0.97	0.97	0.77	0.86	5.6	10.1	4.7	1.5
2021_2022	1.26	1.27	0.77	0.74	5.7	9.7	4.6	1.4
2022_2023	1.12	0.57	0.41	0.56	5.3	9.3	3.8	1.2
2023_2024	0.42	0.45	1.25	1.33	4.2	9.2	4.7	1.6
2024_2025	1.86	1.94	1.71	1.11	5.7	10.1	5.2	1.7
2025_2026	0.51	0.72	0.68	0.75	4.8	9.2	4.3	1.4
2026_2027	1.13	1.04	0.56	0.63	5.2	9.5	4.2	1.3

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	7.2	13.6	6.5	2.1	8.5
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.6	10.3	4.8	1.5	6.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.5	10.3	4.8	1.5	6.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.2	9.6	4.5	1.5	6.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	6.6	12.3	5.8	1.9	7.7
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.4	9.9	4.7	1.5	6.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.2	9.6	4.5	1.5	6.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	6.1	11.6	5.8	2.1	7.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.5	10.3	4.8	1.5	6.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.0	9.5	4.6	1.5	6.1

Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.5	-23.9	-26.0	-28.0	-26.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-23.5	-24.4	-25.8	-27.6	-26.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-27.9	-29.7	-29.7	-30.2	-29.8
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-18.5	-19.3	-19.0	-18.8	-19.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-20.8	-22.3	-21.9	-23.2	-22.2
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-9.4	-11.2	-16.7	-28.5	-19.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-18.8	-18.3	-20.3	-29.8	-22.9

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	39.5
2000_2001	38.6
2001_2002	35.0
2002_2003	35.8
2003_2004	39.4
2004_2005	35.7
2005_2006	35.2
2006_2007	34.8
2007_2008	32.7
2008_2009	30.9
2009_2010	29.3
2010_2011	27.8
2011_2012	27.6
2012_2013	30.3
2013_2014	26.9
2014_2015	27.0
2015_2016	30.0
2016_2017	27.7
2017_2018	28.6
2018_2019	29.4
2019_2020	28.5
2020_2021	28.2
2021_2022	27.3
2022_2023	25.6
2023_2024	26.0
2024_2025	28.7
2025_2026	25.3
2026_2027	25.9

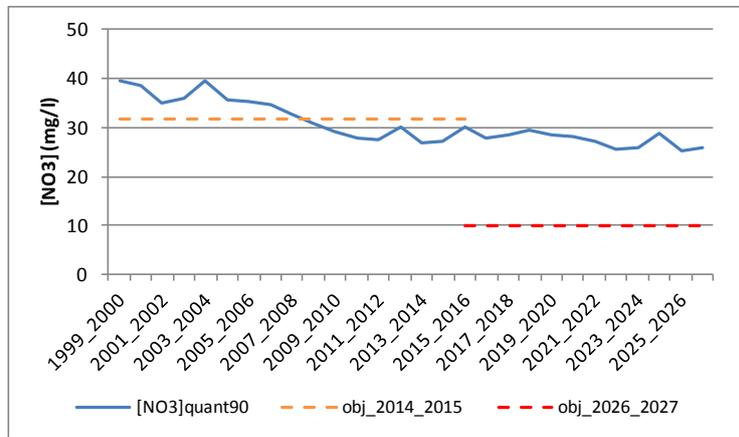
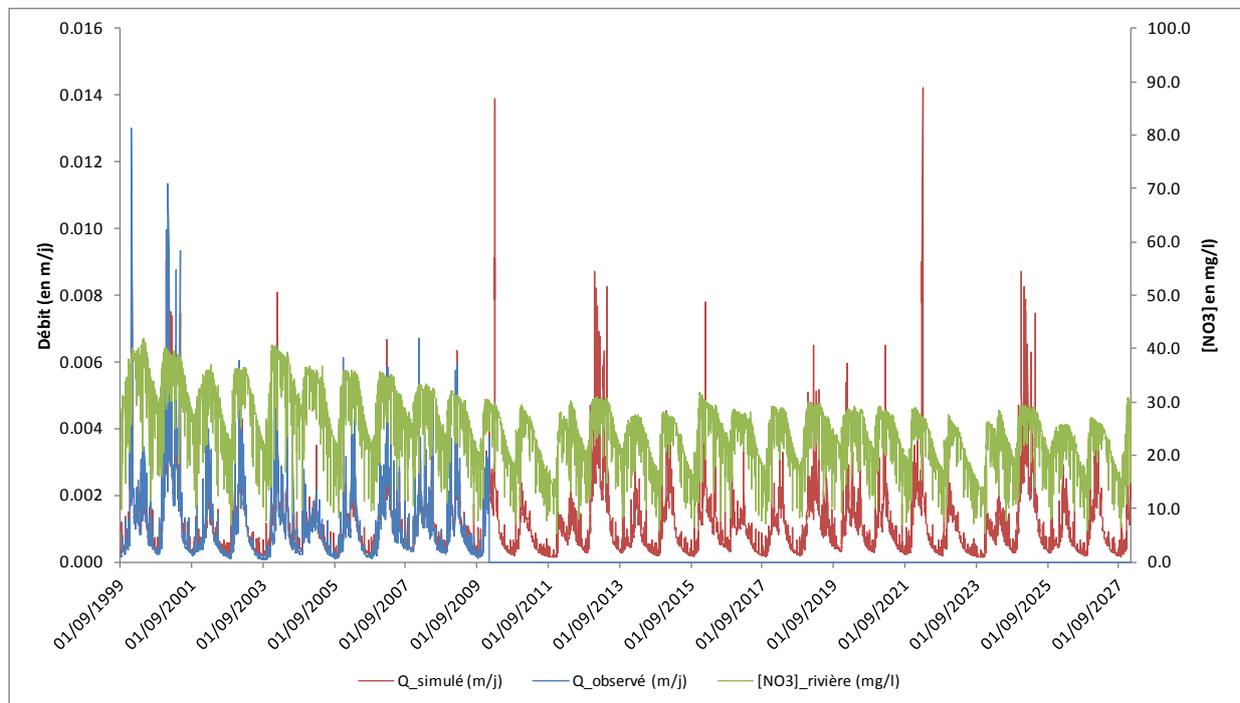


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	2.5	0.5
	N_res_hydro	24.2	5.6
	N_denit	3.4	0.5
	N_volat	7.7	0.0
	N_exp_cult	87.4	63.1
	sorties_tot	125.2	69.8
var_stock_tot		-1.0	-52.1
entrées	N_atmo	10.3	9.8
	N_fix	7.1	7.9
	N_ferti_min	23.5	0.0
	N_ferti_org	47.4	0.0
	N_resti_pât	35.8	0.0
	entrees_tot	124.2	17.7

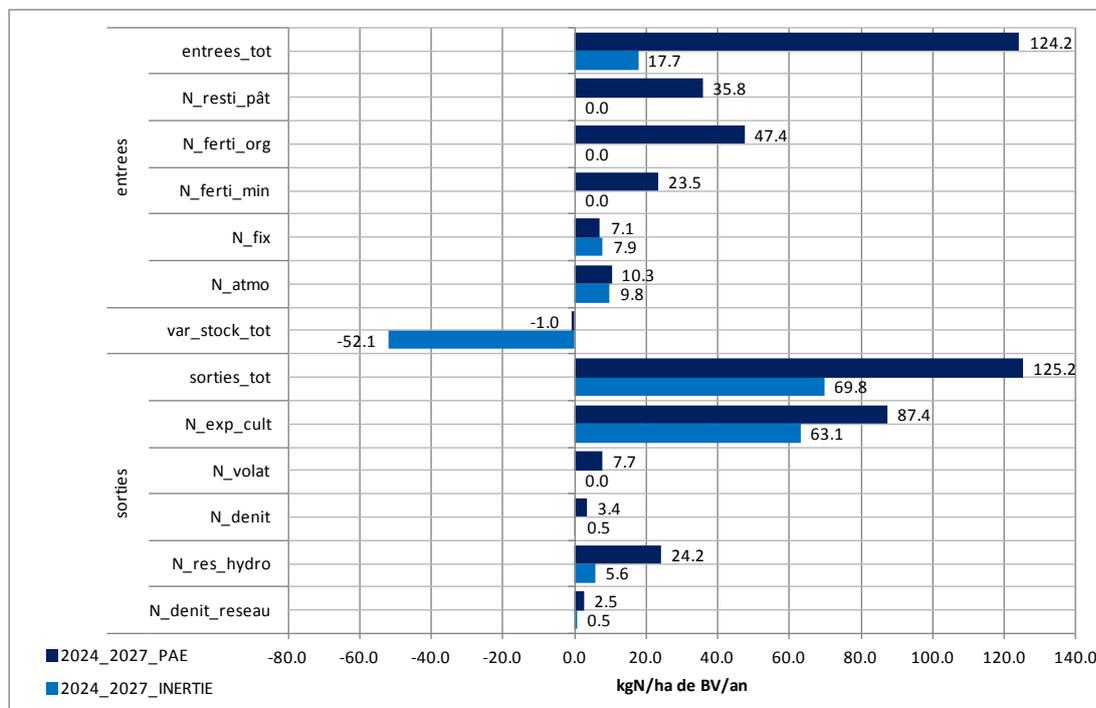


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.20	31
2000_2001	1.88	31
2001_2002	0.68	26
2002_2003	0.94	28
2003_2004	1.15	30
2004_2005	0.78	27
2005_2006	0.86	27
2006_2007	1.23	27
2007_2008	1.05	25
2008_2009	0.93	24
2009_2010	1.14	23
2010_2011	0.69	21
2011_2012	0.72	20
2012_2013	1.82	21
2013_2014	0.66	14
2014_2015	0.90	11
2015_2016	1.09	11
2016_2017	0.74	8
2017_2018	0.82	8
2018_2019	1.16	7
2019_2020	0.98	6
2020_2021	0.89	5
2021_2022	1.09	5
2022_2023	0.65	5
2023_2024	0.65	4
2024_2025	1.79	6
2025_2026	0.64	4
2026_2027	0.90	4

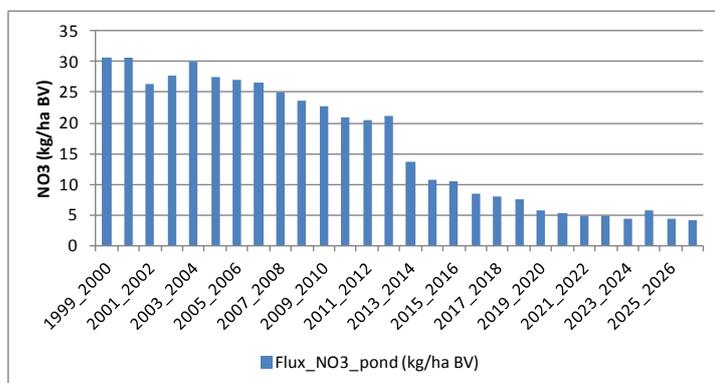


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	28.8	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	22.0	-23.8
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.4	-67.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.8	-83.4
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	26.1	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.0	-69.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.8	-81.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.4	-62.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.8	-80.9

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.32	0.84	1.61	1.55	7.2	14.4	7.1	2.3
2000_2001	2.03	2.01	1.76	1.15	7.6	13.7	6.9	2.2
2001_2002	0.54	0.73	0.69	0.78	6.1	12.6	5.8	1.8
2002_2003	1.19	1.05	0.57	0.65	6.7	13.0	5.7	1.7
2003_2004	0.93	1.13	1.25	1.57	7.1	14.1	6.7	2.2
2004_2005	1.11	0.67	0.64	0.67	6.9	12.9	5.8	1.8
2005_2006	0.85	0.85	0.93	0.80	6.4	12.7	6.1	1.7
2006_2007	0.99	1.19	1.34	1.83	6.4	12.3	5.9	2.2
2007_2008	0.65	0.98	1.50	1.34	5.8	11.4	5.7	2.0
2008_2009	1.01	0.98	0.78	0.88	6.0	11.0	5.1	1.6
2009_2010	1.31	1.29	0.78	0.76	5.7	10.4	4.8	1.4
2010_2011	1.17	0.58	0.41	0.58	5.4	9.9	4.0	1.2
2011_2012	0.43	0.46	1.27	1.38	4.3	9.5	4.9	1.6
2012_2013	1.94	1.93	1.75	1.12	5.6	9.7	4.3	1.3
2013_2014	0.51	0.72	0.67	0.73	3.4	6.6	2.8	0.9
2014_2015	1.07	1.04	0.55	0.62	2.6	4.9	2.2	0.7
2015_2016	0.83	1.09	1.23	1.48	2.5	5.3	2.2	0.7
2016_2017	1.02	0.66	0.61	0.63	2.1	4.0	1.7	0.6
2017_2018	0.75	0.82	0.91	0.76	2.0	3.7	1.7	0.6
2018_2019	0.88	1.15	1.30	1.68	1.9	3.6	1.5	0.6
2019_2020	0.57	0.92	1.44	1.29	1.3	2.7	1.2	0.5
2020_2021	0.92	0.96	0.73	0.80	1.4	2.4	1.1	0.4
2021_2022	1.18	1.28	0.76	0.72	1.1	2.3	1.1	0.4
2022_2023	1.06	0.56	0.40	0.55	1.2	2.2	1.0	0.3
2023_2024	0.38	0.42	1.18	1.25	1.1	2.3	0.9	0.3
2024_2025	1.81	1.94	1.74	1.11	1.3	2.7	1.2	0.5
2025_2026	0.48	0.70	0.66	0.72	1.2	2.0	0.9	0.3
2026_2027	1.07	1.04	0.55	0.62	1.0	1.9	0.9	0.3

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	6.9	13.4	6.4	2.0	8.4	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.4	10.2	4.7	1.5	6.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.3	4.5	2.0	0.7	2.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.2	2.2	1.0	0.4	1.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	6.3	12.1	5.7	1.8	7.6	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	2.0	3.8	1.7	0.6	2.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.2	2.2	1.0	0.4	1.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	5.8	11.4	5.7	2.0	7.7	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.3	4.5	2.0	0.7	2.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.1	2.2	1.0	0.4	1.4	

Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.5	-23.9	-26.0	-28.0	-26.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-66.6	-66.7	-69.3	-67.3	-68.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-83.3	-83.4	-83.9	-81.4	-83.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-68.7	-69.1	-71.0	-69.0	-70.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-81.7	-81.7	-82.1	-79.5	-81.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-60.4	-60.9	-65.5	-67.8	-66.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-80.7	-80.4	-82.4	-82.2	-82.3	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	39.5
2000_2001	38.6
2001_2002	35.0
2002_2003	35.8
2003_2004	39.4
2004_2005	35.7
2005_2006	35.2
2006_2007	34.8
2007_2008	32.7
2008_2009	30.9
2009_2010	29.3
2010_2011	27.8
2011_2012	27.6
2012_2013	28.5
2013_2014	18.8
2014_2015	14.1
2015_2016	15.0
2016_2017	11.4
2017_2018	11.0
2018_2019	10.5
2019_2020	8.3
2020_2021	7.4
2021_2022	6.4
2022_2023	6.2
2023_2024	6.3
2024_2025	8.0
2025_2026	6.2
2026_2027	5.4

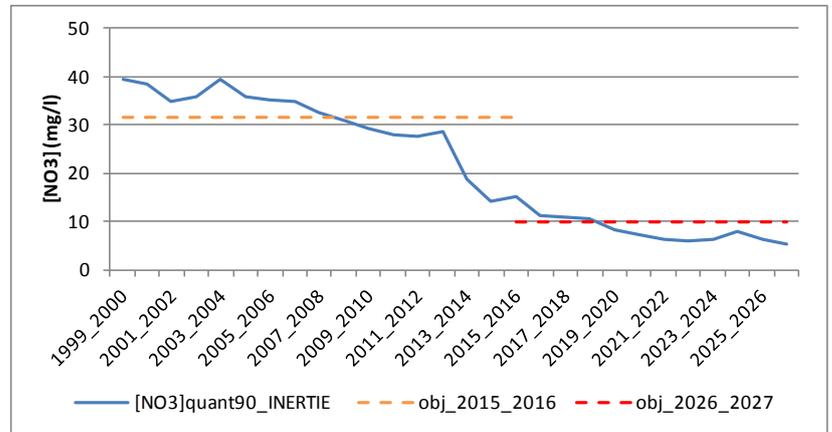
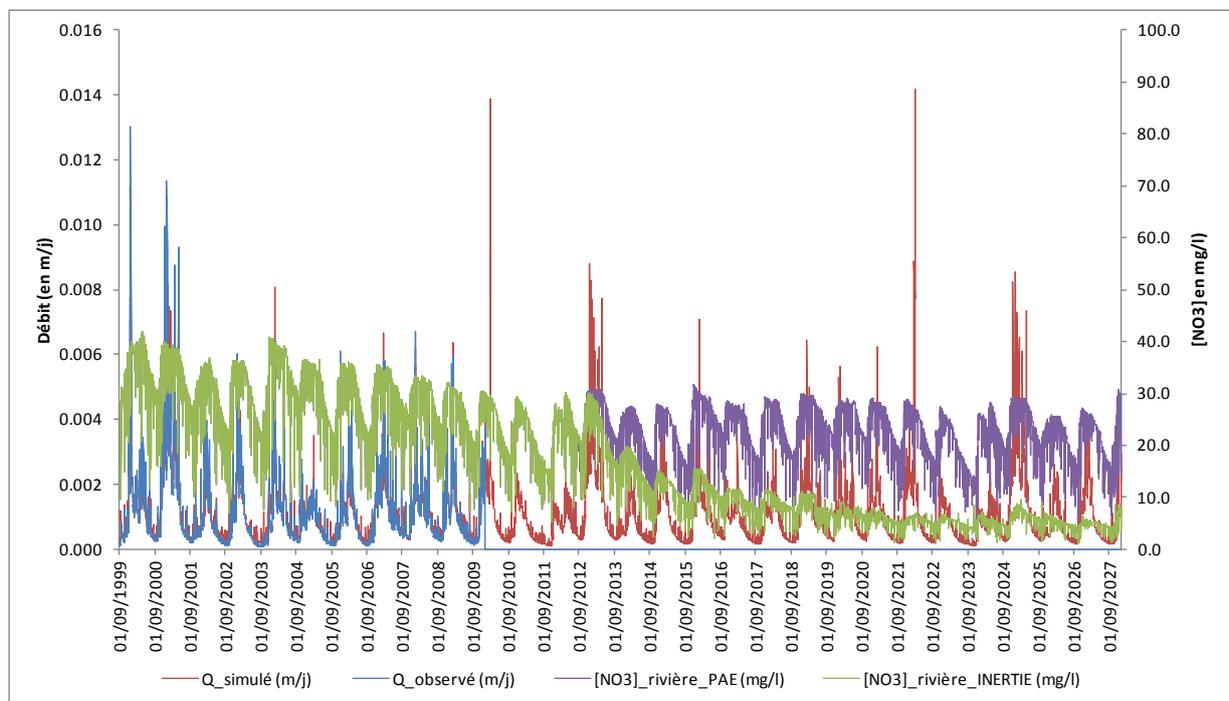


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

	2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ	
sorties	N_denit_reseau	2.5	2.9
	N_res_hydro	24.2	27.6
	N_denit	3.4	3.9
	N_volat	7.7	8.3
	N_exp_cult	87.4	94.4
	sorties_tot	125.2	137.1
var_stock_tot	-1.0	2.1	
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	7.1	6.8
	N_ferti_min	23.5	30.1
	N_ferti_org	47.4	54.1
	N_resti_pât	35.8	37.8
	entrees_tot	124.2	139.2

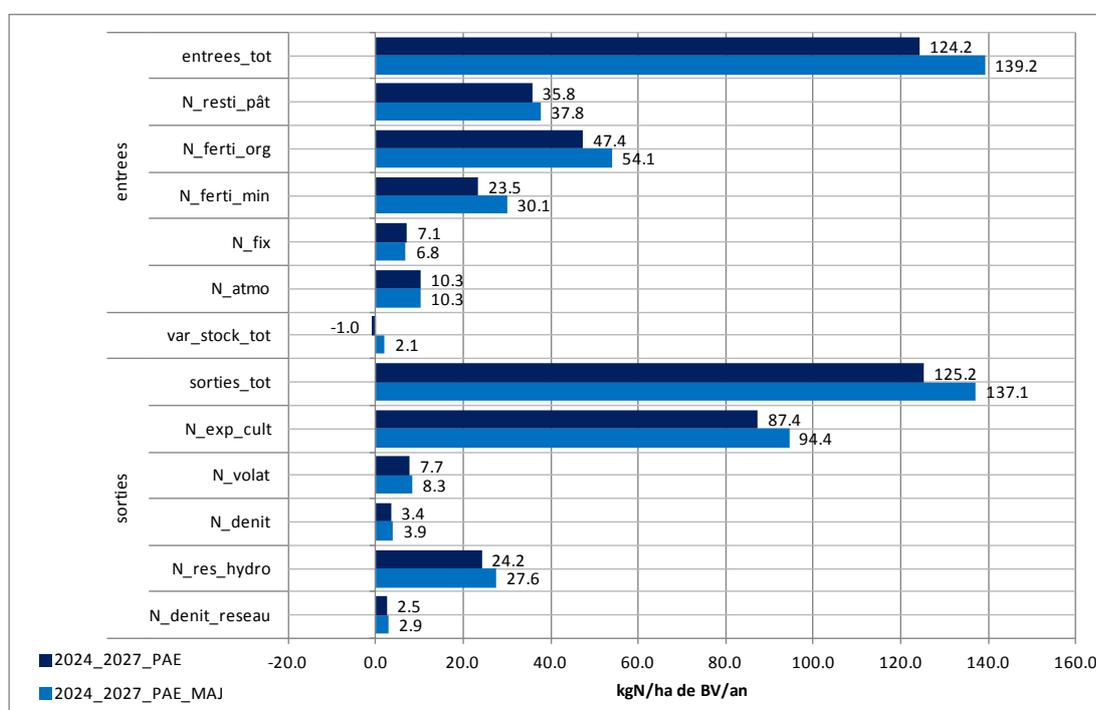


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.17	31
2000_2001	1.83	31
2001_2002	0.66	27
2002_2003	0.92	28
2003_2004	1.12	31
2004_2005	0.76	28
2005_2006	0.84	28
2006_2007	1.20	27
2007_2008	1.02	26
2008_2009	0.91	24
2009_2010	1.11	23
2010_2011	0.67	21
2011_2012	0.70	22
2012_2013	1.79	26
2013_2014	0.66	22
2014_2015	0.92	23
2015_2016	1.12	26
2016_2017	0.76	24
2017_2018	0.84	25
2018_2019	1.20	26
2019_2020	1.02	25
2020_2021	0.92	24
2021_2022	1.11	24
2022_2023	0.67	22
2023_2024	0.70	23
2024_2025	1.79	26
2025_2026	0.66	22
2026_2027	0.92	23

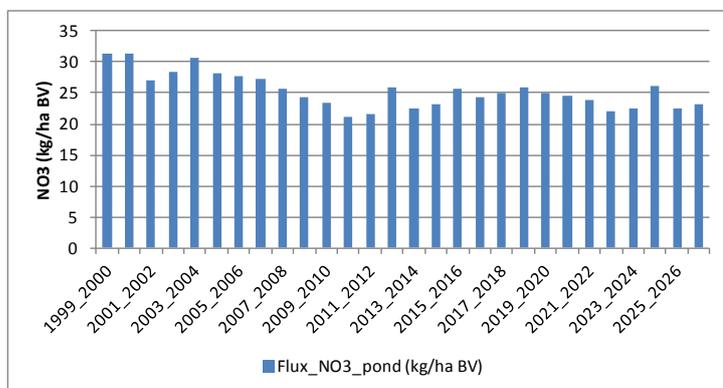


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	29.5	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	22.6	-23.4
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	24.5	-17.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	23.9	-19.1
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	26.8	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	24.1	-9.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	23.9	-10.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.7	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	24.5	-4.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	23.9	-7.1

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.26	0.83	1.59	1.50	7.5	14.6	7.2	2.4
2000_2001	1.93	1.98	1.73	1.12	8.0	13.9	7.0	2.3
2001_2002	0.51	0.72	0.68	0.75	6.4	12.8	5.9	1.9
2002_2003	1.13	1.04	0.56	0.63	7.1	13.2	5.8	1.8
2003_2004	0.89	1.12	1.23	1.52	7.4	14.2	6.8	2.3
2004_2005	1.06	0.66	0.63	0.65	7.2	13.1	5.9	1.8
2005_2006	0.81	0.84	0.91	0.77	6.7	12.8	6.2	1.8
2006_2007	0.95	1.17	1.32	1.78	6.8	12.5	5.9	2.2
2007_2008	0.62	0.97	1.48	1.30	6.1	11.6	5.8	2.1
2008_2009	0.96	0.97	0.76	0.85	6.3	11.1	5.1	1.6
2009_2010	1.25	1.28	0.77	0.74	6.0	10.6	4.9	1.5
2010_2011	1.11	0.57	0.41	0.56	5.6	9.9	4.0	1.2
2011_2012	0.41	0.45	1.25	1.33	4.5	9.9	5.2	1.7
2012_2013	1.86	1.94	1.72	1.11	6.4	11.5	5.9	1.9
2013_2014	0.51	0.72	0.68	0.75	5.4	10.6	4.8	1.5
2014_2015	1.13	1.03	0.56	0.63	5.8	10.8	4.7	1.4
2015_2016	0.89	1.12	1.23	1.53	6.3	11.9	5.7	1.9
2016_2017	1.06	0.66	0.64	0.65	6.3	11.2	5.1	1.6
2017_2018	0.82	0.83	0.91	0.77	6.1	11.5	5.6	1.6
2018_2019	0.95	1.17	1.32	1.78	6.3	11.8	5.7	2.2
2019_2020	0.62	0.97	1.48	1.31	5.9	11.2	5.7	2.1
2020_2021	0.97	0.97	0.77	0.86	6.3	11.2	5.2	1.7
2021_2022	1.26	1.27	0.77	0.74	6.2	10.7	5.1	1.5
2022_2023	1.12	0.57	0.41	0.56	5.8	10.4	4.2	1.3
2023_2024	0.41	0.45	1.25	1.32	4.7	10.3	5.4	1.8
2024_2025	1.86	1.94	1.72	1.11	6.5	11.5	5.9	1.9
2025_2026	0.51	0.72	0.68	0.75	5.4	10.5	4.9	1.5
2026_2027	1.13	1.04	0.56	0.63	5.8	10.7	4.8	1.5

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	7.2	13.6	6.5	2.1	8.5	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.6	10.4	4.8	1.5	6.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	6.1	11.3	5.3	1.7	6.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.9	10.9	5.2	1.6	6.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	6.6	12.3	5.8	1.9	7.7	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.9	11.1	5.2	1.7	6.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.9	10.9	5.2	1.6	6.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	6.1	11.6	5.8	2.1	7.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	6.1	11.3	5.3	1.7	6.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.6	10.8	5.2	1.7	6.9	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.7	-23.7	-25.3	-27.3	-25.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-15.7	-16.7	-18.4	-20.7	-19.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-18.0	-19.8	-19.9	-21.0	-20.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-9.6	-10.3	-10.1	-10.2	-10.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-9.8	-11.5	-11.2	-13.3	-11.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-0.2	-2.1	-8.5	-21.7	-12.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-8.0	-7.1	-9.2	-20.4	-12.2	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	39.5
2000_2001	38.6
2001_2002	35.0
2002_2003	35.8
2003_2004	39.4
2004_2005	35.7
2005_2006	35.2
2006_2007	34.8
2007_2008	32.7
2008_2009	30.9
2009_2010	29.3
2010_2011	27.4
2011_2012	28.4
2012_2013	32.7
2013_2014	29.0
2014_2015	29.4
2015_2016	33.0
2016_2017	30.8
2017_2018	31.8
2018_2019	33.1
2019_2020	32.1
2020_2021	31.2
2021_2022	30.2
2022_2023	28.6
2023_2024	29.4
2024_2025	32.9
2025_2026	29.1
2026_2027	29.2

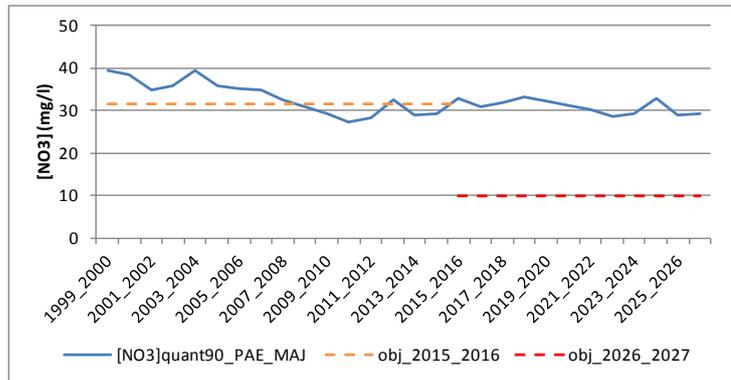
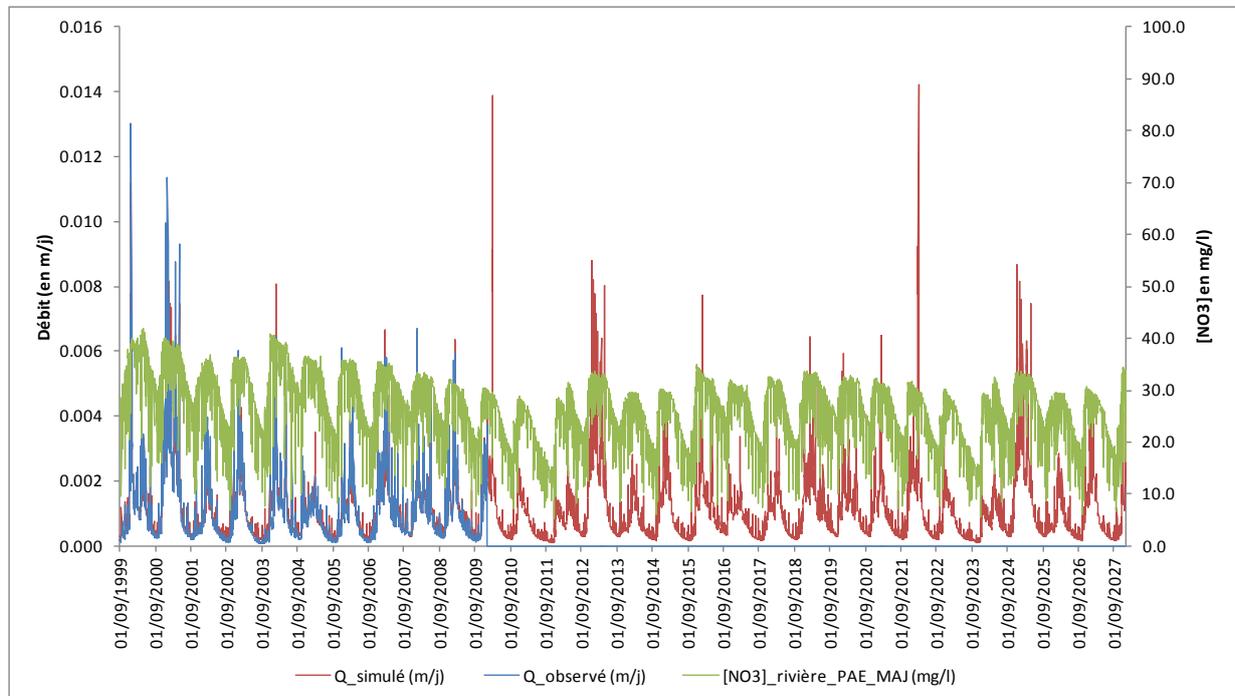


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	2.9	2.3
	N_res_hydro	27.6	22.1
	N_denit	3.9	3.1
	N_volat	8.3	8.7
	N_exp_cult	94.4	97.1
	sorties_tot	137.1	133.2
var_stock_tot		2.1	0.4
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	6.8	15.4
	N_ferti_min	30.1	16.6
	N_ferti_org	54.1	53.2
	N_resti_pât	37.8	38.1
	entrees_tot	139.2	133.6

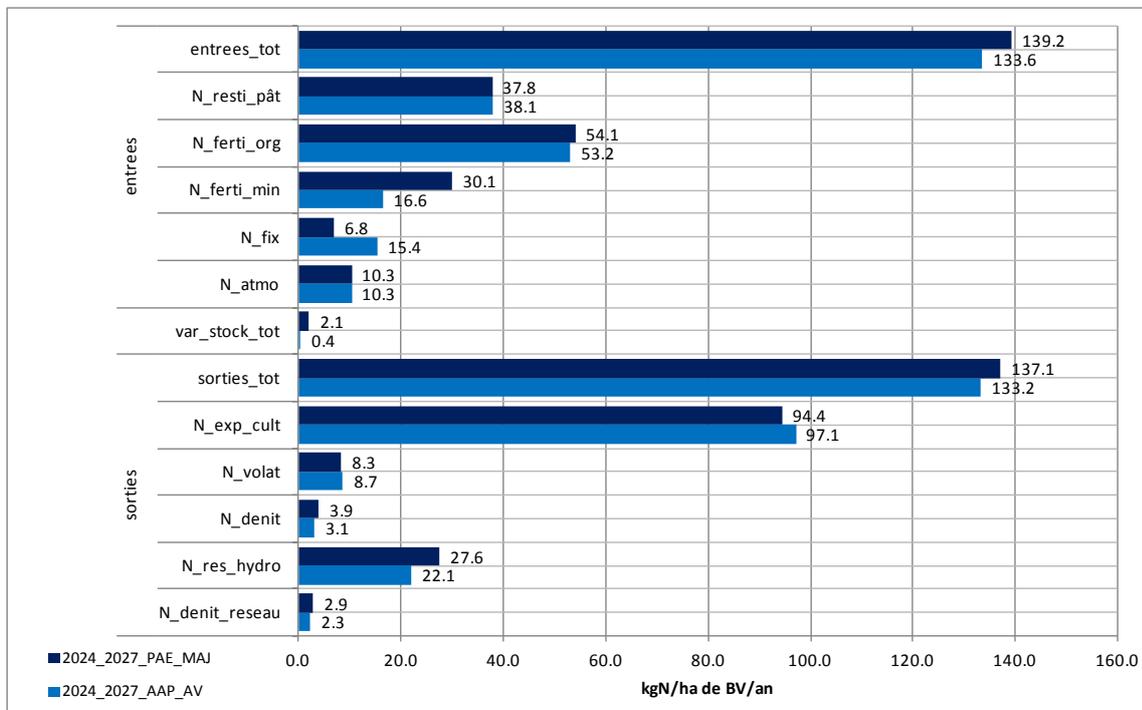


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.17	31
2000_2001	1.84	31
2001_2002	0.66	27
2002_2003	0.92	28
2003_2004	1.13	31
2004_2005	0.76	28
2005_2006	0.84	28
2006_2007	1.20	27
2007_2008	1.02	26
2008_2009	0.91	24
2009_2010	1.11	23
2010_2011	0.67	21
2011_2012	0.70	22
2012_2013	1.80	25
2013_2014	0.66	21
2014_2015	0.92	21
2015_2016	1.12	23
2016_2017	0.76	21
2017_2018	0.84	21
2018_2019	1.20	22
2019_2020	1.02	20
2020_2021	0.91	20
2021_2022	1.11	19
2022_2023	0.67	18
2023_2024	0.69	18
2024_2025	1.79	21
2025_2026	0.66	18
2026_2027	0.92	19

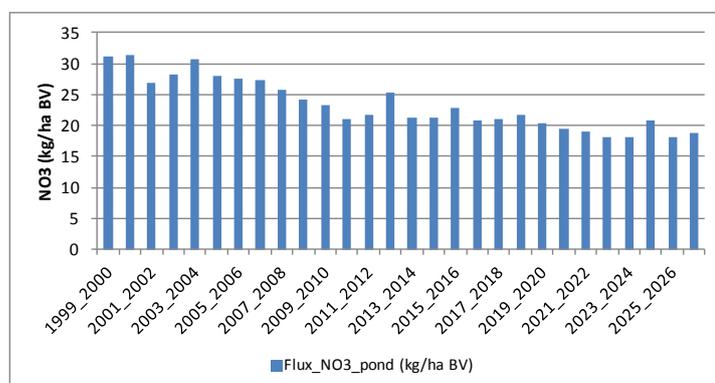


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	29.4	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	22.5	-23.4
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	21.5	-27.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	19.2	-34.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	26.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	20.4	-23.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	19.2	-28.1
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.6	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	21.5	-16.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	19.2	-25.2

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.26	0.83	1.59	1.51	7.5	14.6	7.2	2.4
2000_2001	1.94	1.98	1.73	1.12	8.0	13.8	7.0	2.3
2001_2002	0.52	0.72	0.68	0.76	6.3	12.8	5.8	1.8
2002_2003	1.14	1.04	0.56	0.63	7.0	13.2	5.8	1.8
2003_2004	0.90	1.12	1.23	1.53	7.4	14.2	6.8	2.3
2004_2005	1.06	0.66	0.64	0.65	7.2	13.1	5.9	1.8
2005_2006	0.82	0.84	0.92	0.77	6.7	12.8	6.2	1.8
2006_2007	0.95	1.17	1.32	1.79	6.7	12.5	5.9	2.2
2007_2008	0.62	0.97	1.48	1.31	6.1	11.6	5.7	2.1
2008_2009	0.97	0.97	0.77	0.85	6.2	11.1	5.1	1.6
2009_2010	1.25	1.28	0.77	0.74	6.0	10.6	4.9	1.5
2010_2011	1.12	0.57	0.41	0.56	5.5	9.9	4.0	1.2
2011_2012	0.41	0.45	1.25	1.34	4.5	9.9	5.2	1.7
2012_2013	1.87	1.94	1.72	1.11	6.3	11.3	5.7	1.8
2013_2014	0.51	0.72	0.67	0.75	5.1	10.1	4.5	1.4
2014_2015	1.13	1.03	0.56	0.63	5.3	9.9	4.4	1.3
2015_2016	0.88	1.12	1.23	1.52	5.5	10.6	5.0	1.7
2016_2017	1.06	0.67	0.63	0.65	5.4	9.7	4.3	1.4
2017_2018	0.81	0.83	0.91	0.77	5.1	9.6	4.7	1.4
2018_2019	0.94	1.17	1.31	1.76	5.2	9.9	4.8	1.8
2019_2020	0.61	0.96	1.47	1.30	4.7	9.0	4.6	1.7
2020_2021	0.96	0.97	0.76	0.85	5.0	8.9	4.1	1.3
2021_2022	1.25	1.28	0.77	0.74	4.8	8.6	4.1	1.3
2022_2023	1.11	0.57	0.41	0.56	4.7	8.5	3.5	1.1
2023_2024	0.41	0.45	1.24	1.32	3.8	8.4	4.3	1.4
2024_2025	1.86	1.94	1.72	1.11	5.1	9.2	4.7	1.6
2025_2026	0.51	0.72	0.67	0.75	4.4	8.5	3.9	1.2
2026_2027	1.13	1.04	0.56	0.63	4.7	8.7	3.9	1.2

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	7.2	13.6	6.4	2.1	8.5	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.6	10.4	4.8	1.5	6.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.4	10.0	4.6	1.4	6.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.7	8.8	4.2	1.3	5.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	6.5	12.3	5.8	1.9	7.7	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.0	9.4	4.4	1.4	5.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.7	8.8	4.2	1.3	5.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	6.1	11.6	5.7	2.1	7.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.4	10.0	4.6	1.4	6.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.5	8.7	4.2	1.4	5.6	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.7	-23.7	-25.3	-27.4	-25.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-25.7	-26.8	-28.5	-30.3	-28.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.4	-35.4	-35.3	-35.3	-35.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-23.3	-23.7	-23.6	-23.6	-23.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-27.9	-28.6	-28.3	-29.0	-28.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-12.1	-13.9	-19.8	-31.2	-22.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-26.2	-25.0	-26.8	-35.2	-29.1	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	39.5
2000_2001	38.6
2001_2002	35.0
2002_2003	35.8
2003_2004	39.4
2004_2005	35.7
2005_2006	35.2
2006_2007	34.8
2007_2008	32.7
2008_2009	30.9
2009_2010	29.3
2010_2011	27.4
2011_2012	28.4
2012_2013	32.2
2013_2014	27.8
2014_2015	27.2
2015_2016	29.8
2016_2017	26.7
2017_2018	26.7
2018_2019	27.9
2019_2020	26.0
2020_2021	25.1
2021_2022	24.2
2022_2023	23.3
2023_2024	23.8
2024_2025	26.5
2025_2026	23.5
2026_2027	23.9

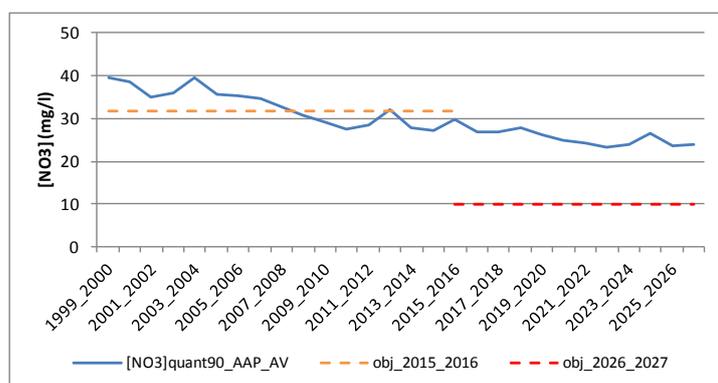
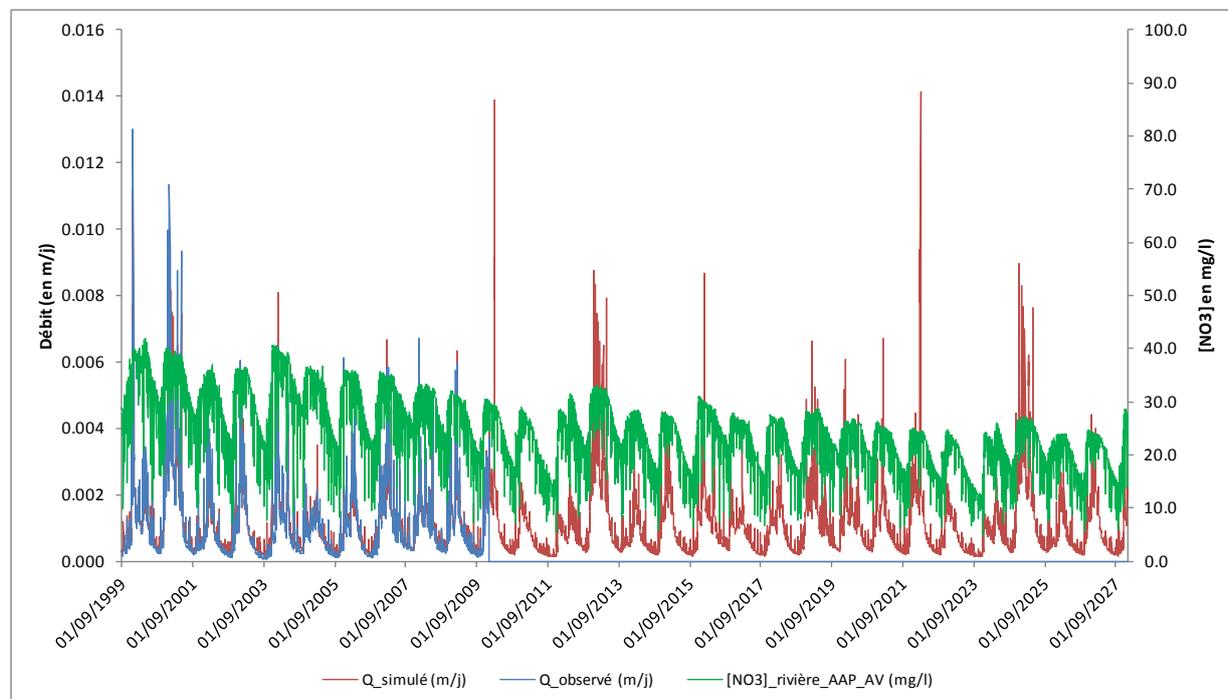


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-5 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant de l'Ic

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2002_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	1.3	1.2
	N_res_hydro	23.7	24.7
	N_denit	5.1	4.8
	N_volat	8.3	8.2
	N_exp_cult	111.2	104.3
	sorties_tot	149.6	143.3
var_stock_tot	17.2	21.5	
entrees_tot	N_atmo	10.1	10.2
	N_fix	2.4	3.1
	N_ferti_min	44.3	41.8
	N_ferti_org	92.2	92.0
	N_resti_pât	17.7	17.6
	entrees_tot	166.8	164.8

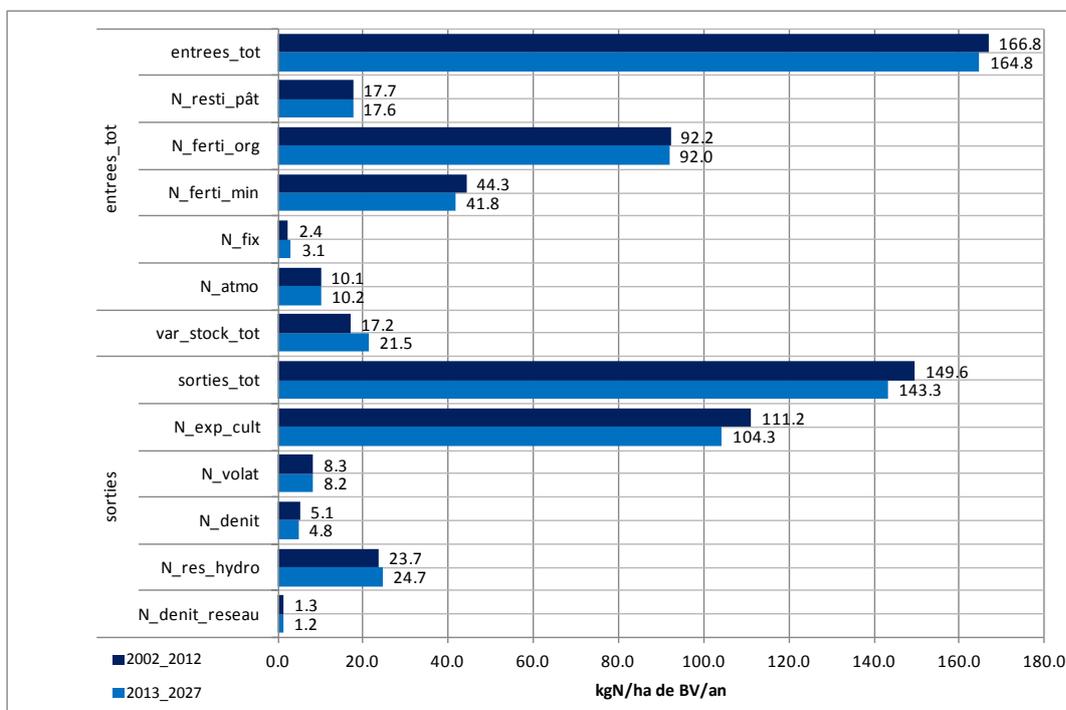


Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2001_2002	0.45	0.48	0.49	0.65	6.6	14.2	6.8	2.1
2002_2003	1.08	0.90	0.48	0.52	7.1	14.4	6.9	2.1
2003_2004	0.79	1.21	1.30	1.49	6.6	13.5	6.9	2.1
2004_2005	0.99	0.69	0.54	0.56	6.7	13.4	6.3	1.9
2005_2006	0.52	0.75	0.71	0.68	5.9	13.0	6.2	1.9
2006_2007	0.58	1.00	1.46	1.64	5.9	12.7	6.5	2.1
2007_2008	0.62	0.93	1.71	1.49	6.1	12.4	6.3	2.1
2008_2009	1.00	1.07	0.79	0.81	6.2	12.1	5.8	1.8
2009_2010	0.99	1.31	0.80	0.75	6.1	11.9	5.8	1.8
2010_2011	1.08	0.51	0.32	0.42	6.1	12.6	5.7	1.6
2011_2012	0.24	0.26	1.00	1.43	4.8	11.9	6.2	1.9
2012_2013	2.40	2.43	1.99	1.30	6.0	11.3	5.9	1.9
2013_2014	0.43	0.47	0.49	0.64	5.5	11.5	5.6	1.8
2014_2015	1.06	0.90	0.49	0.52	5.9	11.9	5.8	1.7
2015_2016	0.80	1.20	1.29	1.49	5.6	11.6	5.9	1.8
2016_2017	0.97	0.69	0.54	0.56	5.9	11.6	5.6	1.7
2017_2018	0.53	0.73	0.71	0.68	5.3	11.6	5.7	1.7
2018_2019	0.58	1.01	1.44	1.65	5.4	11.5	6.0	1.9
2019_2020	0.63	0.93	1.72	1.50	5.8	11.5	5.8	2.0
2020_2021	0.99	1.07	0.79	0.81	6.0	11.6	5.7	1.8
2021_2022	0.98	1.31	0.79	0.75	6.0	11.5	5.6	1.7
2022_2023	1.08	0.50	0.32	0.42	6.0	12.3	5.5	1.6
2023_2024	0.24	0.26	1.01	1.41	4.7	11.7	6.1	1.9
2024_2025	2.41	2.42	1.97	1.30	5.9	11.0	5.7	1.9
2025_2026	0.43	0.47	0.48	0.64	5.3	11.4	5.5	1.7
2026_2027	1.08	0.90	0.48	0.52	5.9	11.8	5.7	1.7

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	7.1	14.4	7.2	2.3	9.5	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.8	12.1	5.9	1.8	7.7	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.7	11.7	5.8	1.8	7.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.7	11.4	5.6	1.8	7.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	6.4	13.1	6.5	2.0	8.5	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.7	11.6	5.8	1.8	7.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.7	11.4	5.6	1.8	7.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	6.1	12.4	6.3	2.1	8.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.7	11.7	5.8	1.8	7.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	5.5	11.5	5.8	1.8	7.5	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-18.6	-15.5	-18.6	-21.0	-19.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-19.9	-18.5	-20.1	-22.6	-20.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-19.8	-20.9	-21.8	-22.4	-21.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-10.6	-11.8	-11.4	-11.4	-11.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-10.5	-13.6	-13.1	-12.9	-13.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-7.0	-5.7	-8.1	-16.0	-10.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-10.9	-7.6	-8.2	-14.3	-9.7	

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
2001_2002	72.5
2002_2003	73.3
2003_2004	70.0
2004_2005	68.0
2005_2006	64.7
2006_2007	66.1
2007_2008	65.7
2008_2009	62.5
2009_2010	62.6
2010_2011	63.3
2011_2012	62.0
2012_2013	59.9
2013_2014	59.3
2014_2015	60.8
2015_2016	60.1
2016_2017	60.5
2017_2018	58.9
2018_2019	60.2
2019_2020	61.2
2020_2021	60.5
2021_2022	61.4
2022_2023	61.9
2023_2024	61.9
2024_2025	58.9
2025_2026	57.9
2026_2027	59.7

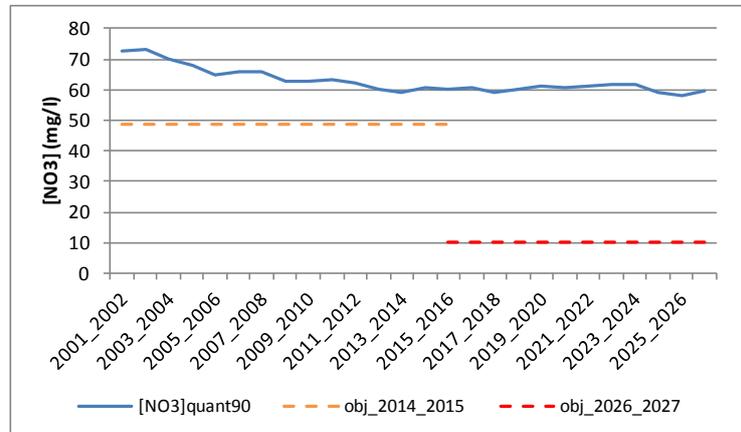
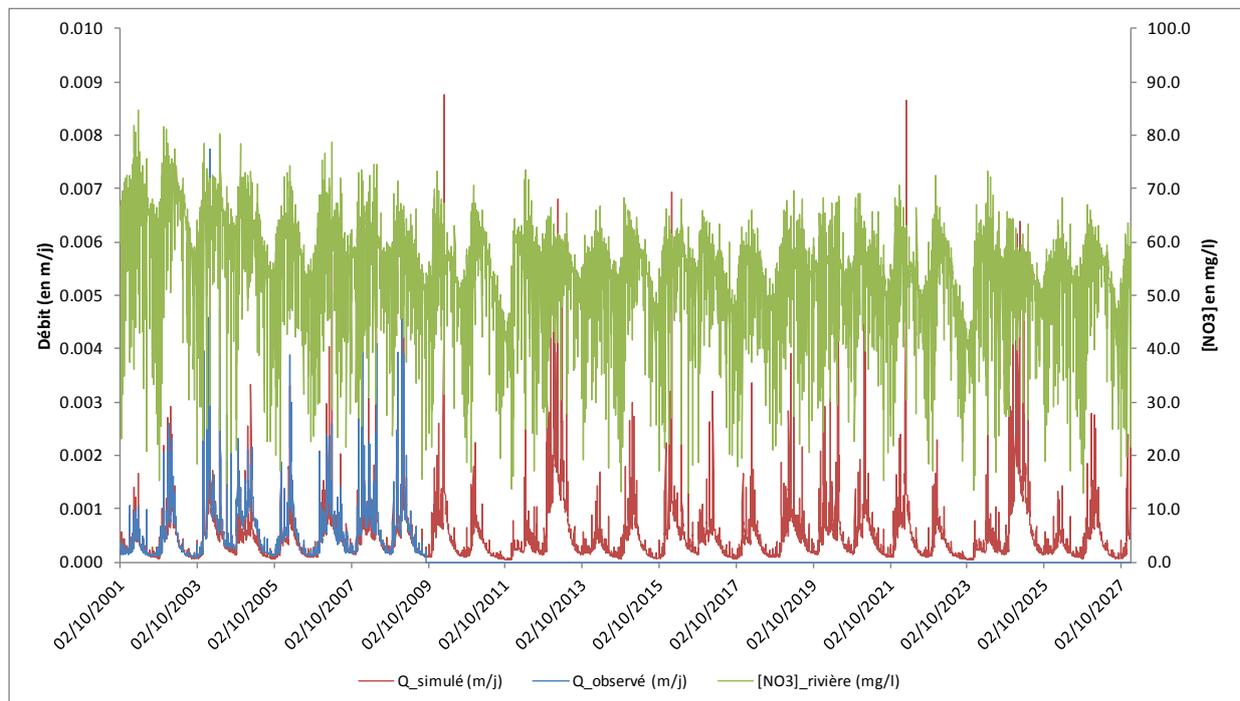


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	1.2	0.2
	N_res_hydro	28.8	3.9
	N_denit	4.9	0.3
	N_volat	8.1	0.0
	N_exp_cult	101.7	58.1
	sorties_tot	144.8	62.5
var_stock_tot		17.5	-40.2
entrées	N_atmo	10.3	10.9
	N_fix	3.2	11.3
	N_ferti_min	41.8	0.0
	N_ferti_org	89.7	0.0
	N_resti_pât	17.3	0.0
	entrees_tot	162.2	22.3

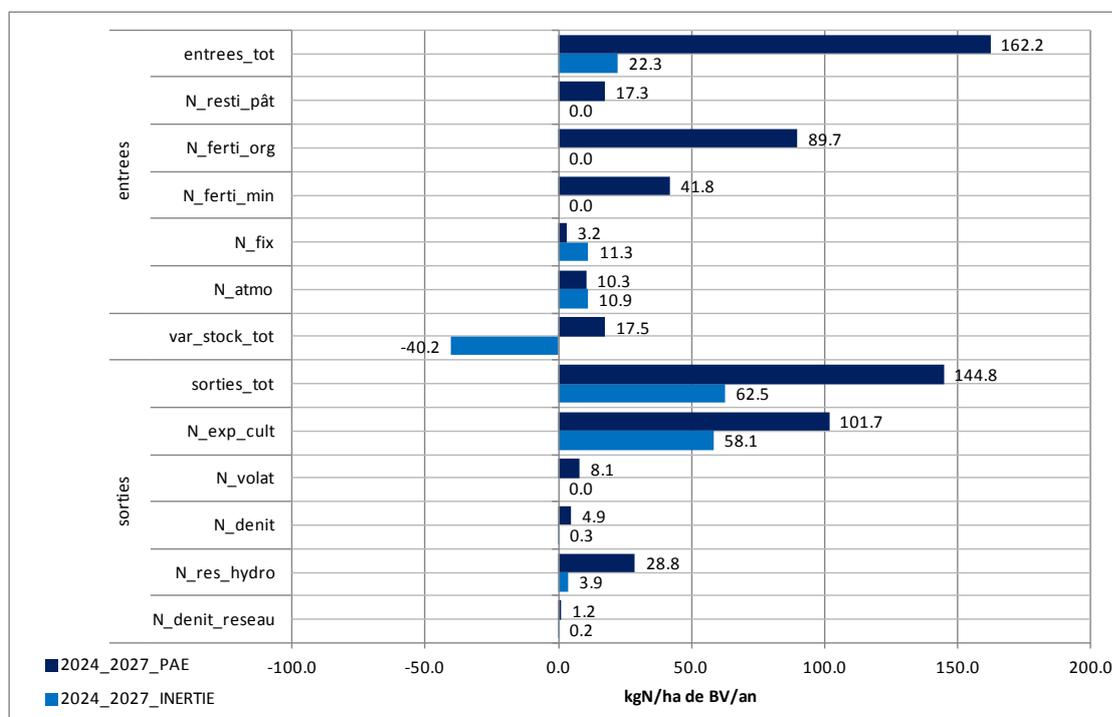


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2001_2002	0.52	28
2002_2003	0.87	29
2003_2004	1.24	27
2004_2005	0.77	26
2005_2006	0.73	25
2006_2007	1.14	25
2007_2008	1.16	25
2008_2009	1.04	24
2009_2010	1.15	24
2010_2011	0.63	24
2011_2012	0.56	23
2012_2013	2.42	22
2013_2014	0.43	17
2014_2015	0.74	14
2015_2016	1.05	12
2016_2017	0.64	9
2017_2018	0.61	7
2018_2019	0.97	6
2019_2020	0.96	4
2020_2021	0.89	5
2021_2022	1.02	4
2022_2023	0.52	5
2023_2024	0.42	3
2024_2025	2.12	4
2025_2026	0.41	4
2026_2027	0.73	3

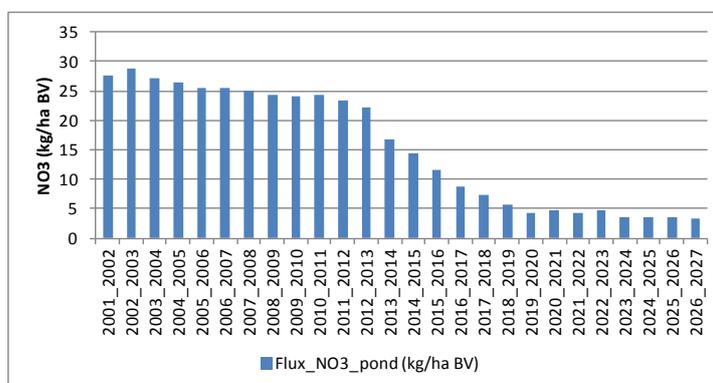


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	28.2	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	24.1	-14.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.5	-62.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.5	-87.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	25.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	7.9	-69.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.5	-86.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	25.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.5	-58.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.5	-86.0

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2001_2002	0.49	0.51	0.52	0.70	6.0	13.3	6.5	2.0
2002_2003	1.19	0.96	0.51	0.56	6.4	13.6	6.6	1.9
2003_2004	0.88	1.28	1.38	1.61	5.9	12.7	6.5	1.9
2004_2005	1.09	0.73	0.57	0.61	6.0	12.6	5.9	1.8
2005_2006	0.58	0.79	0.75	0.73	5.3	12.3	5.9	1.7
2006_2007	0.65	1.06	1.55	1.76	5.3	12.0	6.1	1.9
2007_2008	0.69	0.98	1.81	1.61	5.5	11.7	5.9	1.9
2008_2009	1.11	1.14	0.83	0.88	5.6	11.4	5.5	1.7
2009_2010	1.09	1.39	0.84	0.80	5.5	11.2	5.5	1.7
2010_2011	1.19	0.54	0.34	0.45	5.5	11.9	5.4	1.5
2011_2012	0.27	0.27	1.06	1.54	4.4	11.2	5.8	1.8
2012_2013	2.77	2.61	2.09	1.36	5.4	10.2	4.9	1.6
2013_2014	0.42	0.40	0.43	0.57	3.9	8.1	3.8	1.2
2014_2015	0.87	0.85	0.47	0.51	2.9	6.8	3.7	1.2
2015_2016	0.63	1.13	1.21	1.38	2.7	5.7	2.5	0.8
2016_2017	0.82	0.63	0.50	0.53	1.9	3.9	2.2	0.8
2017_2018	0.44	0.65	0.67	0.65	1.6	3.1	1.9	0.7
2018_2019	0.47	0.90	1.43	1.44	1.4	2.6	1.3	0.5
2019_2020	0.54	0.82	1.52	1.30	1.1	1.9	0.9	0.5
2020_2021	0.81	1.02	0.75	0.75	1.0	2.0	1.3	0.5
2021_2022	0.81	1.28	0.79	0.74	0.8	1.8	1.3	0.5
2022_2023	0.88	0.46	0.30	0.41	0.9	2.3	1.3	0.4
2023_2024	0.22	0.21	0.79	1.15	1.0	2.1	0.7	0.3
2024_2025	2.23	2.31	1.94	1.30	0.6	1.7	1.0	0.4
2025_2026	0.40	0.39	0.42	0.55	0.9	1.6	0.9	0.3
2026_2027	0.87	0.85	0.46	0.51	0.6	1.5	1.0	0.4

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	6.2	13.5	6.5	2.0	8.5	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.2	11.4	5.5	1.7	7.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.3	4.9	2.6	0.9	3.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.7	1.6	0.9	0.4	1.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	5.6	12.2	6.0	1.8	7.8	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	1.8	3.7	1.9	0.7	2.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.7	1.6	0.9	0.4	1.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	5.5	11.7	5.9	1.9	7.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	2.3	4.9	2.6	0.9	3.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.8	1.7	0.9	0.3	1.2	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-15.8	-15.1	-14.9	-14.9	-14.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-63.4	-63.8	-60.3	-55.9	-59.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-88.8	-88.2	-85.5	-81.7	-84.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-68.3	-69.7	-67.9	-63.8	-67.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-87.6	-86.9	-84.1	-80.2	-83.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-58.9	-58.3	-56.3	-55.6	-56.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-86.2	-85.4	-85.1	-82.9	-84.6	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
2001_2002	72.5
2002_2003	73.3
2003_2004	70.0
2004_2005	68.0
2005_2006	64.7
2006_2007	66.1
2007_2008	65.7
2008_2009	62.5
2009_2010	62.6
2010_2011	63.3
2011_2012	62.0
2012_2013	58.7
2013_2014	45.9
2014_2015	39.2
2015_2016	34.0
2016_2017	25.1
2017_2018	21.7
2018_2019	18.2
2019_2020	16.4
2020_2021	15.3
2021_2022	14.7
2022_2023	14.0
2023_2024	13.1
2024_2025	12.2
2025_2026	11.0
2026_2027	11.1

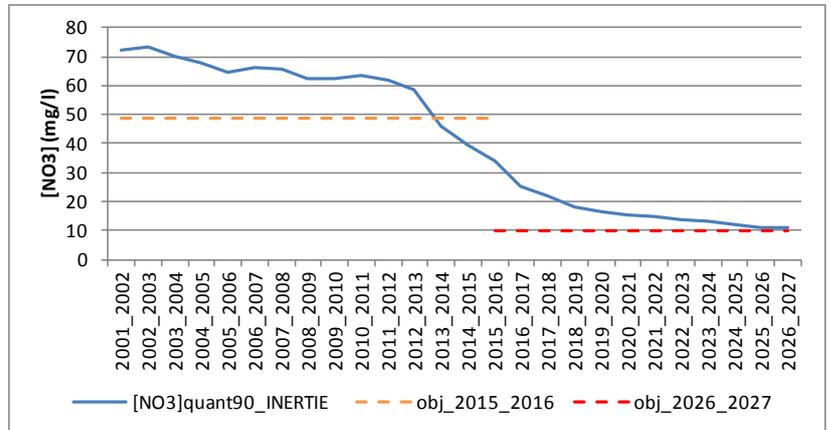
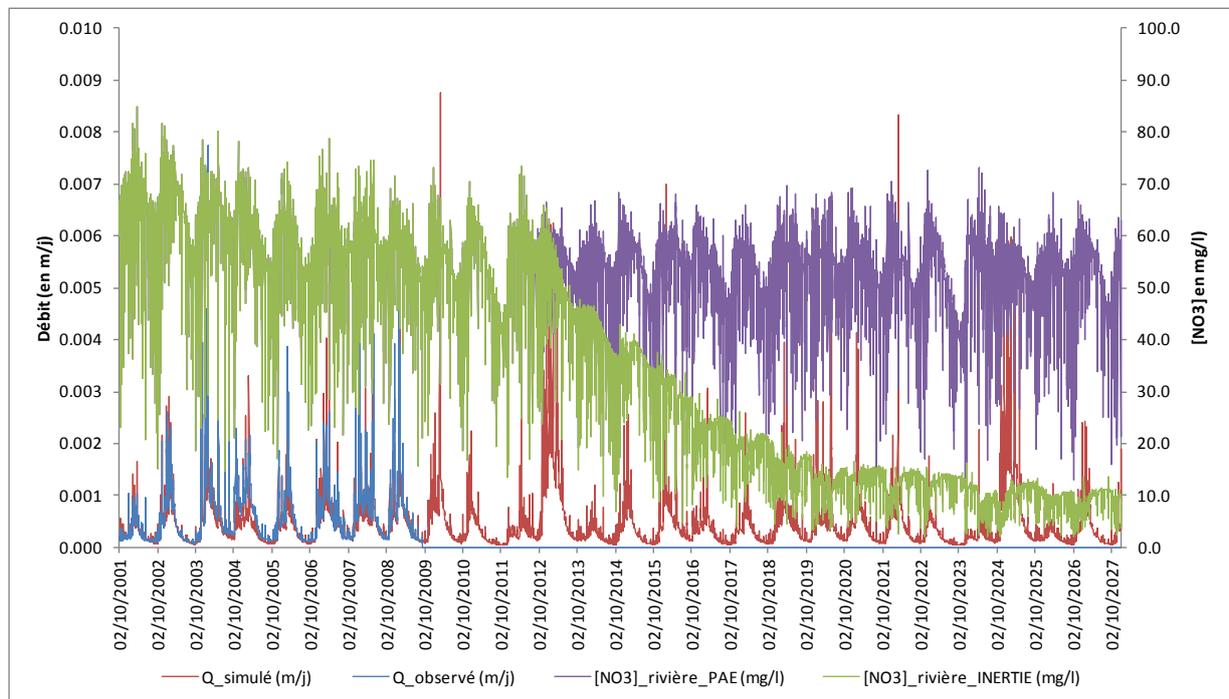


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027	2024_2027
		PAE	PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	1.2	0.8
	N_res_hydro	28.8	19.4
	N_denit	4.9	3.3
	N_volat	8.1	6.5
	N_exp_cult	101.7	85.2
	sorties_tot	144.8	115.2
var_stock_tot		17.5	8.6
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	3.2	3.6
	N_ferti_min	41.8	28.3
	N_ferti_org	89.7	64.7
	N_resti_pât	17.3	17.0
	entrees_tot	162.2	123.9

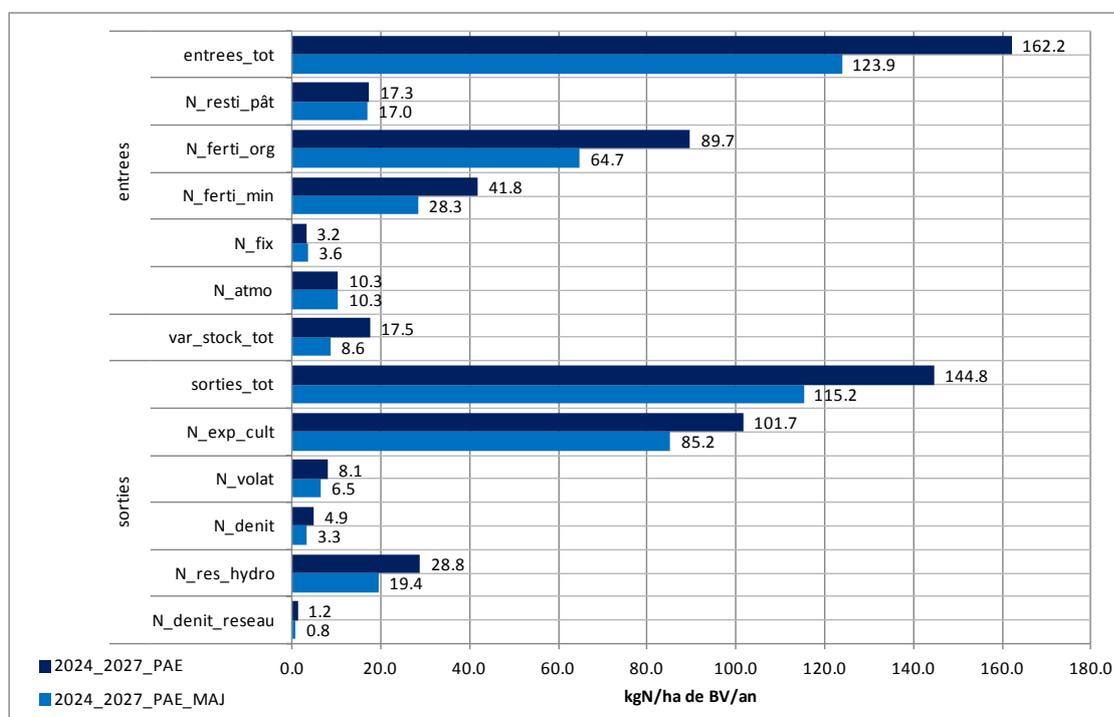


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2001_2002	0.49	30
2002_2003	0.82	31
2003_2004	1.16	29
2004_2005	0.72	28
2005_2006	0.68	27
2006_2007	1.06	27
2007_2008	1.08	27
2008_2009	0.97	26
2009_2010	1.07	26
2010_2011	0.59	25
2011_2012	0.52	23
2012_2013	2.23	22
2013_2014	0.48	20
2014_2015	0.81	20
2015_2016	1.15	20
2016_2017	0.71	19
2017_2018	0.68	18
2018_2019	1.06	18
2019_2020	1.09	18
2020_2021	0.97	18
2021_2022	1.07	18
2022_2023	0.59	18
2023_2024	0.52	17
2024_2025	2.23	17
2025_2026	0.48	16
2026_2027	0.81	17

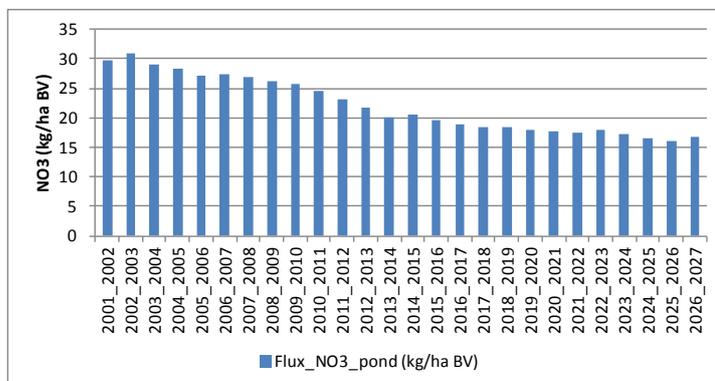


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	30.3	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	24.9	-17.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.3	-36.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	16.5	-45.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	27.2	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	18.4	-32.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	16.5	-39.4
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	27.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.3	-28.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	16.5	-38.9

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2001_2002	0.44	0.48	0.49	0.65	6.6	14.2	6.9	2.1
2002_2003	1.08	0.90	0.48	0.52	7.1	14.4	7.0	2.1
2003_2004	0.79	1.21	1.30	1.49	6.6	13.5	6.9	2.1
2004_2005	0.99	0.69	0.54	0.56	6.7	13.4	6.3	1.9
2005_2006	0.52	0.75	0.71	0.68	5.9	13.1	6.2	1.9
2006_2007	0.58	1.00	1.46	1.64	5.9	12.7	6.5	2.1
2007_2008	0.62	0.93	1.71	1.49	6.1	12.4	6.3	2.1
2008_2009	1.00	1.07	0.78	0.81	6.2	12.1	5.8	1.8
2009_2010	0.99	1.31	0.79	0.74	6.1	11.9	5.8	1.8
2010_2011	1.07	0.51	0.32	0.42	5.7	11.9	5.4	1.6
2011_2012	0.24	0.26	1.01	1.43	4.5	11.1	5.6	1.7
2012_2013	2.41	2.44	1.98	1.30	5.2	9.8	5.0	1.6
2013_2014	0.44	0.47	0.49	0.64	4.6	9.5	4.6	1.5
2014_2015	1.05	0.89	0.48	0.52	4.7	9.5	4.7	1.4
2015_2016	0.80	1.19	1.30	1.49	4.5	9.1	4.6	1.4
2016_2017	0.98	0.69	0.54	0.57	4.4	8.8	4.2	1.3
2017_2018	0.53	0.74	0.71	0.68	4.0	8.7	4.3	1.3
2018_2019	0.57	1.00	1.46	1.65	4.0	8.5	4.4	1.4
2019_2020	0.63	0.93	1.72	1.51	4.2	8.2	4.1	1.4
2020_2021	0.98	1.07	0.79	0.81	4.2	8.2	4.0	1.3
2021_2022	0.98	1.31	0.79	0.74	4.2	8.0	4.0	1.3
2022_2023	1.08	0.51	0.32	0.42	4.2	8.6	3.9	1.1
2023_2024	0.24	0.26	1.01	1.42	3.4	8.2	4.2	1.3
2024_2025	2.42	2.42	1.98	1.30	4.0	7.4	3.9	1.3
2025_2026	0.43	0.47	0.49	0.64	3.6	7.6	3.7	1.2
2026_2027	1.08	0.90	0.48	0.52	3.9	7.8	3.9	1.2

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	6.9	14.3	6.9	2.1	9.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.6	11.7	5.7	1.7	7.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.4	9.0	4.4	1.4	5.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.8	7.6	3.8	1.2	5.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	6.1	12.8	6.2	1.9	8.2	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.2	8.5	4.2	1.3	5.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.8	7.6	3.8	1.2	5.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	6.1	12.4	6.3	2.1	8.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.4	9.0	4.4	1.4	5.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.7	7.7	3.9	1.2	5.2	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-18.1	-17.8	-18.0	-18.1	-18.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-35.8	-36.7	-35.6	-35.1	-35.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-44.5	-46.9	-44.6	-42.2	-44.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-31.5	-33.2	-32.1	-30.7	-31.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-37.7	-40.6	-38.7	-36.7	-38.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-27.9	-27.1	-29.2	-34.6	-30.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-39.6	-37.6	-37.5	-40.8	-38.3	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
2001_2002	72.5
2002_2003	73.3
2003_2004	70.0
2004_2005	68.0
2005_2006	64.7
2006_2007	66.1
2007_2008	65.7
2008_2009	62.5
2009_2010	62.6
2010_2011	59.5
2011_2012	57.5
2012_2013	52.5
2013_2014	48.5
2014_2015	48.3
2015_2016	47.0
2016_2017	45.8
2017_2018	43.5
2018_2019	44.3
2019_2020	43.2
2020_2021	42.5
2021_2022	42.8
2022_2023	42.9
2023_2024	42.8
2024_2025	39.5
2025_2026	38.5
2026_2027	39.5

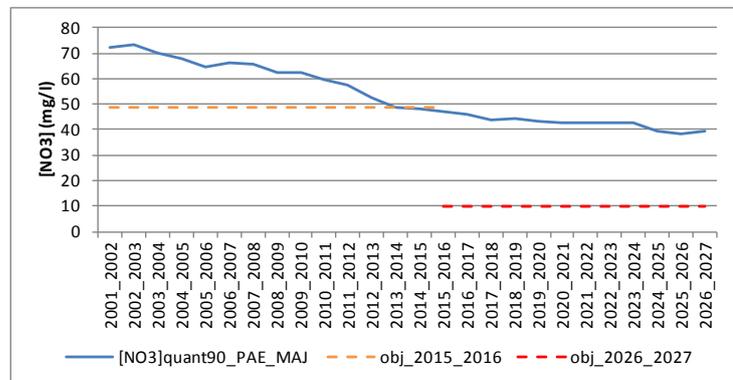
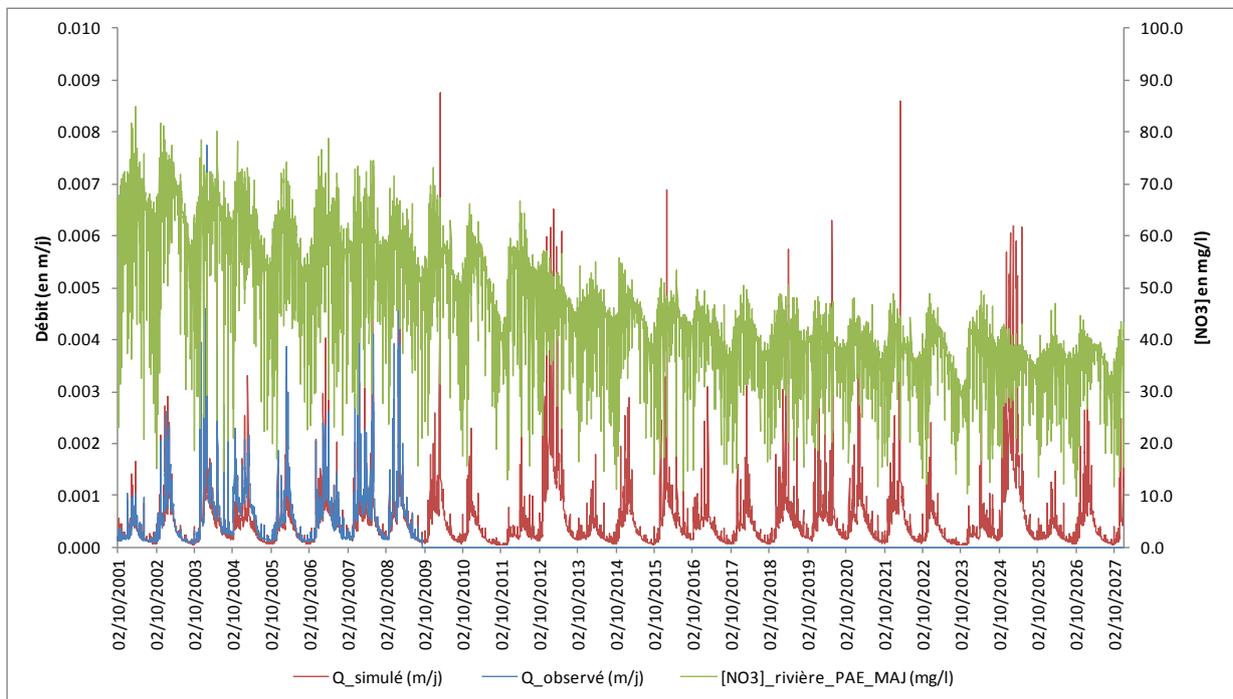


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	0.8	0.7
	N_res_hydro	19.4	16.0
	N_denit	3.3	3.0
	N_volat	6.5	6.4
	N_exp_cult	85.2	90.9
	sorties_tot	115.2	117.0
var_stock_tot		8.6	5.2
entrées	N_atmo	10.3	10.3
	N_fix	3.6	13.2
	N_ferti_min	28.3	23.2
	N_ferti_org	64.7	54.8
	N_resti_pât	17.0	20.6
	entrees_tot	123.9	122.2

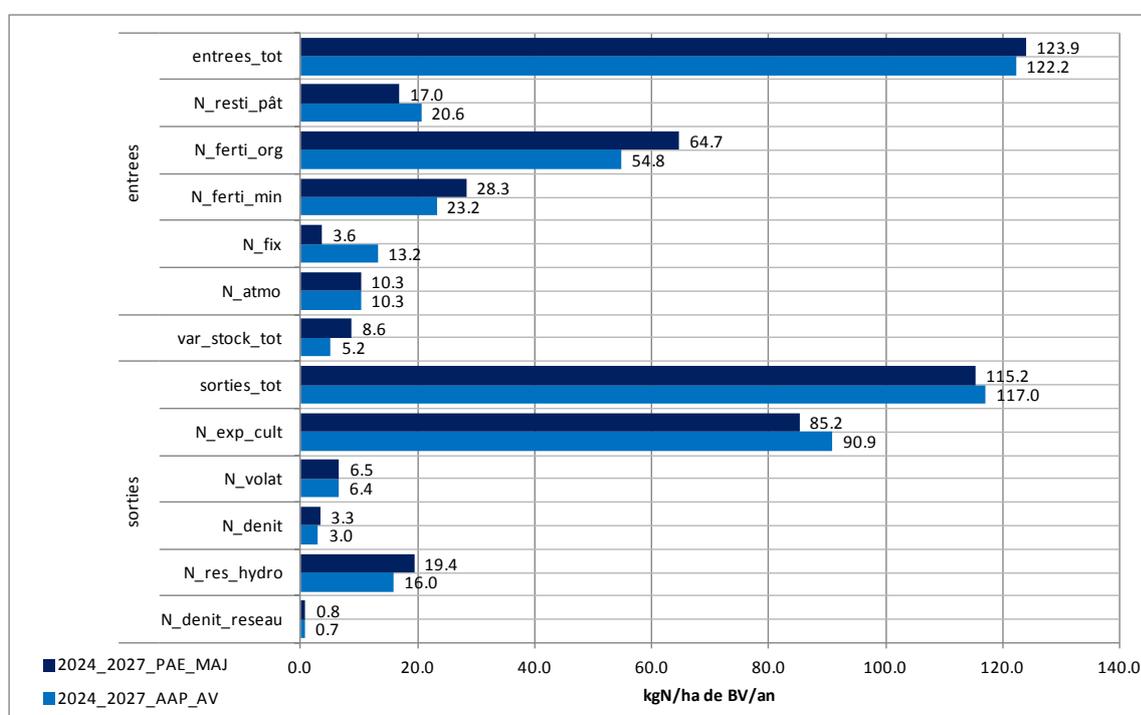


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2001_2002	0.49	30
2002_2003	0.82	31
2003_2004	1.16	29
2004_2005	0.72	28
2005_2006	0.68	27
2006_2007	1.06	27
2007_2008	1.09	27
2008_2009	0.97	26
2009_2010	1.08	26
2010_2011	0.59	25
2011_2012	0.53	23
2012_2013	2.24	22
2013_2014	0.47	19
2014_2015	0.81	19
2015_2016	1.14	18
2016_2017	0.71	17
2017_2018	0.67	16
2018_2019	1.05	16
2019_2020	1.08	15
2020_2021	0.96	15
2021_2022	1.06	15
2022_2023	0.59	15
2023_2024	0.51	14
2024_2025	2.22	14
2025_2026	0.47	13
2026_2027	0.81	14

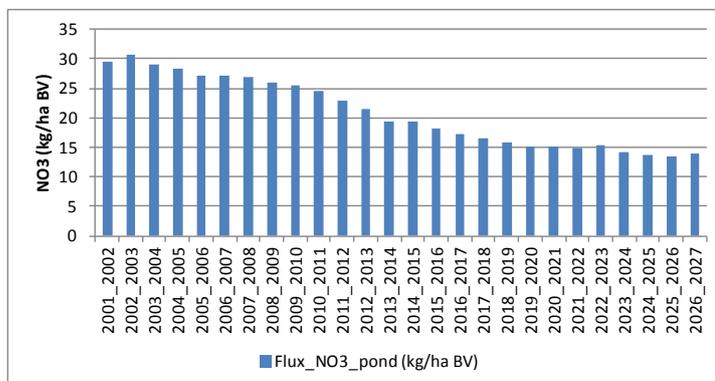


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	30.1	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	24.8	-17.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	17.8	-40.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	13.7	-54.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	27.1	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	16.2	-40.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	13.7	-49.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	26.8	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	17.8	-33.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	13.7	-49.1

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2001_2002	0.45	0.48	0.49	0.65	6.6	14.1	6.8	2.1
2002_2003	1.09	0.90	0.49	0.52	7.1	14.4	6.9	2.1
2003_2004	0.80	1.21	1.31	1.50	6.5	13.5	6.9	2.1
2004_2005	1.00	0.69	0.54	0.57	6.6	13.3	6.2	1.9
2005_2006	0.53	0.75	0.71	0.68	5.8	13.0	6.2	1.9
2006_2007	0.59	1.00	1.47	1.65	5.9	12.7	6.5	2.0
2007_2008	0.63	0.93	1.72	1.50	6.1	12.4	6.3	2.1
2008_2009	1.01	1.07	0.79	0.82	6.2	12.1	5.8	1.8
2009_2010	0.99	1.32	0.80	0.75	6.0	11.8	5.8	1.8
2010_2011	1.08	0.51	0.32	0.43	5.7	11.8	5.4	1.6
2011_2012	0.25	0.26	1.01	1.44	4.5	11.1	5.6	1.7
2012_2013	2.42	2.45	1.99	1.31	5.2	9.7	4.9	1.6
2013_2014	0.43	0.46	0.48	0.63	4.5	9.2	4.5	1.4
2014_2015	1.05	0.90	0.49	0.52	4.4	9.1	4.4	1.4
2015_2016	0.80	1.18	1.30	1.49	4.1	8.5	4.2	1.3
2016_2017	0.96	0.69	0.54	0.57	4.0	8.0	3.9	1.2
2017_2018	0.52	0.74	0.70	0.68	3.7	7.7	3.8	1.2
2018_2019	0.57	0.99	1.46	1.61	3.5	7.3	3.7	1.2
2019_2020	0.61	0.93	1.71	1.49	3.6	6.9	3.5	1.2
2020_2021	0.98	1.07	0.78	0.80	3.6	6.9	3.5	1.2
2021_2022	0.97	1.31	0.79	0.74	3.4	6.7	3.5	1.1
2022_2023	1.06	0.51	0.32	0.42	3.5	7.4	3.5	1.1
2023_2024	0.24	0.25	0.98	1.40	2.9	6.8	3.4	1.1
2024_2025	2.41	2.42	1.98	1.31	3.1	6.1	3.3	1.1
2025_2026	0.43	0.46	0.48	0.63	3.1	6.2	3.1	1.0
2026_2027	1.06	0.90	0.48	0.52	3.1	6.4	3.4	1.1

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	6.8	14.2	6.9	2.1	9.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	5.6	11.7	5.6	1.7	7.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.1	8.3	4.1	1.3	5.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.1	6.2	3.3	1.1	4.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	6.1	12.7	6.2	1.9	8.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	3.7	7.5	3.8	1.2	5.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.1	6.2	3.3	1.1	4.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	6.1	12.4	6.3	2.1	8.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.1	8.3	4.1	1.3	5.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.1	6.4	3.3	1.1	4.4	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-18.1	-17.8	-18.0	-18.1	-18.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-40.7	-41.4	-40.4	-39.0	-40.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-54.5	-56.2	-52.6	-48.5	-51.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [2001_2002]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-39.1	-40.9	-39.2	-36.3	-38.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-48.9	-51.0	-47.5	-43.6	-46.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-33.4	-32.5	-34.4	-38.6	-35.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-49.8	-48.4	-47.3	-48.0	-47.5	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
2001_2002	72.5
2002_2003	73.3
2003_2004	70.0
2004_2005	68.0
2005_2006	64.7
2006_2007	66.1
2007_2008	65.7
2008_2009	62.5
2009_2010	62.6
2010_2011	59.5
2011_2012	57.5
2012_2013	52.2
2013_2014	47.4
2014_2015	46.3
2015_2016	43.7
2016_2017	41.9
2017_2018	40.0
2018_2019	38.0
2019_2020	36.6
2020_2021	36.4
2021_2022	35.7
2022_2023	36.7
2023_2024	35.1
2024_2025	32.7
2025_2026	32.5
2026_2027	33.3

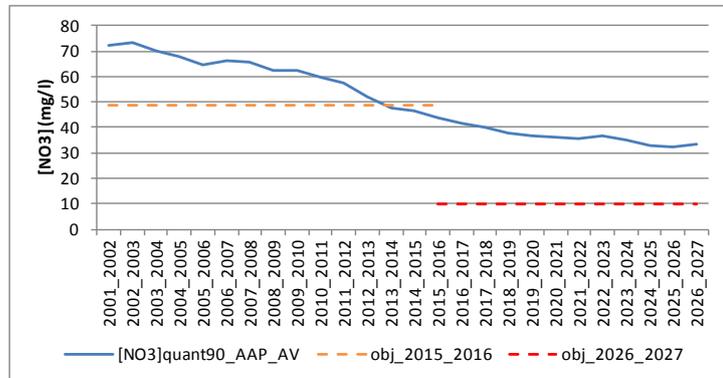
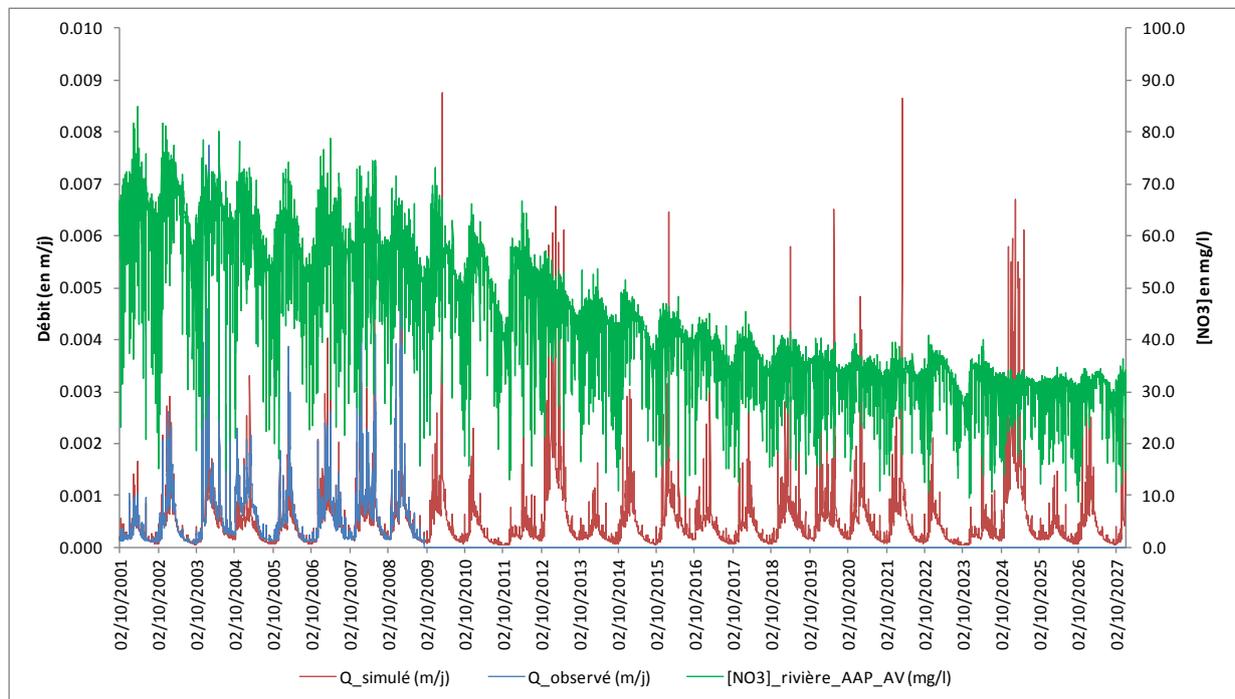


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-6 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Douron

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	0.9	0.8
	N_res_hydro	43.9	41.6
	N_denit	3.6	3.9
	N_volat	10.5	10.3
	N_exp_cult	120.5	120.0
	sorties_tot	179.4	176.5
var_stock_tot	26.1	24.2	
entrees_tot	N_atmo	9.7	9.6
	N_fix	18.9	18.2
	N_ferti_min	56.7	56.9
	N_ferti_org	65.5	61.8
	N_resti_pât	54.7	54.2
	entrees_tot	205.4	200.7

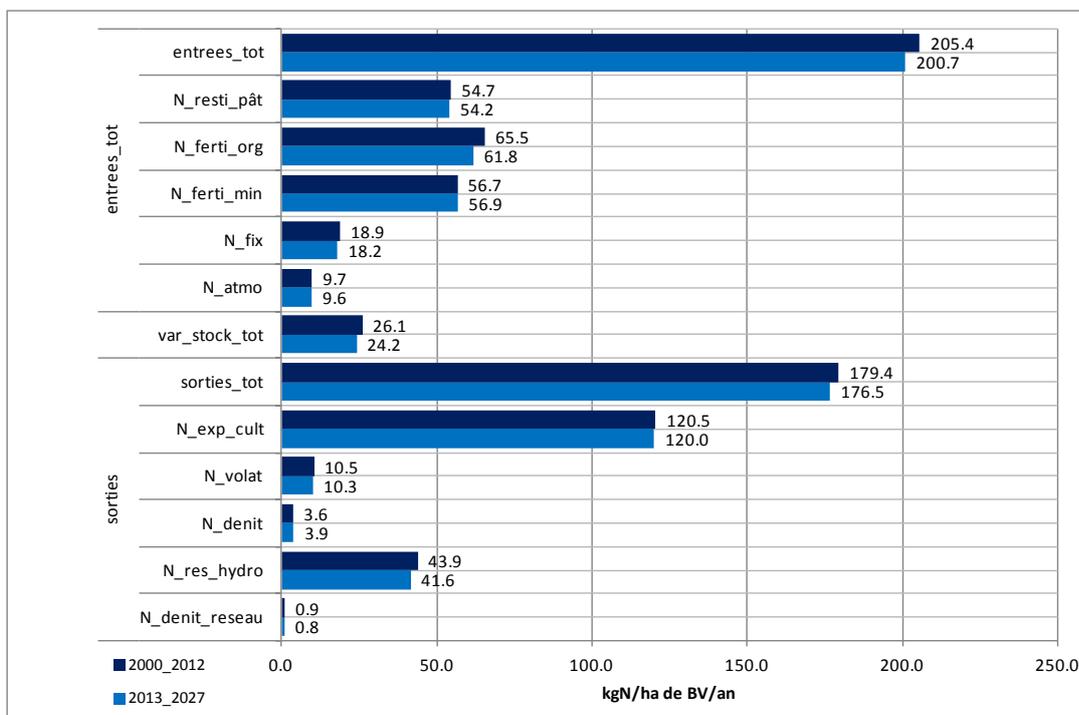


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.22	48
2000_2001	1.67	45
2001_2002	0.72	43
2002_2003	0.88	46
2003_2004	0.88	50
2004_2005	0.71	48
2005_2006	0.94	45
2006_2007	1.31	44
2007_2008	0.86	45
2008_2009	0.99	43
2009_2010	1.16	38
2010_2011	0.82	37
2011_2012	0.84	38
2012_2013	1.66	39
2013_2014	0.71	37
2014_2015	0.88	41
2015_2016	0.88	45
2016_2017	0.71	45
2017_2018	0.94	44
2018_2019	1.30	44
2019_2020	0.86	45
2020_2021	0.99	44
2021_2022	1.16	39
2022_2023	0.82	38
2023_2024	0.84	40
2024_2025	1.66	41
2025_2026	0.71	39
2026_2027	0.87	42

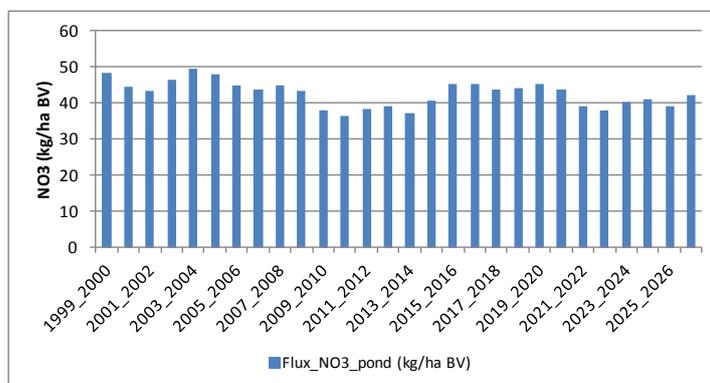


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	45.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	39.1	-14.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	43.8	-4.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	40.8	-10.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	43.9	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	41.7	-5.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	40.8	-7.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	45.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	43.8	-2.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	40.8	-9.3

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.27	0.97	1.50	1.85	13.7	20.9	9.5	3.8
2000_2001	1.88	1.68	1.63	0.88	13.0	19.6	8.7	3.4
2001_2002	0.47	0.84	0.81	0.75	12.6	18.2	9.1	3.6
2002_2003	1.10	0.97	0.51	0.39	12.5	20.8	10.4	3.8
2003_2004	0.63	0.95	0.97	1.20	14.1	21.8	9.9	3.8
2004_2005	0.82	0.67	0.66	0.64	13.8	21.1	9.5	3.5
2005_2006	0.88	0.96	1.11	0.61	12.9	19.7	8.8	3.4
2006_2007	1.11	1.22	1.32	2.54	12.0	19.2	8.9	3.5
2007_2008	0.49	0.87	1.22	1.41	12.8	18.7	9.2	3.7
2008_2009	1.15	1.00	0.83	0.69	12.4	18.5	9.2	3.5
2009_2010	1.30	1.19	1.02	0.80	10.9	16.5	7.8	3.0
2010_2011	1.26	0.78	0.41	0.42	10.2	16.2	8.0	3.0
2011_2012	0.58	0.66	1.30	1.76	10.2	17.2	7.5	3.0
2012_2013	1.88	1.67	1.62	0.88	10.6	17.7	8.0	3.0
2013_2014	0.46	0.84	0.81	0.75	10.9	15.5	7.9	3.1
2014_2015	1.10	0.97	0.51	0.39	11.0	18.2	9.4	3.4
2015_2016	0.63	0.95	0.97	1.20	12.7	19.7	9.2	3.5
2016_2017	0.82	0.67	0.66	0.64	13.0	19.8	9.3	3.4
2017_2018	0.89	0.96	1.11	0.61	12.5	19.1	8.7	3.4
2018_2019	1.11	1.22	1.31	2.52	11.8	19.2	9.2	3.5
2019_2020	0.49	0.87	1.22	1.41	13.0	19.0	9.2	3.7
2020_2021	1.14	1.00	0.83	0.68	12.8	18.6	9.1	3.5
2021_2022	1.30	1.19	1.02	0.80	11.4	17.0	7.9	3.0
2022_2023	1.25	0.78	0.41	0.42	10.8	16.7	7.8	2.9
2023_2024	0.58	0.66	1.30	1.76	10.6	17.9	7.9	3.2
2024_2025	1.88	1.67	1.63	0.88	11.4	18.4	8.2	3.1
2025_2026	0.46	0.84	0.81	0.74	11.6	16.4	8.1	3.1
2026_2027	1.10	0.97	0.51	0.39	11.5	18.9	9.5	3.4

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_NO3_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	13.0	19.9	9.4	3.6	13.1	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.9	17.1	8.1	3.1	11.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	12.3	19.2	9.1	3.4	12.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	11.5	17.9	8.6	3.2	11.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.4	19.1	9.0	3.5	12.4	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	11.7	18.1	8.6	3.3	11.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	11.5	17.9	8.6	3.2	11.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	12.8	18.7	9.2	3.7	12.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	12.3	19.2	9.1	3.4	12.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	11.3	17.9	8.4	3.2	11.6	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-15.7	-14.0	-14.2	-13.6	-14.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-5.2	-3.3	-3.3	-5.7	-4.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-11.2	-9.8	-9.1	-11.9	-9.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-5.6	-5.0	-3.9	-5.0	-4.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-7.2	-6.2	-4.3	-7.3	-5.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-3.9	2.6	-0.7	-7.0	-2.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-11.8	-4.3	-8.5	-13.3	-9.9	

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	40.7
2000_2001	36.9
2001_2002	38.0
2002_2003	43.2
2003_2004	41.8
2004_2005	39.7
2005_2006	37.0
2006_2007	38.1
2007_2008	39.6
2008_2009	38.3
2009_2010	33.9
2010_2011	32.9
2011_2012	33.2
2012_2013	33.6
2013_2014	33.2
2014_2015	38.6
2015_2016	39.0
2016_2017	38.4
2017_2018	36.6
2018_2019	38.8
2019_2020	39.3
2020_2021	38.2
2021_2022	33.8
2022_2023	32.9
2023_2024	34.0
2024_2025	34.3
2025_2026	33.4
2026_2027	39.3

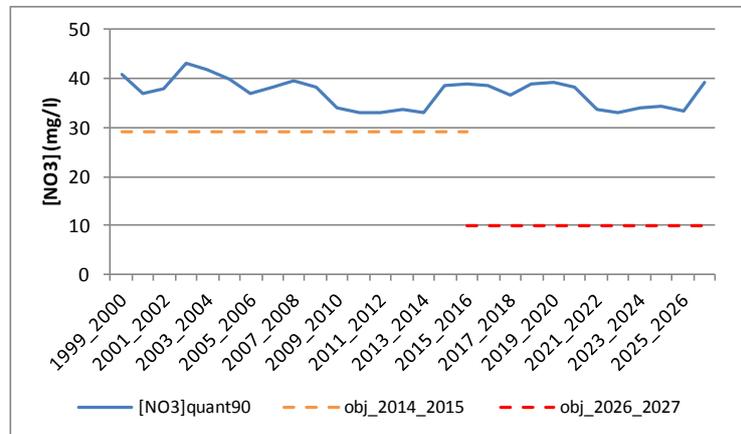
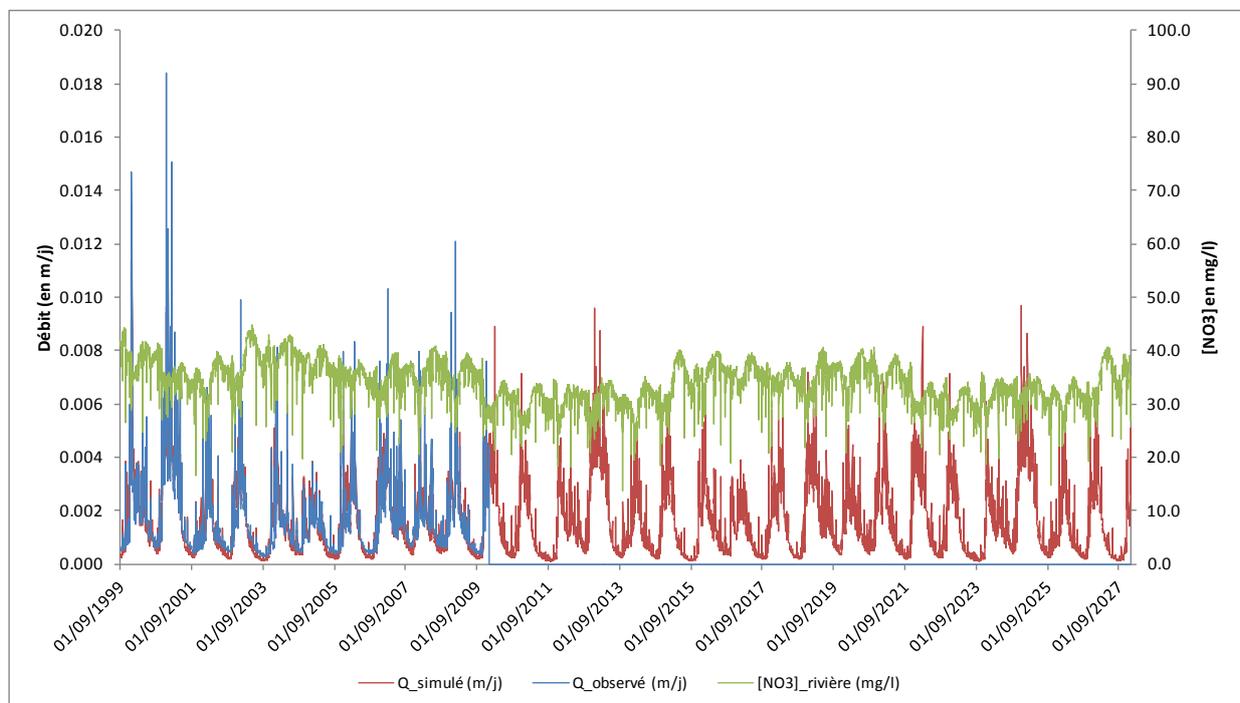


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027	2024_2027
		PAE	INERTIE
sorties	N_denit_reseau	0.8	0.1
	N_res_hydro	44.4	4.5
	N_denit	4.2	0.5
	N_volat	10.1	0.0
	N_exp_cult	116.6	104.1
	sorties_tot	176.1	109.1
var_stock_tot		20.7	-52.0
entrées	N_atmo	9.7	9.6
	N_fix	17.1	47.6
	N_ferti_min	56.9	0.0
	N_ferti_org	60.3	0.0
	N_resti_pât	52.8	0.0
	entrees_tot	196.7	57.1

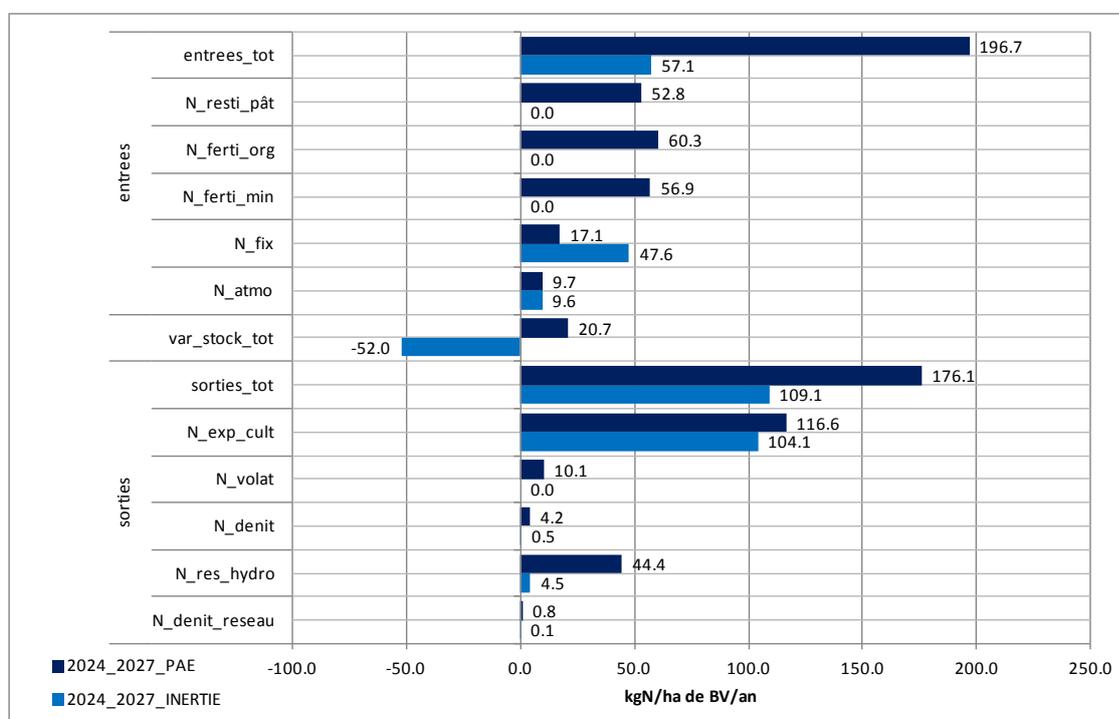


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.25	47
2000_2001	1.70	44
2001_2002	0.73	43
2002_2003	0.89	46
2003_2004	0.90	49
2004_2005	0.73	47
2005_2006	0.95	44
2006_2007	1.33	43
2007_2008	0.88	44
2008_2009	1.01	42
2009_2010	1.18	37
2010_2011	0.84	36
2011_2012	0.86	38
2012_2013	1.69	36
2013_2014	0.71	19
2014_2015	0.86	11
2015_2016	0.86	11
2016_2017	0.68	10
2017_2018	0.92	9
2018_2019	1.27	7
2019_2020	0.82	6
2020_2021	0.97	4
2021_2022	1.13	4
2022_2023	0.81	4
2023_2024	0.80	3
2024_2025	1.67	5
2025_2026	0.69	3
2026_2027	0.86	4

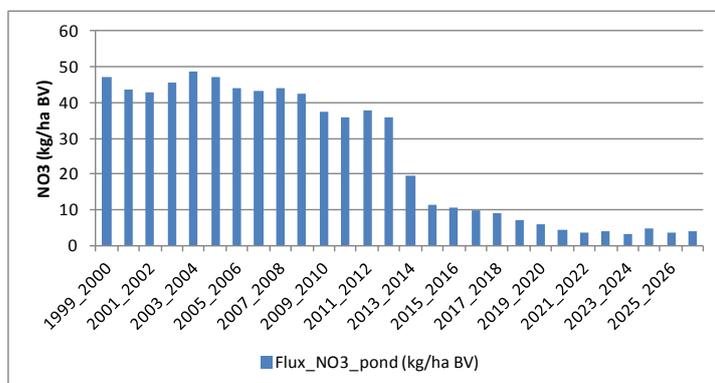


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	44.8	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	38.3	-14.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.2	-77.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.0	-91.1
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	43.1	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	9.1	-78.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.0	-90.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	44.2	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.2	-76.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	4.0	-91.0

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.30	0.98	1.52	1.94	13.3	20.8	9.3	3.6
2000_2001	1.94	1.69	1.66	0.93	12.6	19.4	8.5	3.2
2001_2002	0.48	0.84	0.83	0.79	12.3	18.0	9.0	3.4
2002_2003	1.13	0.97	0.52	0.41	12.1	20.7	10.2	3.6
2003_2004	0.65	0.96	0.99	1.26	13.7	21.6	9.7	3.6
2004_2005	0.85	0.67	0.68	0.67	13.4	20.9	9.4	3.3
2005_2006	0.91	0.96	1.13	0.63	12.5	19.6	8.7	3.2
2006_2007	1.14	1.23	1.34	2.66	11.7	19.1	8.8	3.3
2007_2008	0.50	0.87	1.25	1.48	12.4	18.6	9.0	3.5
2008_2009	1.18	1.01	0.85	0.72	12.0	18.3	9.0	3.4
2009_2010	1.34	1.20	1.04	0.84	10.5	16.4	7.6	2.9
2010_2011	1.29	0.79	0.42	0.44	9.9	16.1	7.8	2.8
2011_2012	0.60	0.66	1.33	1.86	9.9	17.1	7.3	2.9
2012_2013	1.95	1.68	1.66	0.90	10.4	16.9	6.1	2.0
2013_2014	0.49	0.83	0.78	0.66	6.9	8.8	3.1	1.0
2014_2015	1.05	0.97	0.50	0.37	3.3	5.3	2.0	0.7
2015_2016	0.59	0.94	0.95	1.12	3.2	5.4	1.7	0.6
2016_2017	0.78	0.66	0.61	0.60	2.8	4.9	1.4	0.5
2017_2018	0.84	0.94	1.11	0.59	2.9	4.3	1.3	0.4
2018_2019	1.07	1.22	1.26	2.47	2.4	3.6	1.0	0.4
2019_2020	0.45	0.83	1.18	1.35	1.9	3.1	0.8	0.3
2020_2021	1.13	1.00	0.78	0.60	1.5	1.9	0.5	0.2
2021_2022	1.25	1.19	1.00	0.72	1.1	1.7	0.5	0.2
2022_2023	1.21	0.78	0.42	0.42	1.2	1.8	0.5	0.2
2023_2024	0.53	0.65	1.25	1.66	1.4	1.8	0.5	0.2
2024_2025	1.86	1.68	1.66	0.90	1.4	2.4	0.6	0.2
2025_2026	0.43	0.82	0.78	0.66	1.1	1.8	0.4	0.2
2026_2027	1.05	0.97	0.50	0.37	1.1	1.8	0.5	0.2

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_NO3_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	12.6	19.7	9.3	3.5	12.7	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.6	17.0	7.9	3.0	10.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	3.1	5.0	1.6	0.5	2.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.2	2.0	0.5	0.2	0.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.0	19.0	8.8	3.3	12.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	2.8	4.4	1.4	0.5	1.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.2	2.0	0.5	0.2	0.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	12.4	18.6	9.0	3.5	12.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	3.1	5.0	1.6	0.5	2.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.2	1.9	0.5	0.2	0.7	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-15.7	-14.0	-14.2	-13.5	-14.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-75.7	-74.6	-82.7	-84.2	-83.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-90.5	-89.8	-94.3	-94.5	-94.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-76.4	-77.0	-84.0	-85.4	-84.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-90.0	-89.4	-94.0	-94.2	-94.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-75.4	-73.1	-82.2	-84.4	-82.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-90.0	-89.5	-94.4	-94.8	-94.5	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	40.7
2000_2001	36.9
2001_2002	38.0
2002_2003	43.2
2003_2004	41.8
2004_2005	39.7
2005_2006	37.0
2006_2007	38.1
2007_2008	39.6
2008_2009	38.3
2009_2010	33.9
2010_2011	32.9
2011_2012	33.2
2012_2013	31.8
2013_2014	20.4
2014_2015	9.8
2015_2016	9.8
2016_2017	9.0
2017_2018	8.6
2018_2019	6.8
2019_2020	6.2
2020_2021	4.2
2021_2022	3.2
2022_2023	3.5
2023_2024	3.5
2024_2025	4.5
2025_2026	3.7
2026_2027	3.5

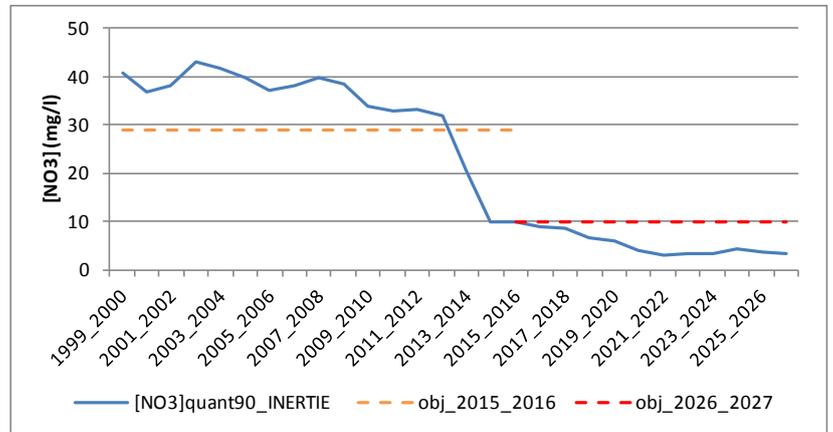
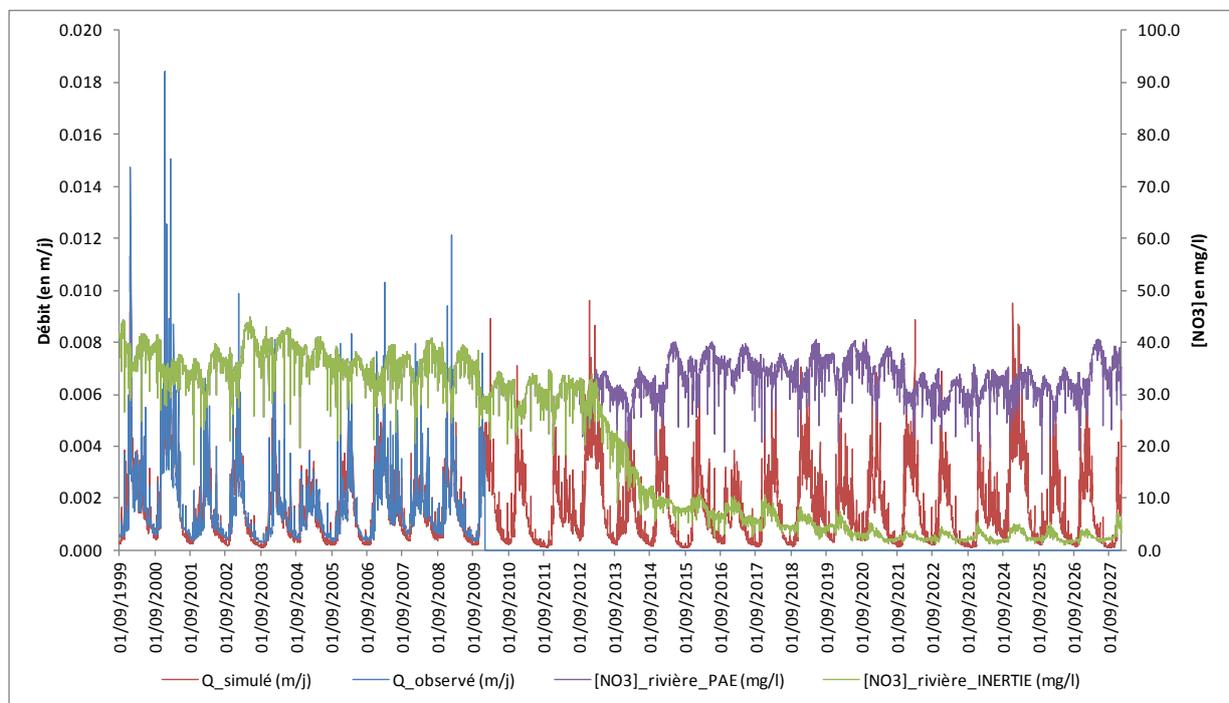


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

	2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ	
sorties	N_denit_reseau	0.8	0.7
	N_res_hydro	44.4	38.1
	N_denit	4.2	3.8
	N_volat	10.1	9.8
	N_exp_cult	116.6	109.0
	sorties_tot	176.1	161.3
var_stock_tot	20.7	17.6	
entrées	N_atmo	9.7	9.7
	N_fix	17.1	18.2
	N_ferti_min	56.9	39.0
	N_ferti_org	60.3	62.2
	N_resti_pât	52.8	49.8
	entrees_tot	196.7	178.9

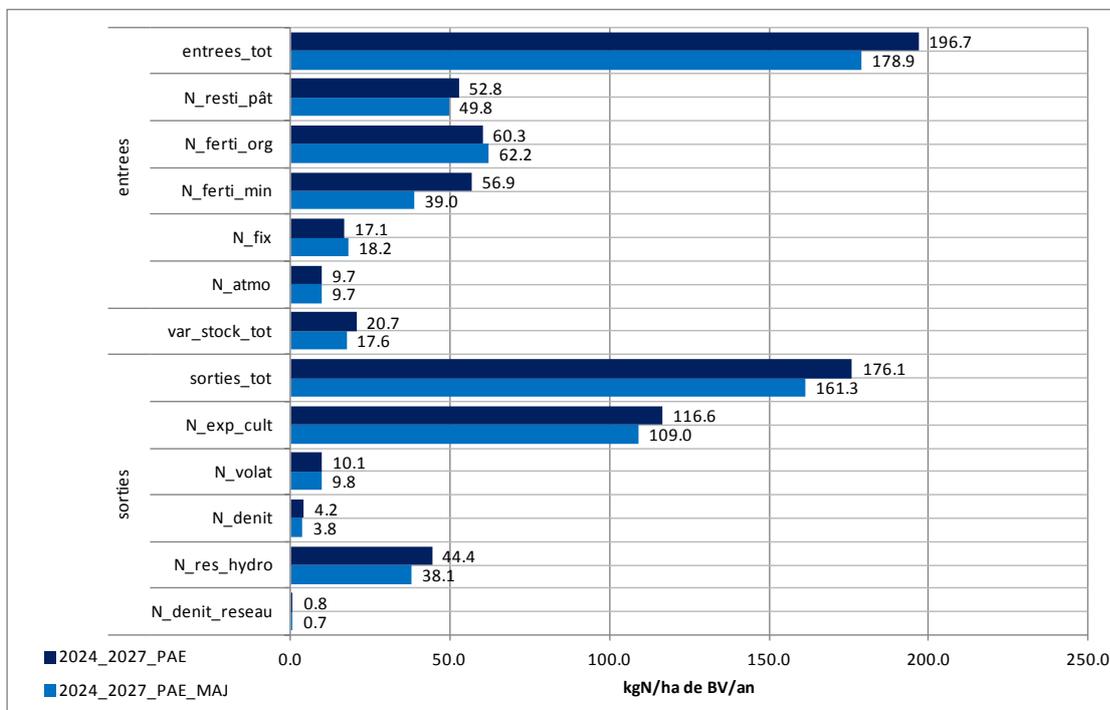


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.22	48
2000_2001	1.67	45
2001_2002	0.72	44
2002_2003	0.87	46
2003_2004	0.88	50
2004_2005	0.71	48
2005_2006	0.94	45
2006_2007	1.31	44
2007_2008	0.86	45
2008_2009	0.99	43
2009_2010	1.16	38
2010_2011	0.82	35
2011_2012	0.84	35
2012_2013	1.66	35
2013_2014	0.72	33
2014_2015	0.88	35
2015_2016	0.88	39
2016_2017	0.71	39
2017_2018	0.94	38
2018_2019	1.30	38
2019_2020	0.86	39
2020_2021	0.99	38
2021_2022	1.16	35
2022_2023	0.82	33
2023_2024	0.84	34
2024_2025	1.66	35
2025_2026	0.71	33
2026_2027	0.87	36

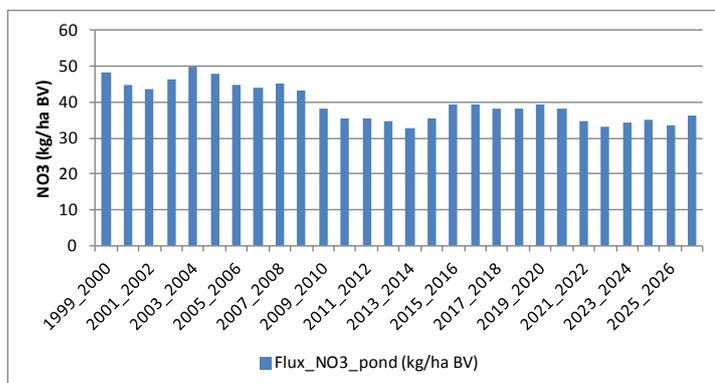


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	45.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	38.0	-16.8
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	38.1	-16.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	35.0	-23.4
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	43.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	36.2	-16.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	35.0	-19.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	45.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	38.1	-15.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	35.0	-22.3

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.27	0.97	1.49	1.85	13.7	20.9	9.5	3.8
2000_2001	1.88	1.68	1.63	0.88	13.0	19.6	8.7	3.4
2001_2002	0.47	0.84	0.81	0.75	12.7	18.2	9.1	3.6
2002_2003	1.10	0.97	0.51	0.39	12.5	20.8	10.4	3.8
2003_2004	0.63	0.95	0.97	1.20	14.1	21.8	9.9	3.8
2004_2005	0.82	0.67	0.66	0.64	13.8	21.1	9.5	3.5
2005_2006	0.88	0.96	1.11	0.60	12.9	19.7	8.8	3.4
2006_2007	1.11	1.22	1.32	2.53	12.0	19.2	8.9	3.5
2007_2008	0.49	0.87	1.22	1.41	12.8	18.7	9.2	3.7
2008_2009	1.15	1.00	0.83	0.69	12.4	18.5	9.2	3.5
2009_2010	1.30	1.19	1.02	0.80	10.9	16.5	7.8	3.0
2010_2011	1.26	0.78	0.41	0.42	10.0	15.7	7.6	2.8
2011_2012	0.58	0.66	1.30	1.76	9.6	16.0	6.8	2.7
2012_2013	1.88	1.67	1.63	0.88	9.5	15.7	7.1	2.7
2013_2014	0.46	0.84	0.81	0.75	9.7	13.7	6.8	2.7
2014_2015	1.10	0.97	0.51	0.39	9.6	15.8	8.0	2.9
2015_2016	0.63	0.95	0.97	1.20	11.2	17.2	7.9	3.0
2016_2017	0.82	0.67	0.66	0.64	11.3	17.2	7.9	2.9
2017_2018	0.89	0.96	1.11	0.61	11.0	16.7	7.5	2.9
2018_2019	1.11	1.22	1.31	2.53	10.4	16.6	7.9	3.0
2019_2020	0.49	0.87	1.22	1.41	11.3	16.5	7.9	3.2
2020_2021	1.14	1.00	0.83	0.68	11.2	16.3	7.9	3.0
2021_2022	1.30	1.19	1.02	0.80	10.1	15.2	7.0	2.7
2022_2023	1.25	0.78	0.41	0.42	9.6	14.5	6.7	2.5
2023_2024	0.58	0.66	1.30	1.76	9.2	15.3	6.7	2.6
2024_2025	1.87	1.67	1.63	0.88	9.7	15.9	7.0	2.6
2025_2026	0.46	0.84	0.81	0.74	10.0	14.1	6.8	2.7
2026_2027	1.10	0.97	0.51	0.39	9.9	16.2	8.1	2.9

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	13.0	19.9	9.4	3.6	13.1
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.7	16.6	7.8	3.0	10.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.8	16.8	7.8	2.9	10.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.9	15.4	7.3	2.7	10.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.3	19.0	8.9	3.4	12.3
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	10.2	15.8	7.4	2.8	10.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.9	15.4	7.3	2.7	10.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	12.8	18.7	9.2	3.7	12.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.8	16.8	7.8	2.9	10.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.7	15.4	7.2	2.7	9.9
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.3	-16.2	-17.1	-17.0	-17.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-17.1	-15.6	-17.1	-19.5	-17.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-23.8	-22.4	-22.6	-25.2	-23.3
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-17.0	-16.6	-16.6	-17.6	-16.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-19.9	-18.8	-17.7	-20.5	-18.5
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-15.9	-10.5	-14.8	-20.6	-16.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-24.2	-17.9	-22.3	-26.7	-23.6

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	40.7
2000_2001	36.9
2001_2002	38.0
2002_2003	43.2
2003_2004	41.8
2004_2005	39.7
2005_2006	37.0
2006_2007	38.1
2007_2008	39.6
2008_2009	38.3
2009_2010	33.9
2010_2011	31.4
2011_2012	30.6
2012_2013	29.7
2013_2014	28.6
2014_2015	33.2
2015_2016	33.4
2016_2017	32.7
2017_2018	31.4
2018_2019	33.5
2019_2020	34.1
2020_2021	33.2
2021_2022	30.0
2022_2023	28.3
2023_2024	28.7
2024_2025	29.3
2025_2026	28.5
2026_2027	33.5

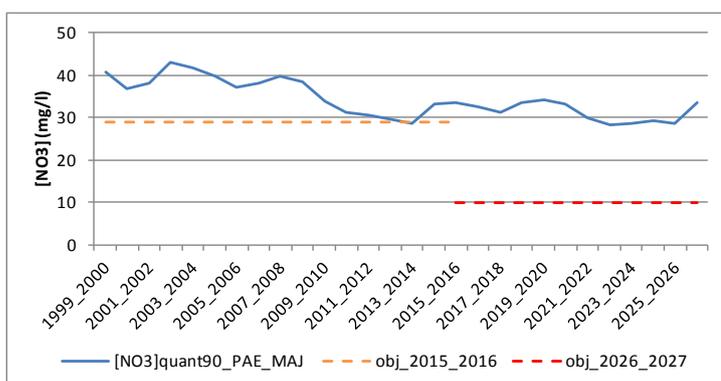
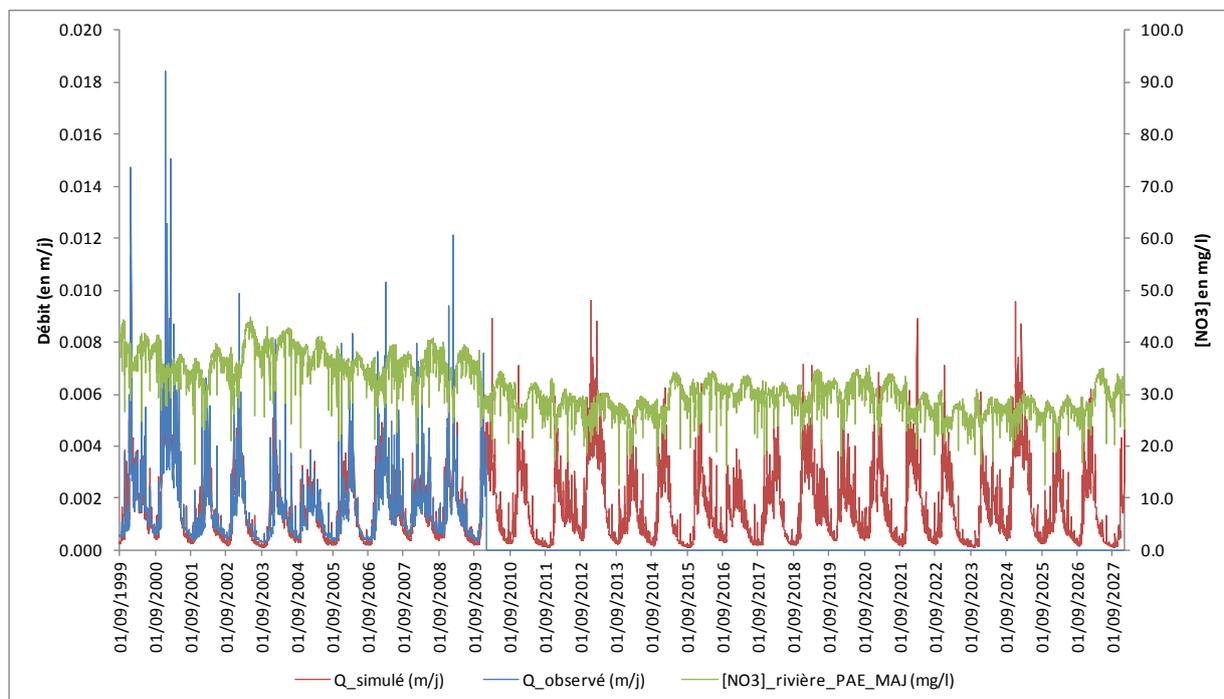


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

	2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	0.7
	N_res_hydro	38.1
	N_denit	3.8
	N_volat	9.8
	N_exp_cult	109.0
	sorties_tot	161.3
var_stock_tot	17.6	15.4
entrées	N_atmo	9.7
	N_fix	18.2
	N_ferti_min	39.0
	N_ferti_org	62.2
	N_resti_pât	49.8
	entrees_tot	178.9

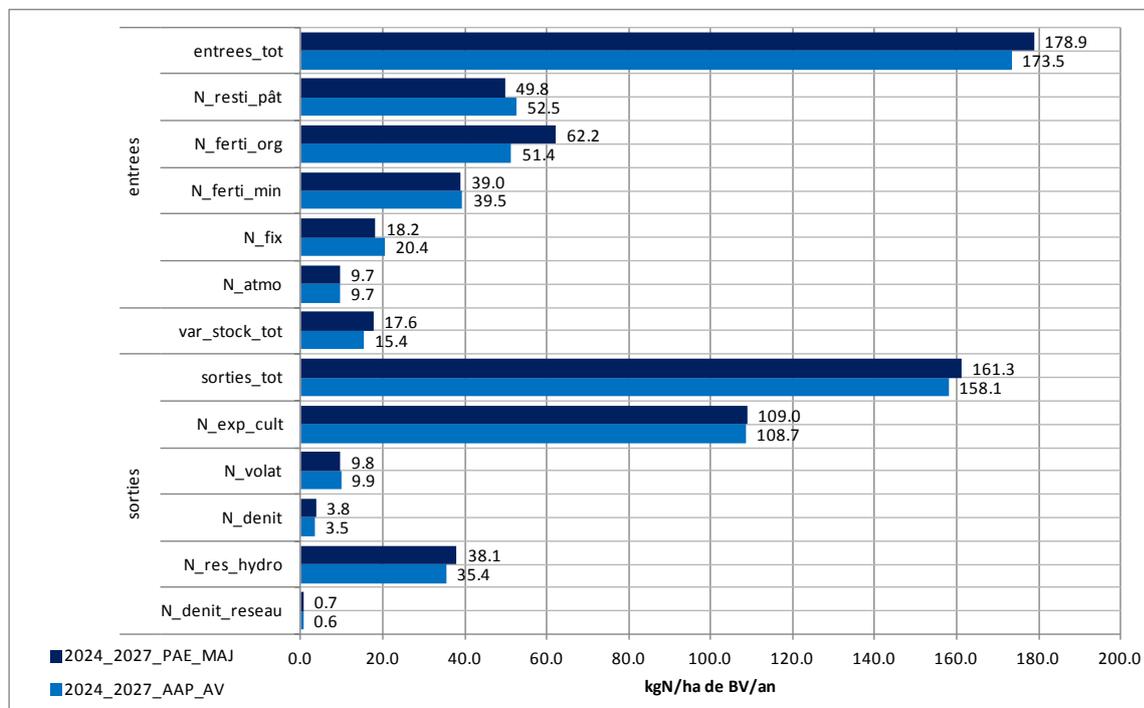


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.22	48
2000_2001	1.66	45
2001_2002	0.72	44
2002_2003	0.87	46
2003_2004	0.88	50
2004_2005	0.71	48
2005_2006	0.94	45
2006_2007	1.30	44
2007_2008	0.86	45
2008_2009	0.99	43
2009_2010	1.16	38
2010_2011	0.82	35
2011_2012	0.84	35
2012_2013	1.67	35
2013_2014	0.72	32
2014_2015	0.88	34
2015_2016	0.88	37
2016_2017	0.71	36
2017_2018	0.94	35
2018_2019	1.30	35
2019_2020	0.86	36
2020_2021	0.99	35
2021_2022	1.16	31
2022_2023	0.82	30
2023_2024	0.84	32
2024_2025	1.66	33
2025_2026	0.72	31
2026_2027	0.87	34

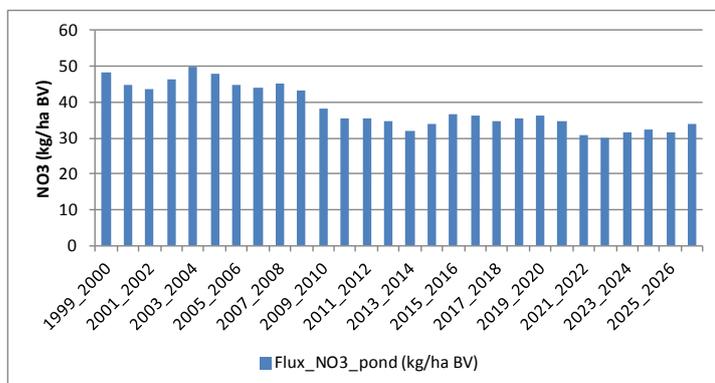


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	45.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	38.0	-16.8
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	35.4	-22.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	32.6	-28.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	43.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	33.7	-22.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	32.6	-25.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	45.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	35.4	-21.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	32.6	-27.6

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.26	0.97	1.50	1.85	13.8	20.9	9.5	3.8
2000_2001	1.87	1.68	1.63	0.89	13.0	19.6	8.7	3.4
2001_2002	0.46	0.84	0.81	0.75	12.7	18.2	9.1	3.6
2002_2003	1.09	0.97	0.51	0.39	12.5	20.8	10.4	3.8
2003_2004	0.63	0.95	0.97	1.20	14.1	21.8	9.9	3.8
2004_2005	0.82	0.67	0.66	0.64	13.8	21.1	9.5	3.5
2005_2006	0.88	0.96	1.11	0.61	13.0	19.7	8.8	3.4
2006_2007	1.10	1.22	1.32	2.54	12.1	19.3	8.9	3.5
2007_2008	0.49	0.87	1.22	1.42	12.8	18.7	9.2	3.7
2008_2009	1.14	1.00	0.83	0.69	12.4	18.5	9.1	3.5
2009_2010	1.30	1.19	1.02	0.80	10.9	16.5	7.8	3.0
2010_2011	1.25	0.78	0.41	0.42	10.1	15.7	7.6	2.8
2011_2012	0.58	0.66	1.30	1.77	9.6	16.0	6.8	2.7
2012_2013	1.88	1.67	1.63	0.88	9.5	15.7	6.8	2.6
2013_2014	0.47	0.84	0.81	0.74	9.5	13.3	6.6	2.6
2014_2015	1.10	0.97	0.51	0.39	9.2	15.3	7.5	2.7
2015_2016	0.64	0.95	0.97	1.20	10.4	16.2	7.2	2.7
2016_2017	0.83	0.67	0.66	0.64	10.5	16.0	7.1	2.6
2017_2018	0.89	0.96	1.10	0.60	10.0	15.3	6.8	2.6
2018_2019	1.11	1.22	1.31	2.52	9.6	15.7	7.2	2.8
2019_2020	0.49	0.87	1.22	1.40	10.6	15.4	7.2	2.8
2020_2021	1.15	1.00	0.83	0.68	10.1	14.9	7.0	2.6
2021_2022	1.30	1.19	1.02	0.79	8.8	13.4	6.2	2.4
2022_2023	1.25	0.78	0.41	0.42	8.6	13.4	6.4	2.3
2023_2024	0.58	0.66	1.30	1.75	8.5	14.4	6.1	2.4
2024_2025	1.88	1.67	1.63	0.88	8.9	14.7	6.5	2.5
2025_2026	0.47	0.84	0.81	0.74	9.4	13.2	6.5	2.5
2026_2027	1.10	0.97	0.50	0.39	9.3	15.1	7.4	2.7

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	13.0	19.9	9.4	3.6	13.1	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.8	16.7	7.8	3.0	10.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.0	15.7	7.2	2.6	9.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.2	14.4	6.8	2.6	9.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.4	19.0	8.9	3.4	12.3	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	9.5	14.8	6.8	2.6	9.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.2	14.4	6.8	2.6	9.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	12.8	18.7	9.2	3.7	12.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.0	15.7	7.2	2.6	9.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.0	14.4	6.6	2.5	9.1	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.3	-16.2	-17.1	-16.9	-17.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-22.9	-20.8	-24.1	-27.4	-25.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-29.3	-27.8	-27.9	-29.6	-28.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-23.0	-21.9	-22.9	-24.5	-23.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-25.7	-24.3	-23.4	-25.1	-23.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-21.8	-16.0	-22.1	-28.4	-23.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-29.6	-23.4	-27.8	-31.6	-28.9	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	40.7
2000_2001	36.9
2001_2002	38.0
2002_2003	43.2
2003_2004	41.8
2004_2005	39.7
2005_2006	37.0
2006_2007	38.1
2007_2008	39.6
2008_2009	38.3
2009_2010	33.9
2010_2011	31.4
2011_2012	30.6
2012_2013	29.0
2013_2014	27.7
2014_2015	31.5
2015_2016	30.8
2016_2017	29.8
2017_2018	28.3
2018_2019	31.1
2019_2020	30.6
2020_2021	29.5
2021_2022	26.5
2022_2023	26.4
2023_2024	27.0
2024_2025	27.3
2025_2026	27.1
2026_2027	30.9

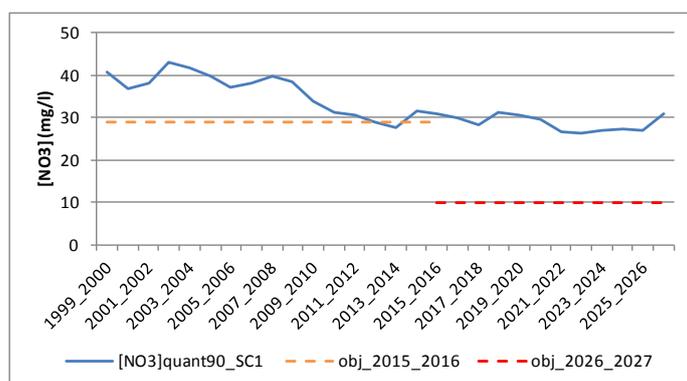
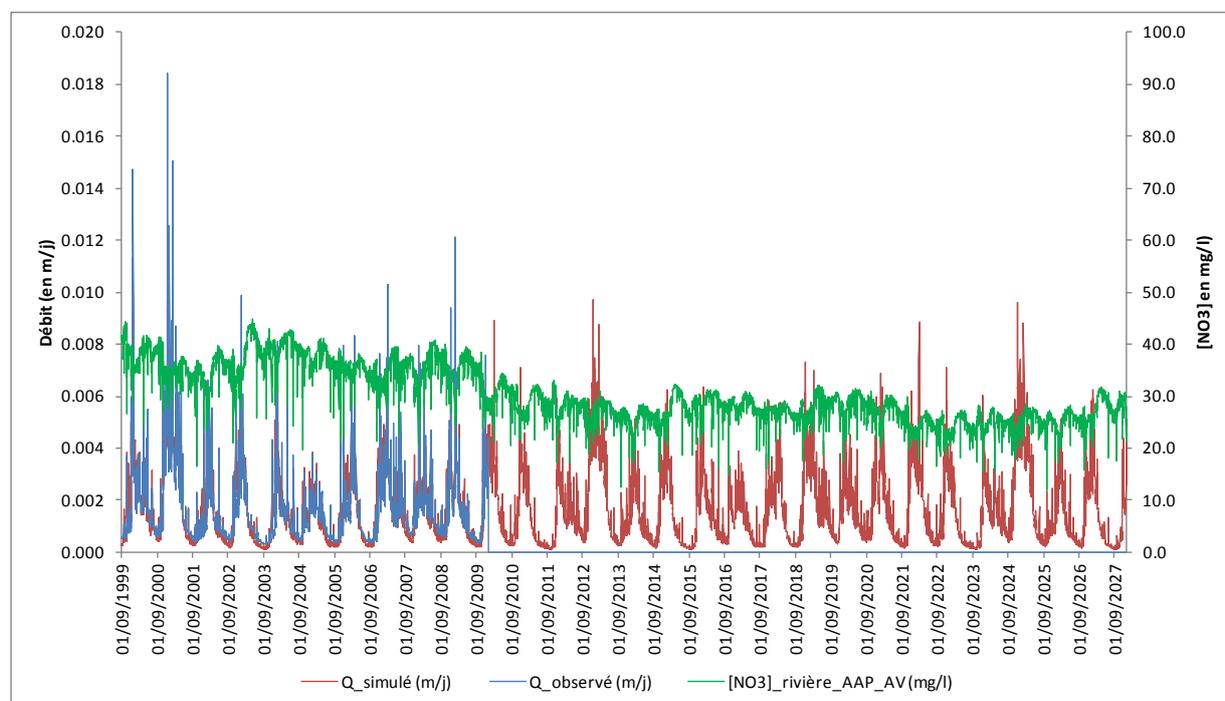


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-7 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant de l'Horn

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE
sorties	N_denit_reseau	0.0
	N_res_hydro	68.4
	N_denit	18.7
	N_volat	7.3
	N_exp_cult	155.4
	sorties_tot	249.9
var_stock_tot	-45.3	-33.2
entrees_tot	N_atmo	5.2
	N_fix	2.5
	N_ferti_min	50.9
	N_ferti_org	116.9
	N_resti_pât	29.2
	entrees_tot	204.6

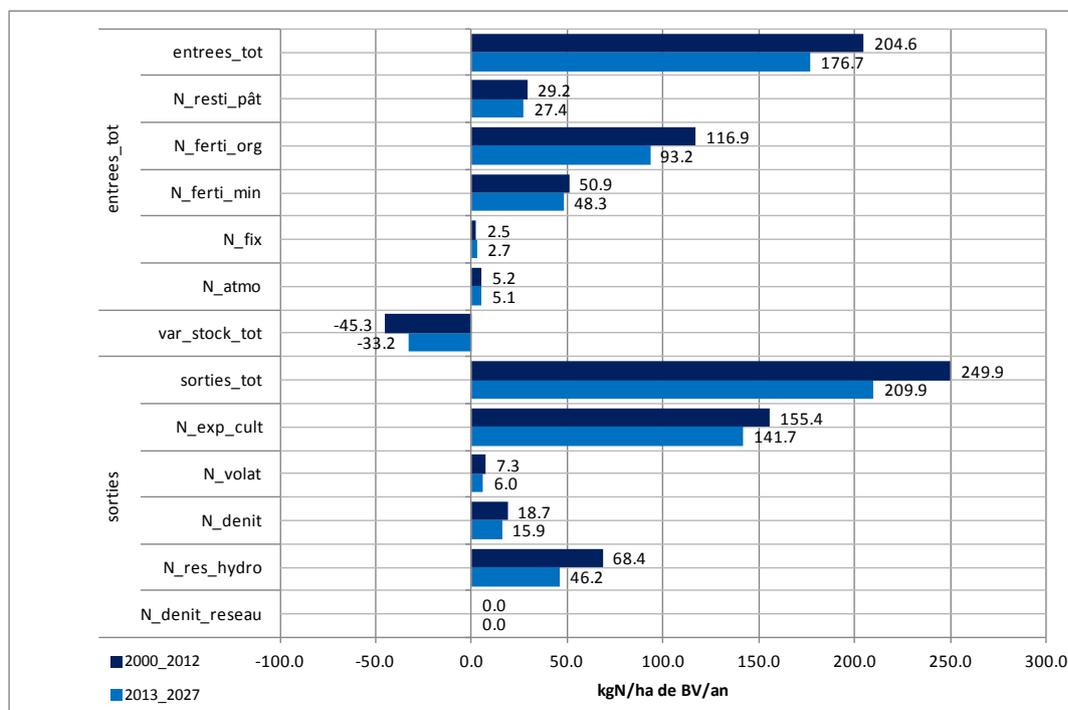


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.29	76
2000_2001	1.99	71
2001_2002	0.72	72
2002_2003	0.83	71
2003_2004	0.76	71
2004_2005	0.61	74
2005_2006	0.83	75
2006_2007	1.31	71
2007_2008	0.89	67
2008_2009	0.99	65
2009_2010	1.13	61
2010_2011	0.87	59
2011_2012	0.72	56
2012_2013	1.94	52
2013_2014	0.71	52
2014_2015	0.83	49
2015_2016	0.76	47
2016_2017	0.61	49
2017_2018	0.83	49
2018_2019	1.31	47
2019_2020	0.89	46
2020_2021	0.99	46
2021_2022	1.13	45
2022_2023	0.87	45
2023_2024	0.72	43
2024_2025	1.93	41
2025_2026	0.71	41
2026_2027	0.83	39

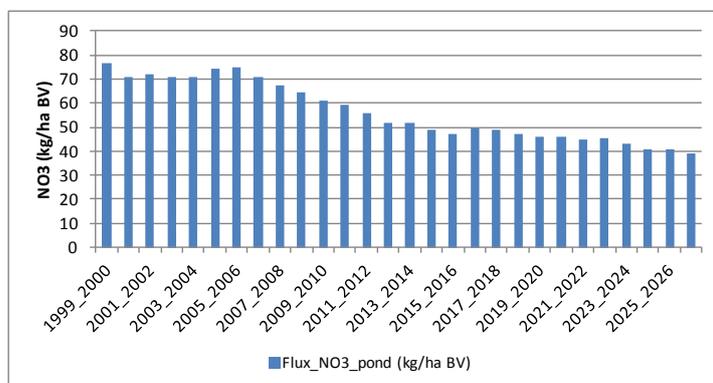


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	72.5	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	60.2	-16.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	48.6	-33.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	40.2	-44.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	68.4	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	46.0	-32.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	40.2	-41.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	67.5	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	48.6	-28.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	40.2	-40.4

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.34	1.00	1.66	1.58	18.4	34.2	16.5	8.0
2000_2001	2.14	2.18	1.86	1.16	17.8	29.4	16.2	8.0
2001_2002	0.61	0.72	0.80	0.81	18.5	29.1	15.9	8.2
2002_2003	1.03	0.92	0.59	0.54	16.9	29.8	16.4	8.4
2003_2004	0.48	0.76	0.87	1.23	17.6	29.8	16.1	7.2
2004_2005	0.75	0.55	0.56	0.63	18.1	31.8	16.7	7.9
2005_2006	0.65	0.90	0.96	0.71	18.0	30.3	17.7	8.3
2006_2007	0.99	1.29	1.39	2.00	17.7	30.4	15.6	7.4
2007_2008	0.65	0.85	1.04	1.30	18.4	27.6	14.9	6.9
2008_2009	1.15	1.00	0.87	0.76	16.2	26.8	14.6	7.3
2009_2010	1.23	1.20	0.96	0.97	15.0	25.8	14.2	6.4
2010_2011	1.36	0.84	0.48	0.59	14.1	25.5	14.3	6.8
2011_2012	0.54	0.43	1.19	1.27	13.7	25.9	11.7	5.7
2012_2013	2.01	2.14	1.84	1.15	12.7	21.3	12.0	6.1
2013_2014	0.60	0.72	0.80	0.81	13.7	20.8	11.2	5.9
2014_2015	1.02	0.91	0.59	0.54	11.7	20.2	11.4	5.9
2015_2016	0.48	0.76	0.87	1.23	12.1	19.7	10.7	4.9
2016_2017	0.76	0.55	0.56	0.63	12.2	20.8	11.2	5.4
2017_2018	0.65	0.90	0.96	0.71	11.8	19.6	11.7	5.6
2018_2019	0.99	1.29	1.40	2.01	11.6	20.0	10.5	5.0
2019_2020	0.65	0.85	1.04	1.32	12.5	18.6	10.2	4.8
2020_2021	1.16	1.00	0.87	0.76	11.3	18.8	10.5	5.4
2021_2022	1.24	1.19	0.95	0.96	10.9	18.8	10.6	4.9
2022_2023	1.36	0.84	0.48	0.58	10.8	19.4	11.1	5.3
2023_2024	0.54	0.43	1.18	1.27	10.7	20.0	9.0	4.5
2024_2025	2.01	2.14	1.84	1.15	10.0	16.7	9.5	4.8
2025_2026	0.61	0.71	0.79	0.81	10.8	16.4	9.0	4.7
2026_2027	1.01	0.92	0.59	0.54	9.3	16.2	9.3	4.8

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	17.9	30.6	16.3	8.2	24.4
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	14.8	26.0	13.7	6.6	20.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	12.0	20.1	11.3	5.4	16.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.1	16.4	9.2	4.7	14.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	17.0	29.0	15.5	7.4	22.9
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	11.5	19.2	10.5	5.2	15.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.1	16.4	9.2	4.7	14.0
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	18.4	27.6	14.9	6.9	21.8
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	12.0	20.1	11.3	5.4	16.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.2	17.3	9.2	4.7	13.9
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.6	-15.1	-15.7	-19.4	-17.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-33.2	-34.4	-30.8	-33.3	-31.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-43.8	-46.4	-43.2	-41.8	-42.7
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-32.3	-33.9	-31.9	-30.2	-31.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-40.7	-43.3	-40.2	-36.2	-38.9
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-34.8	-27.3	-24.4	-21.6	-23.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-44.3	-37.3	-38.3	-32.5	-36.5

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	96.6
2000_2001	88.1
2001_2002	90.8
2002_2003	88.6
2003_2004	88.9
2004_2005	91.3
2005_2006	93.6
2006_2007	90.9
2007_2008	87.7
2008_2009	81.2
2009_2010	75.7
2010_2011	74.3
2011_2012	75.6
2012_2013	65.9
2013_2014	67.0
2014_2015	62.2
2015_2016	60.8
2016_2017	61.9
2017_2018	62.2
2018_2019	60.8
2019_2020	60.1
2020_2021	58.7
2021_2022	57.1
2022_2023	58.1
2023_2024	58.6
2024_2025	52.2
2025_2026	53.5
2026_2027	50.5

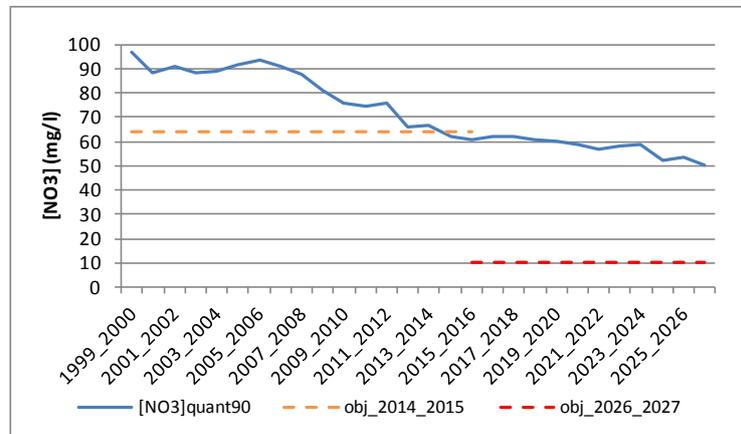
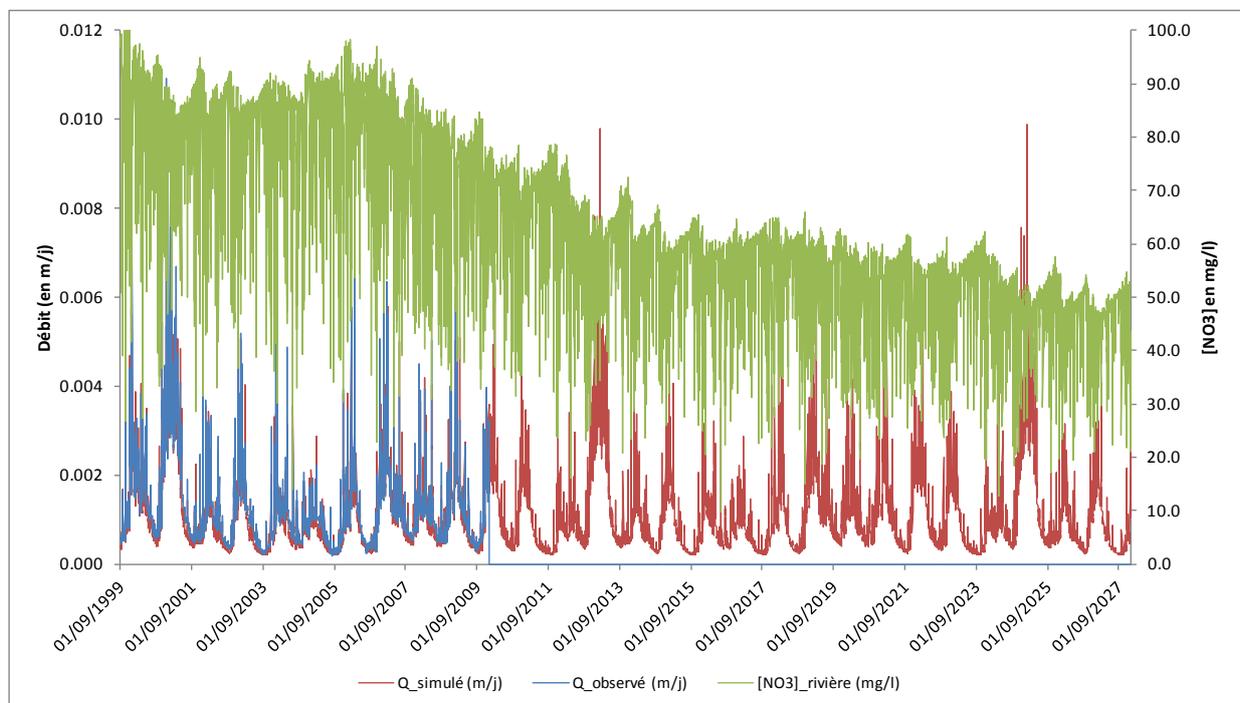


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	46.7	10.2
	N_denit	15.4	2.2
	N_volat	5.7	0.0
	N_exp_cult	137.5	125.8
	sorties_tot	205.4	138.1
var_stock_tot		-36.4	-107.9
entrées	N_atmo	5.2	5.1
	N_fix	2.8	25.2
	N_ferti_min	47.6	0.0
	N_ferti_org	86.5	0.0
	N_resti_pât	26.8	0.0
	entrees_tot	169.0	30.2

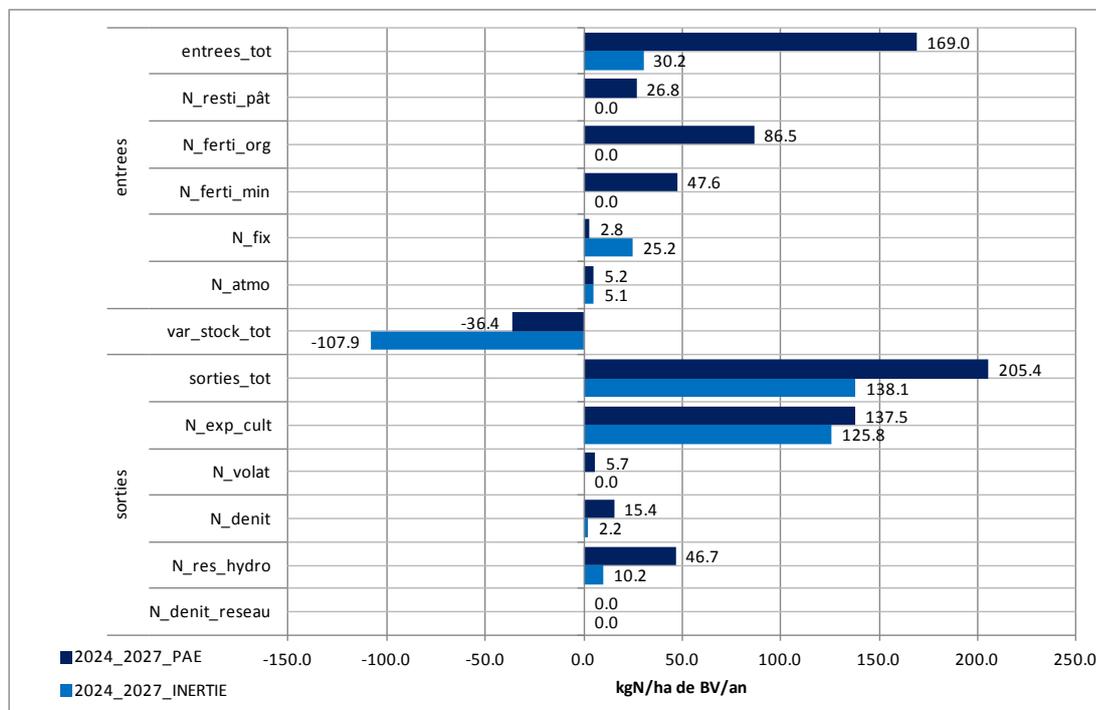


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.41	70
2000_2001	2.17	65
2001_2002	0.78	66
2002_2003	0.91	65
2003_2004	0.83	65
2004_2005	0.67	68
2005_2006	0.90	69
2006_2007	1.42	65
2007_2008	0.96	62
2008_2009	1.07	60
2009_2010	1.23	56
2010_2011	0.94	55
2011_2012	0.78	51
2012_2013	2.13	48
2013_2014	0.66	42
2014_2015	0.71	37
2015_2016	0.63	32
2016_2017	0.49	28
2017_2018	0.71	25
2018_2019	1.21	22
2019_2020	0.83	19
2020_2021	0.91	16
2021_2022	1.03	14
2022_2023	0.78	13
2023_2024	0.62	11
2024_2025	1.93	10
2025_2026	0.62	9
2026_2027	0.69	7

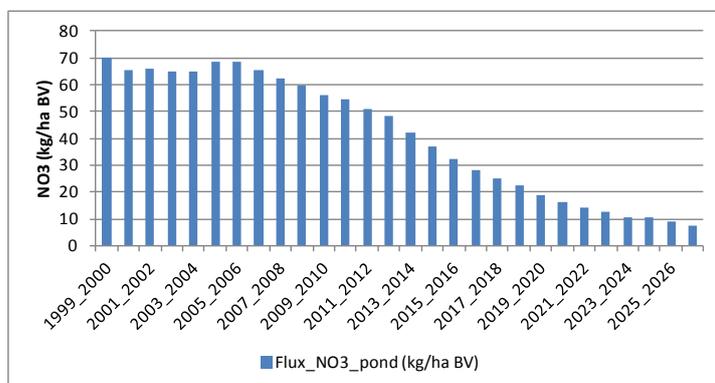


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	66.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	55.4	-16.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	30.6	-54.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.9	-86.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	62.9	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	22.3	-64.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.9	-85.9
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	62.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	30.6	-50.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.9	-85.7

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.51	1.07	1.77	1.72	16.4	31.7	15.5	7.4
2000_2001	2.41	2.35	1.98	1.27	15.8	27.3	15.2	7.4
2001_2002	0.69	0.78	0.85	0.88	16.5	27.0	15.0	7.6
2002_2003	1.16	0.99	0.63	0.59	15.1	27.7	15.4	7.7
2003_2004	0.54	0.82	0.92	1.34	15.7	27.6	15.1	6.6
2004_2005	0.84	0.60	0.60	0.68	16.1	29.5	15.7	7.3
2005_2006	0.73	0.97	1.03	0.77	16.0	28.2	16.7	7.7
2006_2007	1.11	1.39	1.48	2.17	15.7	28.2	14.6	6.8
2007_2008	0.73	0.92	1.10	1.41	16.3	25.6	14.0	6.4
2008_2009	1.30	1.07	0.93	0.83	14.4	24.9	13.7	6.7
2009_2010	1.38	1.29	1.02	1.05	13.3	23.9	13.4	5.9
2010_2011	1.53	0.90	0.52	0.64	12.5	23.7	13.4	6.3
2011_2012	0.61	0.47	1.26	1.40	12.2	24.1	11.0	5.3
2012_2013	2.31	2.33	1.96	1.23	11.7	20.4	11.1	5.3
2013_2014	0.62	0.64	0.70	0.68	11.0	17.4	9.4	4.5
2014_2015	0.80	0.80	0.52	0.50	8.0	15.7	9.1	4.4
2015_2016	0.38	0.61	0.77	1.00	8.1	14.0	7.5	2.9
2016_2017	0.57	0.46	0.46	0.52	6.6	12.2	6.6	2.9
2017_2018	0.48	0.77	0.88	0.64	5.7	10.1	6.2	2.8
2018_2019	0.80	1.20	1.34	1.96	5.2	9.9	5.1	2.1
2019_2020	0.62	0.79	0.97	1.16	5.1	7.8	4.1	1.7
2020_2021	1.02	0.95	0.82	0.71	3.8	7.0	3.8	1.7
2021_2022	1.05	1.12	0.92	0.88	3.2	6.1	3.6	1.5
2022_2023	1.19	0.78	0.45	0.55	2.7	5.5	3.4	1.5
2023_2024	0.47	0.35	1.04	1.12	2.7	5.2	2.2	1.0
2024_2025	1.83	2.20	1.90	1.15	2.3	4.5	2.5	1.1
2025_2026	0.57	0.61	0.68	0.67	2.4	3.5	1.9	0.9
2026_2027	0.78	0.79	0.51	0.50	1.7	3.1	1.9	0.9

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	15.9	28.4	15.3	7.5	22.8
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	13.1	24.1	12.9	6.0	18.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	7.1	13.0	7.4	3.3	10.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.1	3.7	2.1	1.0	3.1
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	15.1	26.9	14.5	6.8	21.4
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.3	9.5	5.2	2.4	7.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.1	3.7	2.1	1.0	3.1
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	16.3	25.6	14.0	6.4	20.4
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	7.1	13.0	7.4	3.3	10.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.3	4.1	2.1	1.0	3.1

Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.6	-15.1	-15.7	-19.5	-17.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-55.4	-54.2	-51.8	-56.5	-53.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-86.8	-87.0	-86.3	-86.7	-86.4
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-64.5	-64.7	-64.0	-65.5	-64.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-86.1	-86.2	-85.6	-85.4	-85.5
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-56.5	-49.2	-47.4	-48.9	-47.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-86.2	-84.1	-84.8	-84.1	-84.6

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	96.6
2000_2001	88.1
2001_2002	90.8
2002_2003	88.6
2003_2004	88.9
2004_2005	91.3
2005_2006	93.6
2006_2007	90.9
2007_2008	87.7
2008_2009	81.2
2009_2010	75.7
2010_2011	74.3
2011_2012	75.6
2012_2013	65.3
2013_2014	61.3
2014_2015	51.2
2015_2016	46.9
2016_2017	39.2
2017_2018	35.1
2018_2019	32.8
2019_2020	28.1
2020_2021	22.8
2021_2022	20.1
2022_2023	18.0
2023_2024	17.0
2024_2025	14.2
2025_2026	12.8
2026_2027	10.9

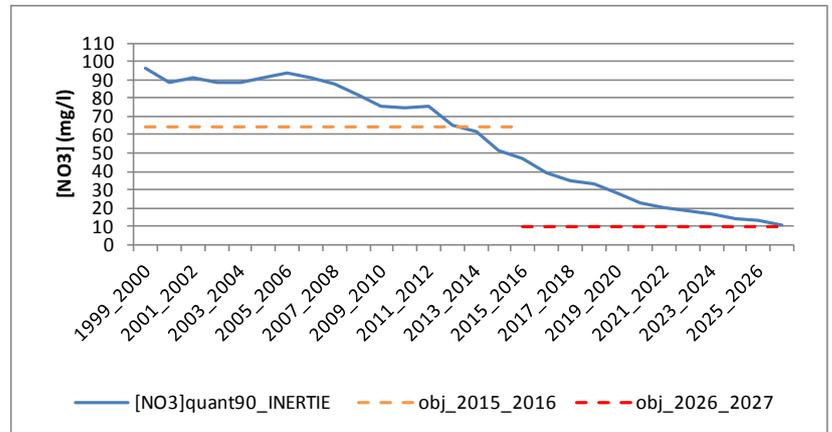
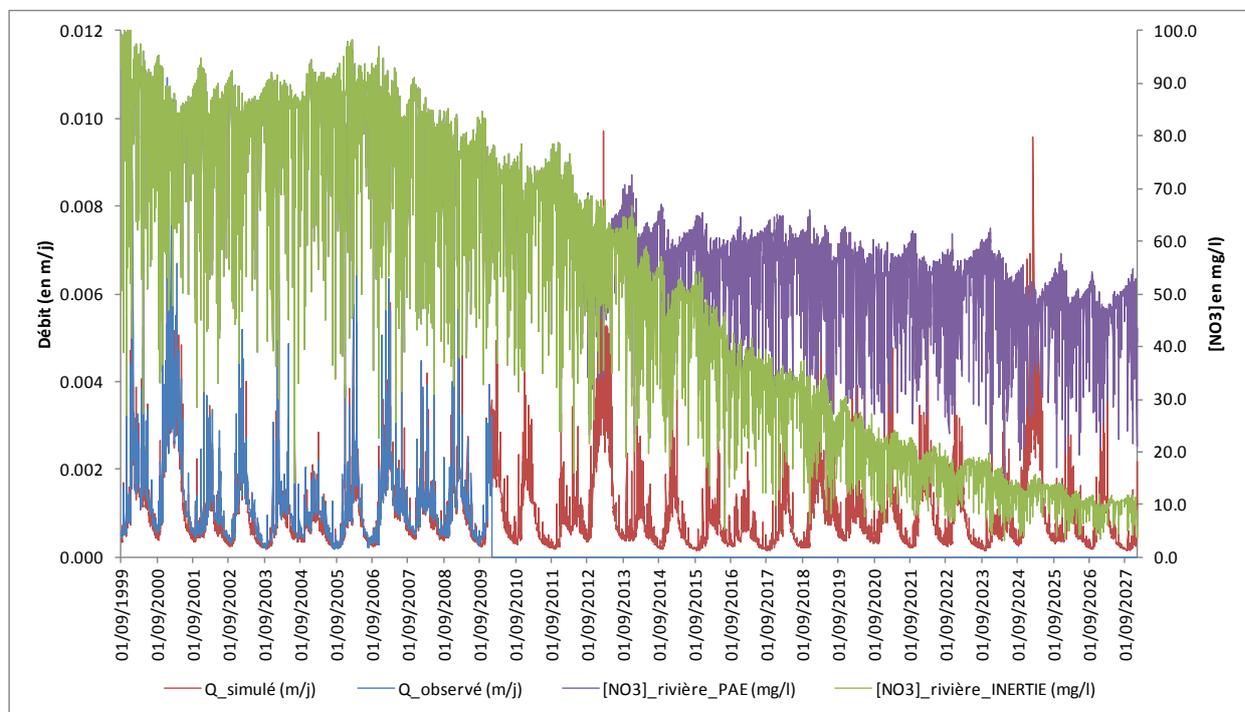


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

	2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ	
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	46.7	50.0
	N_denit	15.4	15.8
	N_volat	5.7	6.3
	N_exp_cult	137.5	134.8
	sorties_tot	205.4	206.8
var_stock_tot	-36.4	-38.2	
entrées	N_atmo	5.2	5.2
	N_fix	2.8	3.0
	N_ferti_min	47.6	28.5
	N_ferti_org	86.5	107.9
	N_resti_pât	26.8	24.1
	entrees_tot	169.0	168.7

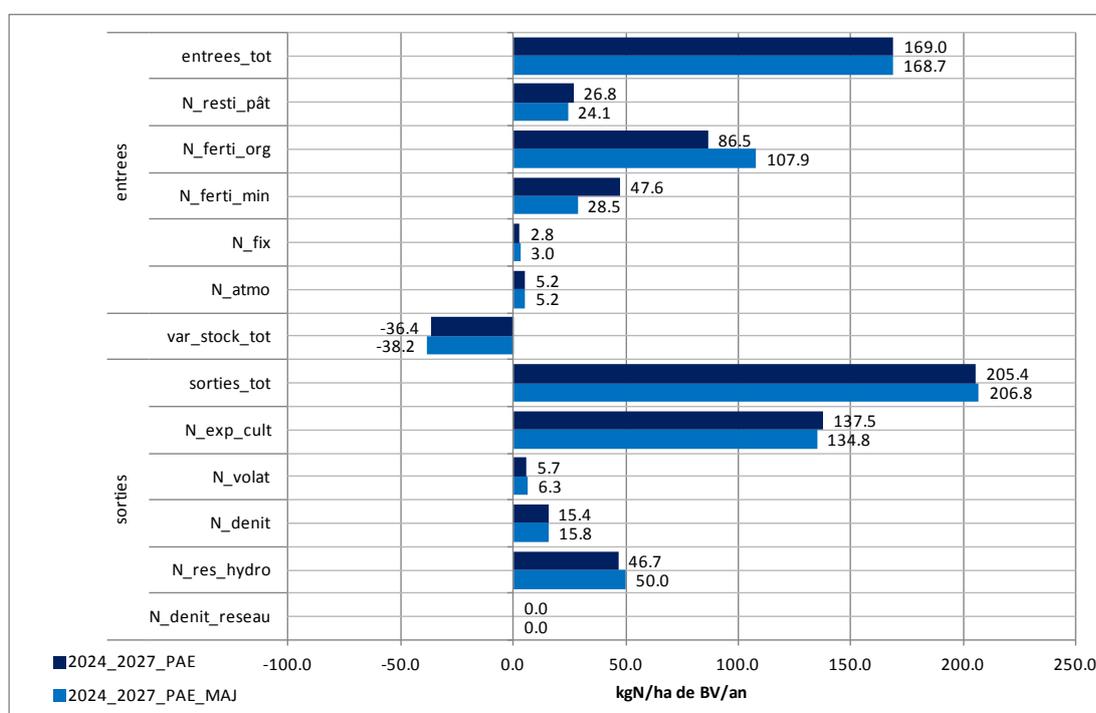


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.29	76
2000_2001	1.99	71
2001_2002	0.72	72
2002_2003	0.83	71
2003_2004	0.76	71
2004_2005	0.61	74
2005_2006	0.83	75
2006_2007	1.31	71
2007_2008	0.89	67
2008_2009	0.98	65
2009_2010	1.13	61
2010_2011	0.87	60
2011_2012	0.72	56
2012_2013	1.94	53
2013_2014	0.72	53
2014_2015	0.83	51
2015_2016	0.76	50
2016_2017	0.62	52
2017_2018	0.83	52
2018_2019	1.31	50
2019_2020	0.89	49
2020_2021	0.99	49
2021_2022	1.13	48
2022_2023	0.87	49
2023_2024	0.72	46
2024_2025	1.93	44
2025_2026	0.72	43
2026_2027	0.83	42

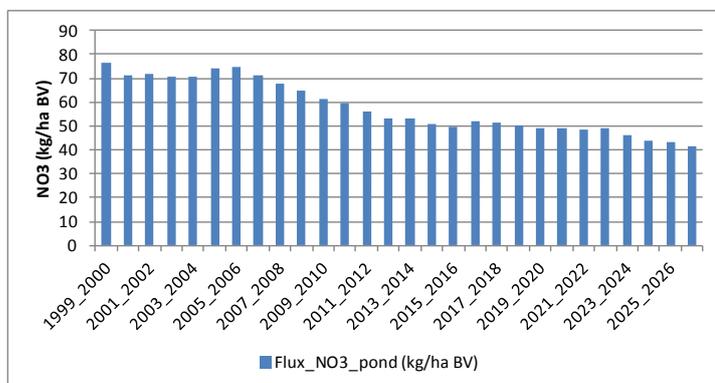


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	72.6	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	60.5	-16.6
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	51.0	-29.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	42.9	-40.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	68.5	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	48.7	-28.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	42.9	-37.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	67.5	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	51.0	-24.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	42.9	-36.4

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.34	0.99	1.66	1.58	18.4	34.2	16.5	8.0
2000_2001	2.14	2.18	1.86	1.16	17.8	29.4	16.2	8.0
2001_2002	0.61	0.72	0.80	0.81	18.5	29.1	15.9	8.2
2002_2003	1.03	0.92	0.59	0.54	16.9	29.9	16.4	8.4
2003_2004	0.48	0.76	0.87	1.23	17.6	29.8	16.1	7.2
2004_2005	0.75	0.55	0.56	0.63	18.1	31.8	16.7	7.9
2005_2006	0.64	0.90	0.96	0.71	18.0	30.3	17.7	8.3
2006_2007	0.99	1.29	1.39	2.00	17.7	30.4	15.6	7.4
2007_2008	0.65	0.85	1.03	1.30	18.4	27.6	14.9	6.9
2008_2009	1.15	1.00	0.87	0.76	16.2	26.8	14.6	7.3
2009_2010	1.23	1.19	0.96	0.97	15.0	25.8	14.2	6.4
2010_2011	1.36	0.84	0.48	0.59	14.2	25.7	14.3	6.8
2011_2012	0.54	0.43	1.19	1.27	13.9	26.3	11.8	5.8
2012_2013	2.01	2.14	1.84	1.15	13.1	22.0	12.4	6.2
2013_2014	0.60	0.72	0.79	0.81	14.1	21.6	11.7	6.1
2014_2015	1.02	0.91	0.59	0.54	12.2	21.2	11.9	6.1
2015_2016	0.48	0.76	0.87	1.23	12.7	20.6	11.2	5.1
2016_2017	0.76	0.55	0.56	0.63	12.8	22.0	11.7	5.7
2017_2018	0.65	0.90	0.96	0.71	12.5	20.7	12.4	5.9
2018_2019	0.99	1.29	1.40	2.01	12.3	21.2	11.1	5.3
2019_2020	0.65	0.85	1.04	1.32	13.4	19.8	10.8	5.2
2020_2021	1.16	1.00	0.87	0.76	12.2	20.1	11.2	5.7
2021_2022	1.24	1.19	0.95	0.96	11.7	20.1	11.4	5.2
2022_2023	1.36	0.83	0.48	0.58	11.6	20.9	11.9	5.7
2023_2024	0.54	0.43	1.19	1.27	11.6	21.6	9.6	4.8
2024_2025	2.01	2.14	1.84	1.15	10.8	17.9	10.1	5.1
2025_2026	0.61	0.72	0.80	0.81	11.6	17.5	9.5	5.0
2026_2027	1.02	0.92	0.59	0.54	10.0	17.3	9.9	5.1

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	17.9	30.6	16.3	8.2	24.4	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	14.8	26.1	13.7	6.6	20.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	12.5	21.1	11.8	5.7	17.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.8	17.6	9.8	5.0	14.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	17.0	29.0	15.5	7.4	22.9	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	12.2	20.3	11.1	5.5	16.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.8	17.6	9.8	5.0	14.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	18.4	27.6	14.9	6.9	21.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	12.5	21.1	11.8	5.7	17.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	11.0	18.6	9.8	5.0	14.8	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.3	-14.7	-15.5	-19.2	-16.7	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-30.0	-31.1	-27.4	-30.0	-28.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-39.8	-42.7	-39.6	-38.2	-39.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-28.4	-30.0	-28.1	-26.4	-27.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-36.5	-39.4	-36.5	-32.3	-35.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-31.7	-23.6	-20.7	-17.8	-19.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-40.2	-32.8	-34.3	-28.2	-32.4	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	96.6
2000_2001	88.1
2001_2002	90.8
2002_2003	88.6
2003_2004	88.9
2004_2005	91.3
2005_2006	93.6
2006_2007	90.9
2007_2008	87.7
2008_2009	81.2
2009_2010	75.7
2010_2011	74.6
2011_2012	76.1
2012_2013	67.9
2013_2014	69.3
2014_2015	64.7
2015_2016	63.7
2016_2017	65.2
2017_2018	65.8
2018_2019	64.4
2019_2020	64.0
2020_2021	62.8
2021_2022	61.2
2022_2023	62.0
2023_2024	63.0
2024_2025	55.5
2025_2026	56.6
2026_2027	53.6

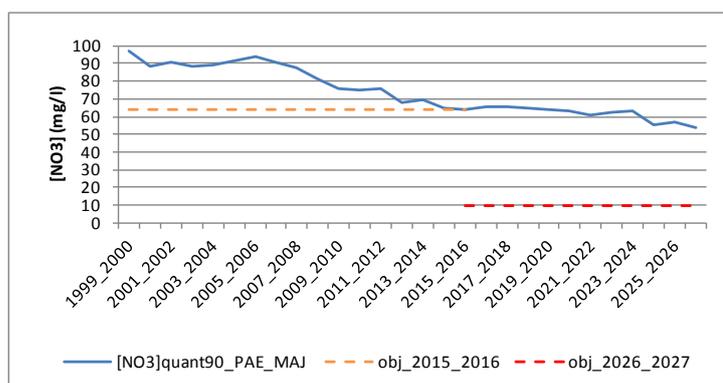
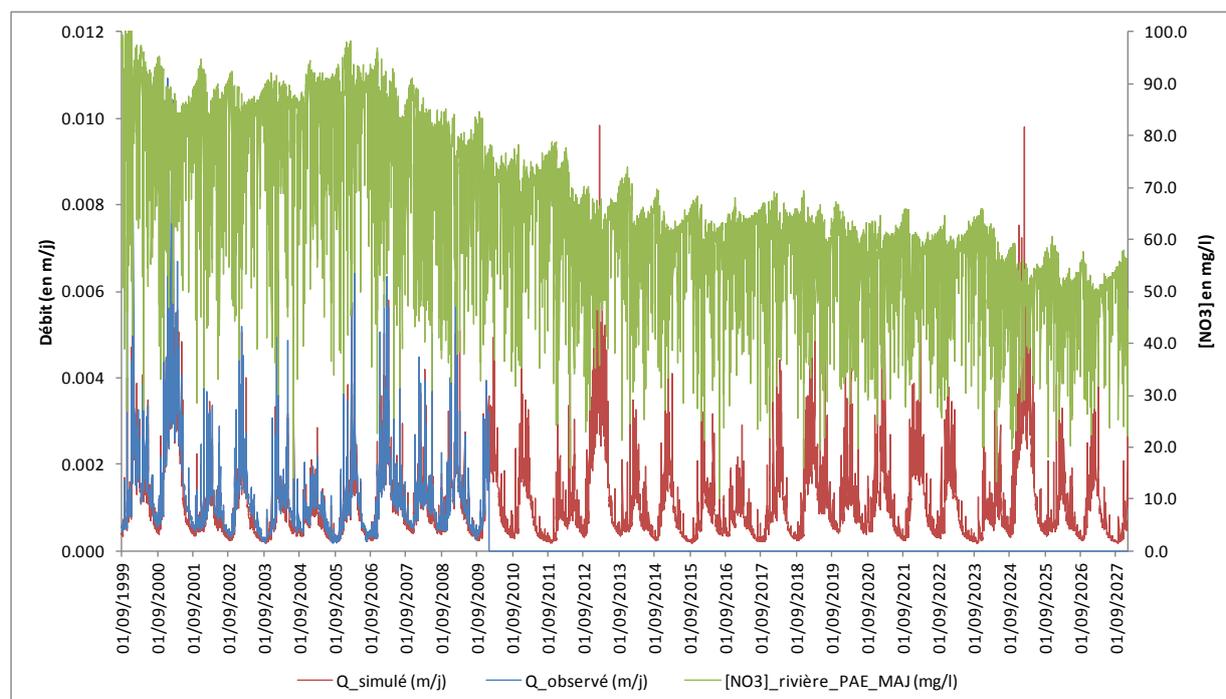


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-8 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Guillec

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	87.0	62.2
	N_denit	14.3	12.0
	N_volat	9.1	8.1
	N_exp_cult	157.8	148.6
	sorties_tot	268.1	230.9
var_stock_tot	-43.8	-24.6	
entrees_tot	N_atmo	4.9	4.9
	N_fix	3.0	3.4
	N_ferti_min	56.9	57.6
	N_ferti_org	121.7	104.2
	N_resti_pât	37.8	36.1
	entrees_tot	224.3	206.2

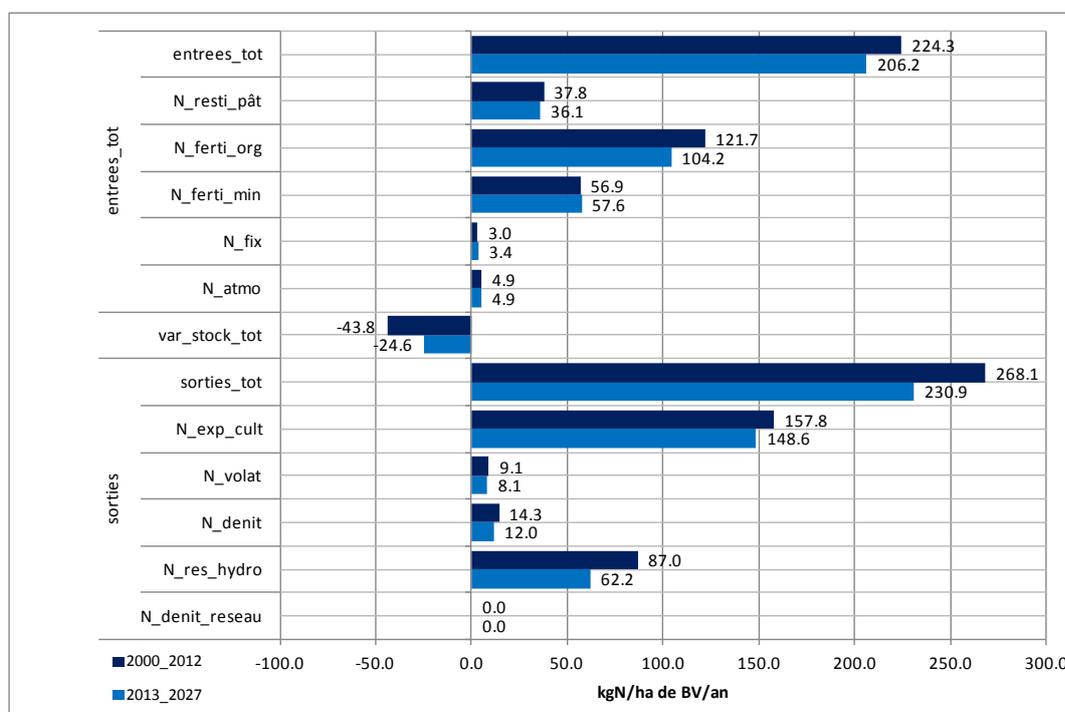


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.28	102
2000_2001	1.98	89
2001_2002	0.65	95
2002_2003	0.85	97
2003_2004	0.76	96
2004_2005	0.64	98
2005_2006	0.91	93
2006_2007	1.35	84
2007_2008	0.89	81
2008_2009	1.01	79
2009_2010	1.10	75
2010_2011	0.80	74
2011_2012	0.70	73
2012_2013	1.96	63
2013_2014	0.65	65
2014_2015	0.85	66
2015_2016	0.75	67
2016_2017	0.63	69
2017_2018	0.91	67
2018_2019	1.35	62
2019_2020	0.89	63
2020_2021	1.01	64
2021_2022	1.10	62
2022_2023	0.80	61
2023_2024	0.70	61
2024_2025	1.96	54
2025_2026	0.65	57
2026_2027	0.85	58

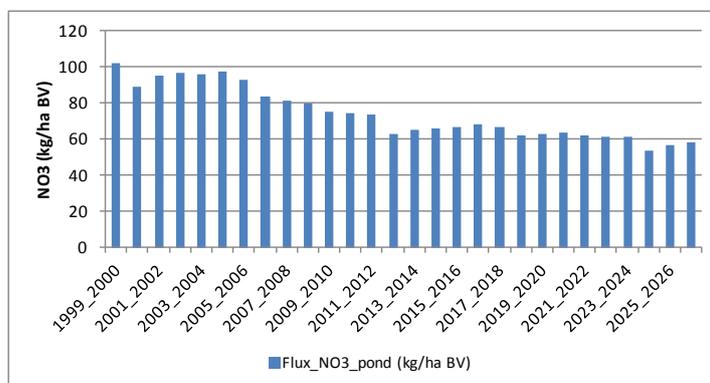


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	95.8	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	75.6	-21.1
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	67.1	-30.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	56.2	-41.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	87.4	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	62.5	-28.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	56.2	-35.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	81.2	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	67.1	-17.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	56.2	-30.8

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.40	0.90	1.78	1.44	25.8	43.5	22.2	10.9
2000_2001	2.41	2.11	1.70	1.00	23.8	35.9	19.7	10.1
2001_2002	0.37	0.70	0.79	0.89	25.1	37.9	21.7	10.8
2002_2003	1.06	0.95	0.57	0.57	24.0	39.2	23.4	11.4
2003_2004	0.34	0.80	0.95	1.21	26.0	38.8	21.6	10.0
2004_2005	0.75	0.56	0.62	0.70	24.6	39.8	22.1	10.8
2005_2006	0.74	0.99	1.02	0.76	24.0	37.6	21.0	10.4
2006_2007	1.02	1.37	1.28	2.26	22.2	34.5	18.9	8.5
2007_2008	0.57	0.88	1.11	1.28	22.1	32.6	18.0	8.7
2008_2009	1.28	1.00	0.82	0.77	20.1	32.1	18.6	9.1
2009_2010	1.21	1.21	0.87	0.83	19.1	30.8	17.5	8.4
2010_2011	1.30	0.74	0.47	0.53	18.1	31.0	18.2	8.7
2011_2012	0.38	0.39	1.39	1.28	19.3	31.7	15.4	7.9
2012_2013	2.35	2.10	1.70	0.99	16.8	25.3	13.9	7.1
2013_2014	0.37	0.70	0.78	0.90	17.4	25.5	14.9	7.4
2014_2015	1.05	0.95	0.57	0.57	16.3	26.6	16.2	7.9
2015_2016	0.34	0.80	0.95	1.20	18.2	26.9	15.2	7.1
2016_2017	0.75	0.56	0.62	0.69	17.2	27.8	15.8	7.8
2017_2018	0.75	0.98	1.02	0.76	17.1	27.1	15.3	7.5
2018_2019	1.03	1.37	1.29	2.26	16.1	25.6	14.0	6.3
2019_2020	0.57	0.88	1.11	1.28	16.7	25.1	14.1	6.9
2020_2021	1.29	1.00	0.82	0.77	16.1	25.8	15.1	7.4
2021_2022	1.22	1.21	0.87	0.83	15.6	25.2	14.4	6.8
2022_2023	1.30	0.74	0.47	0.53	14.9	25.6	15.1	7.1
2023_2024	0.39	0.39	1.40	1.27	16.1	26.4	12.8	6.5
2024_2025	2.35	2.10	1.70	0.99	14.3	21.6	12.1	6.1
2025_2026	0.37	0.69	0.79	0.90	15.0	22.5	13.0	6.4
2026_2027	1.05	0.94	0.57	0.57	14.4	23.5	14.2	6.8

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	24.7	39.1	21.7	10.8	32.5
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	19.2	31.4	17.4	8.5	26.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	17.2	27.1	15.6	7.6	23.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	14.6	22.6	13.1	6.5	19.5
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	22.6	35.8	19.9	9.7	29.5
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	16.1	25.4	14.4	7.0	21.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	14.6	22.6	13.1	6.5	19.5
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	22.1	32.6	18.0	8.7	26.8
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	17.2	27.1	15.6	7.6	23.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	14.9	23.5	13.0	6.5	19.5

Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.4	-19.7	-19.8	-21.1	-20.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-30.4	-30.7	-28.1	-29.8	-28.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-41.0	-42.3	-39.9	-40.0	-39.9
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-28.7	-29.1	-27.5	-27.4	-27.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-35.7	-37.0	-34.2	-33.1	-33.9
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-22.3	-16.9	-13.3	-13.4	-13.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-32.5	-27.8	-27.8	-25.9	-27.2

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	91.9
2000_2001	85.3
2001_2002	88.7
2002_2003	92.9
2003_2004	87.3
2004_2005	89.4
2005_2006	86.4
2006_2007	78.1
2007_2008	75.2
2008_2009	74.5
2009_2010	70.3
2010_2011	71.6
2011_2012	72.1
2012_2013	59.5
2013_2014	60.8
2014_2015	64.2
2015_2016	61.9
2016_2017	64.4
2017_2018	61.8
2018_2019	56.5
2019_2020	57.5
2020_2021	60.7
2021_2022	57.3
2022_2023	58.7
2023_2024	59.4
2024_2025	51.0
2025_2026	53.1
2026_2027	55.7

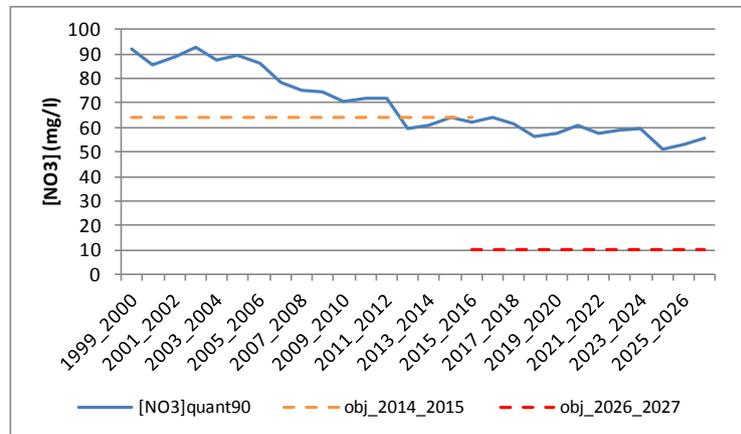
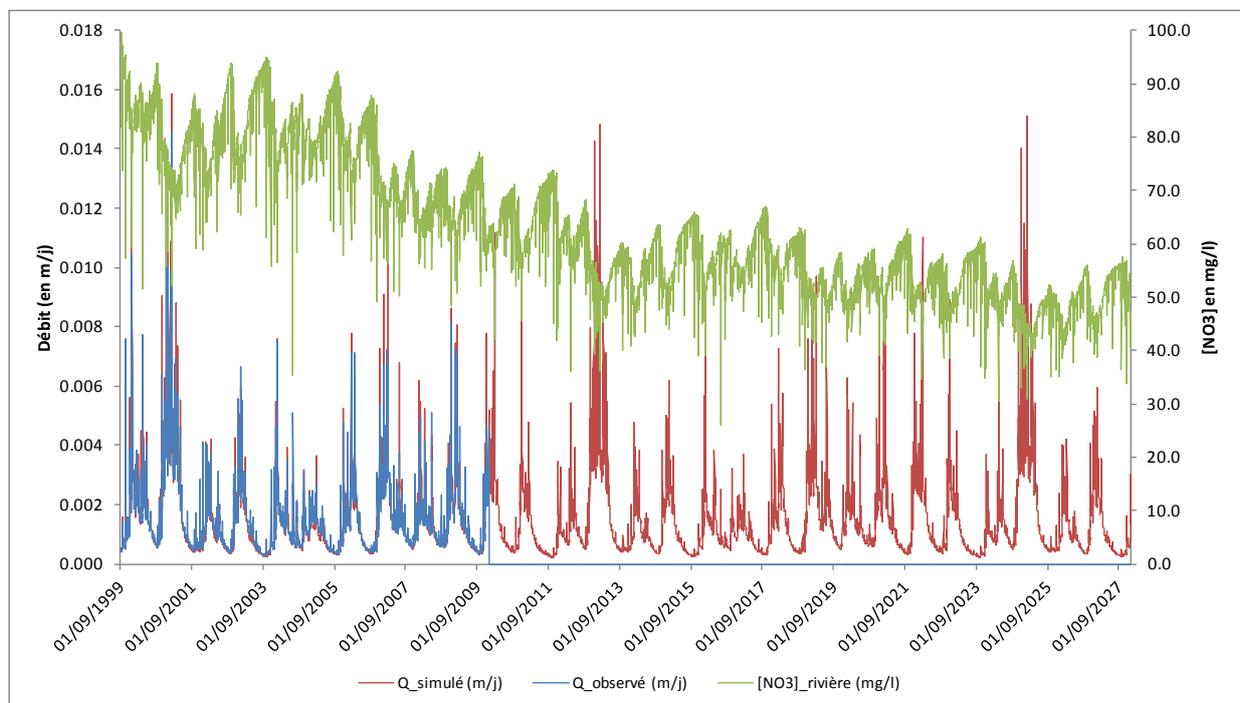


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	64.0	3.2
	N_denit	11.0	1.0
	N_volat	7.8	0.0
	N_exp_cult	147.0	130.7
	sorties_tot	229.8	134.9
var_stock_tot		-33.5	-90.7
entrées	N_atmo	5.0	4.8
	N_fix	3.5	39.4
	N_ferti_min	57.2	0.0
	N_ferti_org	95.0	0.0
	N_resti_pât	35.6	0.0
	entrees_tot	196.3	44.2

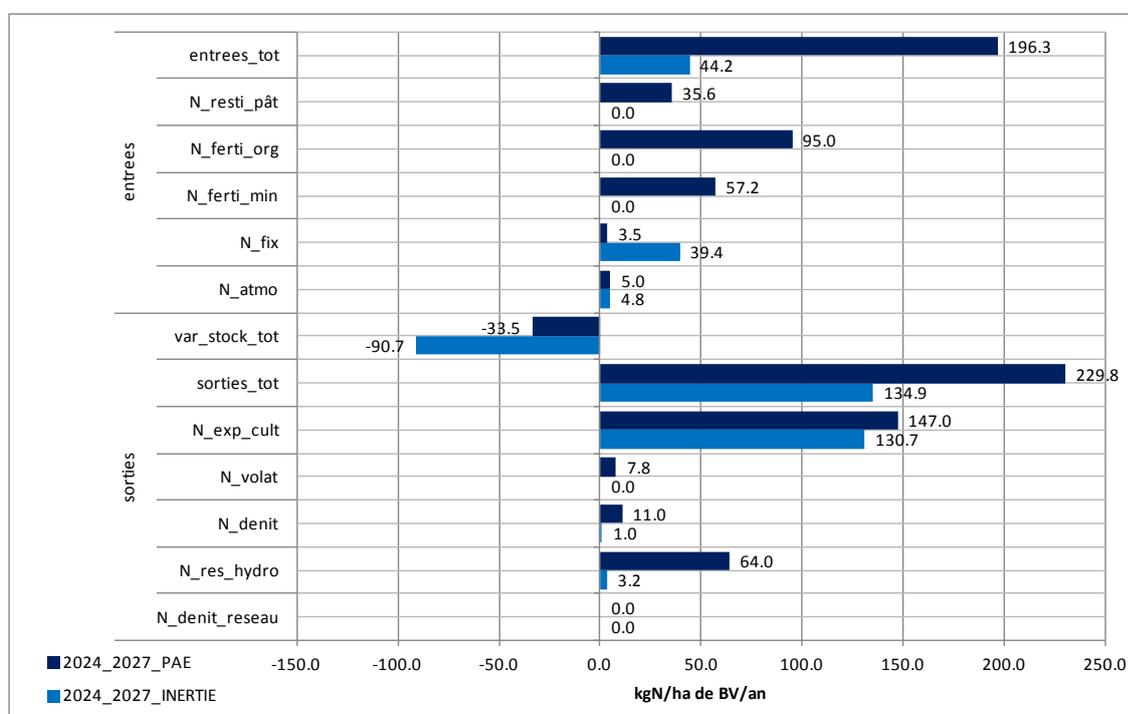


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.31	100
2000_2001	2.03	87
2001_2002	0.67	93
2002_2003	0.87	94
2003_2004	0.77	94
2004_2005	0.65	95
2005_2006	0.93	91
2006_2007	1.38	82
2007_2008	0.91	79
2008_2009	1.03	78
2009_2010	1.12	74
2010_2011	0.82	73
2011_2012	0.71	72
2012_2013	2.01	63
2013_2014	0.63	46
2014_2015	0.83	29
2015_2016	0.69	19
2016_2017	0.61	12
2017_2018	0.88	9
2018_2019	1.32	7
2019_2020	0.88	4
2020_2021	1.00	3
2021_2022	1.08	4
2022_2023	0.79	3
2023_2024	0.65	3
2024_2025	1.98	3
2025_2026	0.61	2
2026_2027	0.83	3

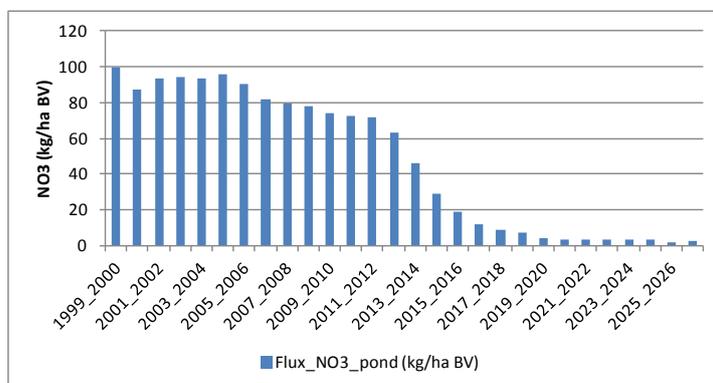


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	93.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	74.0	-21.1
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	17.1	-81.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.7	-97.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	85.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	14.0	-83.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.7	-96.9
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	79.5	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	17.1	-78.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.7	-96.7

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.46	0.91	1.81	1.47	24.8	42.8	21.9	10.6
2000_2001	2.51	2.14	1.72	1.02	22.9	35.4	19.5	9.9
2001_2002	0.39	0.71	0.80	0.91	24.1	37.3	21.4	10.5
2002_2003	1.10	0.96	0.58	0.59	23.0	38.7	23.1	11.1
2003_2004	0.36	0.81	0.96	1.24	25.0	38.2	21.3	9.8
2004_2005	0.78	0.57	0.63	0.71	23.6	39.3	21.9	10.5
2005_2006	0.78	1.00	1.03	0.78	23.0	37.0	20.7	10.2
2006_2007	1.06	1.39	1.30	2.32	21.3	34.0	18.7	8.3
2007_2008	0.59	0.89	1.13	1.31	21.2	32.1	17.8	8.5
2008_2009	1.33	1.01	0.83	0.79	19.3	31.7	18.3	8.9
2009_2010	1.26	1.23	0.88	0.86	18.3	30.3	17.3	8.2
2010_2011	1.36	0.75	0.47	0.55	17.4	30.6	18.0	8.5
2011_2012	0.40	0.39	1.41	1.32	18.6	31.2	15.2	7.7
2012_2013	2.46	2.14	1.73	1.01	17.1	26.6	13.0	6.0
2013_2014	0.35	0.67	0.75	0.85	14.0	19.4	9.7	4.1
2014_2015	0.99	0.95	0.56	0.55	7.8	11.9	6.6	2.8
2015_2016	0.29	0.71	0.92	1.10	6.3	8.7	3.8	1.4
2016_2017	0.71	0.55	0.60	0.65	3.2	5.1	2.3	0.9
2017_2018	0.68	0.96	1.03	0.74	2.5	3.9	1.8	0.7
2018_2019	0.92	1.36	1.26	2.30	2.0	3.3	1.4	0.5
2019_2020	0.56	0.86	1.10	1.23	1.3	1.9	0.7	0.3
2020_2021	1.26	1.00	0.80	0.75	1.0	1.4	0.6	0.2
2021_2022	1.16	1.21	0.87	0.80	1.0	1.6	0.7	0.3
2022_2023	1.25	0.74	0.47	0.53	0.9	1.4	0.6	0.3
2023_2024	0.33	0.34	1.33	1.22	1.0	1.8	0.7	0.3
2024_2025	2.35	2.12	1.73	1.00	0.9	1.4	0.5	0.2
2025_2026	0.34	0.65	0.74	0.85	0.6	0.9	0.4	0.2
2026_2027	0.98	0.94	0.56	0.56	0.7	1.2	0.6	0.2

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	23.7	38.6	21.5	10.5	32.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	18.4	30.9	17.2	8.3	25.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.0	7.4	3.6	1.4	5.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.7	1.2	0.5	0.2	0.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	21.7	35.3	19.6	9.4	29.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.0	6.0	2.9	1.2	4.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.7	1.2	0.5	0.2	0.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	21.2	32.1	17.8	8.5	26.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.0	7.4	3.6	1.4	5.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	0.8	1.3	0.5	0.2	0.8	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.4	-19.7	-19.8	-21.1	-20.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-79.1	-80.8	-83.2	-86.2	-84.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-96.9	-96.9	-97.7	-98.0	-97.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-81.5	-82.9	-85.3	-87.0	-85.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-96.6	-96.7	-97.5	-97.8	-97.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-76.7	-77.0	-79.7	-83.0	-80.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-96.2	-95.8	-96.9	-97.3	-97.1	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	91.9
2000_2001	85.3
2001_2002	88.7
2002_2003	92.9
2003_2004	87.3
2004_2005	89.4
2005_2006	86.4
2006_2007	78.1
2007_2008	75.2
2008_2009	74.5
2009_2010	70.3
2010_2011	71.6
2011_2012	72.1
2012_2013	59.2
2013_2014	49.2
2014_2015	27.3
2015_2016	22.7
2016_2017	11.2
2017_2018	9.0
2018_2019	7.2
2019_2020	4.4
2020_2021	3.4
2021_2022	3.5
2022_2023	3.1
2023_2024	3.8
2024_2025	3.3
2025_2026	2.1
2026_2027	2.6

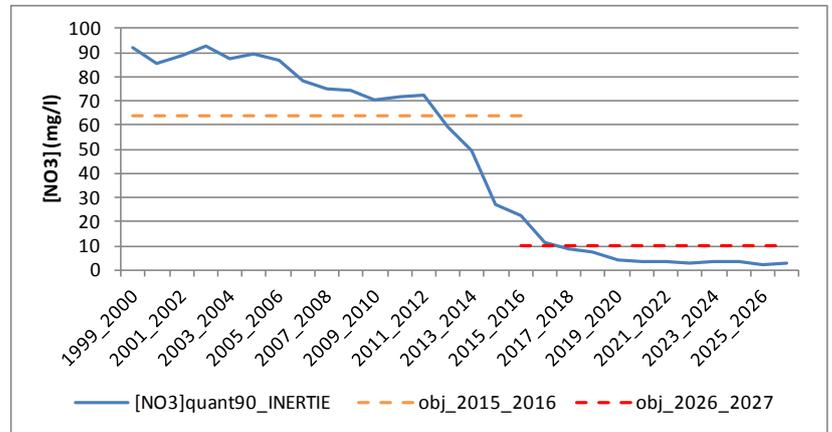
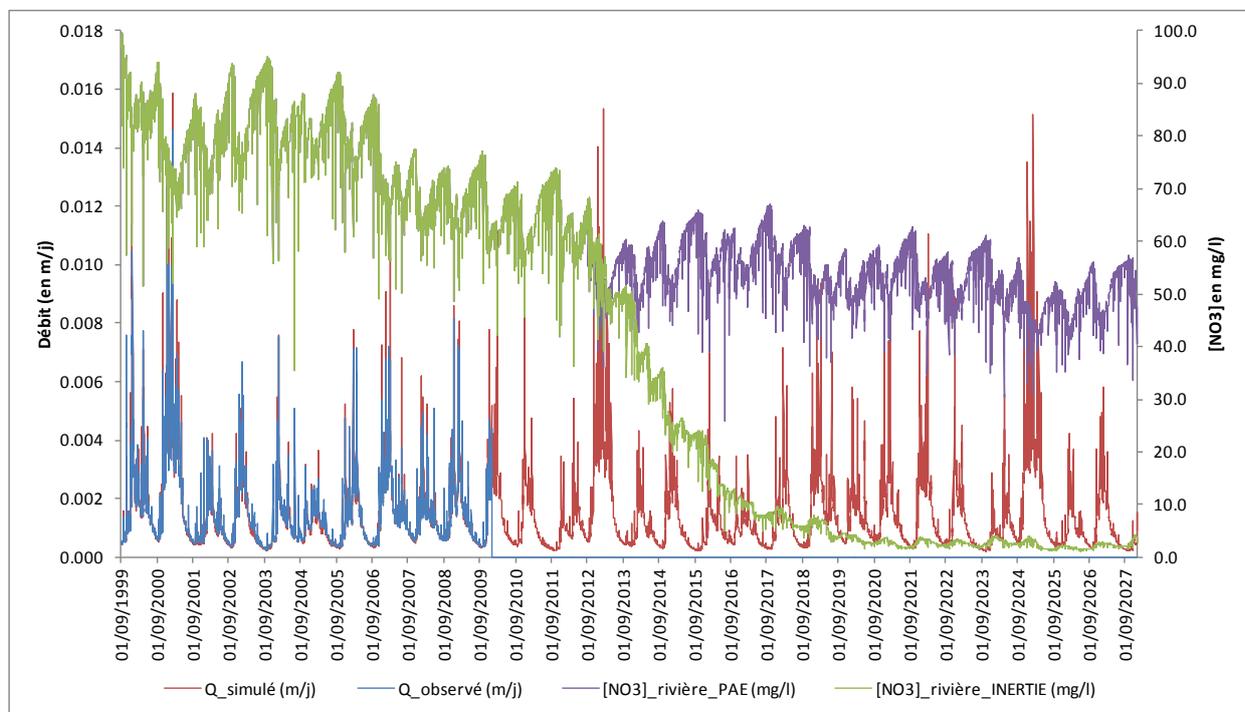


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027	2024_2027
		PAE	PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	64.0	44.7
	N_denit	11.0	9.1
	N_volat	7.8	5.9
	N_exp_cult	147.0	124.5
	sorties_tot	229.8	184.3
var_stock_tot		-33.5	-37.1
entrées	N_atmo	5.0	5.0
	N_fix	3.5	4.4
	N_ferti_min	57.2	22.1
	N_ferti_org	95.0	86.2
	N_resti_pât	35.6	29.4
	entrees_tot	196.3	147.2

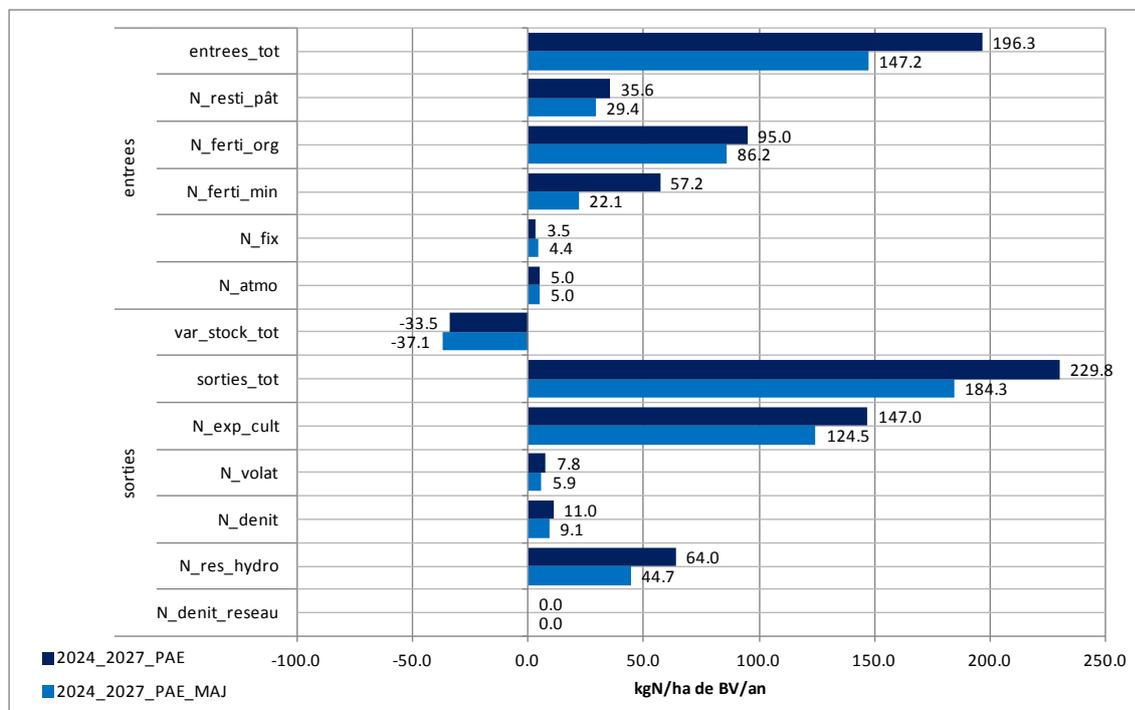


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.28	102
2000_2001	1.98	89
2001_2002	0.65	96
2002_2003	0.85	97
2003_2004	0.76	96
2004_2005	0.64	98
2005_2006	0.91	93
2006_2007	1.35	84
2007_2008	0.89	81
2008_2009	1.01	80
2009_2010	1.10	75
2010_2011	0.81	71
2011_2012	0.70	66
2012_2013	1.96	54
2013_2014	0.65	53
2014_2015	0.85	52
2015_2016	0.75	52
2016_2017	0.63	52
2017_2018	0.91	50
2018_2019	1.35	45
2019_2020	0.89	45
2020_2021	1.01	47
2021_2022	1.10	45
2022_2023	0.80	44
2023_2024	0.70	43
2024_2025	1.96	38
2025_2026	0.65	39
2026_2027	0.85	40

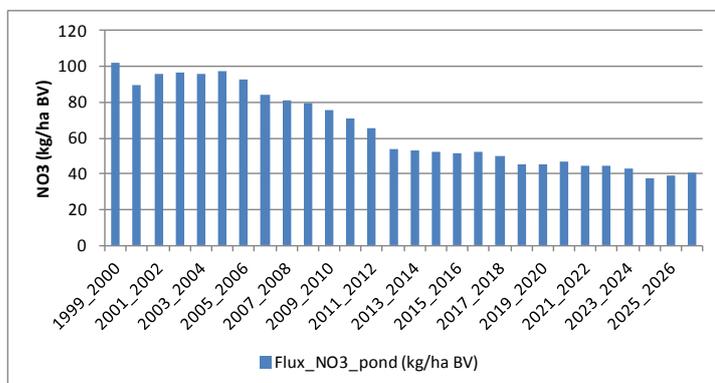


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	95.9	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	73.0	-23.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	51.5	-46.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	39.1	-59.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	86.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	46.6	-46.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	39.1	-54.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	81.3	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	51.5	-36.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	39.1	-51.9

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.40	0.90	1.78	1.44	25.8	43.5	22.2	10.9
2000_2001	2.40	2.11	1.70	1.00	23.8	35.9	19.7	10.1
2001_2002	0.37	0.70	0.79	0.89	25.2	37.9	21.6	10.8
2002_2003	1.05	0.95	0.57	0.57	24.0	39.3	23.4	11.4
2003_2004	0.34	0.80	0.95	1.21	26.1	38.8	21.6	10.0
2004_2005	0.75	0.56	0.62	0.69	24.7	39.9	22.1	10.8
2005_2006	0.74	0.99	1.02	0.76	24.0	37.6	21.0	10.4
2006_2007	1.02	1.37	1.28	2.26	22.2	34.6	18.9	8.5
2007_2008	0.57	0.88	1.11	1.27	22.2	32.6	18.0	8.8
2008_2009	1.28	1.00	0.82	0.77	20.2	32.2	18.6	9.1
2009_2010	1.21	1.21	0.87	0.83	19.1	30.8	17.5	8.3
2010_2011	1.30	0.74	0.47	0.53	17.5	29.7	17.2	8.1
2011_2012	0.38	0.39	1.40	1.28	18.0	29.1	13.6	6.9
2012_2013	2.35	2.10	1.69	0.99	14.5	21.7	11.6	5.9
2013_2014	0.37	0.70	0.79	0.89	14.5	20.9	12.0	5.9
2014_2015	1.05	0.95	0.57	0.57	13.1	21.2	12.7	6.2
2015_2016	0.34	0.80	0.95	1.20	14.3	21.0	11.6	5.4
2016_2017	0.75	0.56	0.62	0.69	13.1	21.1	11.9	5.9
2017_2018	0.75	0.99	1.02	0.75	12.9	20.2	11.3	5.5
2018_2019	1.02	1.37	1.29	2.26	12.0	18.7	10.0	4.5
2019_2020	0.57	0.88	1.11	1.27	12.1	18.1	10.0	4.9
2020_2021	1.29	1.00	0.82	0.77	11.7	18.8	11.0	5.4
2021_2022	1.22	1.21	0.87	0.83	11.5	18.3	10.4	4.9
2022_2023	1.30	0.74	0.47	0.53	10.9	18.5	10.8	5.1
2023_2024	0.38	0.39	1.39	1.28	11.8	19.0	8.9	4.5
2024_2025	2.36	2.10	1.69	0.99	10.1	15.3	8.3	4.2
2025_2026	0.37	0.70	0.79	0.90	10.5	15.5	8.9	4.5
2026_2027	1.05	0.94	0.57	0.57	10.1	16.3	9.8	4.7

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	24.7	39.2	21.7	10.8	32.5	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	18.7	30.5	16.7	8.1	24.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	13.3	20.9	11.9	5.7	17.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.2	15.7	9.0	4.5	13.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	22.5	35.5	19.7	9.5	29.2	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	12.2	19.0	10.6	5.2	15.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.2	15.7	9.0	4.5	13.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	22.2	32.6	18.0	8.8	26.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	13.3	20.9	11.9	5.7	17.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.6	16.5	9.0	4.5	13.5	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-24.3	-22.2	-23.0	-24.8	-23.6	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-46.0	-46.7	-45.4	-46.7	-45.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-58.6	-59.9	-58.5	-58.6	-58.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-45.9	-46.6	-46.0	-45.9	-46.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-54.6	-55.8	-54.1	-53.3	-53.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-39.8	-36.0	-34.1	-34.3	-34.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-52.1	-49.3	-50.1	-48.9	-49.7	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	91.9
2000_2001	85.3
2001_2002	88.7
2002_2003	92.9
2003_2004	87.3
2004_2005	89.4
2005_2006	86.4
2006_2007	78.1
2007_2008	75.2
2008_2009	74.5
2009_2010	69.9
2010_2011	67.0
2011_2012	67.1
2012_2013	49.3
2013_2014	49.2
2014_2015	50.6
2015_2016	48.4
2016_2017	48.5
2017_2018	45.8
2018_2019	41.6
2019_2020	41.5
2020_2021	44.2
2021_2022	41.1
2022_2023	42.2
2023_2024	43.4
2024_2025	35.2
2025_2026	36.7
2026_2027	38.5

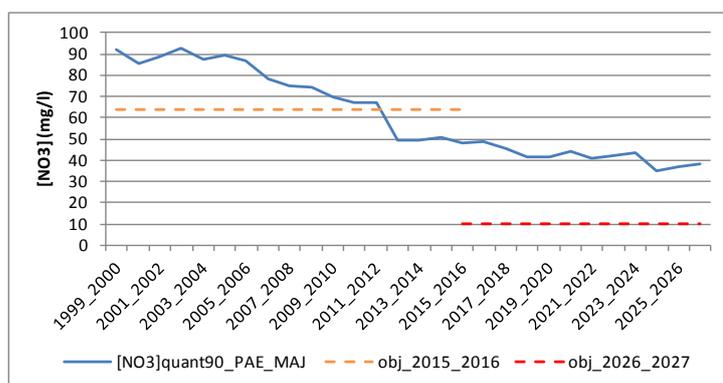
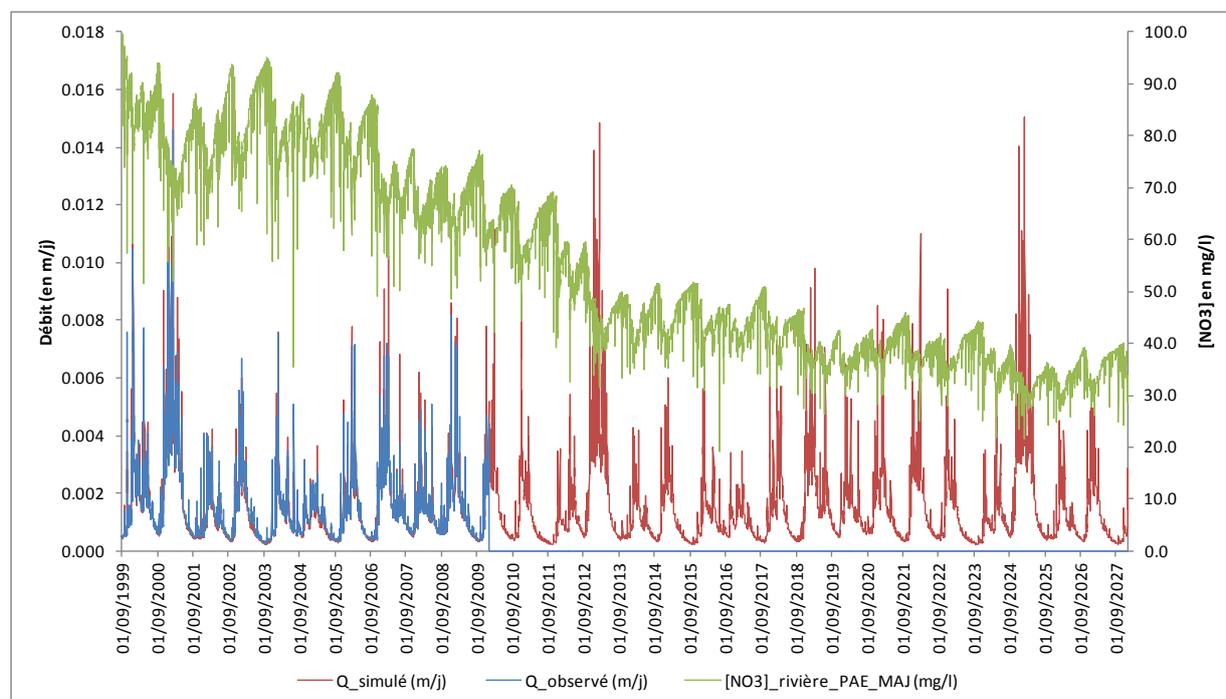


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-9 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Quillimadec

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2004-2012 et 2013-2027

	2004_2012	2013_2027 PAE
sorties	N_denit_reseau	0.0
	N_res_hydro	50.4
	N_denit	6.3
	N_volat	10.1
	N_exp_cult	150.4
sorties_tot	217.2	198.3
var_stock_tot	-15.0	-6.8
entrees_tot	N_atmo	5.1
	N_fix	10.1
	N_ferti_min	48.6
	N_ferti_org	94.8
	N_resti_pât	43.7
entrees_tot	202.2	191.6

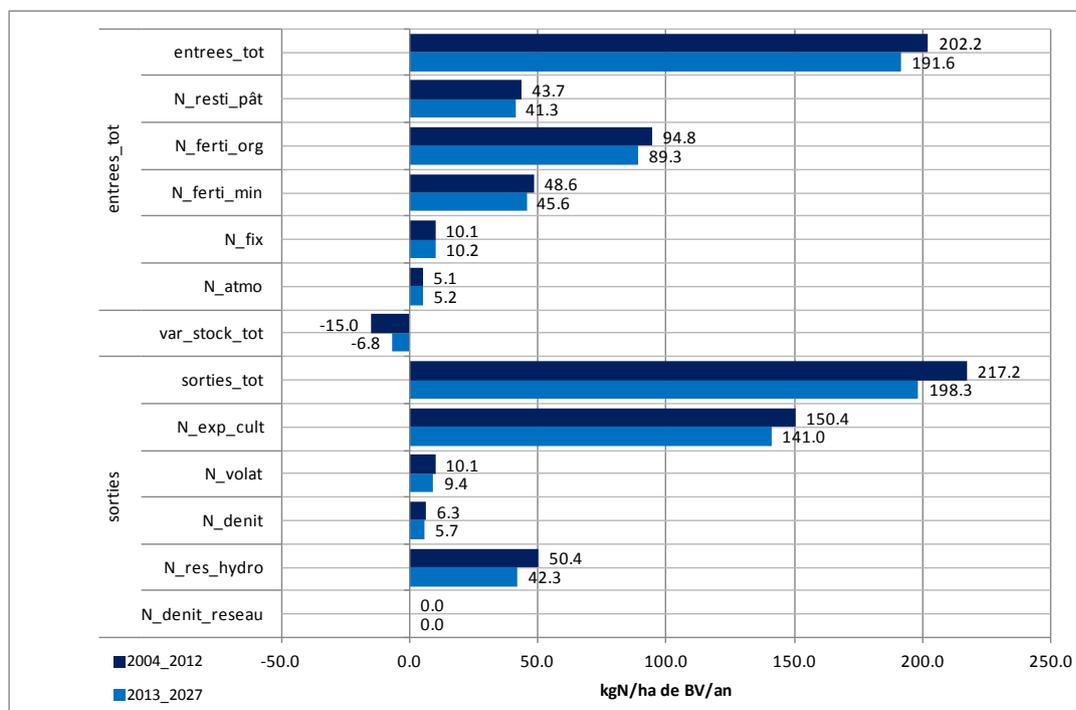


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2003_2004	0.92	65
2004_2005	0.66	66
2005_2006	0.92	60
2006_2007	1.37	55
2007_2008	0.81	56
2008_2009	0.91	52
2009_2010	1.06	48
2010_2011	0.94	46
2011_2012	0.78	44
2012_2013	1.76	39
2013_2014	0.90	43
2014_2015	1.05	40
2015_2016	0.92	42
2016_2017	0.66	44
2017_2018	0.92	43
2018_2019	1.38	41
2019_2020	0.82	43
2020_2021	0.91	42
2021_2022	1.06	41
2022_2023	0.94	40
2023_2024	0.78	39
2024_2025	1.77	36
2025_2026	0.90	39
2026_2027	1.05	37

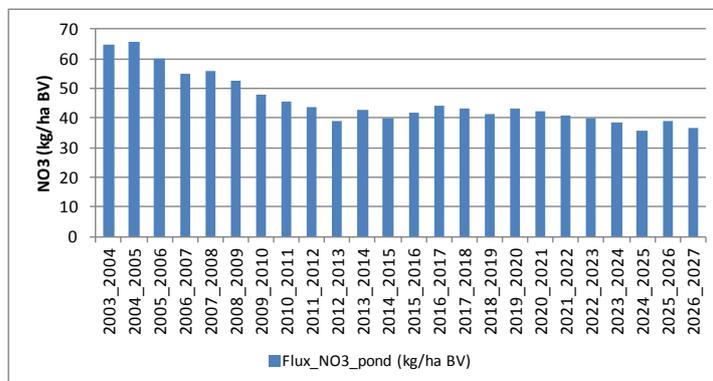


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	56.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	42.3	-24.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	37.2	-33.6

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2003_2004	0.74	0.92	0.95	1.10	14.6	22.3	17.1	10.8
2004_2005	0.80	0.57	0.65	0.70	14.7	23.1	16.9	11.1
2005_2006	0.82	0.88	1.05	0.92	13.7	20.4	15.6	10.4
2006_2007	1.26	1.43	1.30	1.54	12.3	18.9	14.6	9.2
2007_2008	0.80	0.74	0.84	0.96	13.2	19.2	14.3	9.3
2008_2009	0.92	0.94	0.89	0.87	11.9	17.8	13.7	9.0
2009_2010	1.03	1.10	1.02	1.06	10.7	16.3	12.7	8.0
2010_2011	1.27	0.94	0.73	0.78	10.0	15.7	12.3	7.9
2011_2012	0.74	0.57	0.96	1.01	9.9	16.1	10.7	7.1
2012_2013	1.57	2.00	1.87	1.36	8.4	13.2	10.6	7.2
2013_2014	0.90	0.83	0.93	0.99	9.9	14.6	10.9	7.2
2014_2015	1.19	1.15	0.91	0.84	8.5	13.5	10.8	7.3
2015_2016	0.74	0.92	0.95	1.10	9.3	14.3	11.1	7.0
2016_2017	0.80	0.57	0.65	0.70	9.7	15.4	11.5	7.5
2017_2018	0.82	0.88	1.05	0.92	9.5	14.7	11.4	7.5
2018_2019	1.26	1.43	1.30	1.54	9.1	14.2	11.1	7.0
2019_2020	0.80	0.74	0.84	0.96	10.0	14.7	11.1	7.2
2020_2021	0.92	0.94	0.89	0.86	9.4	14.3	11.2	7.4
2021_2022	1.03	1.10	1.02	1.06	9.0	13.9	11.0	6.9
2022_2023	1.28	0.94	0.73	0.78	8.7	13.8	10.8	6.9
2023_2024	0.74	0.57	0.96	1.01	8.7	14.2	9.6	6.3
2024_2025	1.58	2.00	1.87	1.36	7.6	12.1	9.8	6.6
2025_2026	0.90	0.83	0.93	0.99	8.9	13.3	10.0	6.6
2026_2027	1.19	1.15	0.91	0.84	7.8	12.6	10.1	6.8

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	13.2	19.2	14.3	9.3	23.6	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.3	14.5	11.2	7.3	18.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.3	13.0	9.9	6.5	16.4	

Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-29.7	-24.4	-21.7	-20.9	-21.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-37.4	-31.9	-31.2	-29.4	-30.5	

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
2003_2004	76.1
2004_2005	76.0
2005_2006	70.5
2006_2007	64.3
2007_2008	64.9
2008_2009	61.7
2009_2010	56.4
2010_2011	53.9
2011_2012	53.2
2012_2013	48.8
2013_2014	49.2
2014_2015	48.9
2015_2016	49.5
2016_2017	51.9
2017_2018	50.6
2018_2019	48.8
2019_2020	49.9
2020_2021	49.9
2021_2022	48.4
2022_2023	47.0
2023_2024	46.4
2024_2025	44.0
2025_2026	44.6
2026_2027	45.3

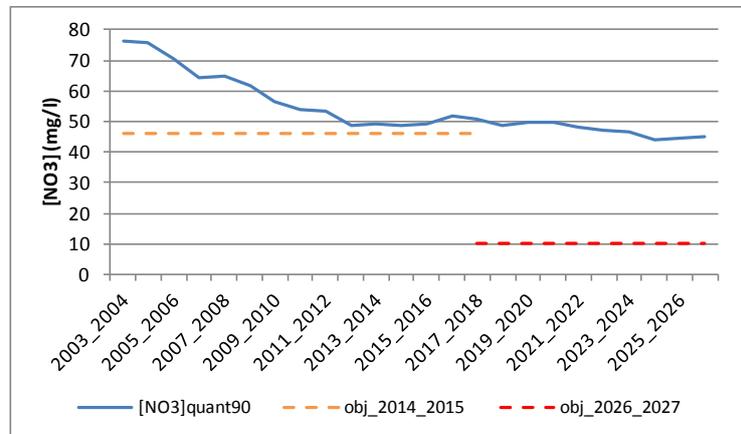
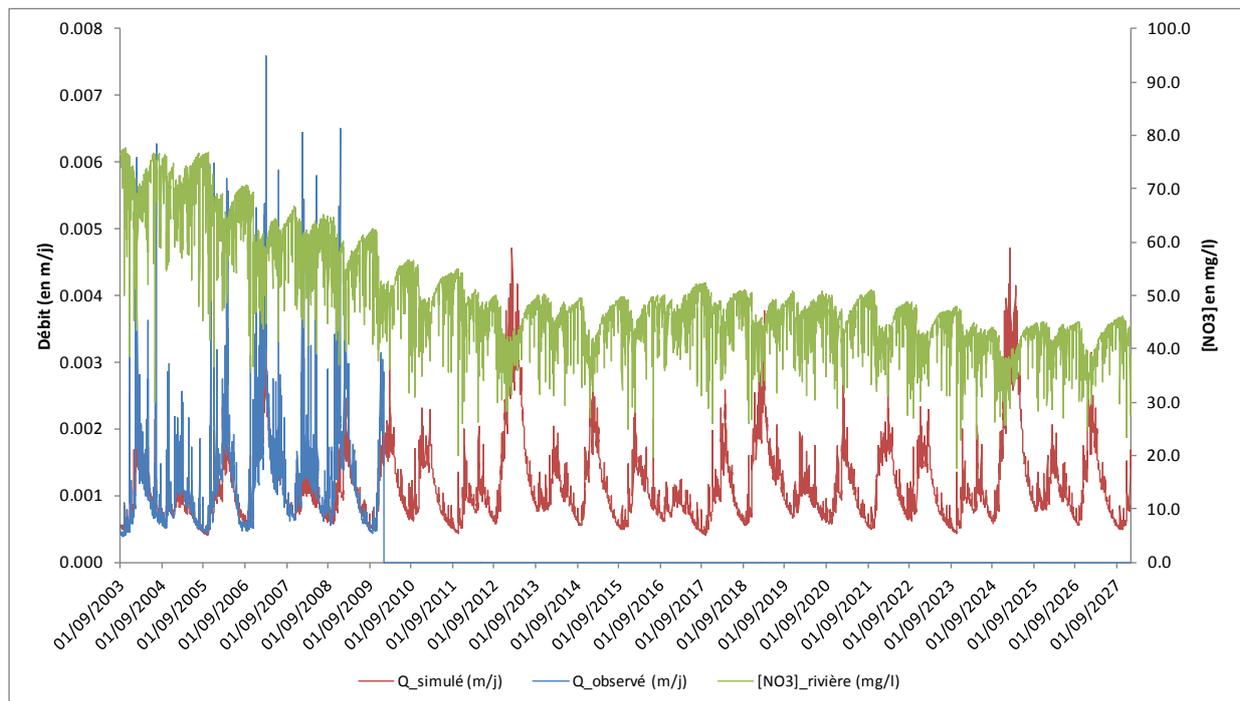


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2003-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027	2024_2027
		PAE	INERTIE
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	45.6	11.8
	N_denit	5.6	1.1
	N_volat	9.1	0.0
	N_exp_cult	135.1	129.1
	sorties_tot	195.4	142.0
var_stock_tot		-8.9	-88.2
entrées	N_atmo	5.3	5.0
	N_fix	10.0	48.8
	N_ferti_min	45.3	0.0
	N_ferti_org	86.4	0.0
	N_resti_pât	39.5	0.0
	entrees_tot	186.5	53.8

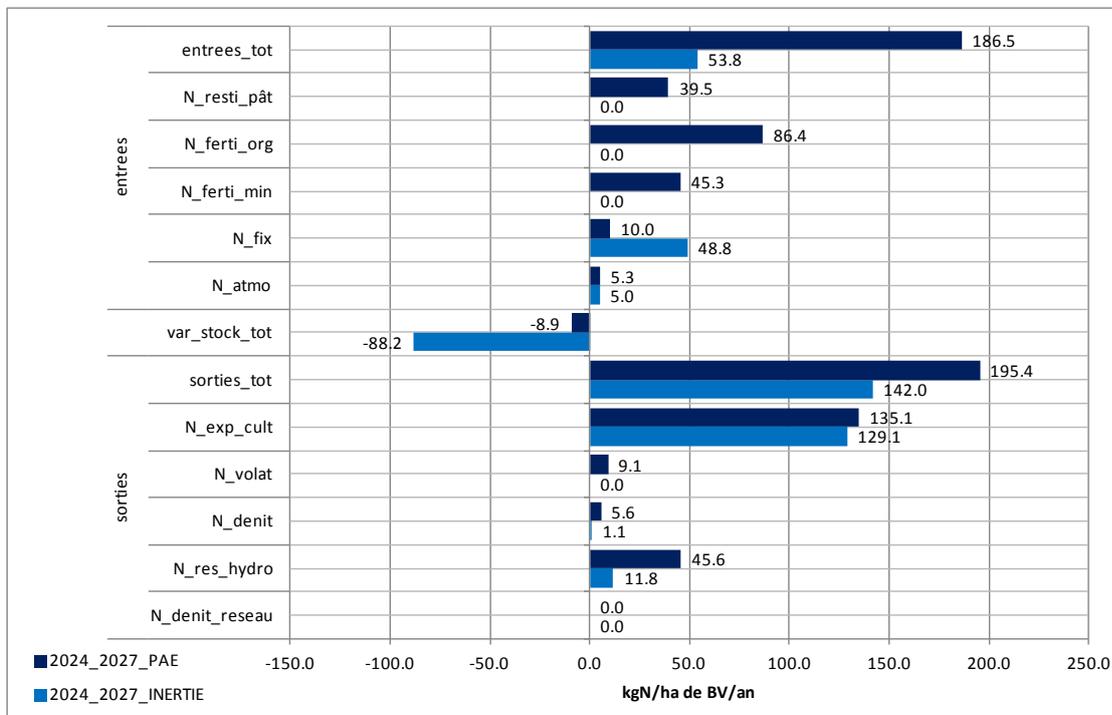


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2003_2004	0.96	62
2004_2005	0.70	62
2005_2006	0.96	57
2006_2007	1.45	52
2007_2008	0.86	53
2008_2009	0.96	50
2009_2010	1.11	45
2010_2011	0.99	43
2011_2012	0.82	41
2012_2013	1.89	37
2013_2014	0.88	37
2014_2015	1.00	31
2015_2016	0.87	27
2016_2017	0.60	25
2017_2018	0.85	23
2018_2019	1.33	20
2019_2020	0.74	19
2020_2021	0.84	17
2021_2022	1.00	15
2022_2023	0.90	13
2023_2024	0.73	12
2024_2025	1.75	10
2025_2026	0.87	10
2026_2027	1.00	9

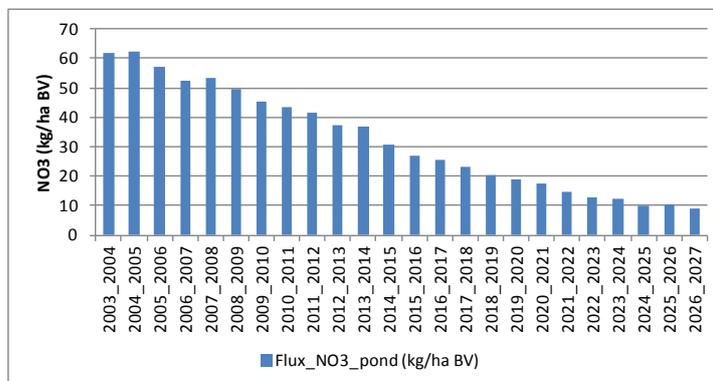


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	53.3	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	26.4	-50.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.8	-81.6

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2003_2004	0.80	0.96	0.99	1.17	13.6	21.4	16.4	10.2
2004_2005	0.85	0.59	0.68	0.74	13.7	22.2	16.2	10.4
2005_2006	0.88	0.91	1.10	0.97	12.8	19.6	14.9	9.8
2006_2007	1.35	1.49	1.36	1.63	11.5	18.2	13.9	8.7
2007_2008	0.85	0.77	0.88	1.02	12.3	18.4	13.7	8.8
2008_2009	0.98	0.98	0.93	0.92	11.2	17.1	13.1	8.5
2009_2010	1.10	1.15	1.07	1.12	10.0	15.6	12.2	7.6
2010_2011	1.36	0.98	0.77	0.82	9.3	15.1	11.8	7.5
2011_2012	0.79	0.59	1.00	1.07	9.3	15.5	10.2	6.7
2012_2013	1.75	2.12	1.97	1.44	8.0	13.0	9.8	6.4
2013_2014	0.92	0.83	0.90	0.92	8.5	13.0	9.5	6.1
2014_2015	1.10	1.11	0.89	0.82	6.8	10.5	8.1	5.2
2015_2016	0.70	0.89	0.91	1.02	6.4	9.4	7.0	4.2
2016_2017	0.72	0.53	0.58	0.62	5.6	9.0	6.5	4.2
2017_2018	0.73	0.81	1.01	0.88	5.0	8.1	6.0	3.9
2018_2019	1.20	1.40	1.28	1.47	4.6	7.4	5.3	3.1
2019_2020	0.75	0.67	0.76	0.85	4.5	6.6	4.8	3.0
2020_2021	0.83	0.88	0.82	0.80	3.9	6.1	4.5	2.9
2021_2022	0.95	1.04	0.98	1.00	3.4	5.2	3.8	2.3
2022_2023	1.20	0.90	0.72	0.77	2.8	4.5	3.6	2.3
2023_2024	0.69	0.53	0.89	0.93	2.8	4.6	2.9	1.9
2024_2025	1.49	1.97	1.89	1.39	2.2	3.5	2.6	1.7
2025_2026	0.89	0.82	0.89	0.91	2.4	3.6	2.6	1.7
2026_2027	1.09	1.10	0.88	0.82	2.0	3.1	2.4	1.7

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	12.3	18.4	13.7	8.8	22.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.9	9.2	6.9	4.4	11.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.3	3.7	2.6	1.8	4.4

Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-51.7	-49.7	-49.7	-49.9	-49.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-80.9	-79.8	-80.7	-79.9	-80.4

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
2003_2004	76.1
2004_2005	76.0
2005_2006	70.5
2006_2007	64.3
2007_2008	64.9
2008_2009	61.7
2009_2010	56.4
2010_2011	53.9
2011_2012	53.2
2012_2013	46.1
2013_2014	45.3
2014_2015	37.7
2015_2016	34.8
2016_2017	31.3
2017_2018	28.5
2018_2019	25.2
2019_2020	24.0
2020_2021	21.7
2021_2022	18.1
2022_2023	16.8
2023_2024	16.6
2024_2025	12.7
2025_2026	13.0
2026_2027	11.9

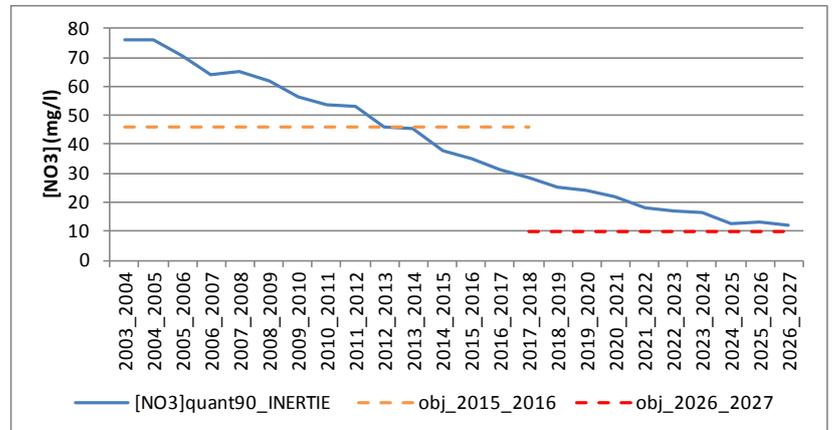
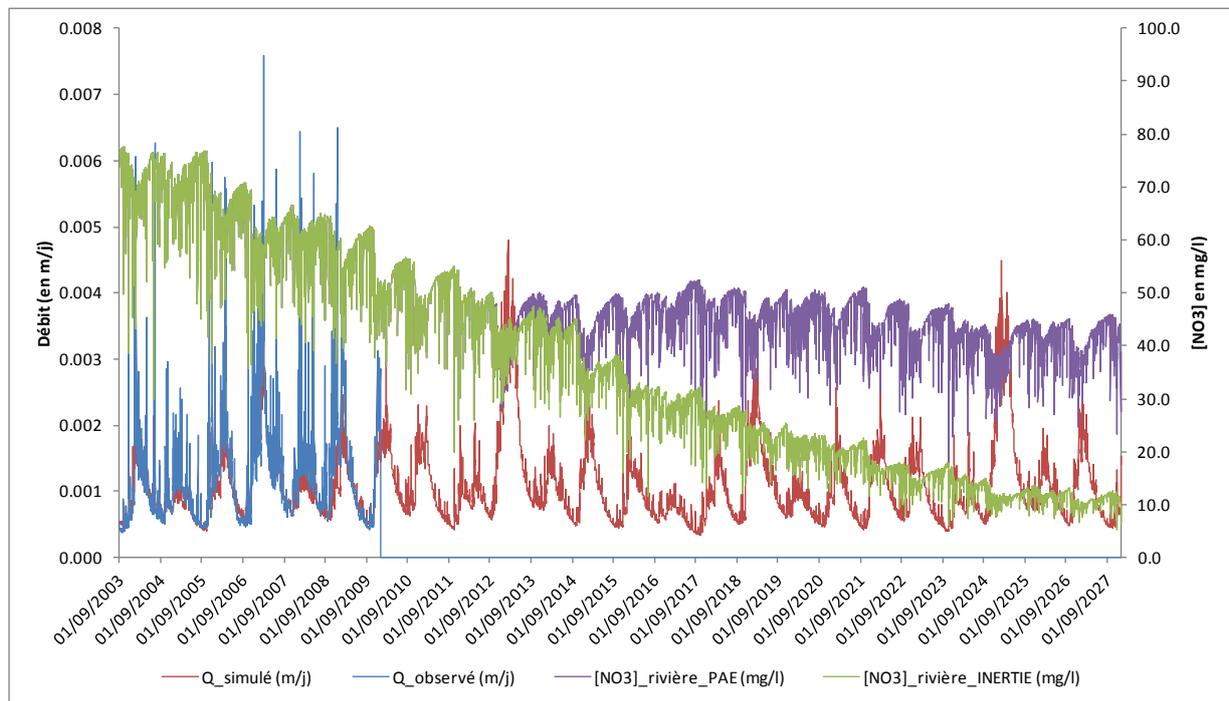


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2003-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	45.6	44.4
	N_denit	5.6	5.5
	N_volat	9.1	9.1
	N_exp_cult	135.1	132.0
	sorties_tot	195.4	191.1
var_stock_tot		-8.9	-11.6
entrées	N_atmo	5.3	5.3
	N_fix	10.0	10.2
	N_ferti_min	45.3	39.6
	N_ferti_org	86.4	85.6
	N_resti_pât	39.5	38.7
	entrees_tot	186.5	179.4

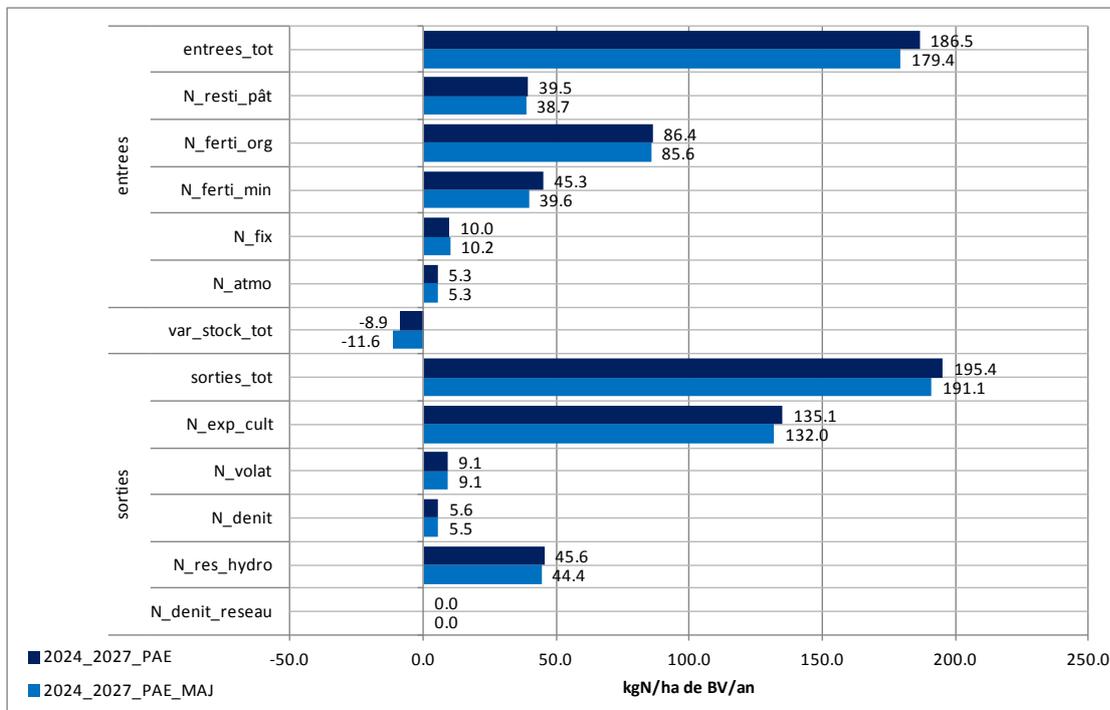


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2003_2004	0.92	65
2004_2005	0.66	66
2005_2006	0.92	60
2006_2007	1.37	55
2007_2008	0.81	56
2008_2009	0.91	52
2009_2010	1.06	48
2010_2011	0.94	46
2011_2012	0.78	44
2012_2013	1.76	39
2013_2014	0.90	43
2014_2015	1.05	40
2015_2016	0.92	42
2016_2017	0.66	45
2017_2018	0.92	44
2018_2019	1.38	41
2019_2020	0.82	43
2020_2021	0.91	42
2021_2022	1.06	40
2022_2023	0.94	39
2023_2024	0.78	38
2024_2025	1.77	35
2025_2026	0.90	38
2026_2027	1.05	36

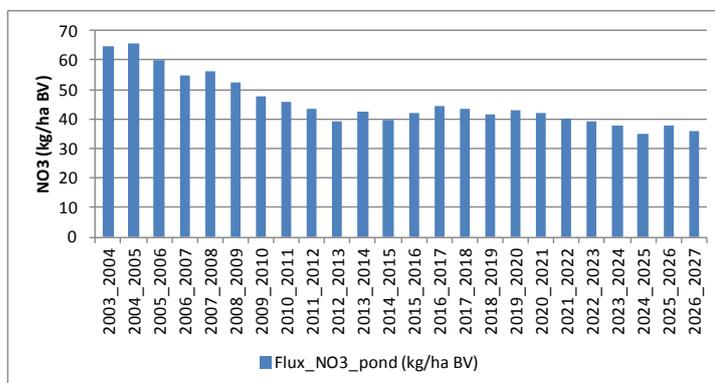


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	56.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	42.4	-24.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	36.2	-35.4

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2003_2004	0.74	0.92	0.95	1.10	14.6	22.3	17.1	10.8
2004_2005	0.80	0.57	0.65	0.70	14.7	23.1	16.9	11.1
2005_2006	0.82	0.88	1.05	0.92	13.7	20.4	15.6	10.4
2006_2007	1.26	1.43	1.30	1.54	12.3	18.9	14.6	9.2
2007_2008	0.80	0.74	0.84	0.96	13.2	19.2	14.3	9.3
2008_2009	0.92	0.94	0.89	0.87	11.9	17.8	13.7	9.0
2009_2010	1.03	1.10	1.02	1.06	10.7	16.3	12.7	8.0
2010_2011	1.27	0.94	0.73	0.78	10.0	15.8	12.3	7.9
2011_2012	0.74	0.57	0.96	1.01	9.9	16.1	10.7	7.1
2012_2013	1.57	2.00	1.87	1.36	8.5	13.2	10.7	7.3
2013_2014	0.90	0.83	0.93	0.99	9.9	14.6	10.8	7.2
2014_2015	1.19	1.15	0.91	0.84	8.5	13.4	10.8	7.3
2015_2016	0.74	0.92	0.95	1.10	9.3	14.4	11.2	7.1
2016_2017	0.80	0.57	0.65	0.70	9.8	15.6	11.6	7.6
2017_2018	0.82	0.88	1.05	0.92	9.6	14.9	11.5	7.5
2018_2019	1.26	1.43	1.30	1.54	9.1	14.3	11.1	7.0
2019_2020	0.80	0.74	0.84	0.96	9.9	14.6	11.0	7.2
2020_2021	0.92	0.94	0.89	0.86	9.3	14.2	11.1	7.3
2021_2022	1.03	1.10	1.02	1.06	8.9	13.8	10.9	6.9
2022_2023	1.28	0.94	0.73	0.78	8.6	13.6	10.7	6.8
2023_2024	0.74	0.57	0.96	1.01	8.6	14.0	9.4	6.2
2024_2025	1.58	2.00	1.87	1.36	7.4	11.8	9.5	6.4
2025_2026	0.90	0.83	0.93	0.99	8.7	12.9	9.7	6.4
2026_2027	1.19	1.15	0.92	0.84	7.6	12.2	9.8	6.6

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	13.2	19.2	14.3	9.3	23.6	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.3	14.6	11.3	7.4	18.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.1	12.7	9.6	6.4	16.0	

Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-29.5	-24.0	-21.4	-20.5	-21.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-38.7	-33.5	-32.9	-31.1	-32.2	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
2003_2004	76.1
2004_2005	76.0
2005_2006	70.5
2006_2007	64.3
2007_2008	64.9
2008_2009	61.7
2009_2010	56.4
2010_2011	53.9
2011_2012	53.3
2012_2013	49.0
2013_2014	49.1
2014_2015	48.7
2015_2016	49.6
2016_2017	52.3
2017_2018	50.9
2018_2019	48.7
2019_2020	49.7
2020_2021	49.8
2021_2022	48.1
2022_2023	46.5
2023_2024	45.8
2024_2025	42.8
2025_2026	43.4
2026_2027	44.1

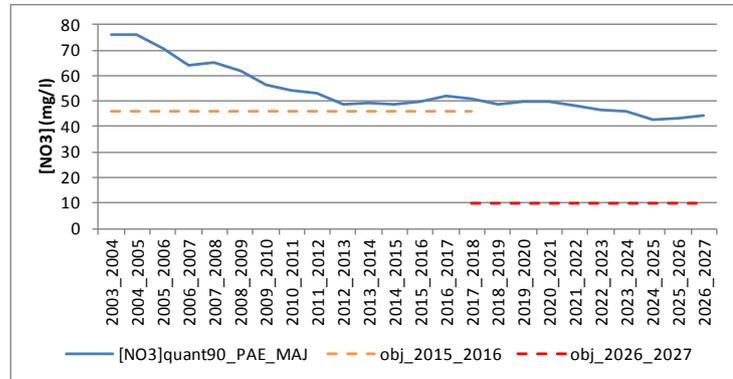
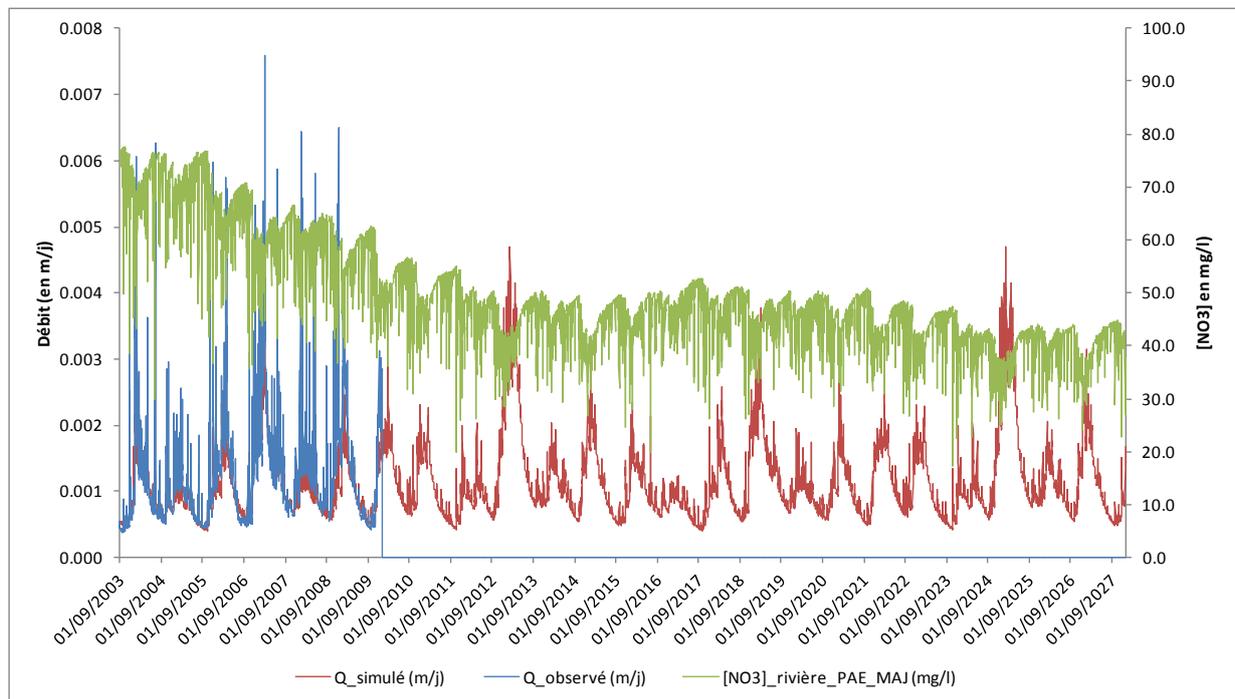


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2003-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	0.0	0.0
	N_res_hydro	44.4	42.6
	N_denit	5.5	5.6
	N_volat	9.1	8.8
	N_exp_cult	132.0	128.3
	sorties_tot	191.1	185.4
var_stock_tot		-11.6	-16.1
entrées	N_atmo	5.3	5.3
	N_fix	10.2	11.9
	N_ferti_min	39.6	31.3
	N_ferti_org	85.6	84.6
	N_resti_pât	38.7	36.2
	entrees_tot	179.4	169.3

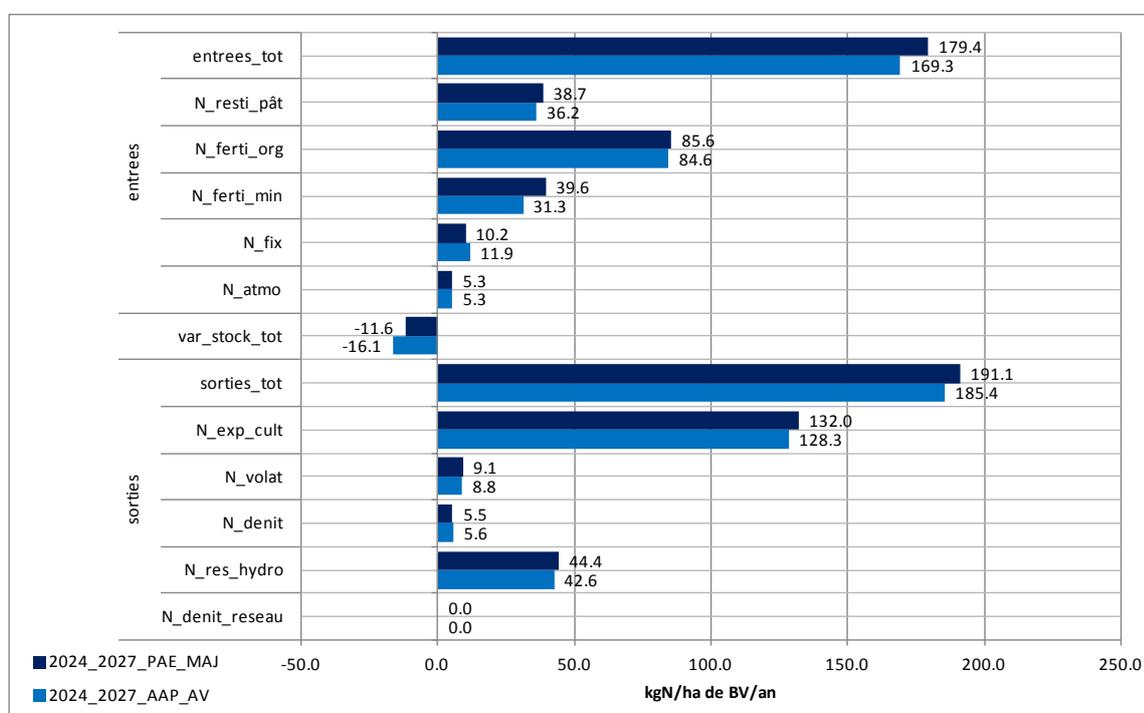


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
2003_2004	0.92	65
2004_2005	0.66	66
2005_2006	0.92	60
2006_2007	1.38	55
2007_2008	0.81	56
2008_2009	0.91	52
2009_2010	1.06	48
2010_2011	0.94	46
2011_2012	0.78	44
2012_2013	1.77	39
2013_2014	0.90	42
2014_2015	1.05	39
2015_2016	0.91	41
2016_2017	0.66	43
2017_2018	0.91	42
2018_2019	1.37	41
2019_2020	0.81	42
2020_2021	0.91	40
2021_2022	1.05	39
2022_2023	0.94	38
2023_2024	0.78	36
2024_2025	1.77	34
2025_2026	0.90	36
2026_2027	1.05	34

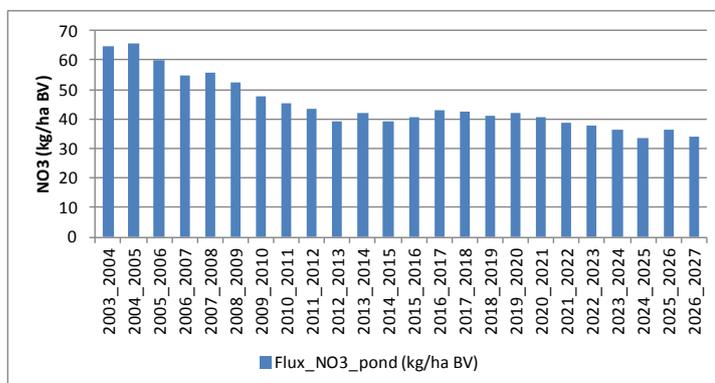


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	55.9	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	41.4	-26.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	34.7	-38.0

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
2003_2004	0.75	0.92	0.95	1.10	14.5	22.3	17.1	10.8
2004_2005	0.80	0.57	0.65	0.70	14.6	23.1	16.9	11.0
2005_2006	0.83	0.88	1.05	0.92	13.6	20.4	15.6	10.3
2006_2007	1.26	1.43	1.30	1.54	12.3	18.9	14.5	9.2
2007_2008	0.80	0.74	0.84	0.96	13.1	19.1	14.3	9.3
2008_2009	0.92	0.94	0.89	0.87	11.9	17.8	13.7	9.0
2009_2010	1.03	1.10	1.03	1.06	10.7	16.3	12.7	8.0
2010_2011	1.28	0.94	0.73	0.78	10.0	15.7	12.3	7.9
2011_2012	0.74	0.57	0.96	1.01	9.9	16.1	10.7	7.1
2012_2013	1.58	2.00	1.87	1.36	8.4	13.2	10.6	7.3
2013_2014	0.90	0.83	0.93	0.99	9.9	14.4	10.7	7.1
2014_2015	1.18	1.15	0.91	0.84	8.4	13.3	10.6	7.1
2015_2016	0.74	0.92	0.95	1.10	9.1	13.9	10.9	6.9
2016_2017	0.80	0.57	0.65	0.70	9.5	15.1	11.1	7.3
2017_2018	0.82	0.87	1.05	0.92	9.3	14.5	11.1	7.4
2018_2019	1.26	1.43	1.30	1.54	9.0	14.2	10.9	6.9
2019_2020	0.80	0.74	0.84	0.96	9.8	14.4	10.7	6.9
2020_2021	0.92	0.94	0.89	0.86	9.0	13.8	10.7	7.0
2021_2022	1.03	1.10	1.02	1.05	8.6	13.2	10.3	6.6
2022_2023	1.27	0.94	0.73	0.78	8.2	13.0	10.2	6.6
2023_2024	0.73	0.57	0.96	1.01	8.3	13.4	8.9	6.0
2024_2025	1.58	2.00	1.87	1.36	7.1	11.3	9.2	6.2
2025_2026	0.90	0.83	0.93	0.99	8.4	12.4	9.3	6.1
2026_2027	1.19	1.15	0.92	0.84	7.3	11.6	9.3	6.3

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	13.1	19.1	14.3	9.3	23.6	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.1	14.2	10.9	7.2	18.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.8	12.2	9.2	6.1	15.3	

Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-30.8	-25.7	-23.6	-22.5	-23.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-40.7	-36.3	-35.9	-33.6	-35.0	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
2003_2004	76.1
2004_2005	76.0
2005_2006	70.5
2006_2007	64.3
2007_2008	64.9
2008_2009	61.7
2009_2010	56.4
2010_2011	53.9
2011_2012	53.3
2012_2013	48.9
2013_2014	48.9
2014_2015	47.8
2015_2016	48.4
2016_2017	50.4
2017_2018	50.0
2018_2019	47.9
2019_2020	48.6
2020_2021	47.8
2021_2022	46.0
2022_2023	44.8
2023_2024	44.2
2024_2025	41.9
2025_2026	41.9
2026_2027	41.9

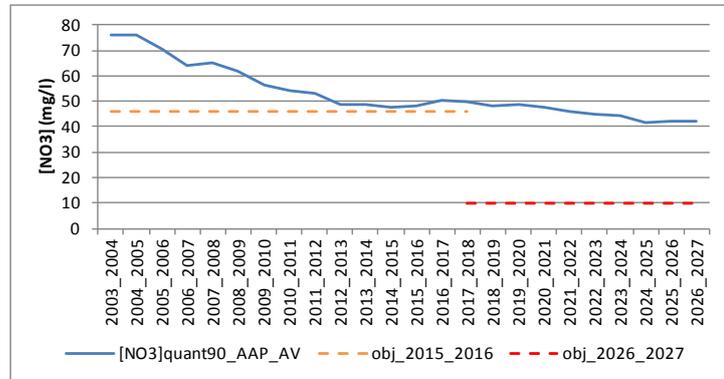
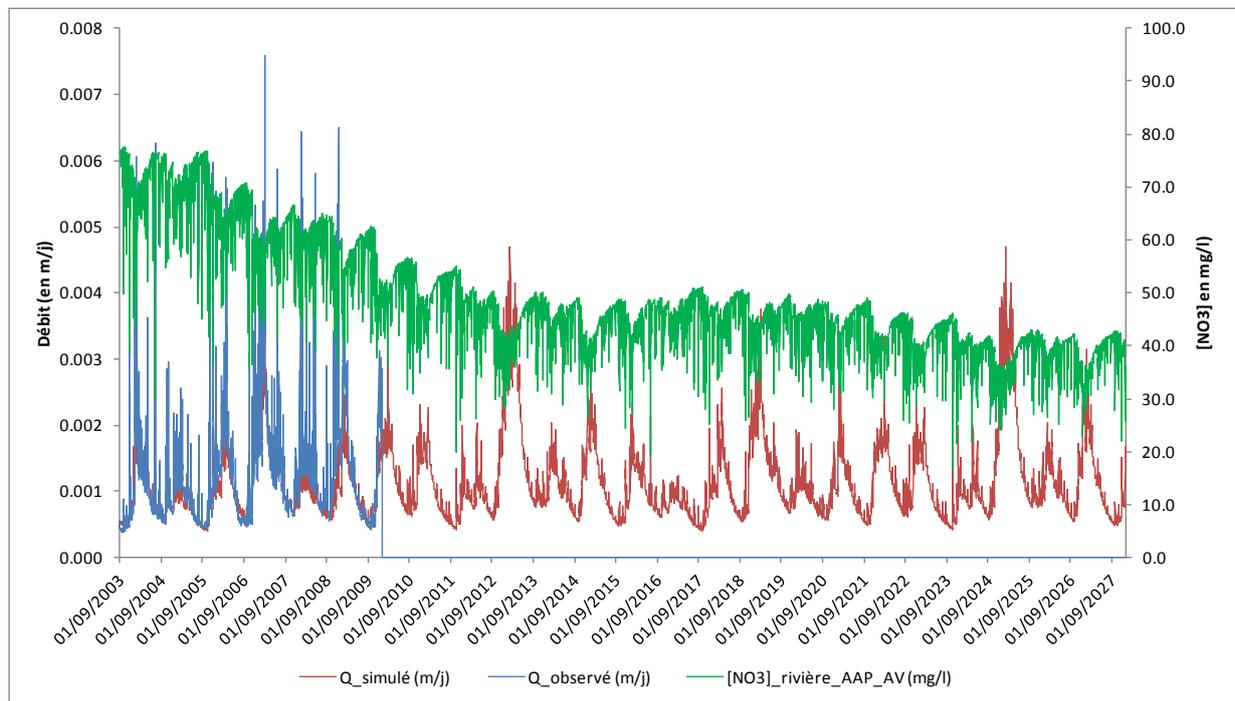


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2003-2027



Annexe 15-10 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Kerharo

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	5.6	4.5
	N_res_hydro	33.2	28.4
	N_denit	14.5	12.3
	N_volat	10.4	9.8
	N_exp_cult	118.6	112.8
	sorties_tot	182.2	167.8
var_stock_tot	2.5	8.3	
entrees_tot	N_atmo	7.8	7.9
	N_fix	5.4	6.4
	N_ferti_min	37.0	37.2
	N_ferti_org	106.4	96.3
	N_resti_pât	28.1	28.2
	entrees_tot	184.7	176.0

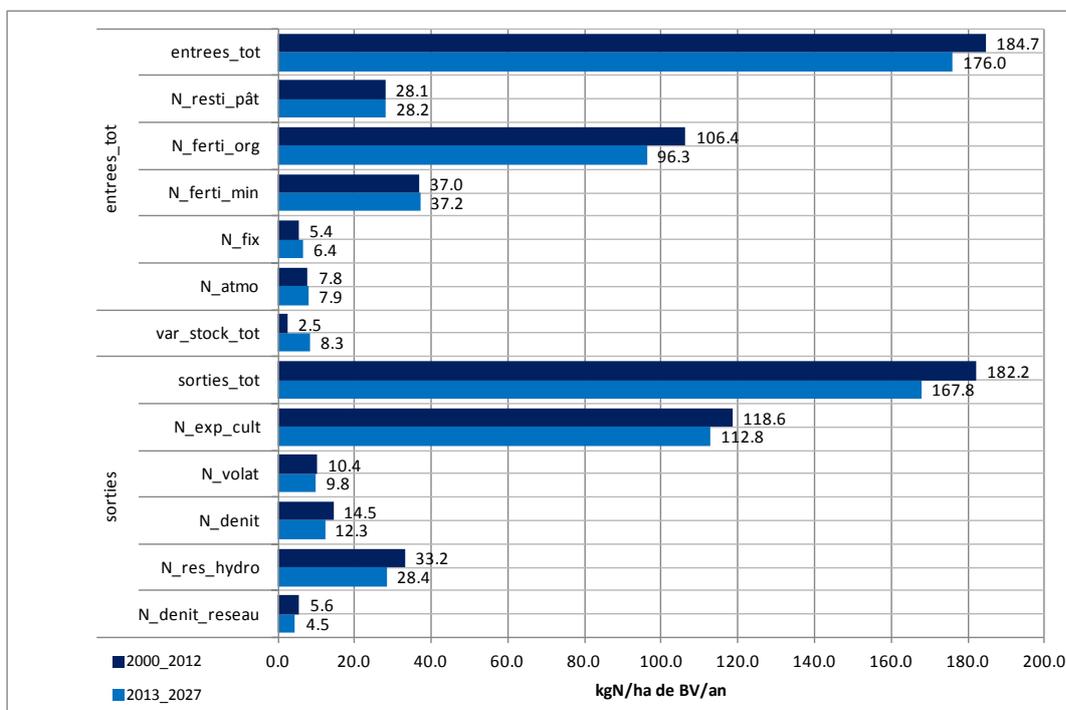


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.09	40
2000_2001	2.09	32
2001_2002	0.76	40
2002_2003	1.18	35
2003_2004	0.66	37
2004_2005	0.40	39
2005_2006	0.77	39
2006_2007	1.23	36
2007_2008	0.79	37
2008_2009	1.00	32
2009_2010	1.12	29
2010_2011	0.72	28
2011_2012	0.73	30
2012_2013	2.08	23
2013_2014	0.76	29
2014_2015	1.18	27
2015_2016	0.66	32
2016_2017	0.40	32
2017_2018	0.77	33
2018_2019	1.23	31
2019_2020	0.80	34
2020_2021	1.00	30
2021_2022	1.13	27
2022_2023	0.72	26
2023_2024	0.73	28
2024_2025	2.08	22
2025_2026	0.76	29
2026_2027	1.18	26

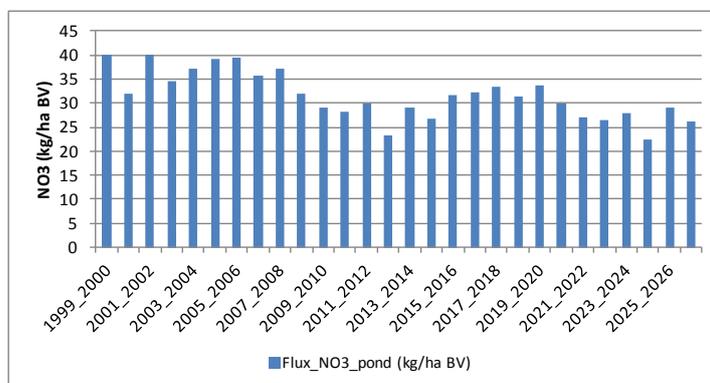


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	36.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	29.8	-18.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	31.0	-15.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	25.9	-29.4
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	35.0	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	28.7	-17.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	25.9	-25.9
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	37.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	31.0	-16.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	25.9	-30.3

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.09	0.84	1.90	1.35	11.9	18.7	6.9	1.5
2000_2001	2.42	2.05	1.90	0.60	11.2	13.8	5.6	0.9
2001_2002	0.38	0.82	1.20	1.45	11.6	18.7	6.8	1.6
2002_2003	1.79	1.08	0.36	0.38	12.4	15.7	4.3	0.6
2003_2004	0.36	0.84	0.66	0.78	11.6	18.3	6.3	1.1
2004_2005	0.42	0.34	0.52	0.52	12.6	19.9	6.1	0.8
2005_2006	0.66	0.77	1.10	0.46	12.3	19.7	6.1	0.6
2006_2007	1.02	1.30	0.90	3.11	12.7	16.2	5.3	1.6
2007_2008	0.30	0.93	1.18	1.67	11.5	17.7	6.2	1.3
2008_2009	0.93	1.13	0.80	0.67	11.9	14.1	5.5	0.9
2009_2010	1.32	1.14	0.75	0.69	10.3	13.4	4.2	0.8
2010_2011	1.00	0.70	0.26	0.44	9.8	13.7	3.0	0.6
2011_2012	0.58	0.50	1.68	1.30	8.0	13.5	5.3	1.1
2012_2013	2.41	2.05	1.90	0.59	8.3	9.7	4.2	0.6
2013_2014	0.37	0.82	1.21	1.46	8.8	13.5	4.9	1.2
2014_2015	1.79	1.08	0.36	0.37	9.6	12.2	3.3	0.5
2015_2016	0.36	0.84	0.66	0.79	9.9	15.6	5.3	0.9
2016_2017	0.42	0.34	0.51	0.53	10.4	16.1	5.0	0.6
2017_2018	0.65	0.78	1.10	0.46	10.5	16.4	5.3	0.6
2018_2019	1.02	1.30	0.90	3.11	11.3	14.1	4.8	1.4
2019_2020	0.30	0.93	1.18	1.70	10.1	16.0	5.7	1.3
2020_2021	0.94	1.13	0.81	0.68	11.6	12.9	5.1	0.9
2021_2022	1.32	1.14	0.75	0.71	9.7	12.3	4.0	0.8
2022_2023	0.99	0.70	0.26	0.43	9.2	12.9	2.7	0.5
2023_2024	0.58	0.51	1.68	1.31	7.6	12.5	5.0	1.0
2024_2025	2.41	2.05	1.90	0.59	8.2	9.3	4.1	0.6
2025_2026	0.37	0.82	1.21	1.46	8.7	13.4	5.0	1.2
2026_2027	1.79	1.08	0.36	0.38	9.6	11.5	3.2	0.4

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	11.8	16.7	5.9	1.1	7.0
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.0	13.7	4.5	0.8	5.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.1	15.1	4.7	0.6	5.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.9	11.4	4.1	0.7	4.8
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.4	16.4	5.5	1.0	6.5
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	9.6	13.2	4.5	0.8	5.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.9	11.4	4.1	0.7	4.8
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	11.5	17.7	6.2	1.3	7.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.1	15.1	4.7	0.6	5.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.5	11.7	4.3	0.8	5.1
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-15.1	-18.3	-23.6	-26.2	-24.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-14.3	-9.8	-19.8	-44.3	-23.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-24.9	-32.0	-31.0	-35.6	-31.8
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-15.8	-19.4	-18.5	-19.3	-18.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-22.1	-30.7	-26.2	-27.9	-26.4
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-11.8	-14.8	-23.2	-52.4	-28.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-25.5	-34.1	-30.4	-39.9	-32.1

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	49.9
2000_2001	41.8
2001_2002	49.8
2002_2003	41.3
2003_2004	45.3
2004_2005	43.5
2005_2006	44.1
2006_2007	42.4
2007_2008	44.1
2008_2009	40.9
2009_2010	33.2
2010_2011	31.9
2011_2012	38.6
2012_2013	31.2
2013_2014	36.3
2014_2015	31.8
2015_2016	37.9
2016_2017	35.5
2017_2018	38.3
2018_2019	37.8
2019_2020	40.9
2020_2021	38.9
2021_2022	30.8
2022_2023	29.5
2023_2024	35.7
2024_2025	30.4
2025_2026	35.8
2026_2027	31.4

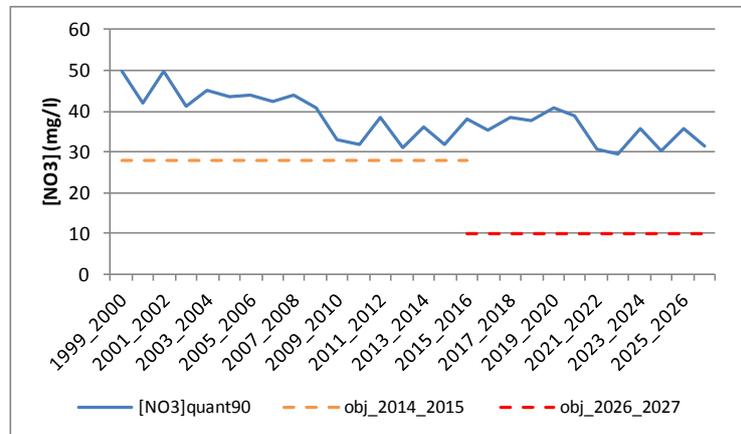
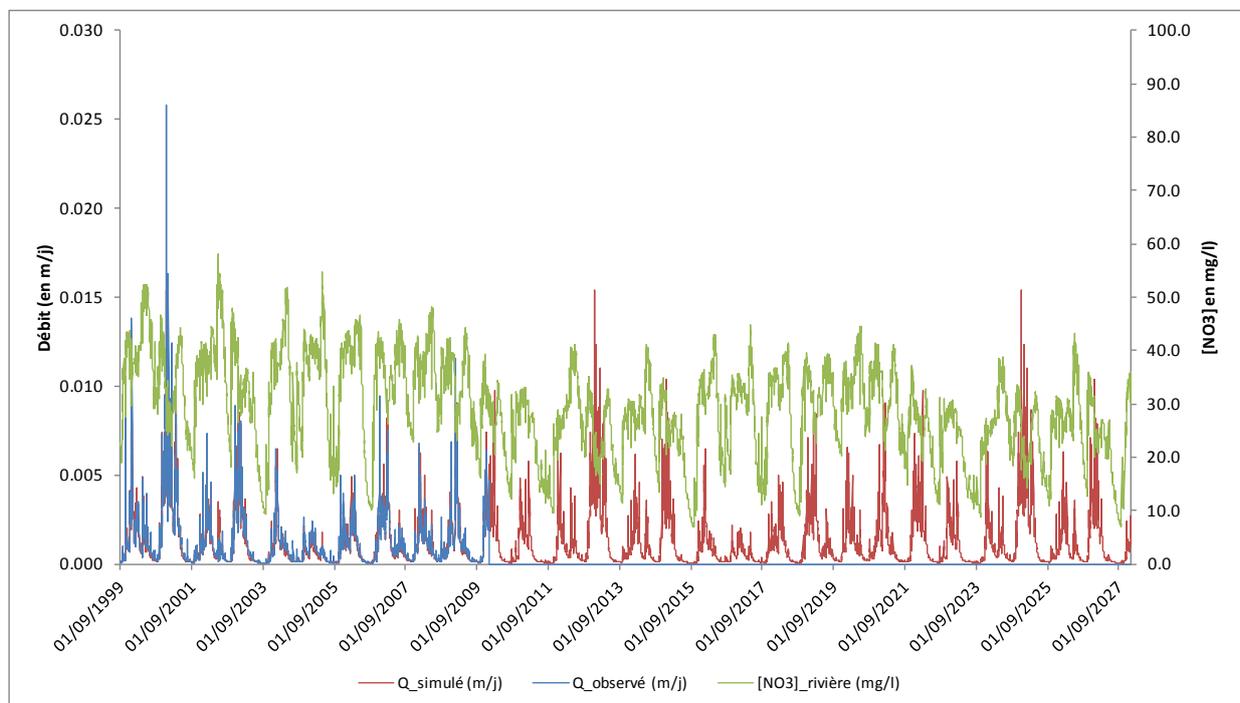


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	4.0	0.3
	N_res_hydro	33.3	3.7
	N_denit	12.2	0.6
	N_volat	9.8	0.0
	N_exp_cult	106.4	87.1
	sorties_tot	165.7	91.7
var_stock_tot		11.4	-65.4
entrées	N_atmo	8.3	7.7
	N_fix	6.5	18.6
	N_ferti_min	37.1	0.0
	N_ferti_org	96.5	0.0
	N_resti_pât	28.7	0.0
	entrees_tot	177.0	26.3

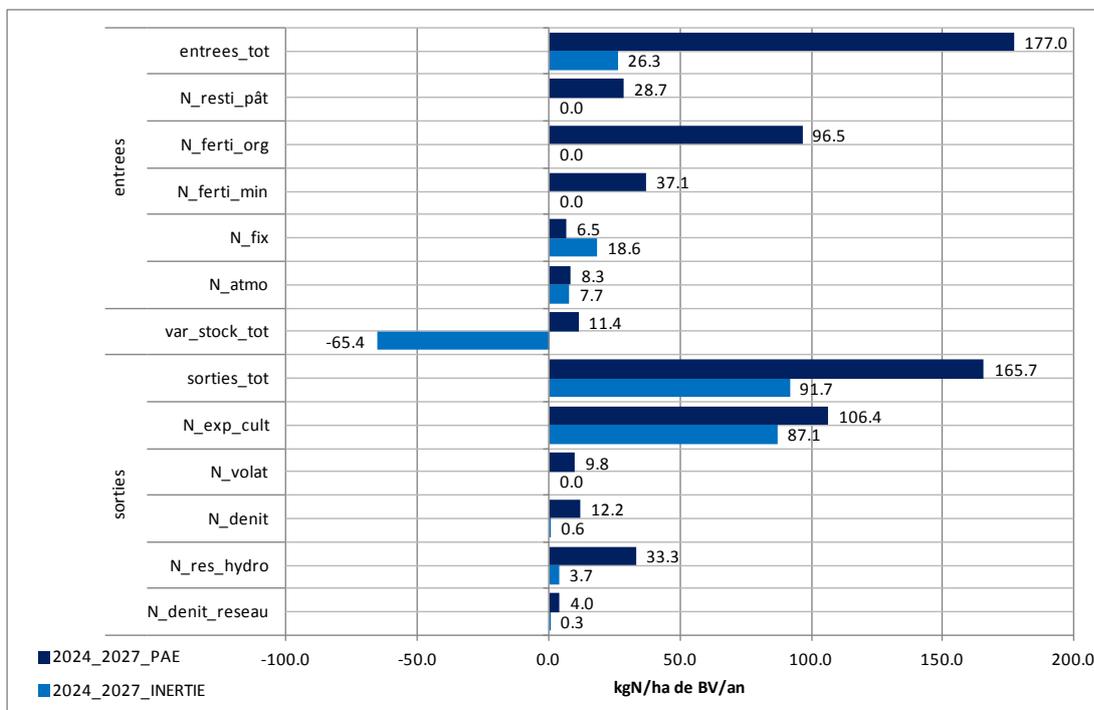


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.12	39
2000_2001	2.15	31
2001_2002	0.78	39
2002_2003	1.21	34
2003_2004	0.68	36
2004_2005	0.41	38
2005_2006	0.79	38
2006_2007	1.26	35
2007_2008	0.82	36
2008_2009	1.03	31
2009_2010	1.16	28
2010_2011	0.74	27
2011_2012	0.75	29
2012_2013	2.14	19
2013_2014	0.71	9
2014_2015	1.18	6
2015_2016	0.58	7
2016_2017	0.36	4
2017_2018	0.71	5
2018_2019	1.17	6
2019_2020	0.77	3
2020_2021	1.00	2
2021_2022	1.11	3
2022_2023	0.68	3
2023_2024	0.66	3
2024_2025	2.13	3
2025_2026	0.71	2
2026_2027	1.18	3

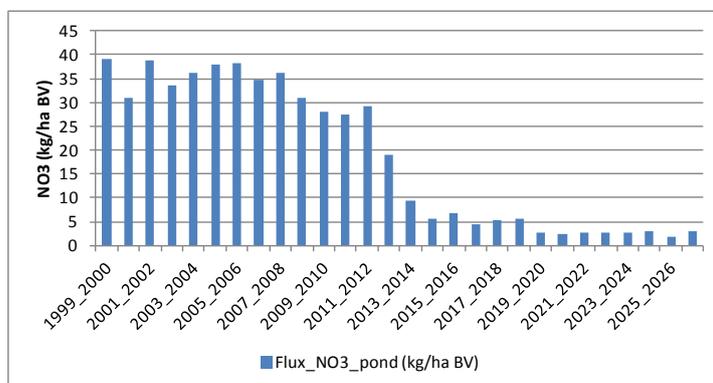


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	35.6	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	29.0	-18.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.5	-84.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	-92.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	34.0	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	5.1	-84.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	-92.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	36.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.5	-84.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	-92.7

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.14	0.85	1.96	1.44	11.4	18.4	6.7	1.4
2000_2001	2.53	2.08	1.96	0.64	10.8	13.6	5.4	0.8
2001_2002	0.39	0.83	1.24	1.54	11.1	18.4	6.6	1.5
2002_2003	1.87	1.10	0.37	0.40	11.8	15.5	4.2	0.5
2003_2004	0.37	0.85	0.68	0.84	11.1	18.0	6.1	1.0
2004_2005	0.44	0.35	0.53	0.56	12.0	19.6	5.9	0.7
2005_2006	0.69	0.78	1.14	0.48	11.8	19.4	5.9	0.6
2006_2007	1.07	1.32	0.92	3.32	12.1	16.0	5.2	1.5
2007_2008	0.31	0.95	1.22	1.78	11.0	17.4	6.0	1.3
2008_2009	0.98	1.14	0.82	0.71	11.4	13.9	5.3	0.9
2009_2010	1.38	1.15	0.78	0.74	9.9	13.2	4.1	0.8
2010_2011	1.04	0.71	0.27	0.47	9.4	13.5	2.9	0.5
2011_2012	0.61	0.51	1.73	1.42	7.6	13.3	5.2	1.0
2012_2013	2.52	2.07	2.00	0.60	8.2	7.8	1.8	0.3
2013_2014	0.35	0.78	1.11	1.42	3.5	5.2	1.1	0.2
2014_2015	1.77	1.11	0.34	0.37	2.0	2.6	0.4	0.0
2015_2016	0.29	0.75	0.62	0.65	2.0	3.9	0.5	0.0
2016_2017	0.38	0.33	0.42	0.44	1.6	2.6	0.3	0.0
2017_2018	0.57	0.70	1.14	0.45	2.1	2.9	0.6	0.0
2018_2019	0.89	1.31	0.83	3.02	2.4	3.0	0.4	0.1
2019_2020	0.27	0.93	1.15	1.56	0.8	1.7	0.2	0.0
2020_2021	0.95	1.14	0.73	0.63	0.9	1.2	0.2	0.0
2021_2022	1.26	1.15	0.76	0.54	1.1	1.4	0.2	0.0
2022_2023	0.89	0.69	0.26	0.39	0.9	1.3	0.2	0.0
2023_2024	0.49	0.47	1.55	1.18	1.2	1.7	0.3	0.0
2024_2025	2.46	2.07	2.00	0.60	1.2	1.3	0.2	0.0
2025_2026	0.33	0.77	1.11	1.42	0.6	1.1	0.2	0.0
2026_2027	1.77	1.11	0.34	0.37	1.1	1.4	0.2	0.0

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	11.3	16.5	5.7	1.1	6.8	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	9.6	13.5	4.4	0.8	5.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	1.9	3.0	0.4	0.0	0.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.0	1.3	0.2	0.0	0.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	10.9	16.2	5.3	1.0	6.3	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	2.0	2.6	0.4	0.1	0.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.0	1.3	0.2	0.0	0.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	11.0	17.4	6.0	1.3	7.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	1.9	3.0	0.4	0.0	0.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.0	1.4	0.2	0.0	0.2	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-15.1	-18.3	-23.6	-26.0	-24.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-82.8	-81.7	-92.3	-96.6	-93.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-91.1	-92.2	-96.7	-98.3	-96.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-81.7	-83.8	-91.8	-94.3	-92.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-90.8	-92.0	-96.4	-98.1	-96.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-82.3	-82.7	-92.7	-97.1	-93.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-90.5	-92.0	-96.6	-98.3	-96.9	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	49.9
2000_2001	41.8
2001_2002	49.8
2002_2003	41.3
2003_2004	45.3
2004_2005	43.5
2005_2006	44.1
2006_2007	42.4
2007_2008	44.1
2008_2009	40.9
2009_2010	33.2
2010_2011	31.9
2011_2012	38.6
2012_2013	32.0
2013_2014	13.2
2014_2015	6.7
2015_2016	8.4
2016_2017	5.9
2017_2018	6.8
2018_2019	7.8
2019_2020	3.7
2020_2021	3.2
2021_2022	3.6
2022_2023	3.2
2023_2024	4.0
2024_2025	4.2
2025_2026	2.6
2026_2027	3.9

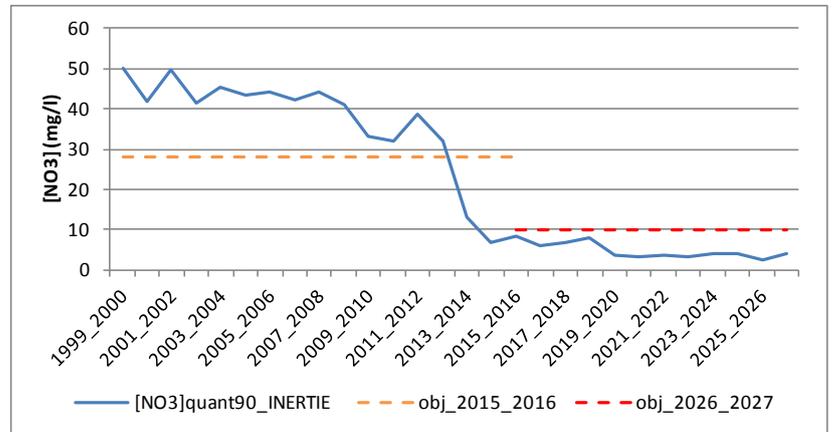
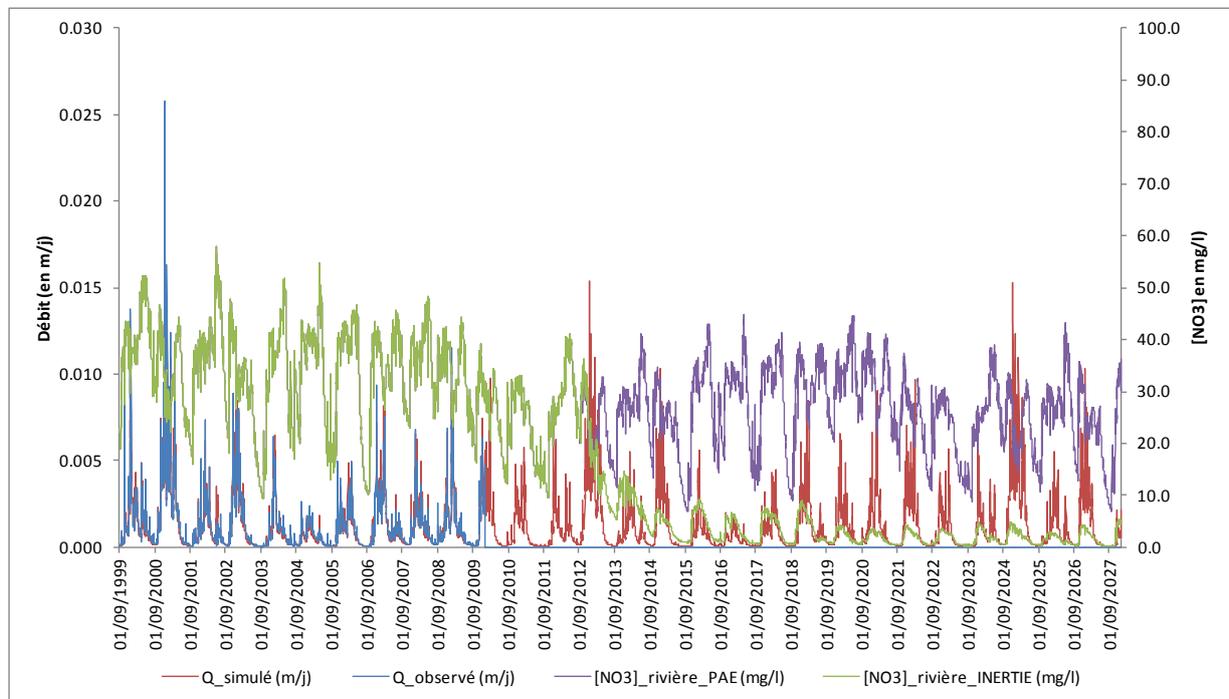


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027	2024_2027
		PAE	PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	4.0	3.6
	N_res_hydro	33.3	29.4
	N_denit	12.2	10.9
	N_volat	9.8	8.5
	N_exp_cult	106.4	103.4
	sorties_tot	165.7	155.7
var_stock_tot		11.4	4.6
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	6.5	6.7
	N_ferti_min	37.1	46.2
	N_ferti_org	96.5	70.6
	N_resti_pât	28.7	28.7
	entrees_tot	177.0	160.3

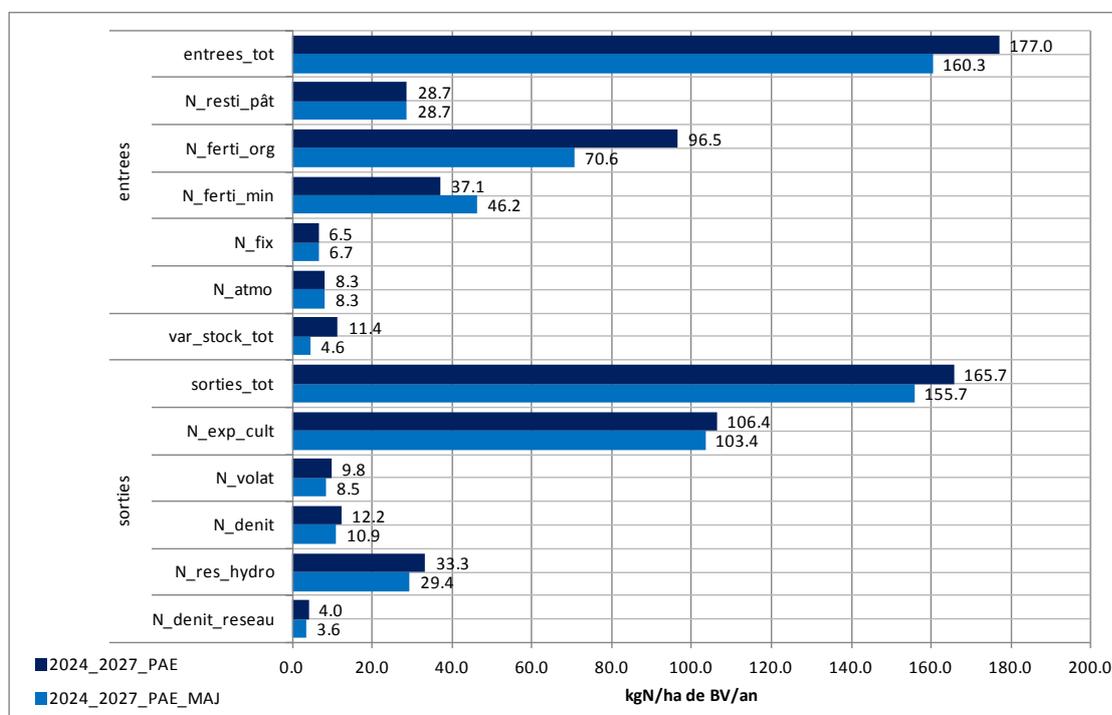


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.09	40
2000_2001	2.09	32
2001_2002	0.76	40
2002_2003	1.18	35
2003_2004	0.66	37
2004_2005	0.40	39
2005_2006	0.77	39
2006_2007	1.23	36
2007_2008	0.79	37
2008_2009	1.00	32
2009_2010	1.12	29
2010_2011	0.72	27
2011_2012	0.73	28
2012_2013	2.08	21
2013_2014	0.76	27
2014_2015	1.18	24
2015_2016	0.66	29
2016_2017	0.40	30
2017_2018	0.77	30
2018_2019	1.23	28
2019_2020	0.80	30
2020_2021	1.00	27
2021_2022	1.13	24
2022_2023	0.72	24
2023_2024	0.73	25
2024_2025	2.08	20
2025_2026	0.76	26
2026_2027	1.18	23

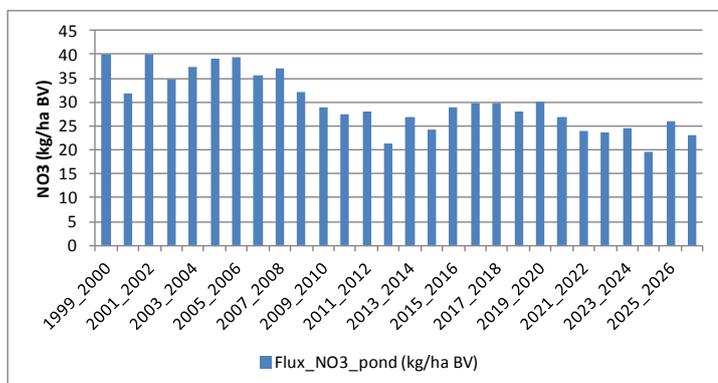


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	36.7	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	29.1	-20.6
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	28.2	-23.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	22.9	-37.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	34.8	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	25.8	-25.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	22.9	-34.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	37.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	28.2	-24.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	22.9	-38.3

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.09	0.84	1.90	1.35	11.9	18.7	6.9	1.5
2000_2001	2.42	2.05	1.90	0.60	11.2	13.8	5.6	0.9
2001_2002	0.38	0.82	1.20	1.45	11.6	18.7	6.8	1.6
2002_2003	1.79	1.08	0.36	0.38	12.4	15.7	4.3	0.6
2003_2004	0.36	0.84	0.66	0.78	11.6	18.3	6.3	1.1
2004_2005	0.42	0.34	0.52	0.52	12.6	19.9	6.1	0.8
2005_2006	0.66	0.77	1.10	0.45	12.3	19.7	6.1	0.6
2006_2007	1.02	1.30	0.90	3.11	12.7	16.2	5.3	1.6
2007_2008	0.30	0.93	1.18	1.67	11.5	17.7	6.2	1.3
2008_2009	0.93	1.13	0.80	0.67	11.9	14.1	5.5	0.9
2009_2010	1.32	1.14	0.75	0.69	10.3	13.4	4.2	0.8
2010_2011	1.00	0.70	0.26	0.44	9.5	13.4	2.9	0.5
2011_2012	0.58	0.50	1.68	1.30	7.5	12.8	4.9	1.0
2012_2013	2.41	2.05	1.90	0.59	7.7	9.1	3.8	0.6
2013_2014	0.37	0.82	1.21	1.46	8.2	12.5	4.5	1.1
2014_2015	1.79	1.08	0.36	0.37	8.7	11.0	3.0	0.4
2015_2016	0.36	0.84	0.66	0.79	8.9	14.2	4.8	0.8
2016_2017	0.42	0.34	0.51	0.53	9.7	14.9	4.7	0.6
2017_2018	0.65	0.78	1.11	0.46	9.6	14.6	4.7	0.5
2018_2019	1.02	1.30	0.90	3.11	10.1	12.6	4.3	1.2
2019_2020	0.30	0.93	1.18	1.70	9.2	14.2	5.1	1.1
2020_2021	0.94	1.13	0.81	0.68	10.4	11.6	4.6	0.8
2021_2022	1.32	1.14	0.75	0.71	8.6	11.0	3.6	0.7
2022_2023	1.00	0.70	0.26	0.43	8.3	11.4	2.4	0.4
2023_2024	0.58	0.51	1.68	1.31	6.7	11.0	4.3	0.9
2024_2025	2.41	2.05	1.90	0.59	7.2	8.1	3.6	0.5
2025_2026	0.37	0.83	1.21	1.46	7.8	12.0	4.4	1.1
2026_2027	1.79	1.08	0.36	0.38	8.4	10.2	2.8	0.4

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	11.8	16.7	5.9	1.1	7.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	9.8	13.4	4.4	0.8	5.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.2	13.7	4.3	0.6	4.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.8	10.1	3.6	0.7	4.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.3	16.3	5.5	1.0	6.5	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.6	11.9	4.0	0.8	4.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.8	10.1	3.6	0.7	4.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	11.5	17.7	6.2	1.3	7.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.2	13.7	4.3	0.6	4.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.5	10.3	3.8	0.7	4.5	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-16.7	-19.9	-25.8	-28.6	-26.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-21.9	-18.3	-27.0	-48.6	-30.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.0	-39.4	-38.7	-42.0	-39.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-23.8	-27.1	-26.0	-25.7	-26.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-31.2	-38.0	-33.9	-34.4	-34.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-19.6	-22.8	-30.2	-56.1	-34.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.5	-41.5	-38.4	-45.8	-39.7	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	49.9
2000_2001	41.8
2001_2002	49.8
2002_2003	41.3
2003_2004	45.3
2004_2005	43.5
2005_2006	44.1
2006_2007	42.4
2007_2008	44.1
2008_2009	40.9
2009_2010	33.2
2010_2011	31.0
2011_2012	36.0
2012_2013	28.7
2013_2014	33.0
2014_2015	28.8
2015_2016	34.5
2016_2017	32.9
2017_2018	34.1
2018_2019	33.8
2019_2020	36.8
2020_2021	35.2
2021_2022	27.7
2022_2023	26.5
2023_2024	31.4
2024_2025	26.9
2025_2026	32.1
2026_2027	27.5

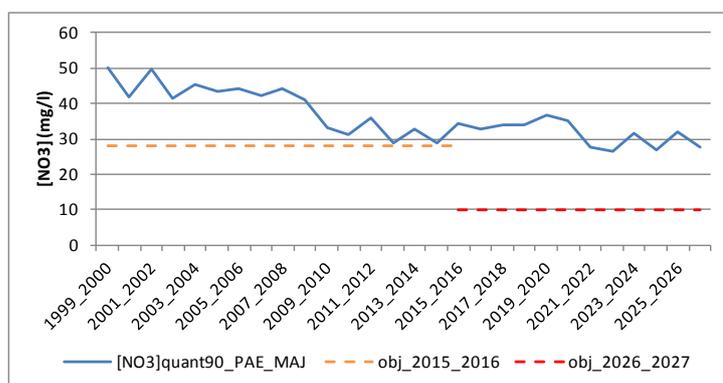
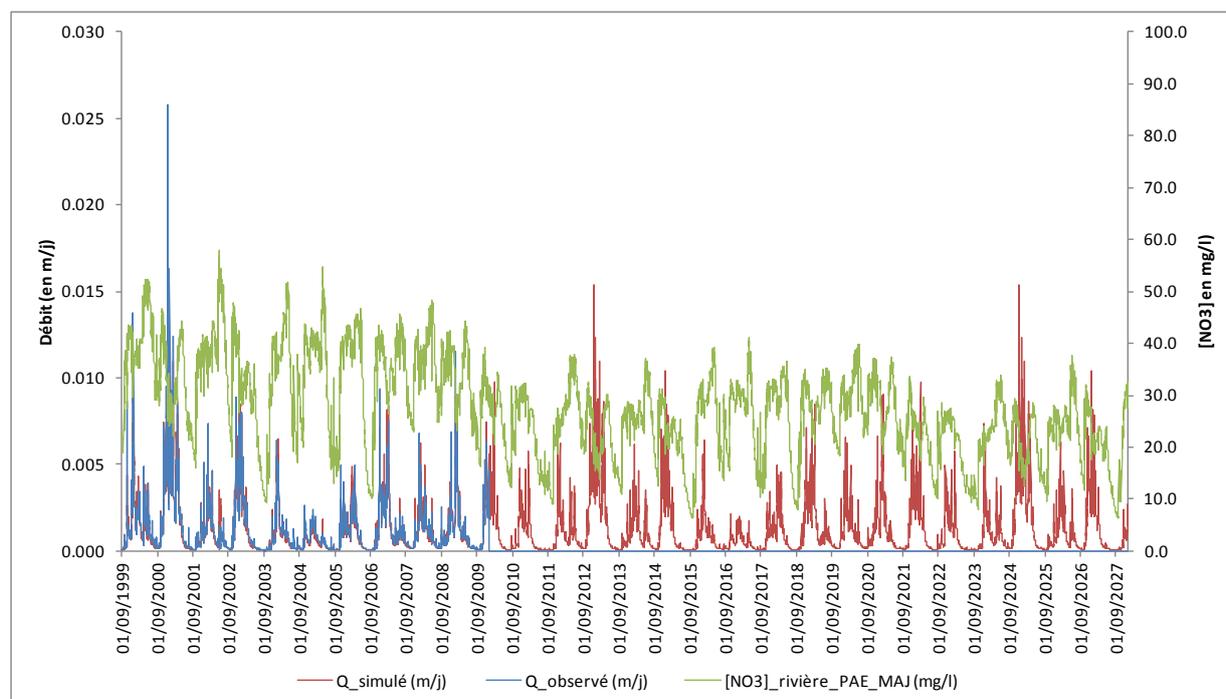


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	3.6	3.4
	N_res_hydro	29.4	27.0
	N_denit	10.9	9.6
	N_volat	8.5	9.4
	N_exp_cult	103.4	109.3
	sorties_tot	155.7	158.7
var_stock_tot		4.6	6.3
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	6.7	10.7
	N_ferti_min	46.2	40.3
	N_ferti_org	70.6	69.9
	N_resti_pât	28.7	35.9
	entrees_tot	160.3	165.0

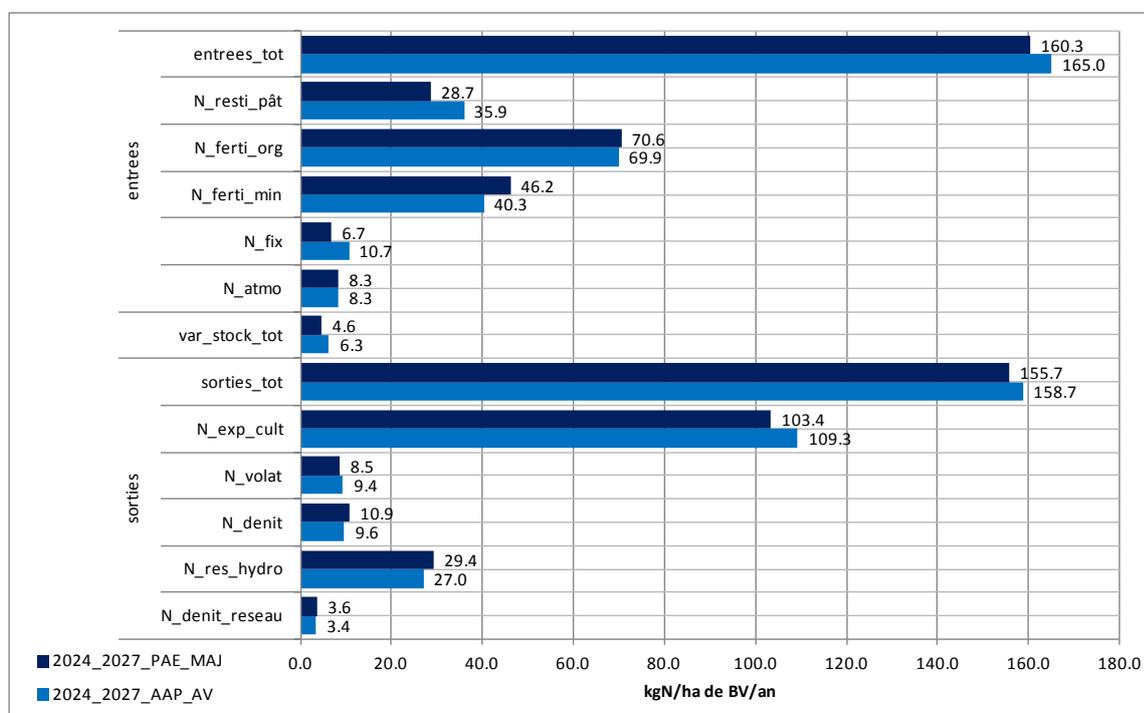


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.09	40
2000_2001	2.09	32
2001_2002	0.76	40
2002_2003	1.18	35
2003_2004	0.66	37
2004_2005	0.40	39
2005_2006	0.77	39
2006_2007	1.23	36
2007_2008	0.80	37
2008_2009	1.00	32
2009_2010	1.13	29
2010_2011	0.72	27
2011_2012	0.73	28
2012_2013	2.08	21
2013_2014	0.75	26
2014_2015	1.18	22
2015_2016	0.65	27
2016_2017	0.40	27
2017_2018	0.77	28
2018_2019	1.23	26
2019_2020	0.80	27
2020_2021	1.00	23
2021_2022	1.13	21
2022_2023	0.72	21
2023_2024	0.72	23
2024_2025	2.09	18
2025_2026	0.76	24
2026_2027	1.18	22

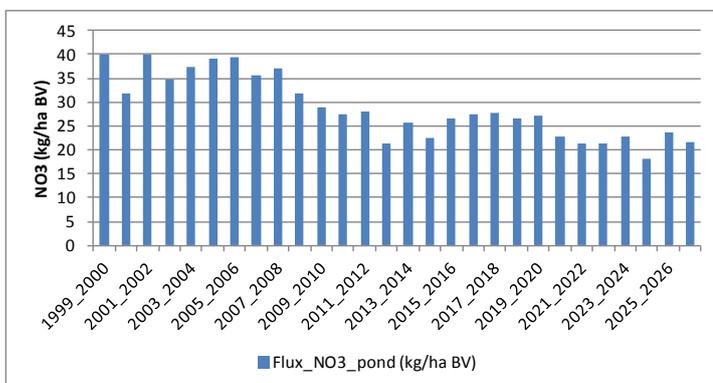


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	36.6	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	29.1	-20.6
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	26.0	-29.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	21.1	-42.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	34.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	23.8	-31.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	21.1	-39.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	37.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	26.0	-30.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	21.1	-43.1

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.09	0.84	1.91	1.36	11.9	18.7	6.9	1.5
2000_2001	2.42	2.05	1.91	0.60	11.2	13.8	5.6	0.9
2001_2002	0.38	0.82	1.20	1.45	11.6	18.7	6.8	1.6
2002_2003	1.79	1.08	0.36	0.38	12.4	15.7	4.3	0.6
2003_2004	0.36	0.84	0.66	0.79	11.6	18.3	6.2	1.1
2004_2005	0.42	0.34	0.52	0.52	12.6	19.9	6.1	0.8
2005_2006	0.66	0.77	1.11	0.46	12.3	19.7	6.1	0.6
2006_2007	1.02	1.30	0.90	3.12	12.7	16.2	5.3	1.6
2007_2008	0.30	0.93	1.19	1.68	11.5	17.7	6.1	1.3
2008_2009	0.93	1.13	0.80	0.67	11.9	14.1	5.4	0.9
2009_2010	1.32	1.14	0.75	0.69	10.3	13.4	4.2	0.8
2010_2011	1.00	0.70	0.26	0.44	9.5	13.4	2.9	0.5
2011_2012	0.58	0.50	1.68	1.30	7.5	12.8	4.9	1.0
2012_2013	2.41	2.05	1.90	0.59	7.7	9.2	3.7	0.6
2013_2014	0.37	0.82	1.19	1.45	7.9	12.1	4.2	1.0
2014_2015	1.79	1.08	0.36	0.37	7.9	10.2	2.8	0.4
2015_2016	0.35	0.83	0.66	0.81	8.1	13.3	4.2	0.8
2016_2017	0.42	0.34	0.51	0.53	9.0	13.8	4.2	0.5
2017_2018	0.66	0.77	1.11	0.46	8.9	13.7	4.3	0.4
2018_2019	1.02	1.30	0.89	3.12	9.5	12.1	3.8	1.1
2019_2020	0.31	0.94	1.18	1.69	8.3	13.0	4.5	1.0
2020_2021	0.94	1.13	0.80	0.67	8.6	10.0	4.0	0.7
2021_2022	1.32	1.14	0.76	0.72	7.6	9.8	3.2	0.6
2022_2023	0.99	0.70	0.26	0.43	7.4	10.4	2.2	0.4
2023_2024	0.57	0.50	1.67	1.31	6.3	10.4	3.9	0.8
2024_2025	2.41	2.05	1.90	0.60	6.4	7.7	3.2	0.5
2025_2026	0.38	0.82	1.19	1.44	7.0	11.0	4.0	1.0
2026_2027	1.79	1.08	0.36	0.38	7.9	9.6	2.7	0.4

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	11.8	16.7	5.9	1.1	7.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	9.8	13.4	4.4	0.8	5.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.5	12.7	3.9	0.5	4.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.1	9.4	3.3	0.6	3.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.3	16.3	5.4	1.0	6.5	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	7.9	11.1	3.7	0.7	4.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.1	9.4	3.3	0.6	3.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	11.5	17.7	6.1	1.3	7.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.5	12.7	3.9	0.5	4.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	6.9	9.7	3.4	0.7	4.1	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-16.7	-19.9	-25.8	-28.7	-26.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-28.1	-23.9	-34.1	-54.2	-37.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-39.9	-43.5	-43.9	-45.7	-44.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-30.1	-32.1	-32.8	-33.0	-32.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-37.4	-42.1	-39.5	-38.7	-39.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-26.0	-28.1	-37.0	-60.9	-41.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-39.8	-45.3	-43.9	-50.1	-45.0	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	49.9
2000_2001	41.8
2001_2002	49.8
2002_2003	41.3
2003_2004	45.3
2004_2005	43.5
2005_2006	44.1
2006_2007	42.4
2007_2008	44.1
2008_2009	40.9
2009_2010	33.2
2010_2011	31.0
2011_2012	36.0
2012_2013	28.1
2013_2014	31.0
2014_2015	26.4
2015_2016	31.0
2016_2017	30.4
2017_2018	30.5
2018_2019	30.9
2019_2020	32.4
2020_2021	30.3
2021_2022	24.6
2022_2023	23.8
2023_2024	28.0
2024_2025	23.9
2025_2026	29.4
2026_2027	26.3

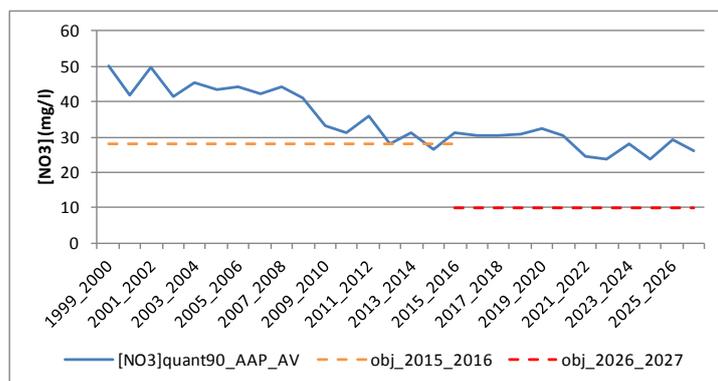
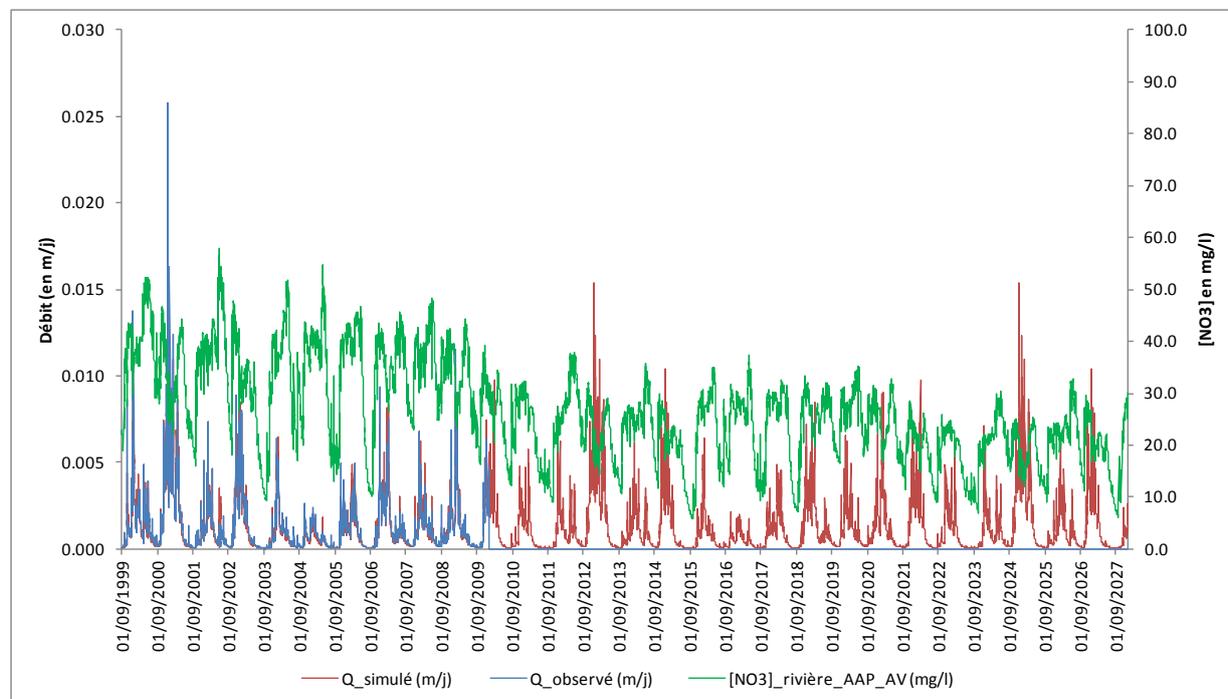


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-11 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Lapic

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	12.5	9.6
	N_res_hydro	50.1	40.1
	N_denit	9.9	8.2
	N_volat	11.5	10.9
	N_exp_cult	147.8	139.4
	sorties_tot	231.8	208.1
var_stock_tot	-44.7	-28.1	
entrees_tot	N_atmo	7.8	7.9
	N_fix	6.1	8.0
	N_ferti_min	35.8	36.0
	N_ferti_org	92.0	83.8
	N_resti_pât	45.3	44.4
	entrees_tot	187.0	180.0

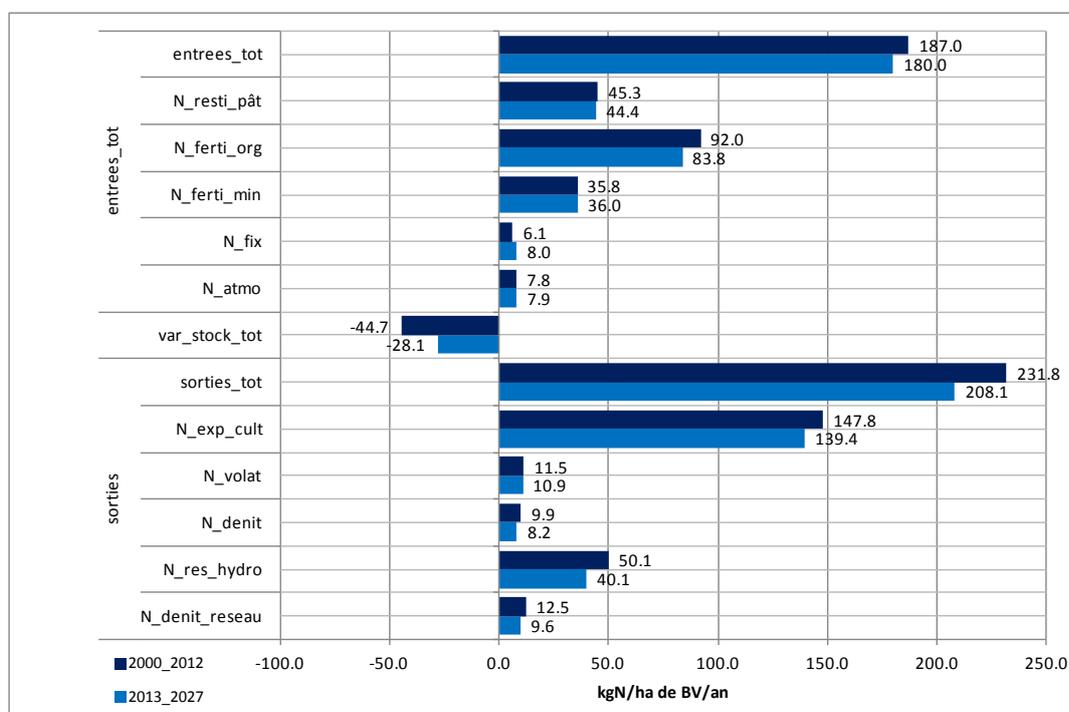


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.18	60
2000_2001	2.06	54
2001_2002	0.78	50
2002_2003	1.16	53
2003_2004	0.67	52
2004_2005	0.36	46
2005_2006	0.72	58
2006_2007	1.21	60
2007_2008	0.77	52
2008_2009	0.98	48
2009_2010	1.17	45
2010_2011	0.78	41
2011_2012	0.78	42
2012_2013	2.04	39
2013_2014	0.77	36
2014_2015	1.16	42
2015_2016	0.67	40
2016_2017	0.37	35
2017_2018	0.72	45
2018_2019	1.21	49
2019_2020	0.77	43
2020_2021	0.98	41
2021_2022	1.17	38
2022_2023	0.77	36
2023_2024	0.78	37
2024_2025	2.04	35
2025_2026	0.77	32
2026_2027	1.16	37

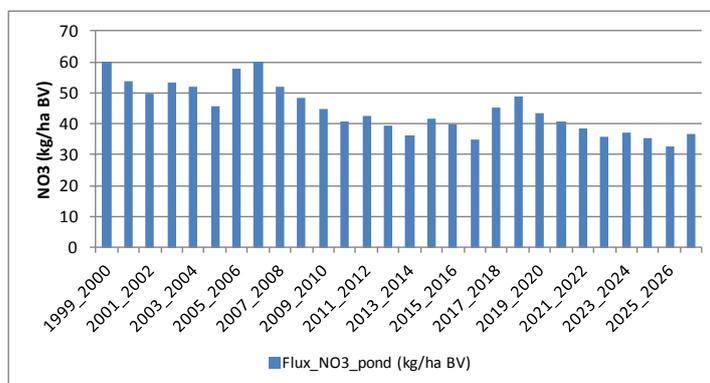


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	54.2	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	44.1	-18.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	40.3	-25.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	34.8	-35.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	50.8	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	39.0	-23.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	34.8	-31.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	52.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	40.3	-22.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	34.8	-33.1

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.31	0.83	1.89	1.37	18.9	28.8	9.9	2.6
2000_2001	2.47	2.04	1.78	0.81	18.1	24.7	7.6	1.8
2001_2002	0.38	0.85	1.09	1.37	13.0	25.6	8.0	2.4
2002_2003	1.74	1.09	0.53	0.54	17.4	25.3	6.2	1.6
2003_2004	0.36	0.82	0.74	0.82	14.1	27.1	7.7	1.9
2004_2005	0.36	0.30	0.47	0.62	13.9	23.9	7.0	1.9
2005_2006	0.52	0.71	1.12	0.66	16.4	29.3	9.5	2.0
2006_2007	1.00	1.27	0.97	2.42	19.3	30.0	8.2	2.9
2007_2008	0.33	0.88	1.06	1.38	14.2	27.0	8.0	2.3
2008_2009	0.99	1.08	0.77	0.76	16.3	23.4	6.5	1.7
2009_2010	1.36	1.22	0.79	0.76	15.0	21.5	5.8	1.4
2010_2011	0.99	0.79	0.43	0.53	12.9	20.5	4.7	1.3
2011_2012	0.57	0.57	1.59	1.33	12.3	20.6	7.3	1.9
2012_2013	2.44	2.04	1.77	0.81	13.4	17.9	5.7	1.3
2013_2014	0.36	0.86	1.08	1.36	8.9	18.5	5.9	1.8
2014_2015	1.75	1.08	0.54	0.54	13.5	19.8	4.8	1.2
2015_2016	0.37	0.82	0.73	0.82	10.7	21.0	5.8	1.4
2016_2017	0.37	0.29	0.48	0.62	10.8	18.4	5.3	1.4
2017_2018	0.52	0.72	1.14	0.66	12.5	22.9	7.6	1.5
2018_2019	1.01	1.27	0.98	2.39	15.6	24.3	6.7	2.4
2019_2020	0.33	0.87	1.06	1.36	11.5	22.7	6.6	1.9
2020_2021	0.98	1.09	0.77	0.75	13.6	19.9	5.5	1.4
2021_2022	1.38	1.22	0.80	0.76	12.7	18.5	5.1	1.2
2022_2023	0.99	0.78	0.43	0.53	11.4	18.0	4.1	1.1
2023_2024	0.58	0.56	1.61	1.32	10.4	18.0	6.6	1.8
2024_2025	2.43	2.03	1.79	0.81	11.9	15.9	5.3	1.2
2025_2026	0.36	0.85	1.06	1.37	8.0	16.5	5.3	1.7
2026_2027	1.75	1.08	0.53	0.55	11.8	17.6	4.5	1.2

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	16.8	26.1	7.9	2.1	10.0
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	14.1	21.5	6.1	1.6	7.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	11.9	20.5	5.9	1.4	7.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.6	16.7	5.0	1.3	6.4
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	15.5	25.2	7.4	2.0	9.4
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	11.8	19.3	5.6	1.5	7.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.6	16.7	5.0	1.3	6.4
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	14.2	27.0	8.0	2.3	10.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	11.9	20.5	5.9	1.4	7.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	10.5	17.0	5.4	1.5	6.9
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-16.1	-17.6	-23.1	-24.4	-23.4
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-29.5	-21.4	-25.9	-34.9	-27.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-37.1	-36.1	-36.4	-36.0	-36.4
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-24.1	-23.4	-23.8	-24.4	-23.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-31.7	-33.9	-32.1	-32.1	-32.1
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-16.1	-24.2	-26.8	-40.7	-29.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-25.6	-37.1	-32.4	-37.4	-33.5

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	57.5
2000_2001	52.5
2001_2002	48.3
2002_2003	50.9
2003_2004	49.9
2004_2005	45.1
2005_2006	56.3
2006_2007	59.6
2007_2008	50.7
2008_2009	47.7
2009_2010	43.6
2010_2011	39.5
2011_2012	40.9
2012_2013	38.9
2013_2014	35.3
2014_2015	40.1
2015_2016	38.5
2016_2017	34.8
2017_2018	44.5
2018_2019	48.3
2019_2020	42.4
2020_2021	39.7
2021_2022	37.2
2022_2023	34.8
2023_2024	36.1
2024_2025	34.9
2025_2026	31.6
2026_2027	35.0

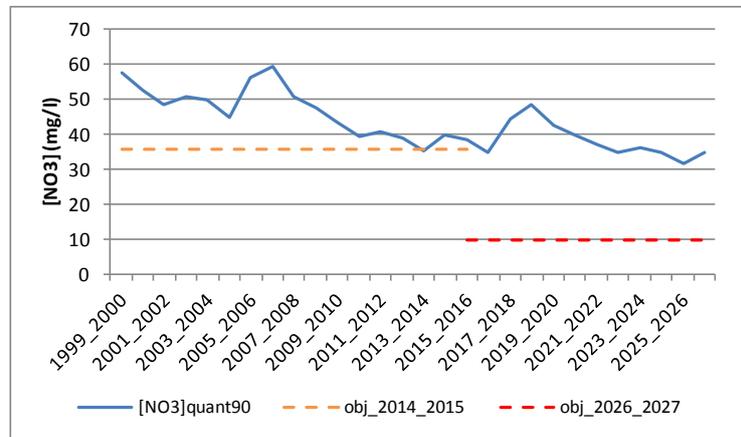
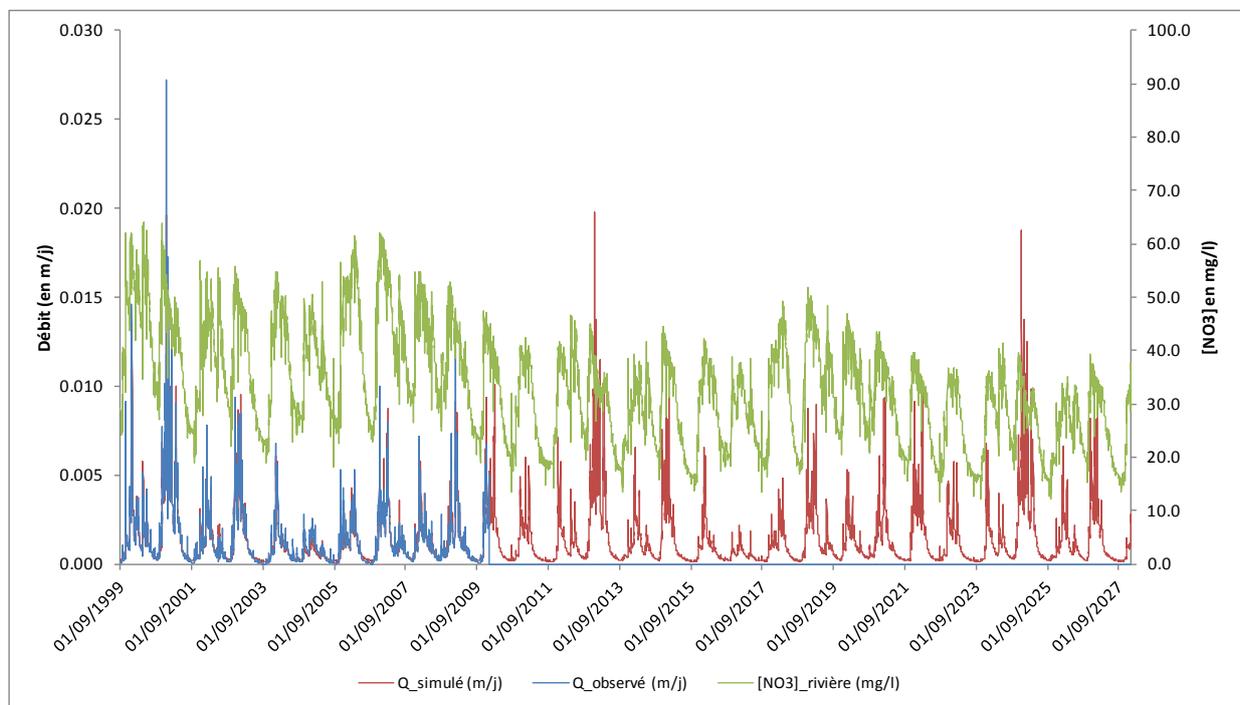


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2014-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	8.5	2.0
	N_res_hydro	46.5	11.4
	N_denit	7.9	1.1
	N_volat	10.7	0.0
	N_exp_cult	130.5	120.7
	sorties_tot	204.0	135.1
var_stock_tot		-24.3	-109.8
entrées	N_atmo	8.3	7.8
	N_fix	8.5	17.5
	N_ferti_min	36.0	0.0
	N_ferti_org	83.8	0.0
	N_resti_pât	43.2	0.0
	entrees_tot	179.8	25.3

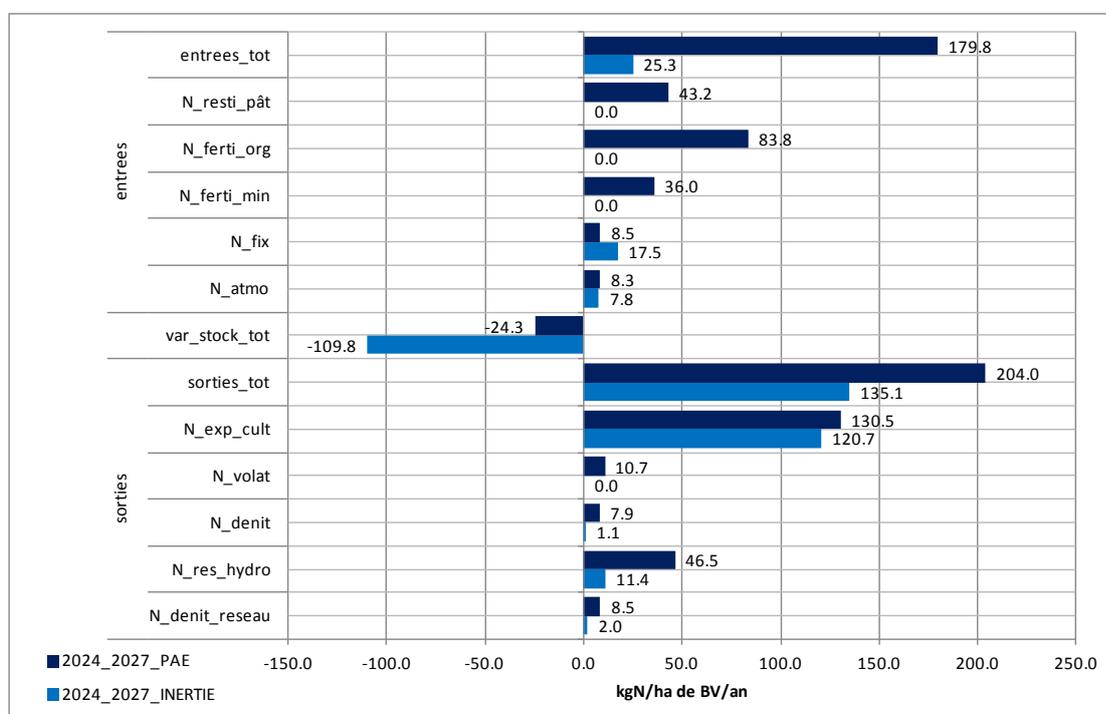


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.21	59
2000_2001	2.11	52
2001_2002	0.80	49
2002_2003	1.19	52
2003_2004	0.69	50
2004_2005	0.37	44
2005_2006	0.74	56
2006_2007	1.24	58
2007_2008	0.79	51
2008_2009	1.01	47
2009_2010	1.20	44
2010_2011	0.80	40
2011_2012	0.80	41
2012_2013	2.11	38
2013_2014	0.74	22
2014_2015	1.15	20
2015_2016	0.62	20
2016_2017	0.33	14
2017_2018	0.67	20
2018_2019	1.16	21
2019_2020	0.74	13
2020_2021	0.97	11
2021_2022	1.16	10
2022_2023	0.74	10
2023_2024	0.72	10
2024_2025	2.07	10
2025_2026	0.73	7
2026_2027	1.16	8

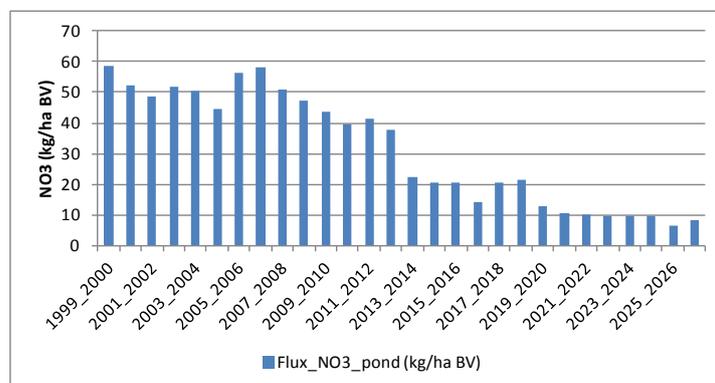


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	52.8	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	43.0	-18.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	18.9	-64.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.1	-84.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	49.5	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	15.6	-68.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.1	-83.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	50.7	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	18.9	-62.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.1	-84.0

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.38	0.84	1.95	1.43	18.0	28.6	9.6	2.5
2000_2001	2.59	2.06	1.83	0.85	17.3	24.5	7.4	1.7
2001_2002	0.40	0.85	1.12	1.44	12.4	25.4	7.7	2.3
2002_2003	1.82	1.10	0.55	0.57	16.6	25.0	6.0	1.6
2003_2004	0.38	0.83	0.76	0.86	13.4	26.9	7.4	1.8
2004_2005	0.37	0.30	0.48	0.65	13.3	23.7	6.8	1.8
2005_2006	0.55	0.72	1.16	0.69	15.6	29.1	9.2	1.9
2006_2007	1.05	1.28	1.00	2.54	18.4	29.7	7.9	2.8
2007_2008	0.34	0.89	1.09	1.45	13.5	26.8	7.8	2.2
2008_2009	1.04	1.09	0.79	0.79	15.5	23.2	6.3	1.6
2009_2010	1.43	1.23	0.82	0.79	14.3	21.3	5.7	1.4
2010_2011	1.04	0.80	0.45	0.55	12.3	20.3	4.5	1.2
2011_2012	0.59	0.57	1.64	1.40	11.8	20.4	7.1	1.9
2012_2013	2.58	2.05	1.87	0.83	13.5	17.6	4.4	0.9
2013_2014	0.34	0.83	1.00	1.28	5.8	12.3	3.2	0.8
2014_2015	1.70	1.10	0.53	0.53	6.4	10.1	2.1	0.5
2015_2016	0.30	0.77	0.70	0.77	5.2	11.5	2.6	0.5
2016_2017	0.31	0.28	0.42	0.56	4.4	8.6	1.8	0.4
2017_2018	0.42	0.67	1.13	0.65	6.0	10.8	3.2	0.4
2018_2019	0.92	1.26	0.91	2.23	7.1	11.4	2.6	0.6
2019_2020	0.30	0.85	1.01	1.34	3.0	7.4	1.7	0.3
2020_2021	0.98	1.08	0.71	0.69	3.1	5.8	1.3	0.2
2021_2022	1.31	1.24	0.81	0.70	3.3	5.2	1.3	0.2
2022_2023	0.89	0.78	0.45	0.51	3.2	4.9	0.9	0.2
2023_2024	0.46	0.57	1.45	1.28	3.4	5.8	1.2	0.3
2024_2025	2.47	2.04	1.85	0.82	3.1	4.7	1.2	0.1
2025_2026	0.32	0.82	1.00	1.27	1.7	3.9	0.8	0.2
2026_2027	1.70	1.11	0.53	0.53	2.5	4.3	0.8	0.1

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	16.1	25.9	7.7	2.0	9.7	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	13.5	21.3	5.9	1.5	7.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.5	10.2	2.4	0.4	2.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.4	4.3	0.9	0.1	1.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	14.8	25.0	7.2	1.9	9.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.8	8.3	1.9	0.4	2.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.4	4.3	0.9	0.1	1.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	13.5	26.8	7.8	2.2	10.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.5	10.2	2.4	0.4	2.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.7	4.7	1.0	0.2	1.2	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-16.1	-17.6	-23.1	-24.4	-23.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-65.6	-60.4	-68.2	-78.2	-70.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-84.8	-83.4	-87.6	-93.0	-88.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-67.6	-66.9	-73.0	-80.2	-74.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-83.5	-82.8	-86.8	-92.5	-88.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-59.0	-61.8	-68.6	-80.1	-71.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-80.1	-82.6	-87.0	-92.3	-88.1	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	57.5
2000_2001	52.5
2001_2002	48.3
2002_2003	50.9
2003_2004	49.9
2004_2005	45.1
2005_2006	56.3
2006_2007	59.6
2007_2008	50.7
2008_2009	47.7
2009_2010	43.6
2010_2011	39.5
2011_2012	40.9
2012_2013	41.1
2013_2014	23.2
2014_2015	20.5
2015_2016	21.4
2016_2017	16.2
2017_2018	21.5
2018_2019	23.5
2019_2020	14.5
2020_2021	11.6
2021_2022	10.8
2022_2023	10.2
2023_2024	11.7
2024_2025	10.6
2025_2026	7.5
2026_2027	8.7

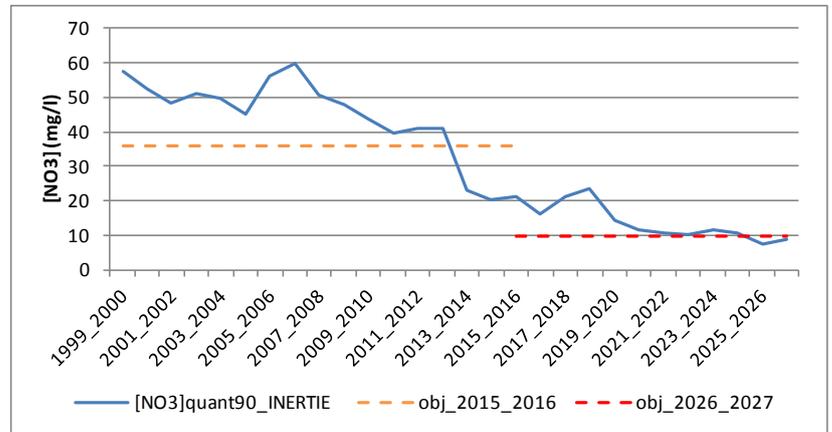
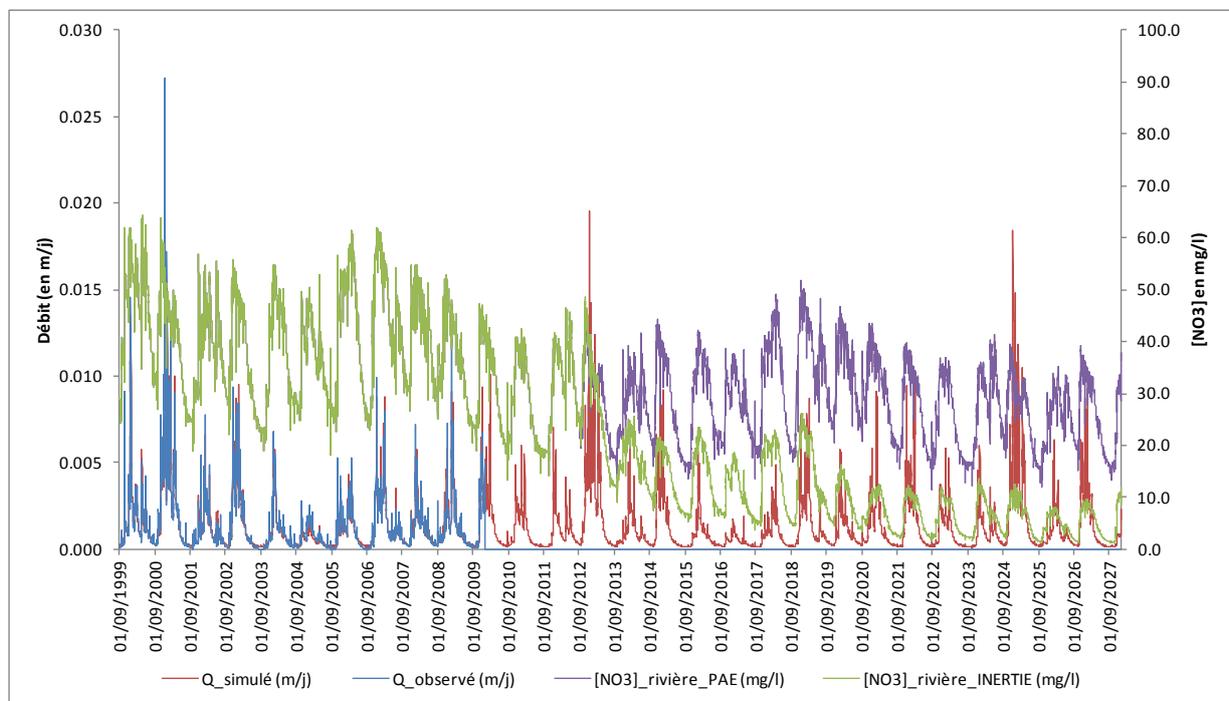


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

	2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ	
sorties	N_denit_reseau	8.5	7.4
	N_res_hydro	46.5	40.9
	N_denit	7.9	7.1
	N_volat	10.7	9.2
	N_exp_cult	130.5	124.4
	sorties_tot	204.0	189.0
var_stock_tot	-24.3	-31.5	
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	8.5	8.9
	N_ferti_min	36.0	37.1
	N_ferti_org	83.8	60.7
	N_resti_pât	43.2	42.5
	entrees_tot	179.8	157.5

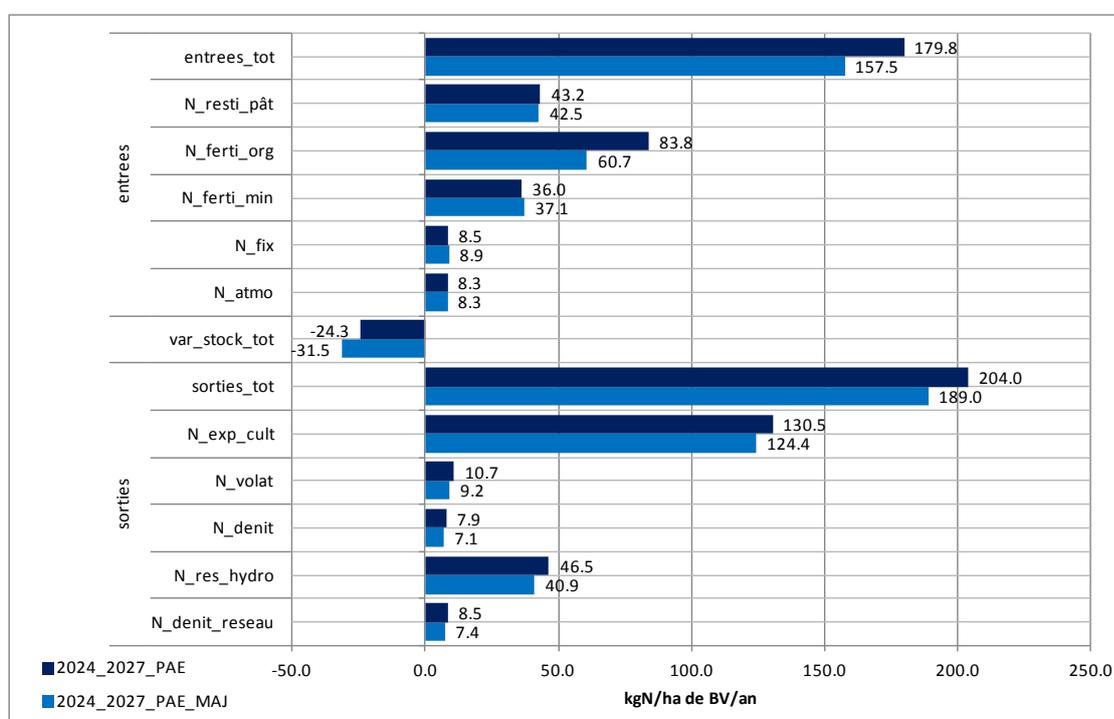


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.18	60
2000_2001	2.05	54
2001_2002	0.78	50
2002_2003	1.16	53
2003_2004	0.67	52
2004_2005	0.36	46
2005_2006	0.72	58
2006_2007	1.21	60
2007_2008	0.77	52
2008_2009	0.98	49
2009_2010	1.17	45
2010_2011	0.77	41
2011_2012	0.78	41
2012_2013	2.04	37
2013_2014	0.77	34
2014_2015	1.16	38
2015_2016	0.67	37
2016_2017	0.36	32
2017_2018	0.72	41
2018_2019	1.21	44
2019_2020	0.77	39
2020_2021	0.99	36
2021_2022	1.17	34
2022_2023	0.77	31
2023_2024	0.78	32
2024_2025	2.04	31
2025_2026	0.77	28
2026_2027	1.16	32

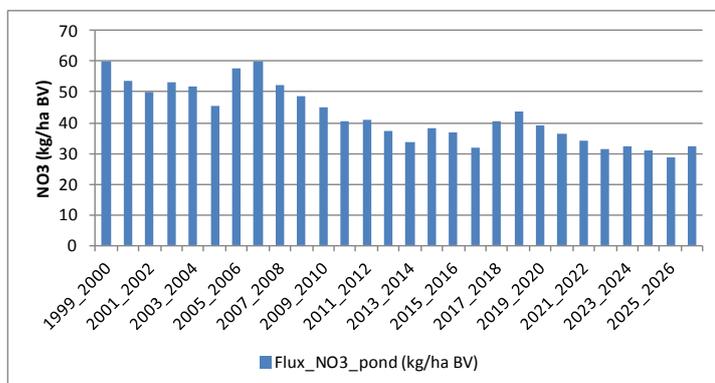


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	54.2	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	43.7	-19.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	36.9	-31.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	30.6	-43.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	50.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	35.2	-30.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	30.6	-39.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	52.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	36.9	-29.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	30.6	-41.2

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.31	0.83	1.89	1.37	18.9	28.8	9.9	2.6
2000_2001	2.47	2.04	1.78	0.81	18.1	24.6	7.6	1.8
2001_2002	0.38	0.85	1.09	1.37	13.0	25.6	8.0	2.4
2002_2003	1.74	1.09	0.53	0.54	17.4	25.2	6.2	1.7
2003_2004	0.36	0.82	0.74	0.82	14.1	27.1	7.7	1.9
2004_2005	0.36	0.30	0.47	0.61	13.9	23.9	7.0	1.9
2005_2006	0.52	0.71	1.12	0.66	16.4	29.3	9.5	2.0
2006_2007	1.00	1.27	0.97	2.42	19.3	30.0	8.2	2.9
2007_2008	0.33	0.88	1.06	1.38	14.2	27.0	8.0	2.3
2008_2009	0.99	1.08	0.77	0.75	16.3	23.4	6.5	1.7
2009_2010	1.36	1.22	0.79	0.76	15.0	21.4	5.8	1.4
2010_2011	0.99	0.78	0.43	0.53	12.9	20.5	4.6	1.3
2011_2012	0.57	0.57	1.59	1.33	12.0	19.8	7.0	1.9
2012_2013	2.44	2.03	1.79	0.81	12.7	17.1	5.4	1.2
2013_2014	0.35	0.86	1.07	1.35	8.4	17.3	5.4	1.7
2014_2015	1.74	1.08	0.54	0.54	12.5	18.3	4.4	1.1
2015_2016	0.37	0.82	0.75	0.83	10.0	19.4	5.4	1.3
2016_2017	0.36	0.30	0.46	0.62	9.9	16.8	4.7	1.3
2017_2018	0.53	0.72	1.13	0.66	11.5	20.6	6.8	1.3
2018_2019	1.01	1.27	0.96	2.40	14.0	21.8	6.0	2.2
2019_2020	0.34	0.87	1.06	1.36	10.4	20.4	6.0	1.7
2020_2021	0.99	1.07	0.80	0.76	12.1	17.8	4.9	1.2
2021_2022	1.37	1.22	0.81	0.77	11.3	16.4	4.5	1.1
2022_2023	0.99	0.78	0.43	0.53	10.0	15.8	3.5	1.0
2023_2024	0.59	0.56	1.59	1.30	9.2	15.7	5.7	1.5
2024_2025	2.44	2.03	1.80	0.81	10.5	14.1	4.7	1.0
2025_2026	0.36	0.85	1.06	1.37	7.0	14.5	4.6	1.5
2026_2027	1.74	1.08	0.54	0.54	10.6	15.2	3.8	1.0

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	16.8	26.1	7.9	2.1	10.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	14.0	21.3	6.0	1.6	7.6	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	11.0	18.8	5.3	1.3	6.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.3	14.6	4.4	1.2	5.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	15.5	25.1	7.4	2.0	9.4	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	10.7	17.4	5.1	1.3	6.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.3	14.6	4.4	1.2	5.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	14.2	27.0	8.0	2.3	10.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	11.0	18.8	5.3	1.3	6.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.3	14.9	4.7	1.3	6.0	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-16.6	-18.4	-24.3	-25.4	-24.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-34.7	-27.9	-32.9	-40.6	-34.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-44.5	-43.9	-44.8	-44.8	-44.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-31.1	-30.7	-31.5	-32.3	-31.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-39.7	-41.8	-40.8	-41.2	-40.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-22.4	-30.5	-33.7	-45.9	-36.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-34.3	-44.9	-41.4	-46.0	-42.4	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	57.5
2000_2001	52.5
2001_2002	48.3
2002_2003	50.9
2003_2004	49.9
2004_2005	45.1
2005_2006	56.3
2006_2007	59.6
2007_2008	50.7
2008_2009	47.7
2009_2010	43.6
2010_2011	39.3
2011_2012	39.5
2012_2013	37.1
2013_2014	32.9
2014_2015	37.0
2015_2016	35.8
2016_2017	32.0
2017_2018	39.9
2018_2019	43.3
2019_2020	38.3
2020_2021	35.4
2021_2022	33.2
2022_2023	30.5
2023_2024	31.2
2024_2025	30.7
2025_2026	27.8
2026_2027	30.7

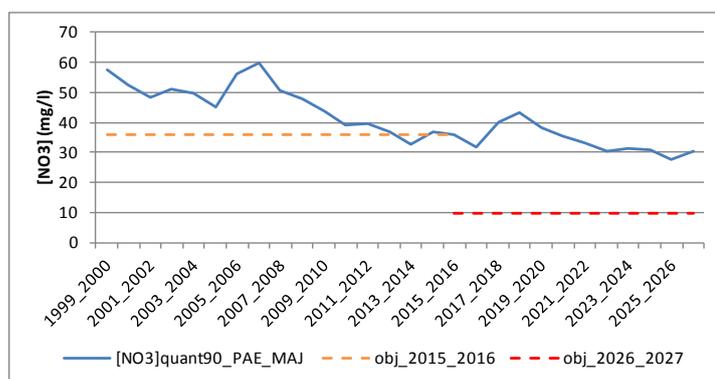
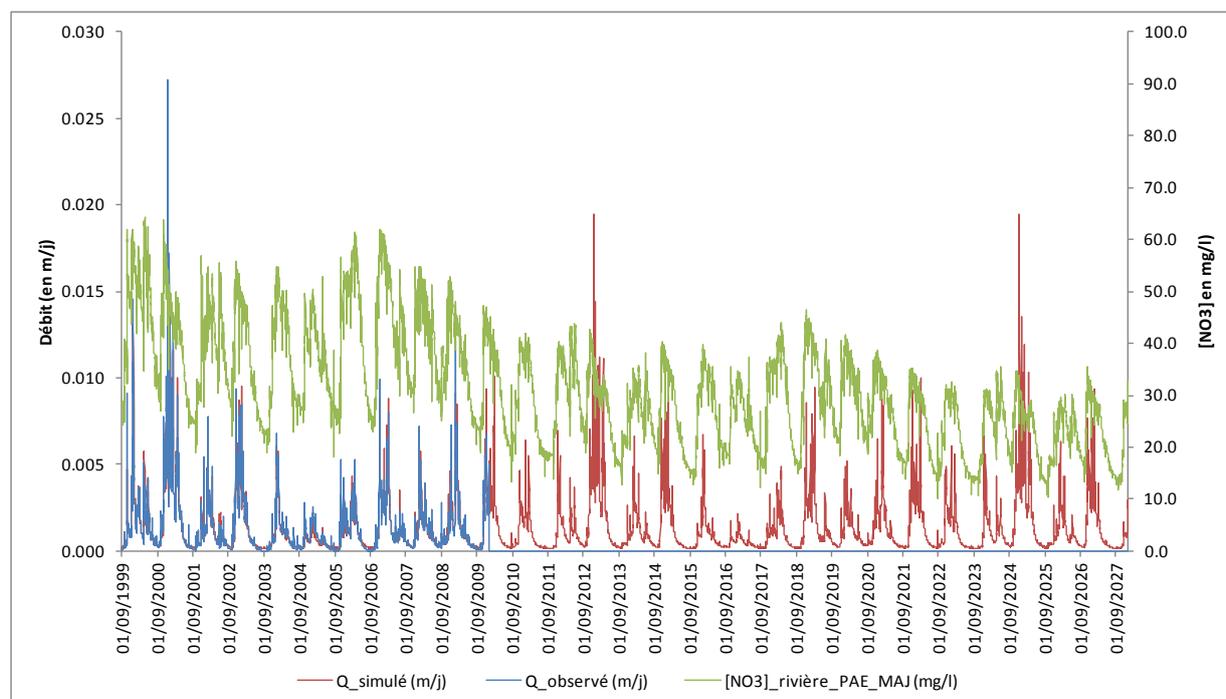


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	7.4	6.7
	N_res_hydro	40.9	36.9
	N_denit	7.1	6.6
	N_volat	9.2	9.9
	N_exp_cult	124.4	129.2
	sorties_tot	189.0	189.3
var_stock_tot		-31.5	-29.6
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	8.9	12.1
	N_ferti_min	37.1	31.1
	N_ferti_org	60.7	60.3
	N_resti_pât	42.5	47.8
	entrees_tot	157.5	159.7

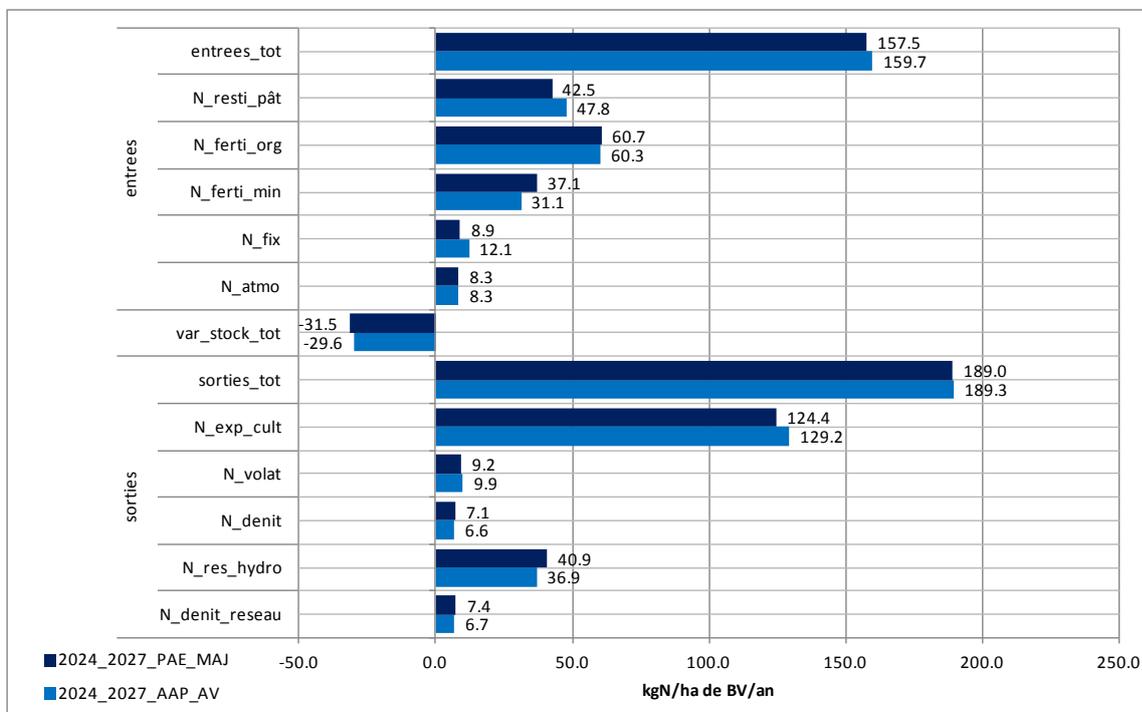


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.18	60
2000_2001	2.06	53
2001_2002	0.78	50
2002_2003	1.17	53
2003_2004	0.67	52
2004_2005	0.36	46
2005_2006	0.72	58
2006_2007	1.21	60
2007_2008	0.77	52
2008_2009	0.98	48
2009_2010	1.17	45
2010_2011	0.78	41
2011_2012	0.78	41
2012_2013	2.04	37
2013_2014	0.77	32
2014_2015	1.16	36
2015_2016	0.67	36
2016_2017	0.36	31
2017_2018	0.72	40
2018_2019	1.20	42
2019_2020	0.77	35
2020_2021	0.98	34
2021_2022	1.17	31
2022_2023	0.78	29
2023_2024	0.77	30
2024_2025	2.04	28
2025_2026	0.77	26
2026_2027	1.16	29

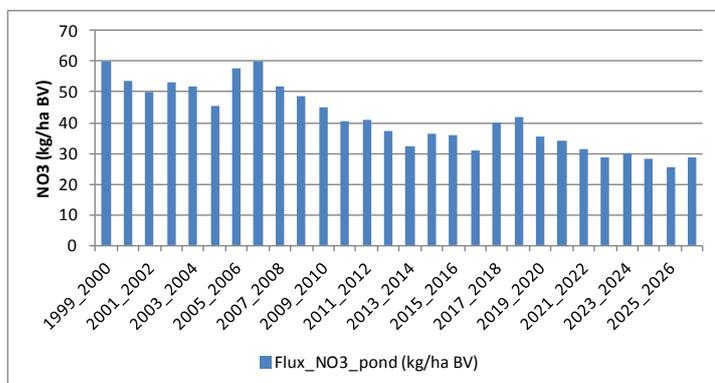


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	54.1	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	43.6	-19.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	35.7	-34.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	27.5	-49.1
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	50.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	33.1	-34.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	27.5	-45.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	51.9	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	35.7	-31.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	27.5	-47.0

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.32	0.83	1.90	1.37	18.9	28.8	9.8	2.6
2000_2001	2.47	2.04	1.79	0.82	18.1	24.7	7.6	1.8
2001_2002	0.38	0.85	1.10	1.37	12.9	25.6	7.9	2.4
2002_2003	1.74	1.09	0.54	0.54	17.3	25.3	6.2	1.6
2003_2004	0.36	0.82	0.74	0.82	14.0	27.1	7.6	1.9
2004_2005	0.36	0.30	0.47	0.62	13.9	23.9	6.9	1.9
2005_2006	0.52	0.71	1.13	0.66	16.3	29.3	9.5	2.0
2006_2007	1.00	1.27	0.97	2.42	19.3	30.0	8.1	2.9
2007_2008	0.33	0.88	1.06	1.38	14.1	27.0	8.0	2.3
2008_2009	0.99	1.08	0.77	0.76	16.2	23.4	6.5	1.7
2009_2010	1.36	1.22	0.80	0.76	15.0	21.5	5.8	1.4
2010_2011	0.99	0.78	0.44	0.53	12.9	20.5	4.6	1.3
2011_2012	0.58	0.57	1.60	1.33	12.0	19.8	7.0	1.9
2012_2013	2.44	2.03	1.79	0.81	12.8	17.2	5.2	1.2
2013_2014	0.36	0.85	1.06	1.36	8.2	16.9	5.1	1.6
2014_2015	1.75	1.08	0.53	0.54	11.7	17.5	4.2	1.0
2015_2016	0.36	0.82	0.75	0.83	9.7	19.0	5.2	1.3
2016_2017	0.35	0.30	0.47	0.61	9.5	16.5	4.5	1.2
2017_2018	0.51	0.72	1.14	0.66	11.3	20.6	6.5	1.2
2018_2019	1.00	1.26	0.95	2.39	13.3	21.0	5.6	2.0
2019_2020	0.34	0.88	1.06	1.38	9.5	18.6	5.4	1.5
2020_2021	0.99	1.08	0.77	0.74	11.1	16.7	4.6	1.1
2021_2022	1.38	1.22	0.80	0.76	10.3	15.2	4.1	1.0
2022_2023	0.98	0.79	0.44	0.53	9.1	14.4	3.2	0.9
2023_2024	0.56	0.57	1.57	1.32	8.6	14.8	5.2	1.3
2024_2025	2.45	2.03	1.77	0.81	9.4	13.0	4.1	0.9
2025_2026	0.37	0.84	1.07	1.34	6.6	13.2	4.1	1.3
2026_2027	1.75	1.08	0.53	0.54	9.3	14.0	3.4	0.9

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	16.8	26.1	7.9	2.1	10.0	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	14.0	21.3	6.0	1.6	7.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.5	18.4	5.1	1.2	6.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.4	13.4	3.9	1.0	4.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	15.5	25.1	7.3	2.0	9.3	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	10.0	16.6	4.7	1.2	5.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.4	13.4	3.9	1.0	4.8	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	14.1	27.0	8.0	2.3	10.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.5	18.4	5.1	1.2	6.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.5	13.7	4.2	1.1	5.3	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-16.6	-18.4	-24.3	-25.4	-24.5	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-37.4	-29.5	-34.9	-43.8	-36.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-49.8	-48.7	-51.0	-53.0	-51.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-35.2	-34.1	-36.0	-38.2	-36.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-45.4	-46.8	-47.5	-50.0	-48.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-25.5	-32.0	-35.7	-48.8	-38.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-40.0	-49.1	-47.5	-53.4	-48.8	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	57.5
2000_2001	52.5
2001_2002	48.3
2002_2003	50.9
2003_2004	49.9
2004_2005	45.1
2005_2006	56.3
2006_2007	59.6
2007_2008	50.7
2008_2009	47.7
2009_2010	43.6
2010_2011	39.3
2011_2012	39.5
2012_2013	37.4
2013_2014	31.6
2014_2015	34.8
2015_2016	34.7
2016_2017	31.0
2017_2018	39.5
2018_2019	41.4
2019_2020	34.7
2020_2021	32.9
2021_2022	30.7
2022_2023	27.8
2023_2024	29.0
2024_2025	28.4
2025_2026	24.9
2026_2027	27.8

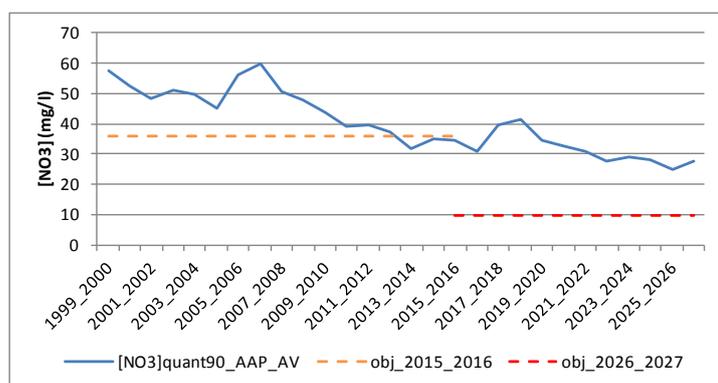
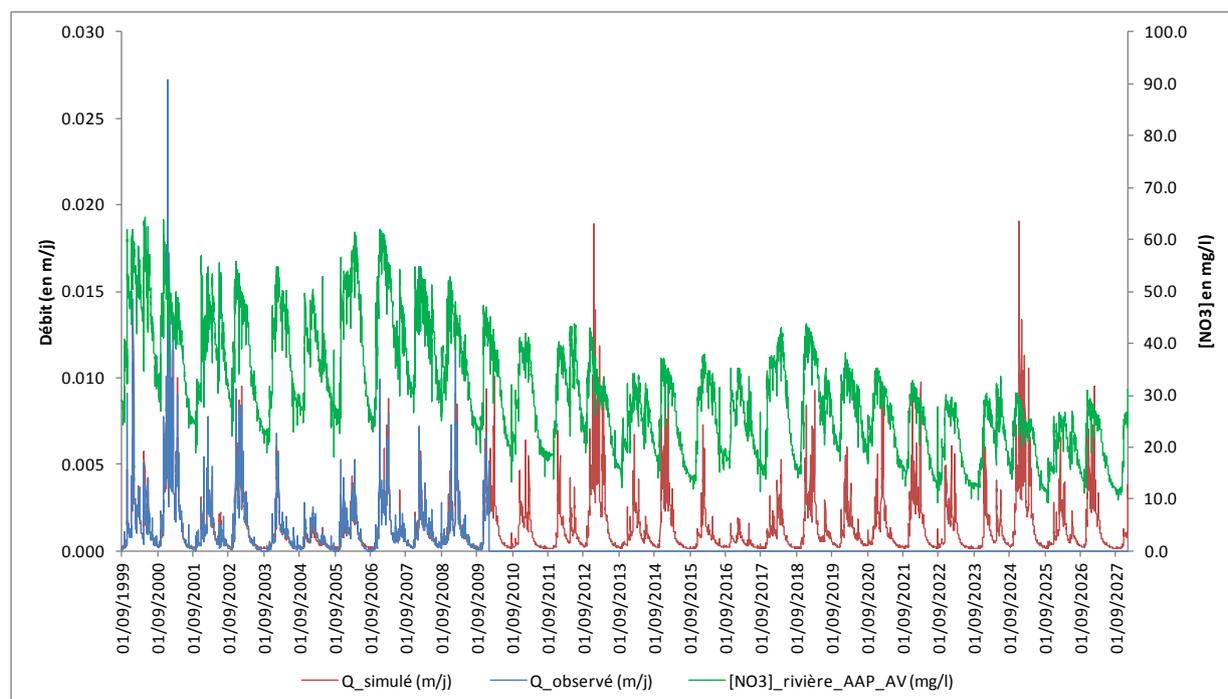


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-12 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Ris

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	4.1	3.7
	N_res_hydro	32.7	31.7
	N_denit	4.9	4.5
	N_volat	9.6	9.7
	N_exp_cult	116.9	118.7
	sorties_tot	168.2	168.3
var_stock_tot	10.7	13.3	
entrees_tot	N_atmo	7.8	7.9
	N_fix	11.1	13.0
	N_ferti_min	58.6	58.8
	N_ferti_org	49.9	49.4
	N_resti_pât	51.6	52.5
	entrees_tot	179.0	181.5

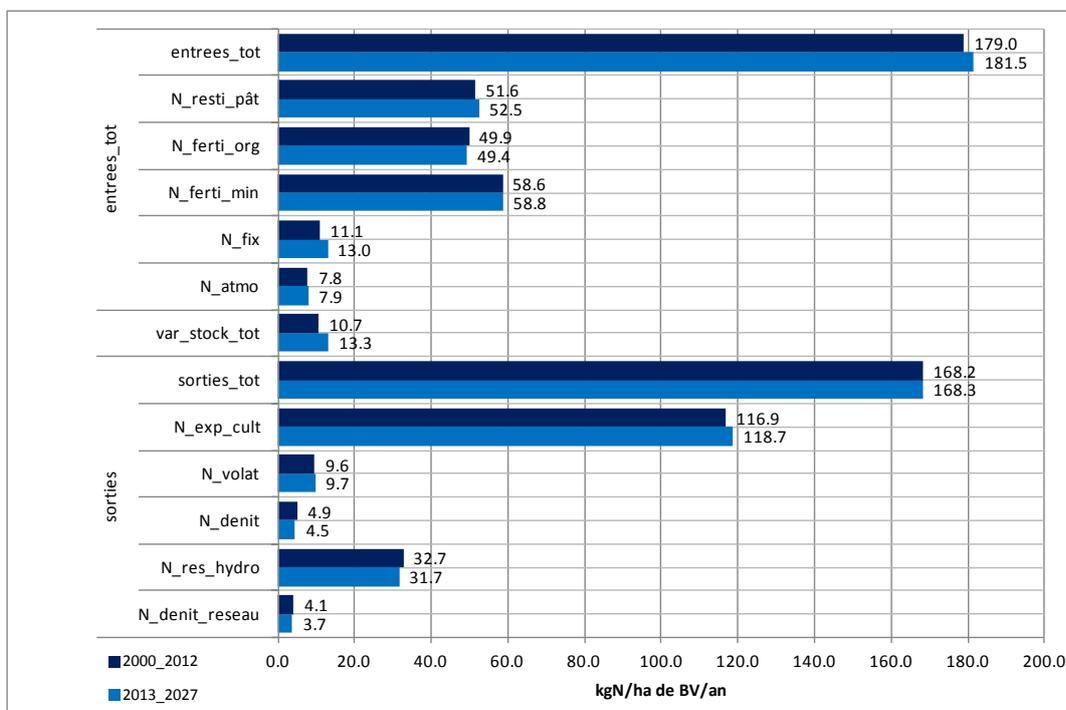


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.22	39
2000_2001	2.04	33
2001_2002	0.78	33
2002_2003	1.16	36
2003_2004	0.73	36
2004_2005	0.31	33
2005_2006	0.70	38
2006_2007	1.19	39
2007_2008	0.76	33
2008_2009	0.96	30
2009_2010	1.19	27
2010_2011	0.82	28
2011_2012	0.79	33
2012_2013	2.02	29
2013_2014	0.77	27
2014_2015	1.15	32
2015_2016	0.74	32
2016_2017	0.31	30
2017_2018	0.71	36
2018_2019	1.20	38
2019_2020	0.76	34
2020_2021	0.96	31
2021_2022	1.19	27
2022_2023	0.82	28
2023_2024	0.79	33
2024_2025	2.02	29
2025_2026	0.76	27
2026_2027	1.15	33

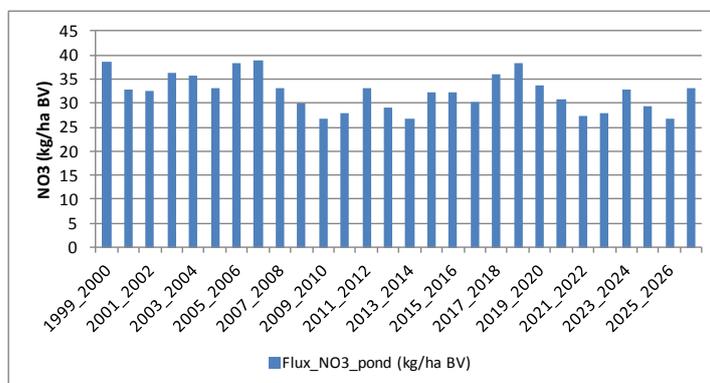


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	35.1	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	29.4	-16.1
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	32.7	-6.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	29.7	-15.3
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	33.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	31.1	-7.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	29.7	-11.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	33.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	32.7	-1.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	29.7	-10.1

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.45	0.91	1.63	1.31	11.2	17.7	7.1	2.6
2000_2001	2.40	2.05	1.80	1.07	10.5	14.3	5.5	2.2
2001_2002	0.44	0.82	1.06	1.23	9.5	14.3	6.1	2.4
2002_2003	1.69	1.09	0.62	0.65	10.6	17.1	6.6	2.1
2003_2004	0.50	0.86	0.75	0.82	10.8	16.4	6.3	2.1
2004_2005	0.34	0.24	0.40	0.48	10.2	16.3	5.7	1.7
2005_2006	0.48	0.69	1.11	0.75	11.1	17.5	7.1	2.2
2006_2007	0.98	1.26	1.05	2.00	12.0	17.9	6.9	2.4
2007_2008	0.35	0.83	0.99	1.38	9.8	15.1	6.1	2.2
2008_2009	0.87	1.08	0.86	0.81	9.4	13.4	5.5	1.8
2009_2010	1.34	1.25	0.92	0.89	8.2	12.0	4.8	1.7
2010_2011	0.99	0.83	0.54	0.63	8.1	13.0	5.1	1.6
2011_2012	0.69	0.60	1.35	1.18	9.0	15.9	6.0	2.2
2012_2013	2.36	2.04	1.77	1.06	9.8	12.5	4.6	1.7
2013_2014	0.43	0.81	1.05	1.20	7.2	11.9	5.1	1.9
2014_2015	1.69	1.08	0.62	0.64	9.5	15.3	5.8	1.8
2015_2016	0.51	0.86	0.77	0.84	9.5	15.2	5.7	1.9
2016_2017	0.35	0.24	0.37	0.48	9.2	14.8	5.1	1.5
2017_2018	0.49	0.69	1.11	0.74	10.2	16.7	6.7	2.0
2018_2019	0.98	1.26	1.07	2.03	11.6	17.8	6.8	2.4
2019_2020	0.33	0.85	1.01	1.40	9.6	15.5	6.2	2.2
2020_2021	0.86	1.08	0.87	0.82	9.7	13.8	5.5	1.9
2021_2022	1.33	1.25	0.92	0.86	8.5	12.3	4.8	1.6
2022_2023	1.00	0.83	0.54	0.63	8.4	13.0	5.0	1.6
2023_2024	0.68	0.59	1.35	1.17	9.2	15.5	5.9	2.1
2024_2025	2.35	2.04	1.79	1.06	9.9	12.6	4.7	1.7
2025_2026	0.43	0.80	1.05	1.22	7.4	11.8	5.2	1.9
2026_2027	1.68	1.08	0.62	0.64	9.6	15.6	5.9	1.8

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	10.5	15.9	6.3	2.3	8.6	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	8.7	13.6	5.4	1.8	7.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.6	15.5	5.8	1.8	7.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.0	13.3	5.3	1.8	7.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	10.0	15.4	6.1	2.1	8.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	9.3	14.3	5.5	1.9	7.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.0	13.3	5.3	1.8	7.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	9.8	15.1	6.1	2.2	8.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.6	15.5	5.8	1.8	7.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.1	13.9	5.4	1.9	7.3	

Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.0	-14.5	-15.2	-21.2	-16.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-8.0	-2.3	-8.0	-23.1	-12.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-13.9	-15.9	-16.8	-21.9	-18.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-7.3	-7.5	-8.7	-11.1	-9.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-10.3	-13.7	-13.2	-13.3	-13.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-2.0	2.9	-4.0	-17.2	-7.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-7.8	-7.8	-10.7	-12.3	-11.1	

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	38.3
2000_2001	34.0
2001_2002	32.9
2002_2003	36.5
2003_2004	35.2
2004_2005	33.4
2005_2006	38.3
2006_2007	39.0
2007_2008	32.8
2008_2009	30.3
2009_2010	26.3
2010_2011	28.4
2011_2012	33.1
2012_2013	31.9
2013_2014	28.0
2014_2015	32.1
2015_2016	31.7
2016_2017	30.5
2017_2018	36.1
2018_2019	38.5
2019_2020	33.4
2020_2021	30.9
2021_2022	26.6
2022_2023	27.8
2023_2024	32.2
2024_2025	32.1
2025_2026	27.7
2026_2027	33.0

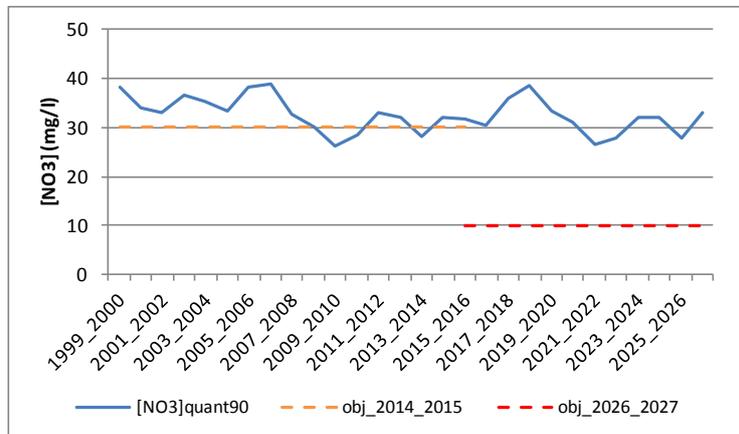
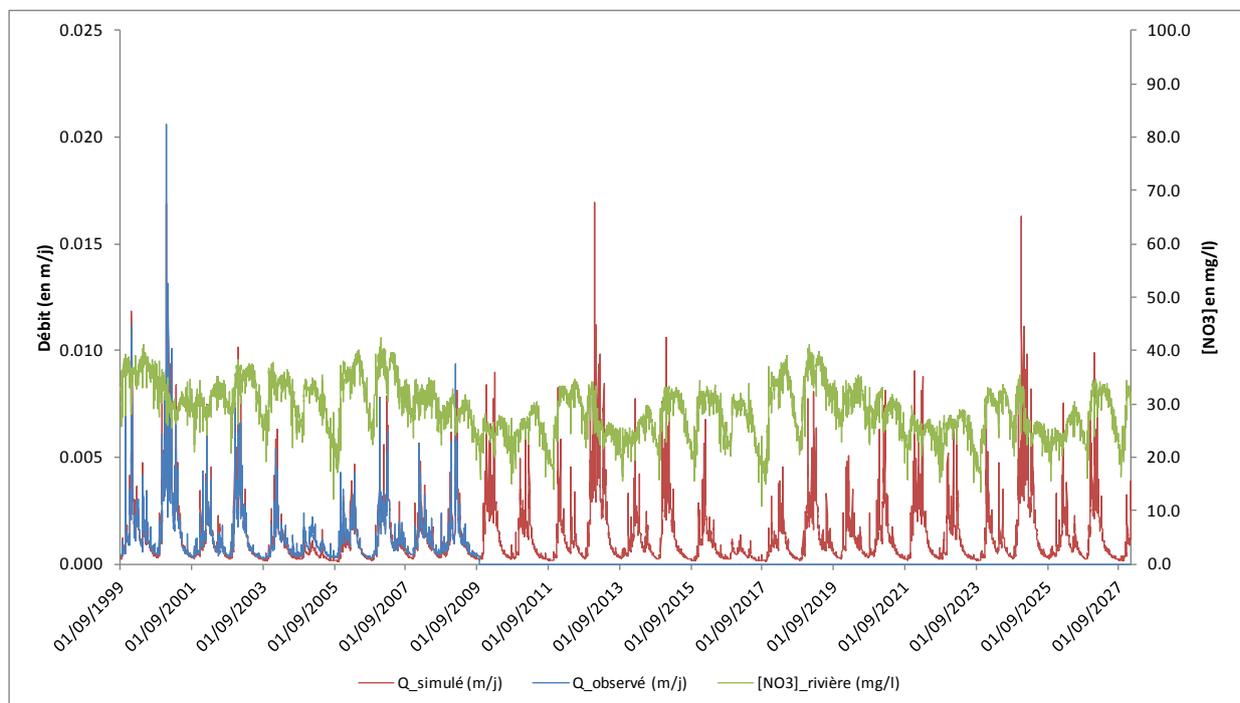


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	3.5	0.8
	N_res_hydro	39.2	9.4
	N_denit	4.5	0.5
	N_volat	9.4	0.0
	N_exp_cult	113.2	73.6
	sorties_tot	169.8	84.3
var_stock_tot		10.6	-62.5
entrées	N_atmo	8.3	7.8
	N_fix	13.3	14.0
	N_ferti_min	58.8	0.0
	N_ferti_org	49.4	0.0
	N_resti_pât	50.6	0.0
	entrees_tot	180.4	21.8

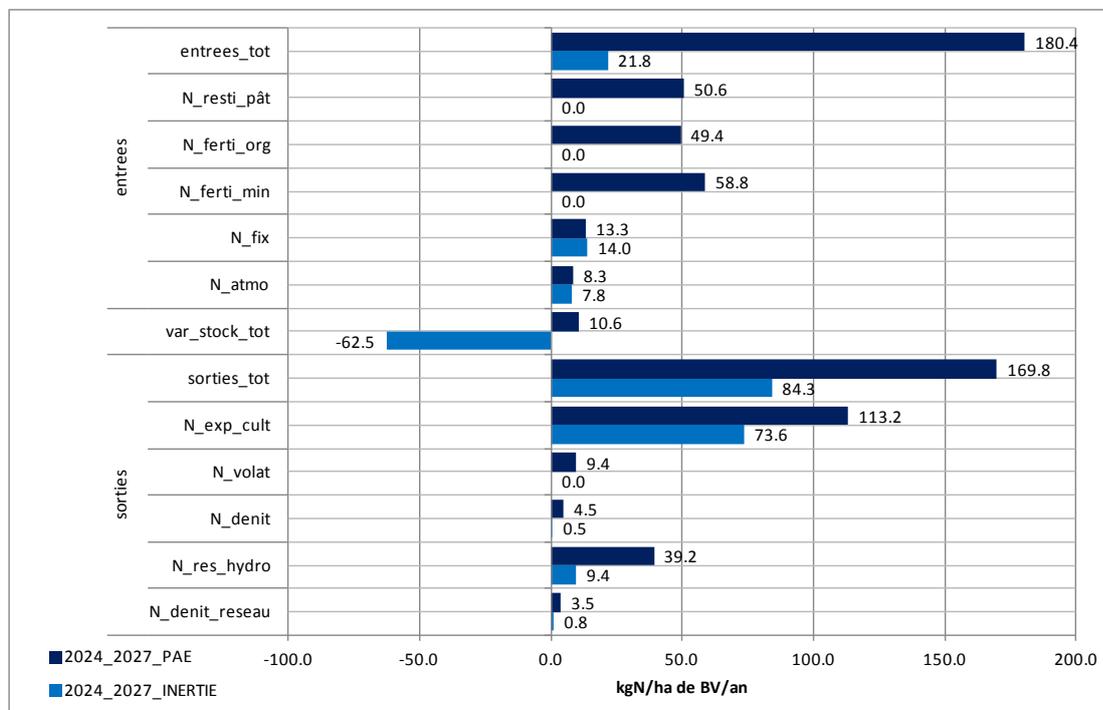


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.25	38
2000_2001	2.09	32
2001_2002	0.80	32
2002_2003	1.18	36
2003_2004	0.75	35
2004_2005	0.32	32
2005_2006	0.72	37
2006_2007	1.22	38
2007_2008	0.77	32
2008_2009	0.98	29
2009_2010	1.22	26
2010_2011	0.83	27
2011_2012	0.82	32
2012_2013	2.04	26
2013_2014	0.76	13
2014_2015	1.14	13
2015_2016	0.70	14
2016_2017	0.28	12
2017_2018	0.67	15
2018_2019	1.16	15
2019_2020	0.72	11
2020_2021	0.93	8
2021_2022	1.17	8
2022_2023	0.80	7
2023_2024	0.74	7
2024_2025	2.04	8
2025_2026	0.74	6
2026_2027	1.14	7

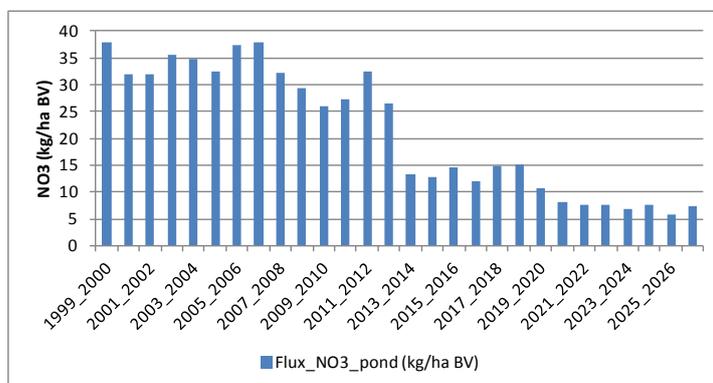


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	34.3	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	28.7	-16.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	13.5	-60.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	6.9	-80.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	32.8	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	11.4	-65.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	6.9	-79.1
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	32.3	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	13.5	-58.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	6.9	-78.7

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.50	0.92	1.67	1.38	10.8	17.5	6.9	2.5
2000_2001	2.49	2.07	1.85	1.12	10.1	14.2	5.3	2.1
2001_2002	0.46	0.83	1.09	1.30	9.1	14.2	5.9	2.2
2002_2003	1.76	1.10	0.64	0.68	10.3	16.9	6.4	2.0
2003_2004	0.52	0.87	0.77	0.86	10.4	16.3	6.1	2.0
2004_2005	0.36	0.24	0.41	0.50	9.8	16.1	5.5	1.6
2005_2006	0.50	0.70	1.14	0.78	10.7	17.4	6.9	2.1
2006_2007	1.01	1.27	1.08	2.10	11.6	17.7	6.7	2.3
2007_2008	0.36	0.84	1.02	1.45	9.5	14.9	5.9	2.1
2008_2009	0.90	1.09	0.88	0.85	9.1	13.3	5.3	1.8
2009_2010	1.38	1.26	0.95	0.93	7.9	11.9	4.7	1.6
2010_2011	1.03	0.84	0.56	0.67	7.8	12.9	5.0	1.6
2011_2012	0.71	0.60	1.38	1.28	8.7	15.7	5.8	2.1
2012_2013	2.40	2.03	1.84	1.08	9.7	11.6	3.3	1.3
2013_2014	0.44	0.81	1.01	1.17	4.8	6.2	2.1	0.8
2014_2015	1.65	1.10	0.61	0.63	3.3	6.3	2.6	0.9
2015_2016	0.45	0.83	0.73	0.76	4.1	7.0	2.4	0.8
2016_2017	0.32	0.22	0.33	0.41	3.6	6.3	1.8	0.6
2017_2018	0.42	0.65	1.12	0.72	3.9	6.8	2.8	1.0
2018_2019	0.91	1.26	1.02	1.93	4.4	7.3	2.9	0.8
2019_2020	0.31	0.80	0.96	1.30	3.4	5.2	1.7	0.6
2020_2021	0.85	1.07	0.79	0.73	2.1	3.8	1.7	0.6
2021_2022	1.28	1.25	0.91	0.81	2.0	3.6	1.6	0.6
2022_2023	0.94	0.83	0.55	0.62	2.1	3.4	1.6	0.5
2023_2024	0.62	0.59	1.24	1.10	1.9	3.8	0.9	0.4
2024_2025	2.38	2.05	1.83	1.07	2.2	3.7	1.3	0.6
2025_2026	0.40	0.78	1.01	1.15	1.9	2.6	0.9	0.4
2026_2027	1.65	1.10	0.61	0.63	1.8	3.8	1.5	0.5

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	10.1	15.7	6.1	2.2	8.4	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	8.4	13.4	5.2	1.7	7.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	3.7	6.6	2.4	0.8	3.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.9	3.4	1.2	0.5	1.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	9.7	15.3	5.9	2.0	7.9	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	3.4	5.4	1.9	0.7	2.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.9	3.4	1.2	0.5	1.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	9.5	14.9	5.9	2.1	7.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	3.7	6.6	2.4	0.8	3.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	1.9	3.5	1.2	0.4	1.6	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-17.0	-14.5	-15.2	-21.1	-16.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-63.0	-57.8	-60.7	-62.9	-61.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-80.7	-78.5	-79.8	-79.1	-79.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-64.7	-64.5	-67.0	-65.9	-66.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-79.9	-78.0	-78.9	-76.8	-78.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-60.6	-55.6	-59.0	-60.0	-59.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-79.6	-76.6	-80.2	-78.1	-79.7	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	38.3
2000_2001	34.0
2001_2002	32.9
2002_2003	36.5
2003_2004	35.2
2004_2005	33.4
2005_2006	38.3
2006_2007	39.0
2007_2008	32.8
2008_2009	30.3
2009_2010	26.3
2010_2011	28.4
2011_2012	33.1
2012_2013	32.8
2013_2014	16.7
2014_2015	14.6
2015_2016	15.4
2016_2017	13.2
2017_2018	16.0
2018_2019	17.8
2019_2020	12.3
2020_2021	9.8
2021_2022	9.1
2022_2023	8.6
2023_2024	8.1
2024_2025	8.9
2025_2026	6.8
2026_2027	8.7

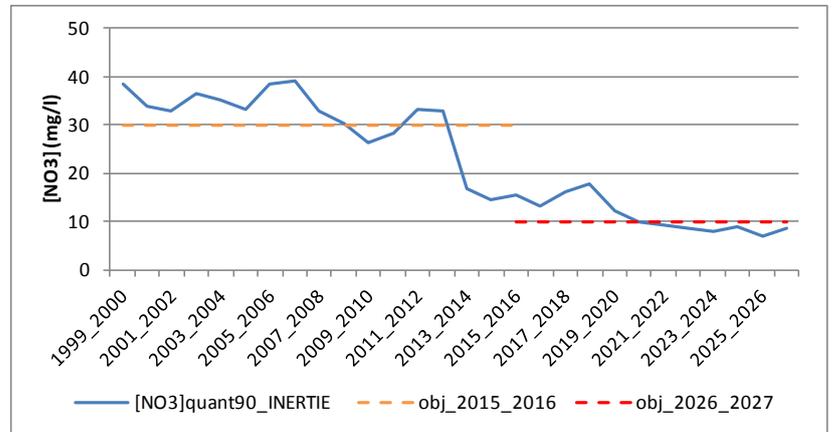
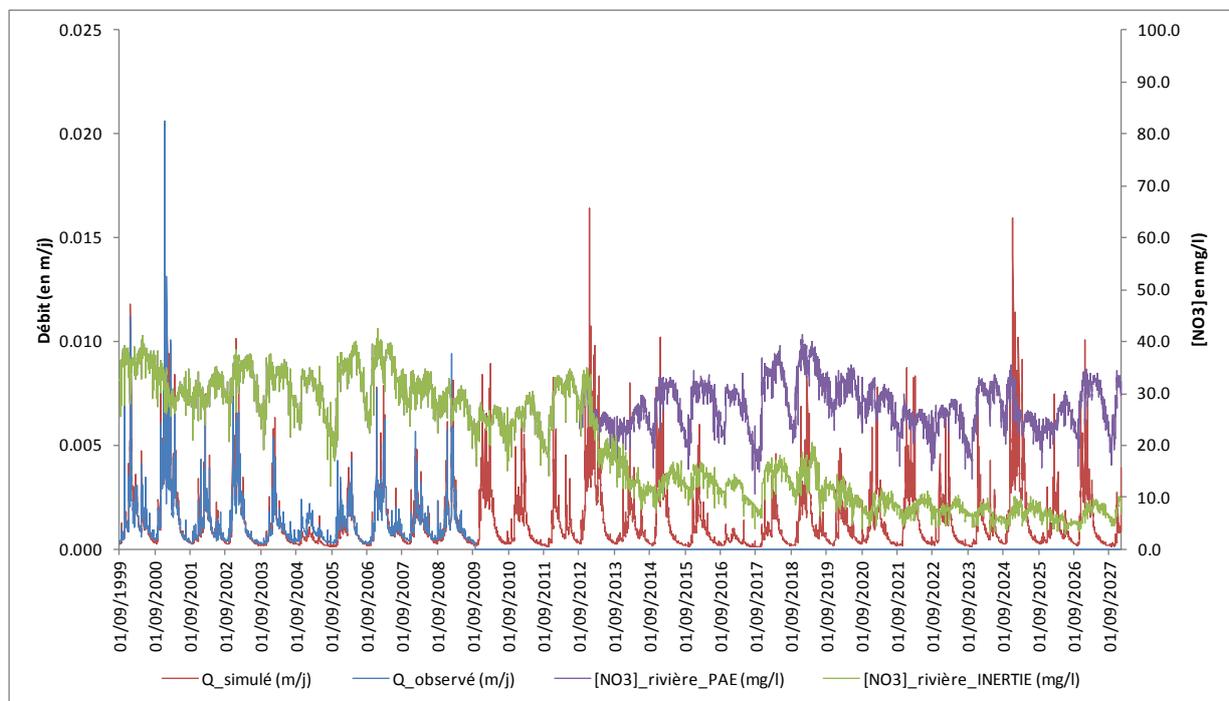


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027 PAE	2024_2027 PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	3.5	2.9
	N_res_hydro	39.2	32.9
	N_denit	4.5	3.9
	N_volat	9.4	9.1
	N_exp_cult	113.2	103.2
	sorties_tot	169.8	152.0
var_stock_tot		10.6	4.8
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	13.3	15.3
	N_ferti_min	58.8	35.1
	N_ferti_org	49.4	51.4
	N_resti_pât	50.6	46.7
	entrees_tot	180.4	156.8

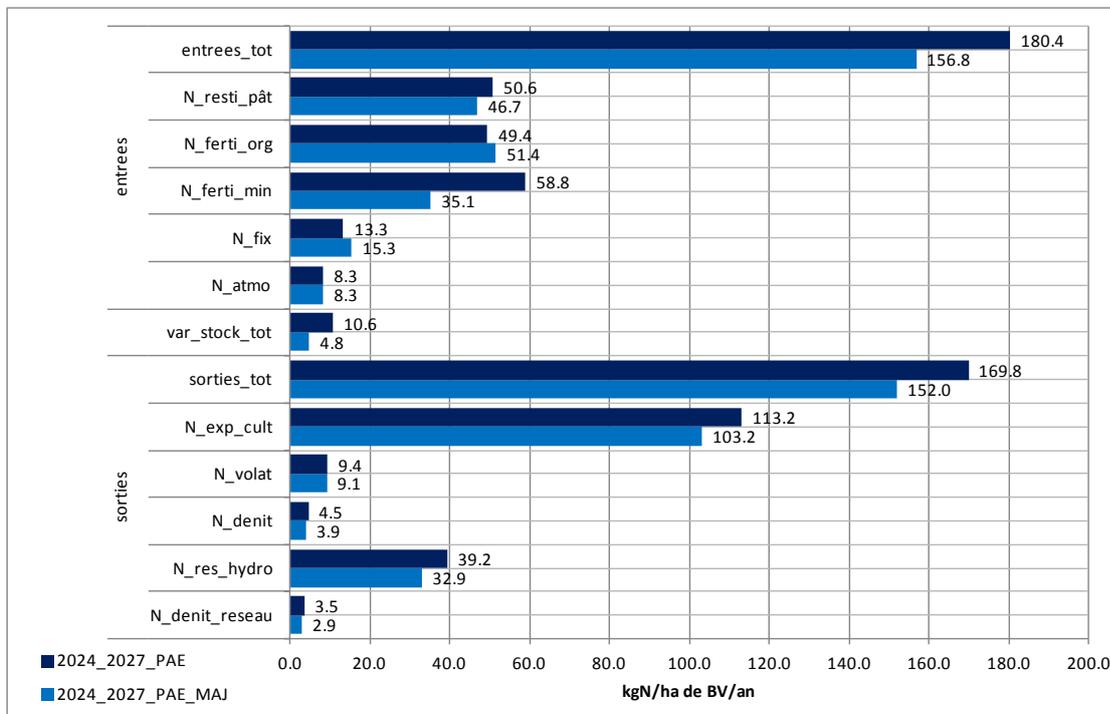


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.22	39
2000_2001	2.04	33
2001_2002	0.78	33
2002_2003	1.15	36
2003_2004	0.73	36
2004_2005	0.31	33
2005_2006	0.70	38
2006_2007	1.19	39
2007_2008	0.76	33
2008_2009	0.96	30
2009_2010	1.19	27
2010_2011	0.82	27
2011_2012	0.79	29
2012_2013	2.02	27
2013_2014	0.77	24
2014_2015	1.15	29
2015_2016	0.73	29
2016_2017	0.31	26
2017_2018	0.71	31
2018_2019	1.20	33
2019_2020	0.76	30
2020_2021	0.96	28
2021_2022	1.19	24
2022_2023	0.82	24
2023_2024	0.79	26
2024_2025	2.02	24
2025_2026	0.77	23
2026_2027	1.15	28

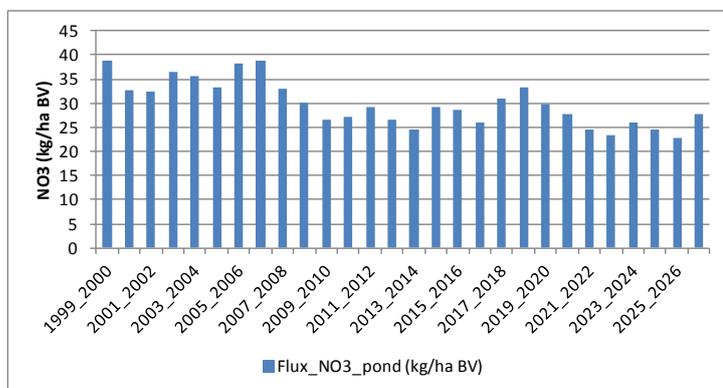


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	35.1	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	28.2	-19.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	28.7	-18.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	25.0	-28.9
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	33.3	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	27.1	-18.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	25.0	-24.9
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	33.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	28.7	-13.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	25.0	-24.5

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.45	0.91	1.62	1.31	11.2	17.7	7.1	2.6
2000_2001	2.40	2.05	1.79	1.07	10.5	14.3	5.5	2.2
2001_2002	0.44	0.82	1.05	1.23	9.5	14.3	6.1	2.4
2002_2003	1.70	1.09	0.62	0.65	10.6	17.1	6.6	2.1
2003_2004	0.50	0.86	0.75	0.82	10.8	16.4	6.3	2.1
2004_2005	0.34	0.24	0.39	0.48	10.1	16.3	5.7	1.7
2005_2006	0.48	0.69	1.10	0.74	11.0	17.5	7.1	2.2
2006_2007	0.98	1.26	1.05	2.00	12.0	17.9	6.9	2.4
2007_2008	0.35	0.83	0.99	1.38	9.8	15.1	6.1	2.2
2008_2009	0.87	1.08	0.86	0.81	9.4	13.4	5.5	1.8
2009_2010	1.34	1.25	0.92	0.89	8.1	12.0	4.8	1.7
2010_2011	1.00	0.83	0.54	0.63	8.2	12.5	4.9	1.6
2011_2012	0.68	0.60	1.34	1.18	8.1	13.9	5.2	1.9
2012_2013	2.36	2.03	1.79	1.06	8.6	11.7	4.3	1.6
2013_2014	0.43	0.81	1.06	1.22	6.7	10.9	4.7	1.8
2014_2015	1.68	1.08	0.62	0.65	8.5	13.7	5.2	1.6
2015_2016	0.51	0.86	0.76	0.85	8.6	13.4	5.0	1.6
2016_2017	0.35	0.24	0.39	0.48	8.0	12.9	4.4	1.3
2017_2018	0.49	0.69	1.11	0.74	8.7	14.3	5.8	1.8
2018_2019	0.97	1.26	1.08	2.04	10.0	15.6	6.0	2.1
2019_2020	0.33	0.85	1.00	1.38	8.4	13.7	5.6	1.9
2020_2021	0.87	1.07	0.88	0.82	8.6	12.6	5.0	1.7
2021_2022	1.32	1.25	0.93	0.87	7.6	11.0	4.3	1.4
2022_2023	1.01	0.84	0.54	0.63	7.1	10.8	4.2	1.3
2023_2024	0.68	0.59	1.36	1.17	7.3	12.4	4.7	1.7
2024_2025	2.35	2.04	1.78	1.05	8.1	10.6	4.0	1.4
2025_2026	0.43	0.80	1.06	1.22	6.3	10.1	4.4	1.6
2026_2027	1.68	1.08	0.62	0.65	8.1	13.0	5.0	1.5

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	10.4	15.9	6.3	2.3	8.7	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	8.5	12.9	5.1	1.8	6.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.5	13.6	5.1	1.6	6.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.5	11.2	4.5	1.5	6.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	10.0	15.3	6.0	2.1	8.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.0	12.4	4.8	1.6	6.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.5	11.2	4.5	1.5	6.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	9.8	15.1	6.1	2.2	8.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.5	13.6	5.1	1.6	6.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.4	11.5	4.5	1.6	6.1	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-19.1	-18.3	-19.6	-24.3	-20.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-19.1	-14.4	-19.4	-31.8	-22.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-28.5	-29.1	-29.5	-33.9	-30.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-19.3	-18.4	-19.2	-21.3	-19.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-24.9	-26.3	-25.4	-25.8	-25.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-13.9	-9.9	-15.9	-26.5	-18.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-24.3	-23.4	-25.5	-26.9	-25.9	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	38.3
2000_2001	34.0
2001_2002	32.9
2002_2003	36.5
2003_2004	35.2
2004_2005	33.4
2005_2006	38.3
2006_2007	39.0
2007_2008	32.8
2008_2009	30.3
2009_2010	26.3
2010_2011	26.8
2011_2012	28.6
2012_2013	27.7
2013_2014	25.0
2014_2015	28.9
2015_2016	28.2
2016_2017	26.4
2017_2018	31.4
2018_2019	33.9
2019_2020	30.0
2020_2021	28.1
2021_2022	24.1
2022_2023	23.1
2023_2024	25.7
2024_2025	25.8
2025_2026	23.7
2026_2027	27.7

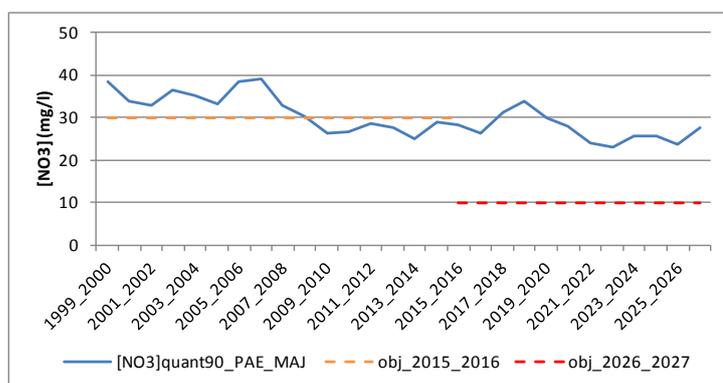
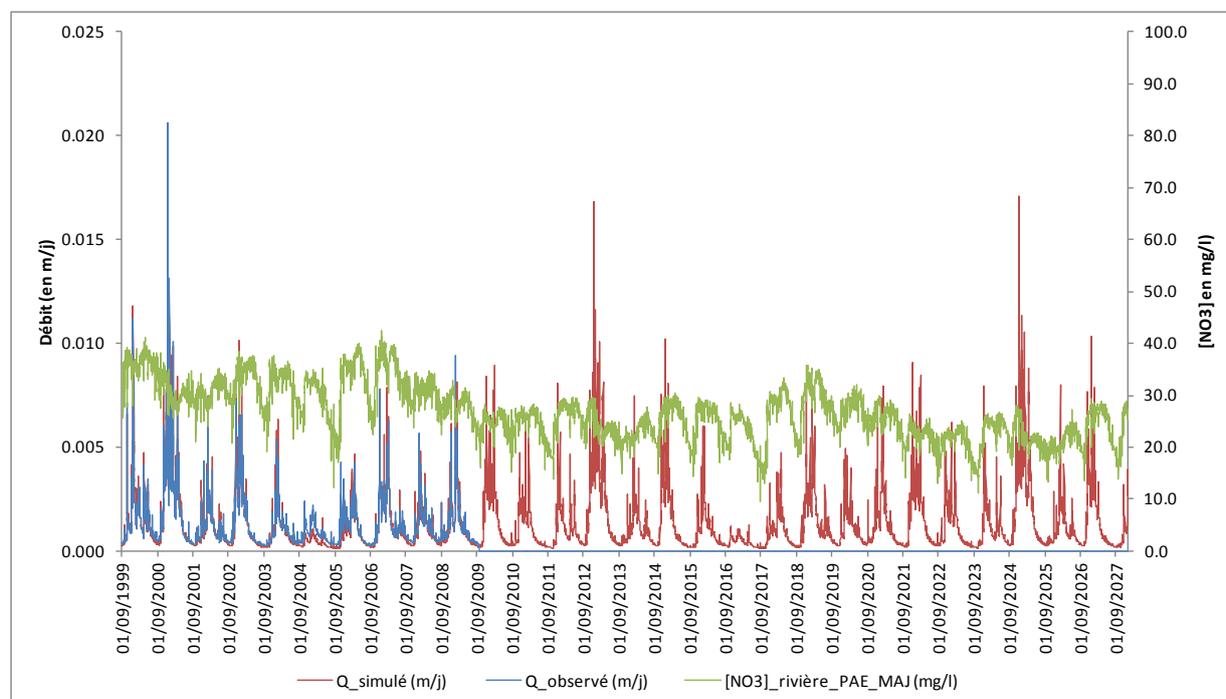


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027 PAE_MAJ	2024_2027 AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	2.9	2.8
	N_res_hydro	32.9	31.7
	N_denit	3.9	3.5
	N_volat	9.1	9.8
	N_exp_cult	103.2	104.6
	sorties_tot	152.0	152.3
var_stock_tot		4.8	7.7
entrées	N_atmo	8.3	8.3
	N_fix	15.3	18.5
	N_ferti_min	35.1	29.8
	N_ferti_org	51.4	53.1
	N_resti_pât	46.7	50.3
	entrees_tot	156.8	160.0

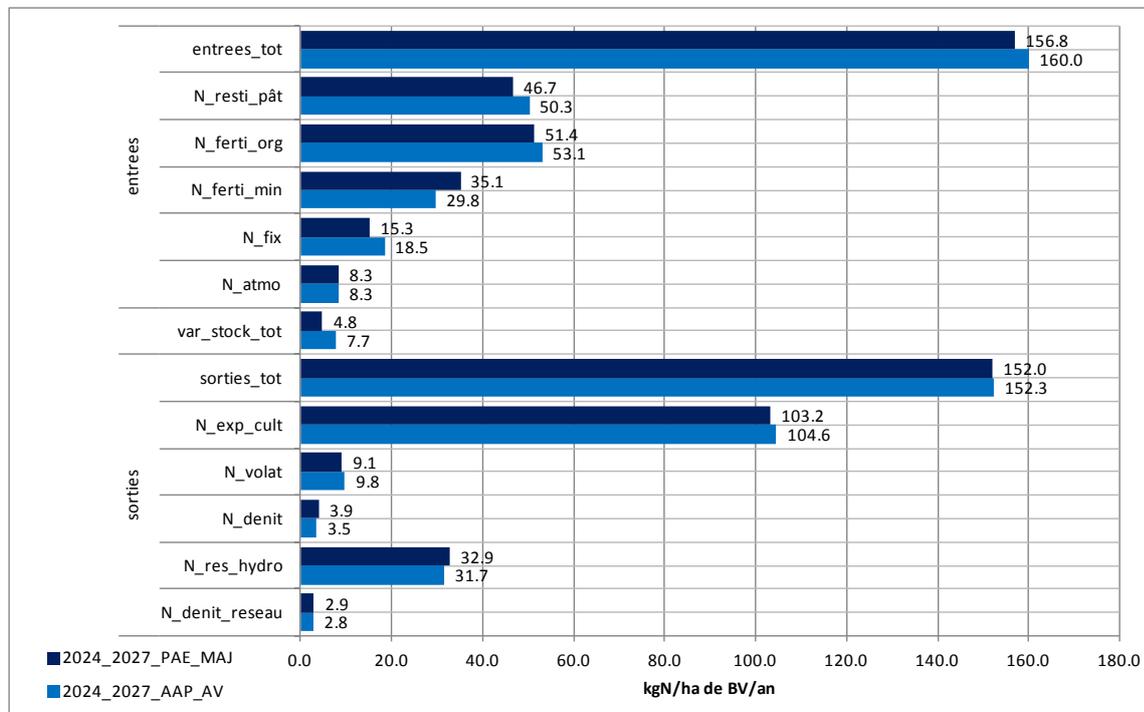


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.22	39
2000_2001	2.04	33
2001_2002	0.78	33
2002_2003	1.16	36
2003_2004	0.73	36
2004_2005	0.31	33
2005_2006	0.71	38
2006_2007	1.19	39
2007_2008	0.76	33
2008_2009	0.96	30
2009_2010	1.19	27
2010_2011	0.82	27
2011_2012	0.80	29
2012_2013	2.02	26
2013_2014	0.77	23
2014_2015	1.15	27
2015_2016	0.73	27
2016_2017	0.31	25
2017_2018	0.71	30
2018_2019	1.19	32
2019_2020	0.76	27
2020_2021	0.96	25
2021_2022	1.19	22
2022_2023	0.82	23
2023_2024	0.79	27
2024_2025	2.02	24
2025_2026	0.76	22
2026_2027	1.15	27

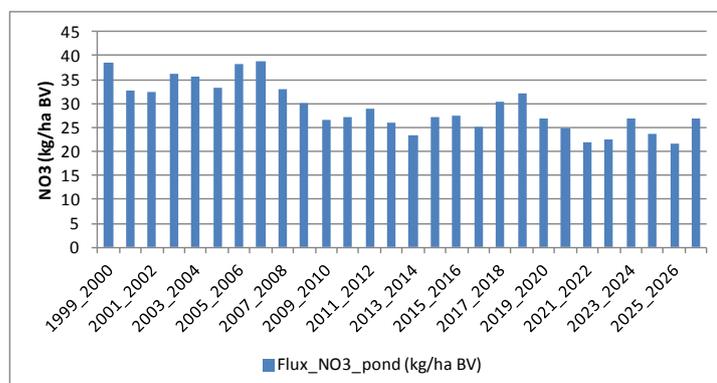


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	35.0	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	28.2	-19.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	27.6	-21.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	24.0	-31.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	33.2	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	25.8	-22.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	24.0	-27.7
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	33.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	27.6	-16.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	24.0	-27.3

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.45	0.91	1.63	1.32	11.2	17.7	7.0	2.6
2000_2001	2.41	2.05	1.80	1.07	10.5	14.3	5.5	2.2
2001_2002	0.44	0.82	1.06	1.24	9.4	14.4	6.1	2.4
2002_2003	1.70	1.09	0.62	0.65	10.6	17.1	6.6	2.1
2003_2004	0.50	0.86	0.76	0.82	10.8	16.4	6.3	2.1
2004_2005	0.34	0.24	0.40	0.48	10.1	16.3	5.6	1.7
2005_2006	0.48	0.69	1.11	0.75	11.0	17.5	7.1	2.2
2006_2007	0.98	1.26	1.06	2.01	12.0	17.9	6.8	2.4
2007_2008	0.35	0.83	1.00	1.38	9.8	15.1	6.0	2.2
2008_2009	0.87	1.08	0.86	0.81	9.4	13.4	5.5	1.8
2009_2010	1.34	1.25	0.92	0.89	8.1	12.0	4.8	1.7
2010_2011	1.00	0.83	0.54	0.64	8.2	12.5	4.8	1.6
2011_2012	0.68	0.60	1.35	1.19	8.1	13.9	5.1	1.9
2012_2013	2.36	2.04	1.79	1.06	8.5	11.5	4.2	1.6
2013_2014	0.43	0.81	1.05	1.22	6.5	10.5	4.4	1.7
2014_2015	1.68	1.08	0.62	0.64	7.8	13.1	5.0	1.5
2015_2016	0.50	0.86	0.75	0.83	8.2	12.9	4.9	1.6
2016_2017	0.35	0.24	0.38	0.47	7.7	12.5	4.3	1.2
2017_2018	0.48	0.69	1.11	0.74	8.5	14.0	5.7	1.8
2018_2019	0.96	1.26	1.06	2.02	9.8	15.0	5.7	1.9
2019_2020	0.34	0.84	0.99	1.41	7.9	12.3	4.8	1.8
2020_2021	0.87	1.08	0.85	0.81	7.5	11.3	4.5	1.5
2021_2022	1.33	1.25	0.92	0.87	6.7	10.0	4.0	1.3
2022_2023	1.00	0.83	0.55	0.63	6.6	10.5	4.2	1.4
2023_2024	0.68	0.59	1.35	1.16	7.5	13.0	4.7	1.8
2024_2025	2.35	2.04	1.78	1.05	8.0	10.3	3.7	1.4
2025_2026	0.43	0.80	1.05	1.20	6.0	9.7	4.1	1.5
2026_2027	1.68	1.09	0.62	0.64	7.8	12.8	4.7	1.5

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	10.4	15.9	6.3	2.3	8.6	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	8.4	12.9	5.1	1.8	6.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.0	13.1	4.9	1.5	6.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.2	10.9	4.2	1.5	5.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	9.9	15.3	5.9	2.1	8.0	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	7.7	12.0	4.6	1.6	6.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.2	10.9	4.2	1.5	5.6	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	9.8	15.1	6.0	2.2	8.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.0	13.1	4.9	1.5	6.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.3	11.4	4.3	1.5	5.8	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-19.1	-18.3	-19.6	-24.4	-20.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-23.0	-17.3	-21.5	-34.1	-24.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-30.5	-31.2	-33.9	-37.5	-34.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-22.9	-21.7	-22.9	-24.7	-23.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-27.1	-28.5	-30.0	-29.8	-30.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-18.1	-12.9	-18.0	-28.9	-20.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-25.5	-24.1	-28.9	-29.0	-28.9	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	38.3
2000_2001	34.0
2001_2002	32.9
2002_2003	36.5
2003_2004	35.2
2004_2005	33.4
2005_2006	38.3
2006_2007	39.0
2007_2008	32.8
2008_2009	30.3
2009_2010	26.3
2010_2011	26.8
2011_2012	28.6
2012_2013	27.4
2013_2014	23.7
2014_2015	27.6
2015_2016	27.5
2016_2017	25.6
2017_2018	30.9
2018_2019	32.6
2019_2020	26.8
2020_2021	25.2
2021_2022	21.7
2022_2023	23.4
2023_2024	26.7
2024_2025	25.7
2025_2026	21.9
2026_2027	26.8

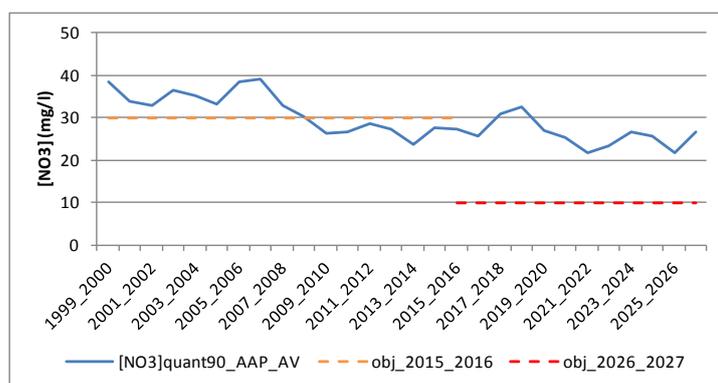
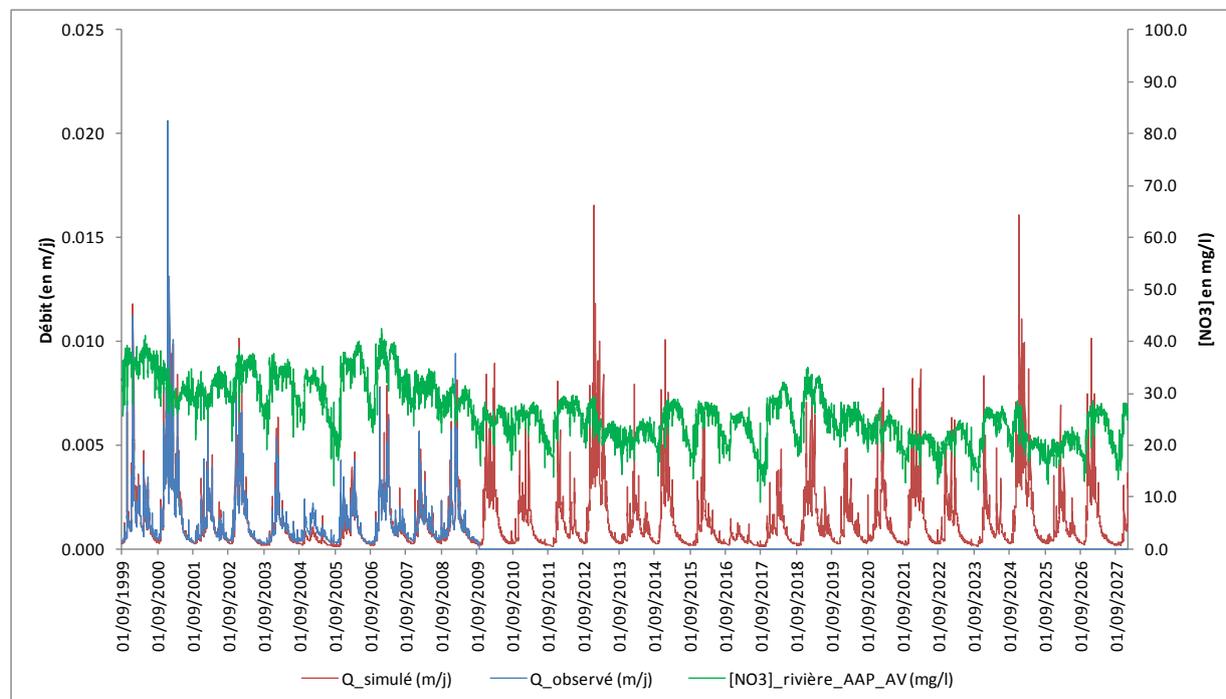


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-13 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du St Laurent

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	5.0	4.3
	N_res_hydro	47.1	43.2
	N_denit	10.7	9.4
	N_volat	9.2	9.1
	N_exp_cult	136.4	133.8
	sorties_tot	208.3	199.7
var_stock_tot	-21.7	-12.8	
entrees_tot	N_atmo	8.5	8.6
	N_fix	11.6	12.1
	N_ferti_min	68.0	68.2
	N_ferti_org	51.7	52.4
	N_resti_pât	46.7	45.6
	entrees_tot	186.5	187.0

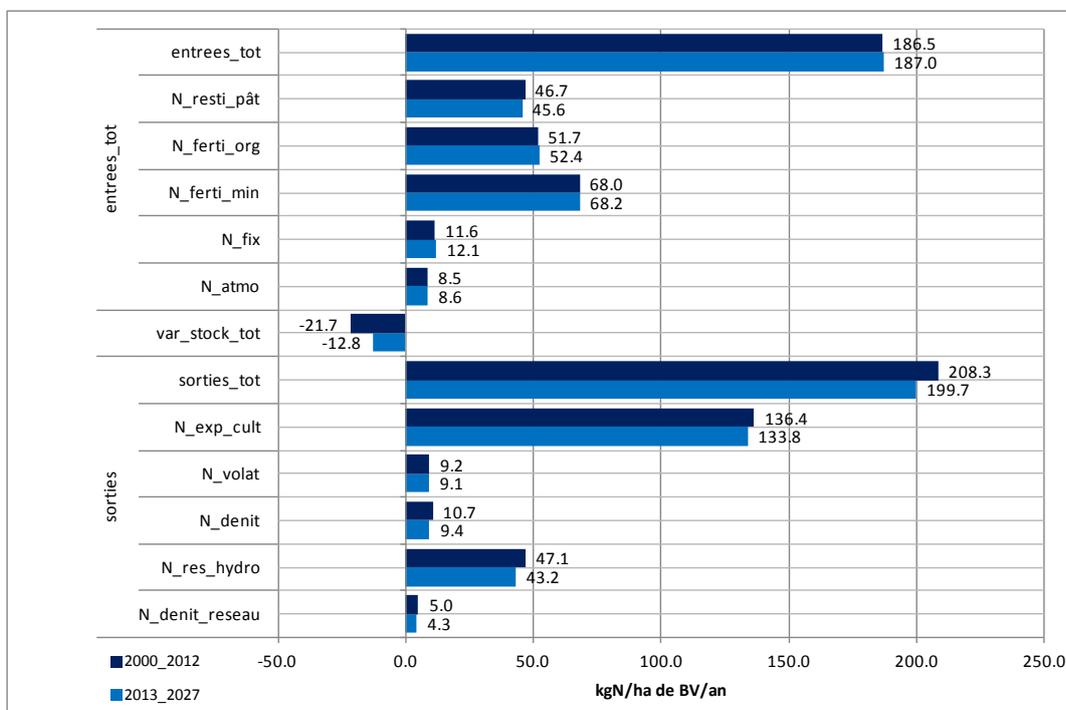


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.02	54
2000_2001	2.01	50
2001_2002	0.77	46
2002_2003	1.19	44
2003_2004	0.79	49
2004_2005	0.50	49
2005_2006	0.75	54
2006_2007	1.07	58
2007_2008	0.79	54
2008_2009	0.90	51
2009_2010	1.22	43
2010_2011	0.84	40
2011_2012	0.69	41
2012_2013	2.00	42
2013_2014	0.77	37
2014_2015	1.18	37
2015_2016	0.79	45
2016_2017	0.50	44
2017_2018	0.75	48
2018_2019	1.07	52
2019_2020	0.79	51
2020_2021	0.90	48
2021_2022	1.22	40
2022_2023	0.84	37
2023_2024	0.69	39
2024_2025	2.00	41
2025_2026	0.76	37
2026_2027	1.18	36

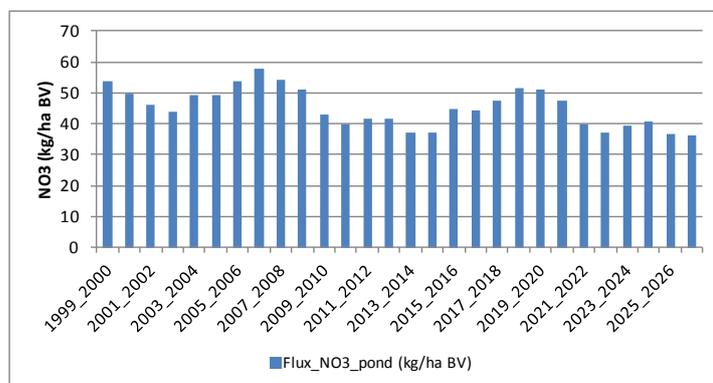


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	48.4	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	43.8	-9.6
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	43.5	-10.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	38.0	-21.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	48.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	42.3	-13.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	38.0	-22.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	54.2	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	43.5	-19.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	38.0	-29.9

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.03	0.89	1.19	1.21	13.3	24.2	11.8	4.5
2000_2001	2.20	2.09	1.95	1.28	12.5	21.7	11.2	4.6
2001_2002	0.59	0.70	0.92	1.23	12.4	20.0	9.9	3.9
2002_2003	1.62	1.25	0.76	0.69	10.3	20.0	10.6	3.8
2003_2004	0.51	0.89	0.82	1.05	11.6	21.8	11.2	4.2
2004_2005	0.59	0.40	0.53	0.63	12.6	22.5	10.9	3.8
2005_2006	0.63	0.66	1.08	0.82	12.8	24.0	12.2	4.5
2006_2007	0.87	1.12	1.02	1.47	14.1	25.2	13.2	5.3
2007_2008	0.45	0.83	0.97	1.15	13.5	23.2	12.3	4.9
2008_2009	0.76	0.97	0.91	0.89	13.5	21.6	11.5	4.3
2009_2010	1.40	1.26	1.10	0.85	11.2	18.5	9.5	3.6
2010_2011	1.11	0.84	0.60	0.67	10.2	17.9	8.7	3.1
2011_2012	0.59	0.55	0.93	1.06	9.4	18.9	9.5	3.5
2012_2013	2.16	2.08	1.95	1.28	10.3	18.2	9.5	3.8
2013_2014	0.59	0.70	0.92	1.24	10.3	16.3	8.0	3.1
2014_2015	1.60	1.25	0.76	0.69	8.7	16.8	9.2	3.3
2015_2016	0.51	0.89	0.82	1.06	10.2	19.9	10.2	3.9
2016_2017	0.60	0.40	0.53	0.64	11.5	20.2	9.6	3.3
2017_2018	0.63	0.65	1.08	0.82	11.3	21.0	10.8	4.0
2018_2019	0.88	1.13	1.02	1.47	12.6	22.2	11.8	4.9
2019_2020	0.44	0.82	0.97	1.14	12.5	22.1	11.6	4.5
2020_2021	0.76	0.97	0.91	0.90	12.8	20.3	10.7	3.9
2021_2022	1.41	1.25	1.10	0.85	10.4	17.4	8.8	3.3
2022_2023	1.13	0.83	0.60	0.67	9.6	16.7	8.0	2.9
2023_2024	0.59	0.56	0.93	1.07	8.8	17.7	9.1	3.5
2024_2025	2.16	2.09	1.95	1.28	10.0	17.9	9.3	3.7
2025_2026	0.59	0.70	0.91	1.23	10.0	16.0	8.0	3.1
2026_2027	1.61	1.25	0.76	0.68	8.5	16.5	8.7	3.1

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	12.1	21.5	10.9	4.2	15.1	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	11.1	19.2	9.8	3.6	13.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.4	19.5	10.0	3.6	13.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.5	16.8	8.7	3.3	12.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.1	21.5	10.9	4.2	15.1	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	10.5	18.6	9.6	3.6	13.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.5	16.8	8.7	3.3	12.0	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	13.5	23.2	12.3	4.9	17.2	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	10.4	19.5	10.0	3.6	13.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.3	17.0	8.8	3.3	12.1	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-8.5	-10.4	-10.0	-13.3	-10.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-13.8	-9.4	-8.4	-13.5	-9.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-21.3	-21.8	-20.3	-21.7	-20.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-13.3	-13.5	-12.7	-12.9	-12.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-21.3	-21.9	-20.8	-21.1	-20.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-22.9	-16.2	-18.8	-26.2	-20.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-31.1	-26.7	-28.5	-32.1	-29.6	

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	44.0
2000_2001	41.0
2001_2002	37.7
2002_2003	38.2
2003_2004	41.0
2004_2005	39.8
2005_2006	44.5
2006_2007	47.6
2007_2008	44.3
2008_2009	42.0
2009_2010	34.8
2010_2011	32.0
2011_2012	34.3
2012_2013	34.7
2013_2014	31.3
2014_2015	32.9
2015_2016	37.3
2016_2017	35.8
2017_2018	39.2
2018_2019	42.7
2019_2020	42.0
2020_2021	39.5
2021_2022	32.2
2022_2023	29.8
2023_2024	32.7
2024_2025	34.2
2025_2026	30.6
2026_2027	31.5

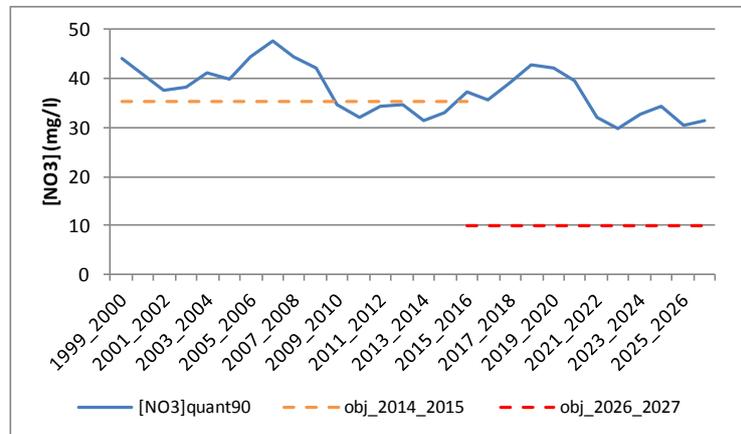
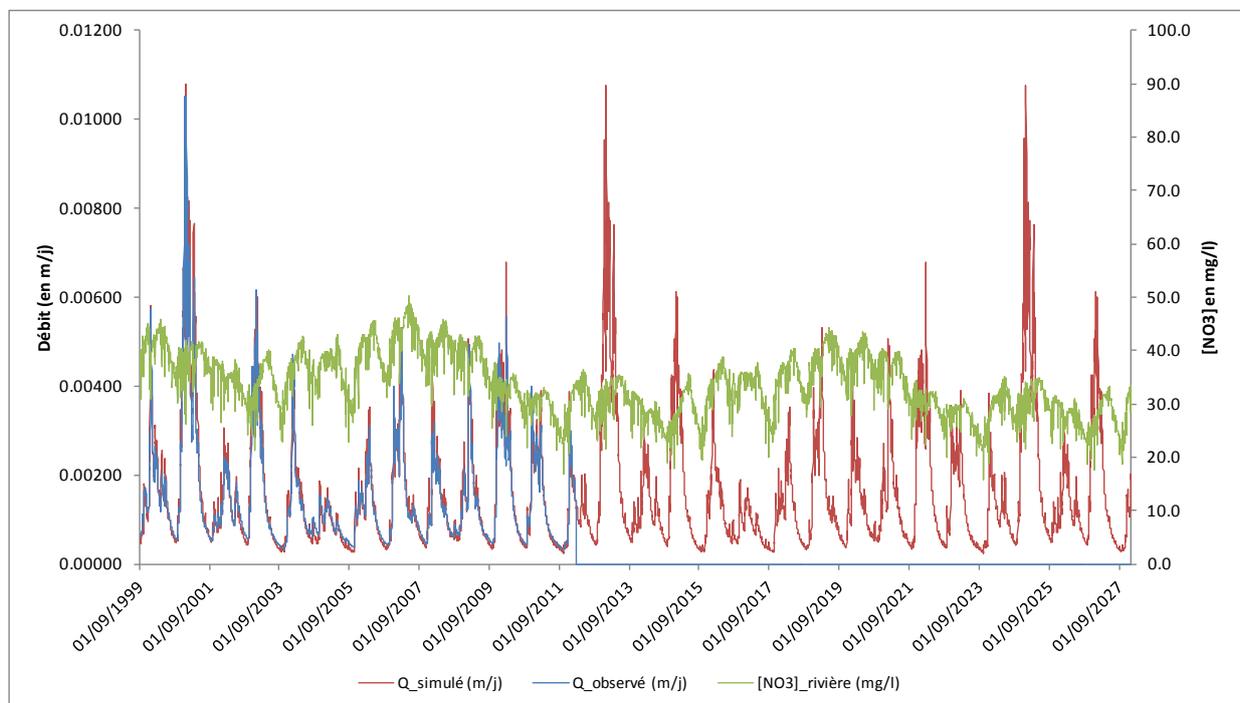


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

		2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE
sorties	N_denit_reseau	3.9	0.8
	N_res_hydro	51.0	12.9
	N_denit	9.4	1.1
	N_volat	8.9	0.0
	N_exp_cult	128.3	129.3
	sorties_tot	201.6	144.1
var_stock_tot		-15.8	-88.2
entrées	N_atmo	9.2	8.4
	N_fix	12.4	47.6
	N_ferti_min	68.3	0.0
	N_ferti_org	51.8	0.0
	N_resti_pât	44.2	0.0
	entrees_tot	185.8	55.9

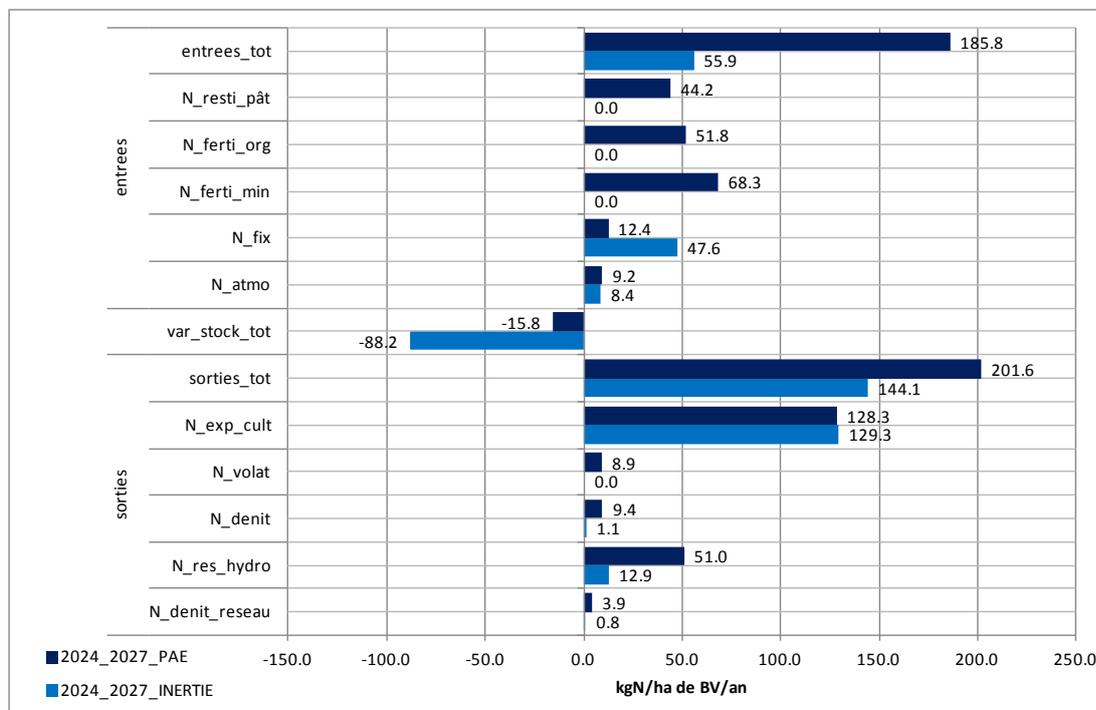


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.04	52
2000_2001	2.07	49
2001_2002	0.79	45
2002_2003	1.22	43
2003_2004	0.81	48
2004_2005	0.51	48
2005_2006	0.77	53
2006_2007	1.10	56
2007_2008	0.81	53
2008_2009	0.92	50
2009_2010	1.26	42
2010_2011	0.86	39
2011_2012	0.71	40
2012_2013	2.04	39
2013_2014	0.75	27
2014_2015	1.18	18
2015_2016	0.74	21
2016_2017	0.46	19
2017_2018	0.72	21
2018_2019	1.03	24
2019_2020	0.74	19
2020_2021	0.86	16
2021_2022	1.21	12
2022_2023	0.82	11
2023_2024	0.65	10
2024_2025	2.02	12
2025_2026	0.73	8
2026_2027	1.18	8

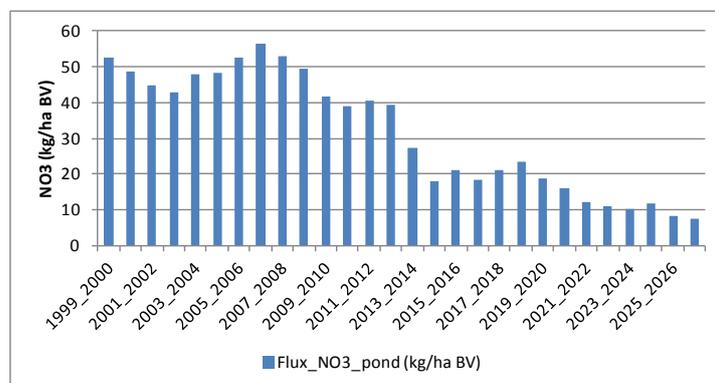


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	47.2	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	42.7	-9.6
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.7	-58.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.2	-80.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	47.5	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	17.6	-62.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.2	-80.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	52.8	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	19.7	-62.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	9.2	-82.6

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.07	0.90	1.21	1.27	12.7	23.9	11.6	4.3
2000_2001	2.30	2.12	1.99	1.34	11.9	21.4	11.0	4.3
2001_2002	0.62	0.71	0.94	1.29	11.8	19.8	9.7	3.8
2002_2003	1.69	1.27	0.78	0.72	9.9	19.7	10.4	3.6
2003_2004	0.53	0.90	0.83	1.10	11.1	21.5	11.0	4.0
2004_2005	0.62	0.40	0.54	0.66	12.0	22.2	10.7	3.6
2005_2006	0.66	0.66	1.10	0.86	12.2	23.6	12.0	4.3
2006_2007	0.91	1.14	1.04	1.55	13.5	24.9	12.9	5.1
2007_2008	0.47	0.84	0.99	1.20	12.9	22.9	12.0	4.7
2008_2009	0.80	0.99	0.93	0.94	12.9	21.4	11.3	4.1
2009_2010	1.47	1.27	1.12	0.89	10.7	18.3	9.3	3.5
2010_2011	1.17	0.85	0.61	0.70	9.7	17.7	8.5	3.0
2011_2012	0.61	0.56	0.94	1.11	9.0	18.6	9.3	3.4
2012_2013	2.21	2.12	2.00	1.29	10.1	18.0	8.0	3.0
2013_2014	0.60	0.68	0.89	1.17	8.0	12.5	5.4	2.0
2014_2015	1.57	1.26	0.76	0.68	4.3	8.5	4.0	1.3
2015_2016	0.45	0.84	0.78	0.97	5.0	10.2	4.3	1.4
2016_2017	0.54	0.38	0.49	0.58	4.7	9.0	3.8	1.3
2017_2018	0.57	0.62	1.07	0.80	5.4	9.7	4.5	1.5
2018_2019	0.80	1.11	1.01	1.40	6.4	10.9	5.0	1.6
2019_2020	0.41	0.78	0.93	1.07	4.7	9.1	3.8	1.3
2020_2021	0.73	0.96	0.85	0.81	4.1	7.7	3.2	1.1
2021_2022	1.35	1.25	1.10	0.85	3.3	5.5	2.3	0.8
2022_2023	1.06	0.82	0.61	0.64	2.9	5.0	2.1	0.7
2023_2024	0.54	0.53	0.86	0.99	2.9	5.2	1.9	0.7
2024_2025	2.14	2.11	1.99	1.28	3.0	5.6	2.2	0.7
2025_2026	0.55	0.68	0.88	1.17	2.5	4.1	1.5	0.5
2026_2027	1.57	1.26	0.76	0.68	1.8	3.6	1.6	0.5

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	11.6	21.2	10.7	4.0	14.7	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.6	19.0	9.6	3.5	13.1	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.8	9.3	4.1	1.4	5.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.5	4.4	1.8	0.6	2.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.6	21.2	10.7	4.0	14.7	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.6	8.3	3.6	1.2	4.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.5	4.4	1.8	0.6	2.4	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	12.9	22.9	12.0	4.7	16.7	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	4.8	9.3	4.1	1.4	5.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	2.6	4.6	1.8	0.6	2.4	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-8.5	-10.4	-10.0	-13.3	-10.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-58.2	-55.9	-61.1	-64.9	-62.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-78.8	-79.1	-83.3	-85.4	-83.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-60.1	-60.9	-66.7	-69.1	-67.3	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-78.8	-79.1	-83.4	-85.3	-83.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-62.7	-59.3	-65.6	-70.0	-66.8	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-80.2	-79.9	-85.0	-86.9	-85.5	

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	44.0
2000_2001	41.0
2001_2002	37.7
2002_2003	38.2
2003_2004	41.0
2004_2005	39.8
2005_2006	44.5
2006_2007	47.6
2007_2008	44.3
2008_2009	42.0
2009_2010	34.8
2010_2011	32.0
2011_2012	34.3
2012_2013	34.0
2013_2014	26.2
2014_2015	15.7
2015_2016	18.1
2016_2017	15.9
2017_2018	17.9
2018_2019	20.2
2019_2020	17.1
2020_2021	14.4
2021_2022	10.7
2022_2023	9.1
2023_2024	9.6
2024_2025	10.6
2025_2026	8.5
2026_2027	6.6

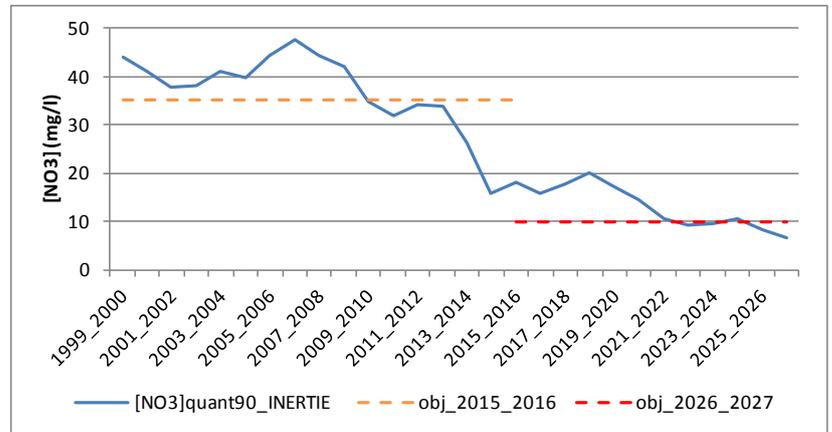
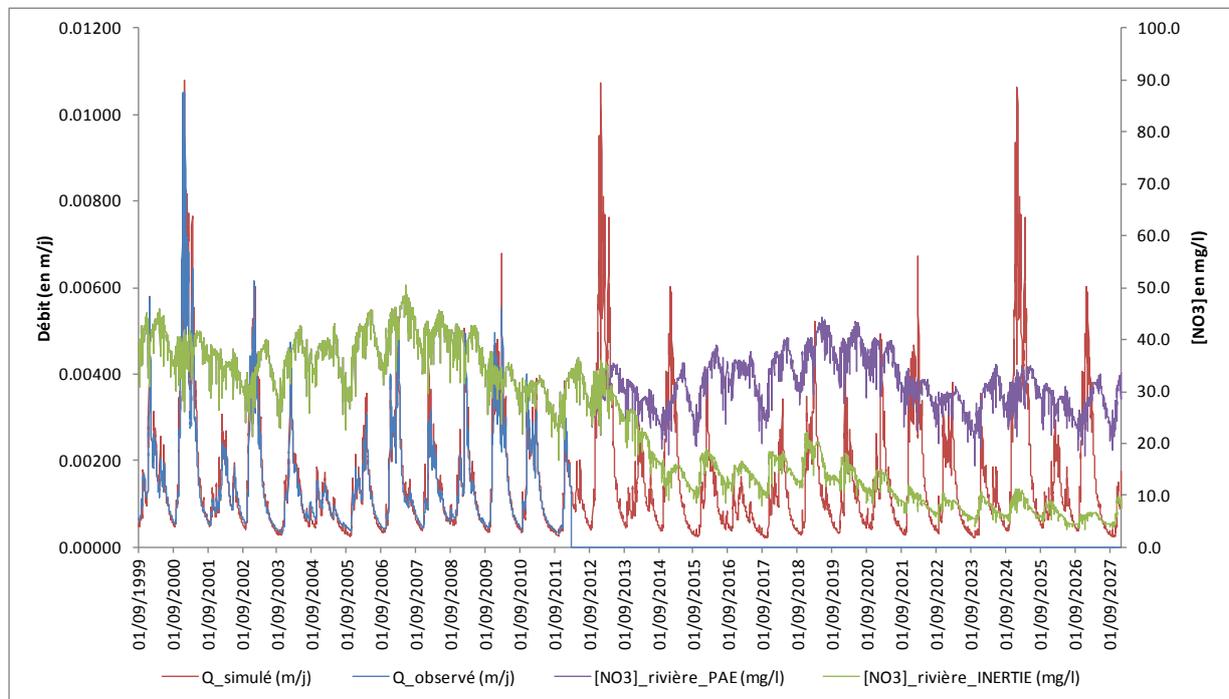


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027	2024_2027
		PAE	PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	4.3	3.4
	N_res_hydro	51.0	45.0
	N_denit	9.4	8.2
	N_volat	8.9	7.9
	N_exp_cult	128.3	120.4
	sorties_tot	201.9	184.9
var_stock_tot		-16.1	-20.2
entrées	N_atmo	9.2	9.2
	N_fix	12.4	13.4
	N_ferti_min	68.3	57.5
	N_ferti_org	51.8	41.8
	N_resti_pât	44.2	42.8
	entrees_tot	185.8	164.6

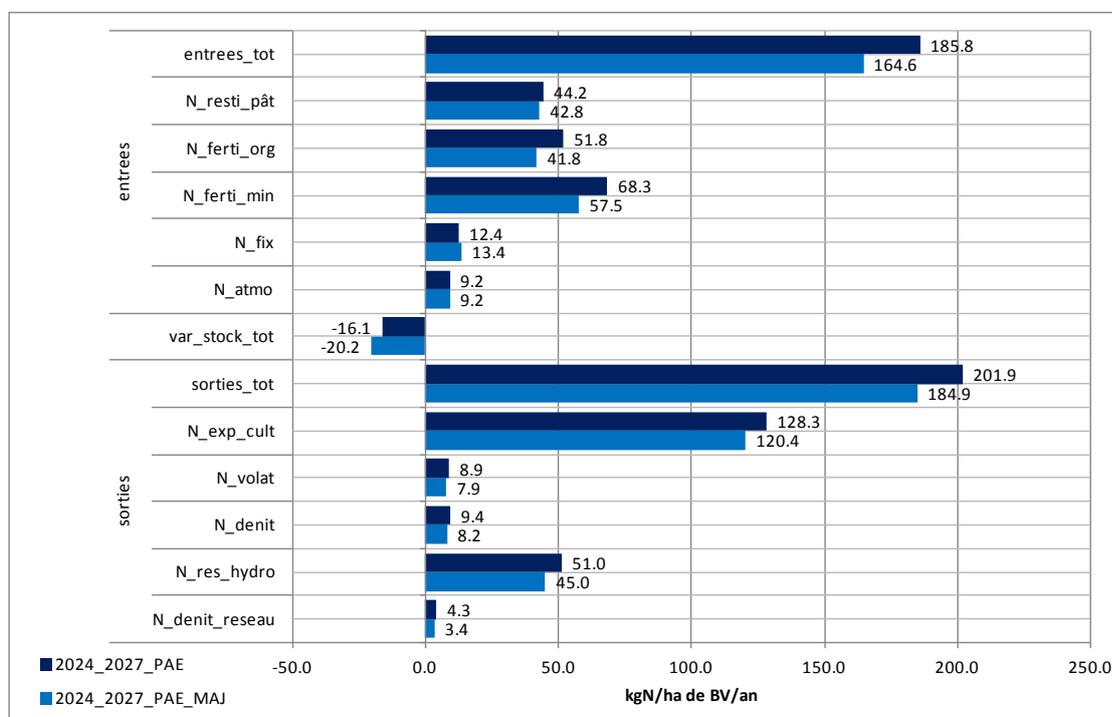


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.02	54
2000_2001	2.01	50
2001_2002	0.77	46
2002_2003	1.19	44
2003_2004	0.79	49
2004_2005	0.50	50
2005_2006	0.75	55
2006_2007	1.07	59
2007_2008	0.79	56
2008_2009	0.90	53
2009_2010	1.22	45
2010_2011	0.84	41
2011_2012	0.69	41
2012_2013	2.00	40
2013_2014	0.77	36
2014_2015	1.18	35
2015_2016	0.79	41
2016_2017	0.50	42
2017_2018	0.75	44
2018_2019	1.07	47
2019_2020	0.79	46
2020_2021	0.90	44
2021_2022	1.22	36
2022_2023	0.84	34
2023_2024	0.69	35
2024_2025	2.00	36
2025_2026	0.77	33
2026_2027	1.18	32

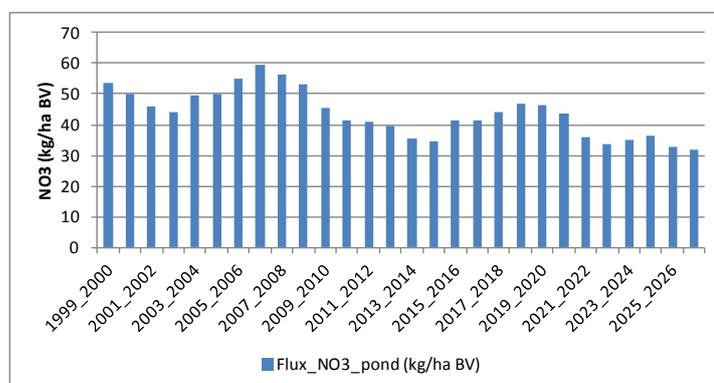


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	48.4	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	45.3	-6.5
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	40.4	-16.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	33.6	-30.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	49.6	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	38.6	-22.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	33.6	-32.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	56.2	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	40.4	-28.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	33.6	-40.1

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.03	0.89	1.19	1.21	13.3	24.2	11.8	4.5
2000_2001	2.20	2.09	1.95	1.28	12.5	21.7	11.2	4.6
2001_2002	0.59	0.70	0.92	1.23	12.4	20.0	9.9	3.9
2002_2003	1.62	1.25	0.76	0.69	10.3	20.0	10.6	3.8
2003_2004	0.51	0.89	0.82	1.04	11.7	21.9	11.3	4.3
2004_2005	0.59	0.40	0.53	0.63	12.7	22.8	11.0	3.9
2005_2006	0.63	0.66	1.08	0.82	13.0	24.5	12.6	4.6
2006_2007	0.87	1.12	1.02	1.47	14.5	25.8	13.6	5.5
2007_2008	0.45	0.83	0.97	1.15	14.0	24.0	12.8	5.2
2008_2009	0.76	0.97	0.91	0.89	14.1	22.6	12.1	4.6
2009_2010	1.40	1.26	1.10	0.85	11.8	19.6	10.0	3.8
2010_2011	1.11	0.84	0.60	0.67	10.6	18.6	8.9	3.2
2011_2012	0.59	0.55	0.93	1.06	9.5	18.9	9.2	3.5
2012_2013	2.16	2.08	1.95	1.28	9.8	17.3	9.0	3.6
2013_2014	0.59	0.70	0.92	1.24	9.9	15.5	7.5	3.0
2014_2015	1.60	1.25	0.76	0.69	8.2	15.6	8.4	3.0
2015_2016	0.51	0.89	0.82	1.06	9.4	18.5	9.5	3.6
2016_2017	0.60	0.40	0.53	0.64	10.8	18.9	9.0	3.1
2017_2018	0.63	0.65	1.08	0.82	10.6	19.6	10.0	3.6
2018_2019	0.88	1.13	1.02	1.47	11.5	20.2	10.6	4.4
2019_2020	0.44	0.82	0.97	1.14	11.3	20.2	10.5	4.1
2020_2021	0.76	0.97	0.91	0.90	11.7	18.6	9.8	3.6
2021_2022	1.41	1.25	1.10	0.85	9.4	15.7	7.9	3.0
2022_2023	1.13	0.83	0.60	0.67	8.6	14.9	7.3	2.6
2023_2024	0.59	0.56	0.93	1.07	7.8	15.6	8.0	3.1
2024_2025	2.16	2.09	1.95	1.28	9.0	15.9	8.3	3.2
2025_2026	0.59	0.70	0.91	1.24	9.0	14.3	7.0	2.7
2026_2027	1.61	1.25	0.76	0.68	7.5	14.5	7.6	2.7

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	12.1	21.5	10.9	4.2	15.1	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	11.5	19.9	10.1	3.8	13.8	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.7	18.1	9.2	3.3	12.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.5	14.9	7.6	2.9	10.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.3	21.9	11.2	4.3	15.4	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	9.6	17.0	8.7	3.3	12.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.5	14.9	7.6	2.9	10.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	14.0	24.0	12.8	5.2	17.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.7	18.1	9.2	3.3	12.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.3	15.1	7.7	2.9	10.7	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-4.9	-7.4	-7.4	-10.6	-8.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-19.6	-15.5	-15.1	-20.5	-16.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-30.0	-30.7	-29.8	-31.2	-30.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-21.9	-22.2	-22.0	-22.5	-22.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-31.2	-32.0	-31.6	-32.0	-31.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-30.4	-24.3	-27.7	-35.1	-29.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-40.6	-37.1	-39.5	-42.8	-40.4	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	44.0
2000_2001	40.9
2001_2002	37.7
2002_2003	38.3
2003_2004	41.3
2004_2005	40.3
2005_2006	45.6
2006_2007	49.1
2007_2008	46.1
2008_2009	44.0
2009_2010	37.2
2010_2011	33.2
2011_2012	33.8
2012_2013	33.0
2013_2014	30.1
2014_2015	30.5
2015_2016	34.7
2016_2017	33.4
2017_2018	36.2
2018_2019	38.5
2019_2020	38.1
2020_2021	36.2
2021_2022	29.0
2022_2023	26.8
2023_2024	29.1
2024_2025	30.2
2025_2026	27.4
2026_2027	27.6

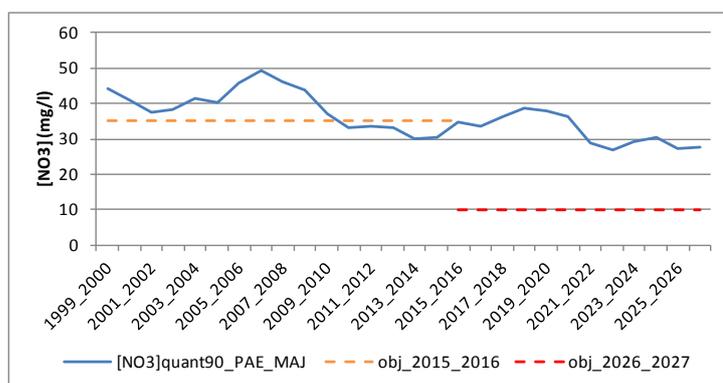
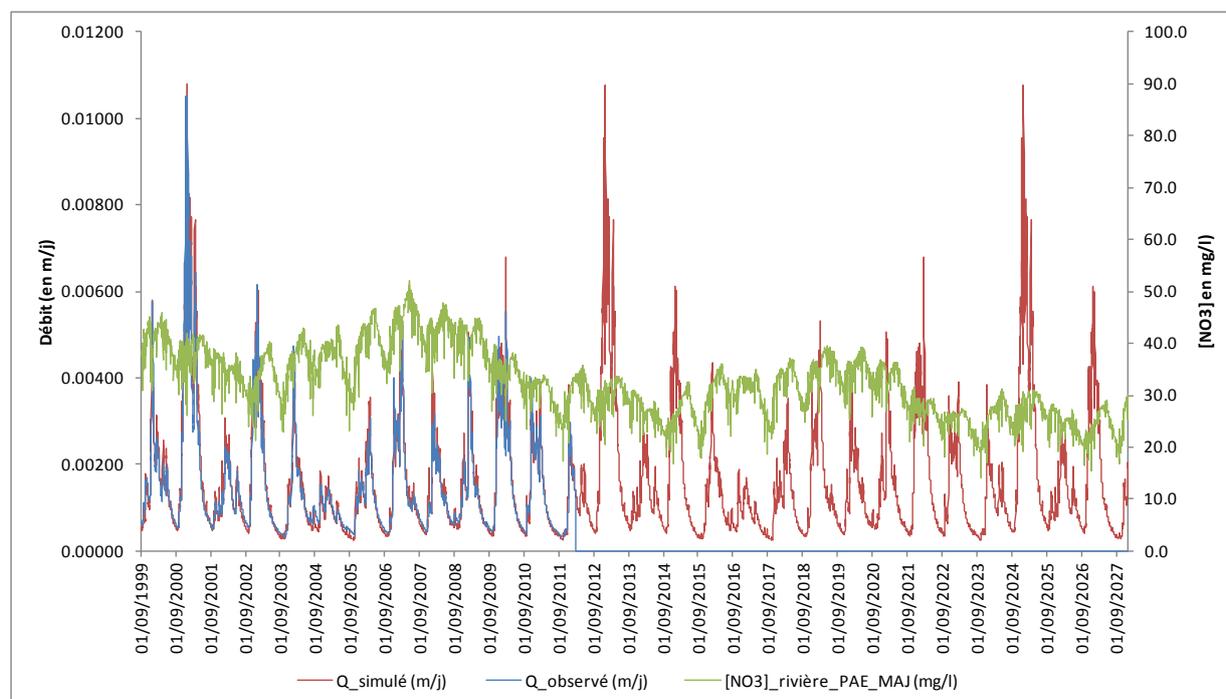


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	3.4	2.9
	N_res_hydro	45.0	38.5
	N_denit	8.2	7.6
	N_volat	7.9	6.6
	N_exp_cult	120.4	105.7
	sorties_tot	184.9	161.3
var_stock_tot		-20.2	-24.3
entrées	N_atmo	9.2	9.2
	N_fix	13.4	16.1
	N_ferti_min	57.5	36.9
	N_ferti_org	41.8	35.8
	N_resti_pât	42.8	39.0
	entrees_tot	164.6	136.9

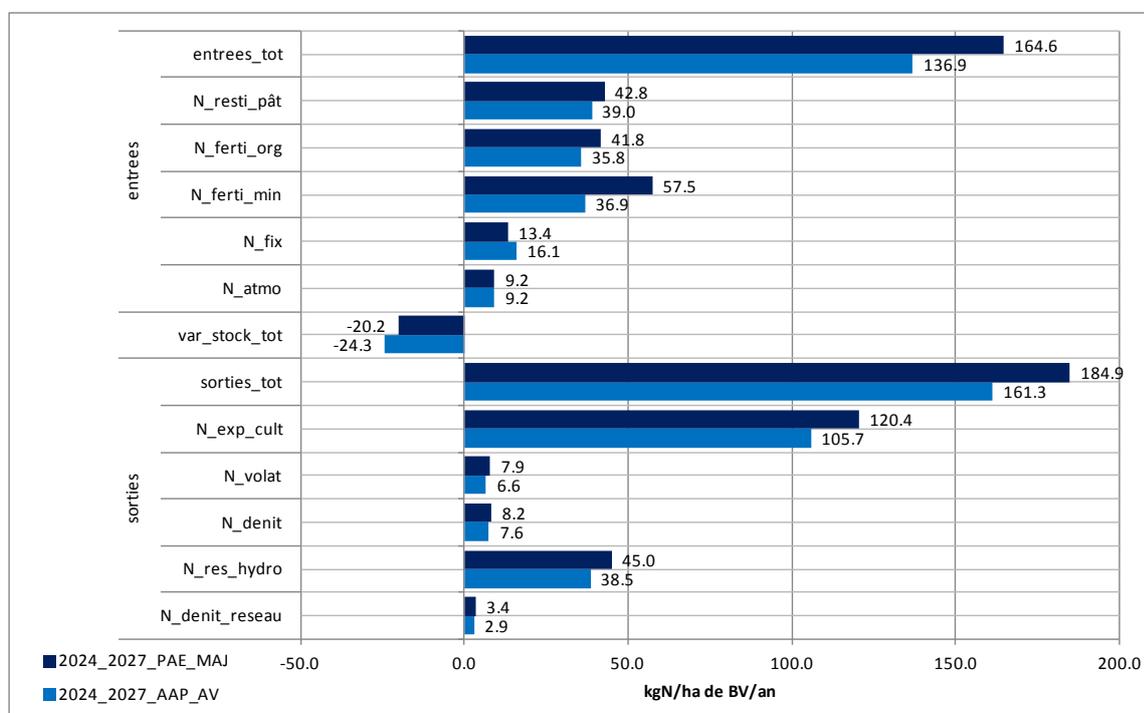


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.02	54
2000_2001	2.01	50
2001_2002	0.77	46
2002_2003	1.19	44
2003_2004	0.79	50
2004_2005	0.50	50
2005_2006	0.75	55
2006_2007	1.07	60
2007_2008	0.79	56
2008_2009	0.90	53
2009_2010	1.22	46
2010_2011	0.84	41
2011_2012	0.69	41
2012_2013	2.00	39
2013_2014	0.77	34
2014_2015	1.19	33
2015_2016	0.79	39
2016_2017	0.50	38
2017_2018	0.76	40
2018_2019	1.08	43
2019_2020	0.79	42
2020_2021	0.90	39
2021_2022	1.22	34
2022_2023	0.85	31
2023_2024	0.69	30
2024_2025	2.00	31
2025_2026	0.77	28
2026_2027	1.19	27

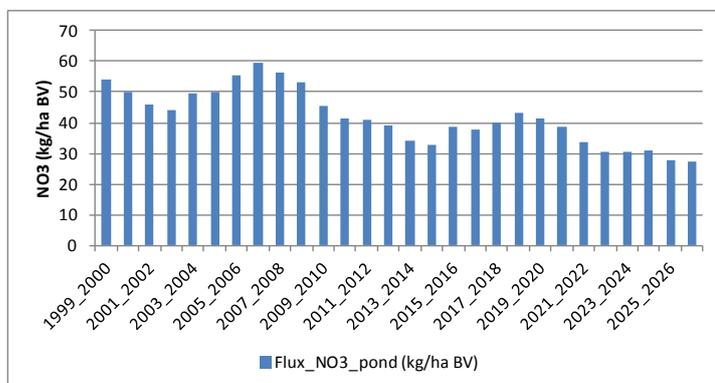


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	48.5	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	45.4	-6.4
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	37.3	-23.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	28.6	-41.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	49.7	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	35.0	-29.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	28.6	-42.4
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	56.2	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	37.3	-33.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	28.6	-49.2

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.02	0.89	1.18	1.20	13.3	24.2	11.9	4.6
2000_2001	2.19	2.09	1.95	1.27	12.5	21.7	11.2	4.6
2001_2002	0.59	0.70	0.92	1.22	12.4	20.0	9.9	4.0
2002_2003	1.61	1.25	0.76	0.69	10.3	20.0	10.6	3.8
2003_2004	0.51	0.89	0.82	1.04	11.7	21.9	11.3	4.3
2004_2005	0.59	0.40	0.53	0.63	12.7	22.8	11.0	3.9
2005_2006	0.63	0.65	1.08	0.81	13.0	24.5	12.6	4.7
2006_2007	0.86	1.12	1.02	1.47	14.5	25.8	13.6	5.5
2007_2008	0.44	0.82	0.97	1.14	14.0	24.0	12.8	5.2
2008_2009	0.76	0.97	0.91	0.89	14.1	22.6	12.1	4.6
2009_2010	1.40	1.26	1.10	0.84	11.8	19.6	10.2	3.9
2010_2011	1.11	0.84	0.60	0.66	10.6	18.6	9.0	3.2
2011_2012	0.59	0.55	0.93	1.06	9.6	18.9	9.2	3.5
2012_2013	2.15	2.08	1.95	1.28	9.7	17.1	8.7	3.5
2013_2014	0.60	0.70	0.92	1.26	9.7	14.9	7.1	2.8
2014_2015	1.62	1.25	0.76	0.69	7.5	14.8	8.0	3.0
2015_2016	0.50	0.89	0.82	1.06	9.2	17.3	8.7	3.4
2016_2017	0.59	0.40	0.53	0.64	9.7	17.1	8.2	3.0
2017_2018	0.64	0.66	1.08	0.81	9.7	17.6	9.0	3.4
2018_2019	0.87	1.13	1.03	1.51	10.7	18.8	9.6	3.9
2019_2020	0.45	0.83	0.98	1.14	10.3	18.0	9.3	3.7
2020_2021	0.76	0.97	0.91	0.89	10.1	16.5	8.7	3.4
2021_2022	1.40	1.25	1.10	0.85	8.7	14.5	7.5	2.9
2022_2023	1.13	0.83	0.60	0.67	7.9	13.5	6.7	2.5
2023_2024	0.59	0.55	0.93	1.07	7.0	13.7	6.8	2.8
2024_2025	2.17	2.08	1.95	1.28	7.5	13.6	7.0	2.9
2025_2026	0.59	0.70	0.93	1.24	7.8	12.1	5.8	2.3
2026_2027	1.61	1.25	0.76	0.69	6.5	12.2	6.5	2.4

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	12.1	21.5	10.9	4.2	15.1	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	11.5	19.9	10.1	3.8	13.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.0	16.7	8.5	3.2	11.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.3	12.6	6.4	2.5	8.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	12.4	21.9	11.2	4.3	15.5	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.8	15.4	7.8	3.0	10.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.3	12.6	6.4	2.5	8.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	14.0	24.0	12.8	5.2	18.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	9.0	16.7	8.5	3.2	11.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.2	12.9	6.5	2.6	9.1	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-4.9	-7.3	-7.0	-10.0	-7.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-25.7	-22.3	-22.2	-24.9	-22.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-40.0	-41.2	-41.0	-40.5	-40.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-28.8	-29.5	-30.0	-28.9	-29.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-41.1	-42.3	-42.5	-41.2	-42.2	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-35.7	-30.4	-33.7	-38.7	-35.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-48.5	-46.2	-49.1	-50.3	-49.4	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_APP_AV
1999_2000	44.0
2000_2001	40.9
2001_2002	37.7
2002_2003	38.3
2003_2004	41.3
2004_2005	40.3
2005_2006	45.6
2006_2007	49.1
2007_2008	46.1
2008_2009	44.0
2009_2010	37.2
2010_2011	33.2
2011_2012	33.8
2012_2013	31.8
2013_2014	29.4
2014_2015	28.8
2015_2016	31.9
2016_2017	30.2
2017_2018	32.4
2018_2019	35.0
2019_2020	33.5
2020_2021	31.5
2021_2022	27.5
2022_2023	24.5
2023_2024	24.6
2024_2025	25.7
2025_2026	23.9
2026_2027	23.6

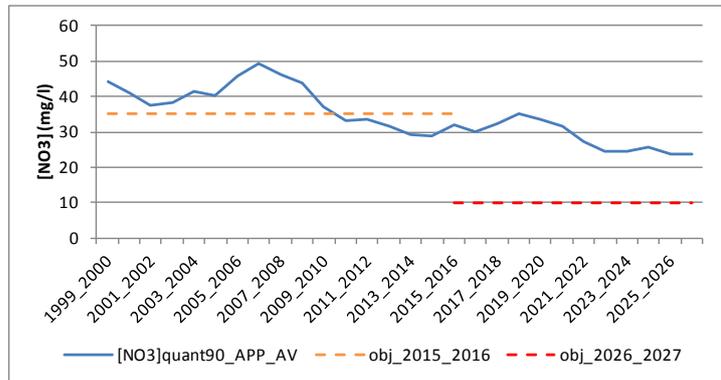
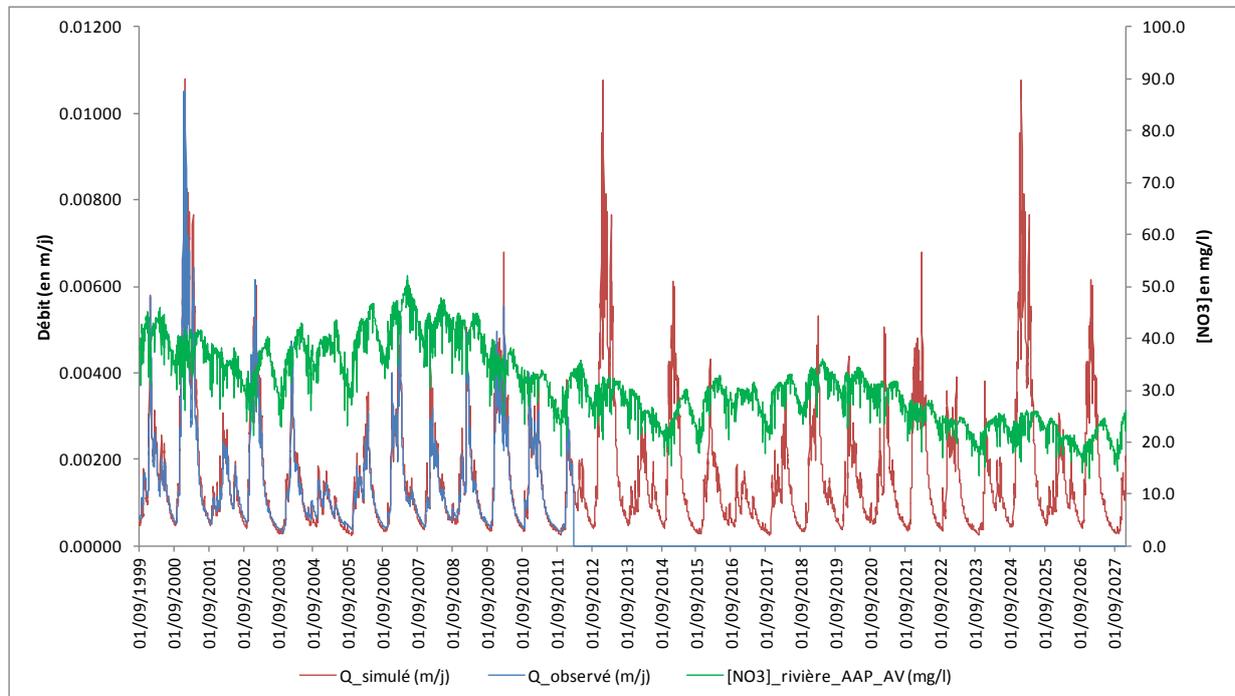


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 15-14 : Récapitulatifs des résultats des scénarios « enveloppes », PAE_MAJ et AAP_AV

Bassin versant du Moros

Avant-propos :

- PAE_MAJ : Pratiques actuelles extrapolées mises à jour
- AAP_AV : Appel à projet algues vertes
- Glossaire des variables des tableaux et graphiques du bilan d'azote

Nom variable	Définition
N_denit_reseau	Sorties d'azote par dénitrification ou consommation par la végétation dans le réseau hydrographique
N_res_hydro	Sorties d'azote par le réseau hydrographique
N_denit	Sorties d'azote par dénitrification (hors réseau hydrographique)
N_volat	Sorties d'azote par volatilisation
N_exp_cult	Sorties d'azote par exportation des cultures
sorties_tot	Somme des sorties d'azote
var_stock_tot	Variations des stocks d'azote : - Stock d'azote des haies - Stock d'azote de la nappe - Stock d'azote de l'altérite - Stock d'azote de la réserve utile - Stock d'azote de la matière organique fraîche - Stock d'azote des résidus de cultures - Stock d'azote de l'humus - Stock d'azote du pool séquestré sous prairie - Stock d'azote des plantes
N_atmo	Entrées d'azote par déposition atmosphérique
N_fix	Entrées d'azote par fixation atmosphérique par les légumineuses
N_ferti_min	Entrées d'azote par fertilisation minérale
N_ferti_org	Entrées d'azote par fertilisation organique
N_resti_pât	Entrées d'azote par restitution des déjections au pâturage
entrees_tot	Somme des entrées d'azote

Glossaire des variables des tableaux de flux d'azote

Nom variable	Unité	Définition
annee_hydro	Sans dimension	Année hydrologique (01/10 au 30/09)
Hydraul.	Sans dimension	Hydraulicité de l'année sur la moyenne de la période de simulation
Flux_N	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin
Flux_N_pond	kg/ha BV	Flux d'N-NO3 par ha de bassin pondéré par l'hydraulicité

1 SCENARIO « PRATIQUES ACTUELLES EXTRAPOLEES » OU PAE

Tableau 1 et Figure 1 : Bilan azoté des périodes 2000-2012 et 2013-2027

	2000_2012	2013_2027 PAE	
sorties	N_denit_reseau	10.3	7.8
	N_res_hydro	45.6	36.4
	N_denit	5.3	5.2
	N_volat	7.0	6.7
	N_exp_cult	128.8	125.0
	sorties_tot	196.9	181.1
var_stock_tot	-37.5	-23.9	
entrees_tot	N_atmo	8.5	8.6
	N_fix	18.1	18.7
	N_ferti_min	63.2	63.5
	N_ferti_org	31.9	30.1
	N_resti_pât	37.8	36.4
	entrees_tot	159.5	157.3

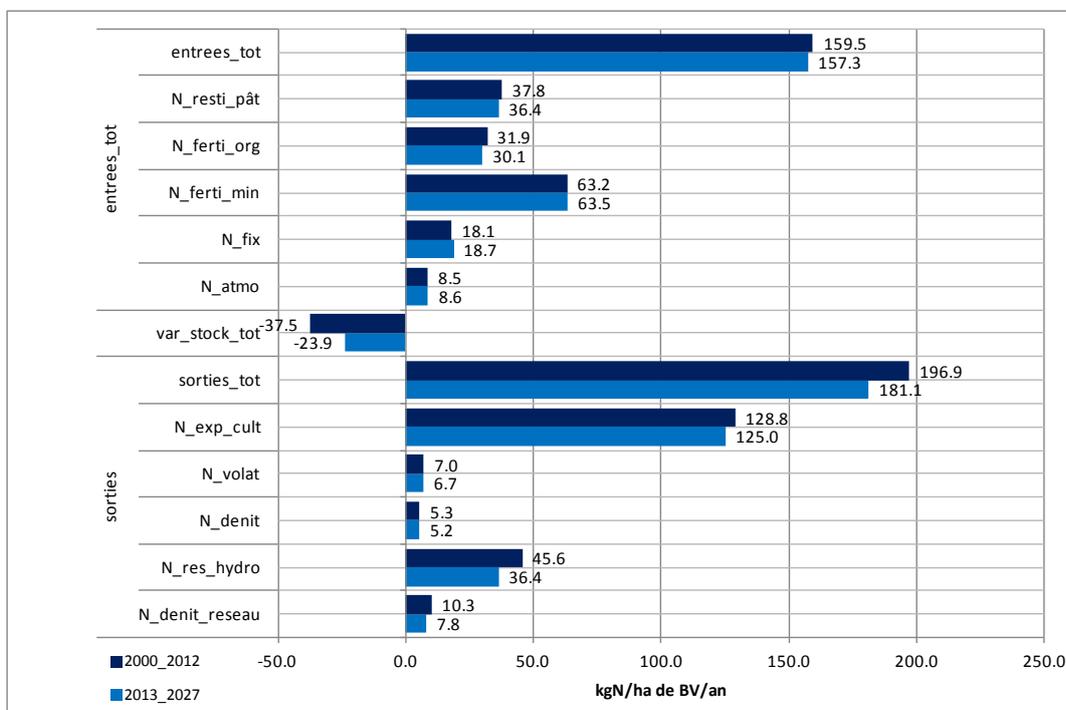


Tableau 2 et Figure 2 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.04	57
2000_2001	1.91	55
2001_2002	0.82	46
2002_2003	1.18	47
2003_2004	0.91	46
2004_2005	0.59	41
2005_2006	0.77	45
2006_2007	1.06	50
2007_2008	0.76	47
2008_2009	0.84	45
2009_2010	1.16	43
2010_2011	0.89	39
2011_2012	0.72	35
2012_2013	1.87	40
2013_2014	0.81	34
2014_2015	1.17	36
2015_2016	0.90	35
2016_2017	0.59	31
2017_2018	0.76	35
2018_2019	1.06	39
2019_2020	0.77	38
2020_2021	0.84	38
2021_2022	1.16	37
2022_2023	0.89	33
2023_2024	0.72	30
2024_2025	1.87	35
2025_2026	0.81	31
2026_2027	1.17	33

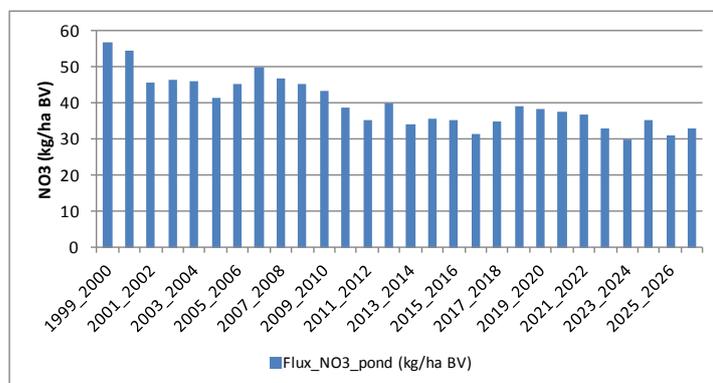


Tableau 3 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	50.9	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	40.6	-20.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	34.2	-32.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	33.2	-34.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	45.8	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	35.0	-23.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	33.2	-27.5
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	47.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	34.2	-27.1
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	33.2	-29.4

Tableau 4 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.10	0.90	1.17	1.15	14.6	23.3	12.7	6.3
2000_2001	1.97	2.07	1.87	1.35	14.3	22.2	11.8	5.9
2001_2002	0.75	0.73	0.91	1.09	11.6	19.2	10.1	5.2
2002_2003	1.51	1.25	0.88	0.84	11.8	19.3	10.0	4.8
2003_2004	0.65	1.00	0.88	1.15	10.7	19.7	10.1	5.2
2004_2005	0.72	0.47	0.59	0.71	10.7	17.4	9.1	4.4
2005_2006	0.67	0.66	1.01	0.84	10.7	19.1	10.7	5.0
2006_2007	0.89	1.11	1.04	1.25	11.7	20.8	11.3	5.8
2007_2008	0.52	0.76	0.90	1.02	10.6	20.0	10.8	5.4
2008_2009	0.69	0.88	0.89	0.90	10.9	19.1	10.2	5.0
2009_2010	1.26	1.22	1.08	0.92	11.1	18.0	9.4	4.5
2010_2011	1.17	0.86	0.70	0.77	10.0	16.2	8.1	3.9
2011_2012	0.64	0.58	0.88	0.98	8.4	14.7	8.2	4.1
2012_2013	1.89	2.04	1.85	1.33	10.0	16.2	9.0	4.5
2013_2014	0.74	0.72	0.90	1.09	8.6	14.2	7.6	3.9
2014_2015	1.50	1.24	0.88	0.84	9.0	14.9	7.7	3.7
2015_2016	0.64	0.99	0.87	1.15	8.0	15.2	7.8	4.0
2016_2017	0.72	0.46	0.59	0.71	8.1	13.3	6.9	3.3
2017_2018	0.67	0.66	1.01	0.84	8.1	14.6	8.3	3.8
2018_2019	0.89	1.11	1.04	1.25	9.0	16.4	9.1	4.7
2019_2020	0.52	0.76	0.90	1.01	8.5	16.2	8.9	4.4
2020_2021	0.69	0.88	0.89	0.90	9.0	15.9	8.5	4.2
2021_2022	1.25	1.22	1.08	0.92	9.3	15.3	8.1	3.8
2022_2023	1.17	0.86	0.70	0.77	8.6	13.9	7.0	3.3
2023_2024	0.65	0.58	0.88	0.98	7.2	12.6	6.9	3.5
2024_2025	1.88	2.04	1.85	1.33	8.7	14.4	8.2	4.0
2025_2026	0.74	0.72	0.90	1.09	7.7	13.0	7.0	3.6
2026_2027	1.50	1.24	0.88	0.84	8.2	13.8	7.3	3.5

Tableau 5 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	13.1	21.0	11.2	5.6	16.7
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.1	17.0	9.0	4.4	13.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.3	14.5	7.7	3.7	11.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.2	13.7	7.5	3.7	11.2
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.3	19.2	10.2	5.0	15.2
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.5	14.6	7.9	3.9	11.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.2	13.7	7.5	3.7	11.2
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	10.6	20.0	10.8	5.4	16.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.3	14.5	7.7	3.7	11.4
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.9	13.4	7.3	3.6	11.0
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.7	-18.9	-19.7	-21.5	-20.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-36.7	-31.1	-31.0	-33.4	-31.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-37.4	-34.6	-33.0	-33.5	-33.2
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-24.8	-23.6	-22.5	-23.0	-22.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-27.6	-28.3	-26.7	-26.7	-26.7
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-21.7	-27.7	-28.9	-31.7	-29.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-25.0	-32.8	-32.2	-32.8	-32.4

Tableau 6 et Figure 3 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE
1999_2000	46.8
2000_2001	45.3
2001_2002	38.1
2002_2003	38.3
2003_2004	38.6
2004_2005	35.1
2005_2006	38.8
2006_2007	41.5
2007_2008	39.8
2008_2009	38.0
2009_2010	36.3
2010_2011	32.6
2011_2012	29.7
2012_2013	32.5
2013_2014	28.3
2014_2015	29.5
2015_2016	29.8
2016_2017	26.6
2017_2018	29.7
2018_2019	33.1
2019_2020	32.5
2020_2021	31.7
2021_2022	30.7
2022_2023	27.9
2023_2024	25.3
2024_2025	29.0
2025_2026	25.8
2026_2027	27.4

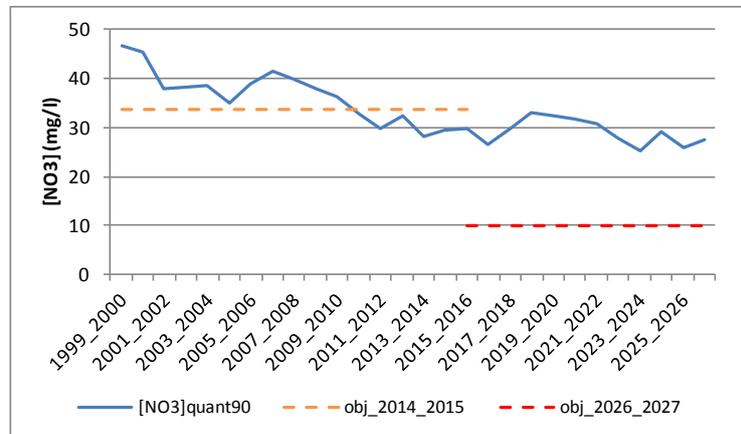
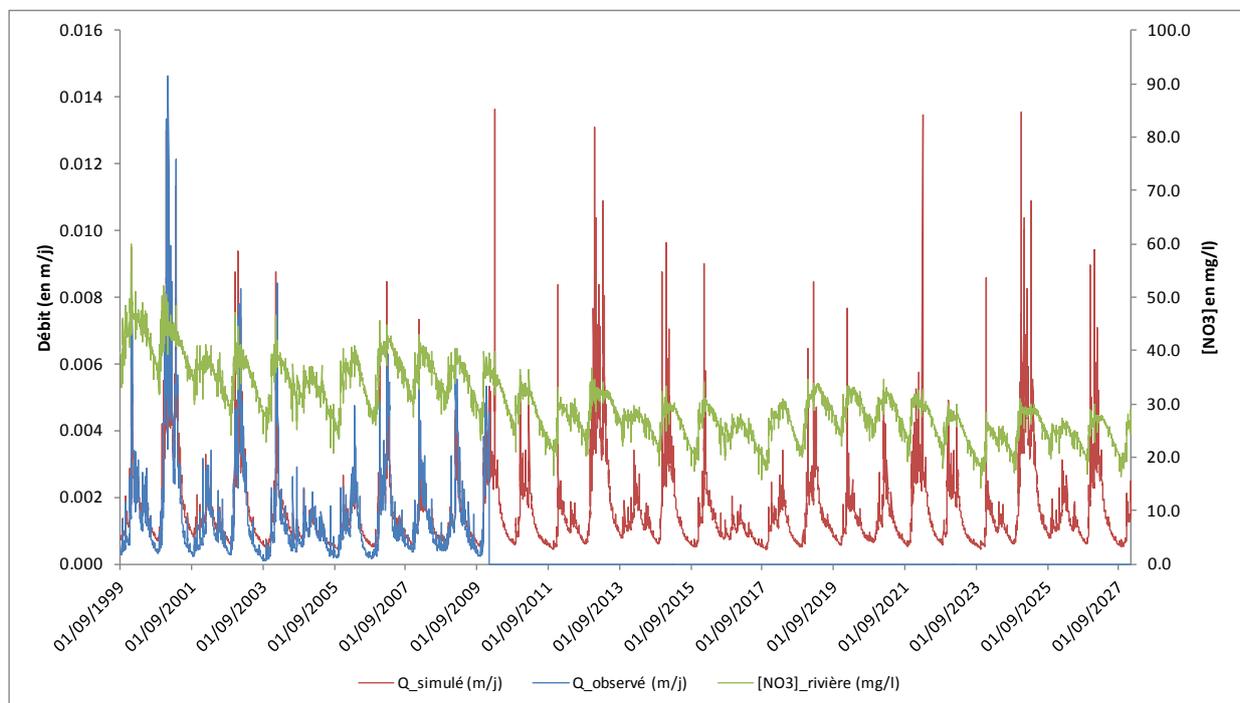


Figure 4 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



2 SCENARIO « INERTIE »

Tableau 7 et Figure 5 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et INERTIE

	2024_2027 PAE	2024_2027 INERTIE	
sorties	N_denit_reseau	7.3	0.2
	N_res_hydro	43.4	15.7
	N_denit	6.4	1.0
	N_volat	6.3	0.0
	N_exp_cult	118.1	125.3
	sorties_tot	181.5	142.2
var_stock_tot	-26.3	-87.5	
entrées	N_atmo	9.2	8.3
	N_fix	18.6	46.4
	N_ferti_min	63.5	0.0
	N_ferti_org	30.1	0.0
	N_resti_pât	33.7	0.0
	entrees_tot	155.2	54.7

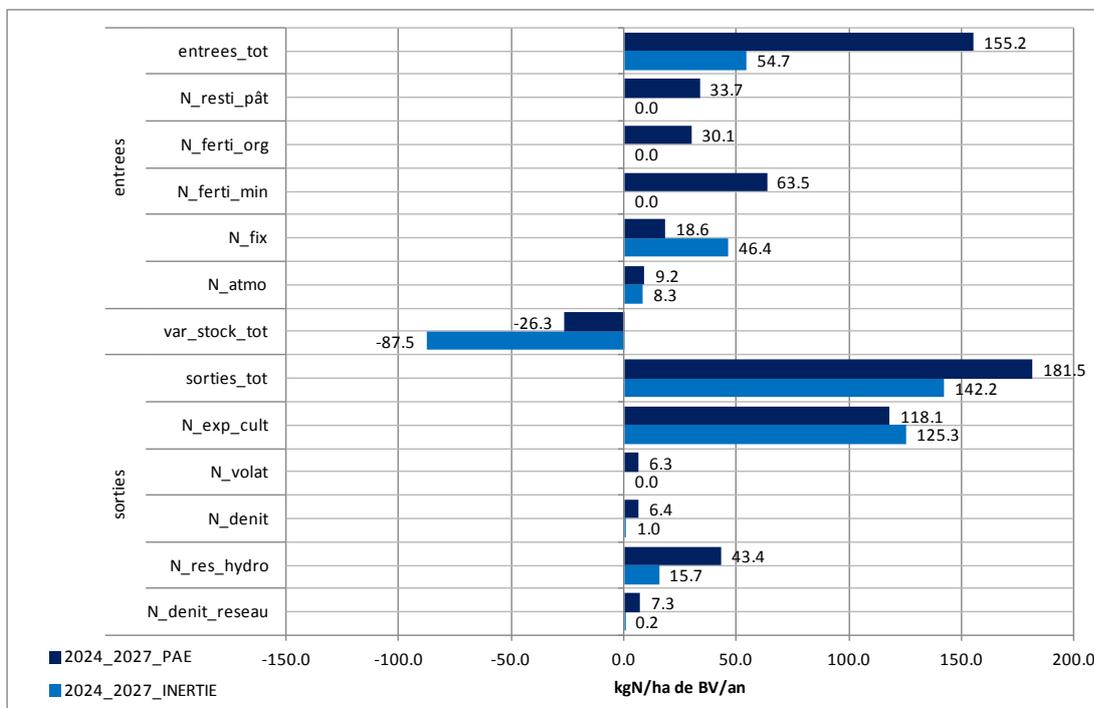


Tableau 8 et Figure 6 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.08	55
2000_2001	1.99	53
2001_2002	0.85	44
2002_2003	1.22	45
2003_2004	0.94	44
2004_2005	0.61	40
2005_2006	0.80	44
2006_2007	1.10	48
2007_2008	0.79	45
2008_2009	0.87	44
2009_2010	1.20	42
2010_2011	0.92	37
2011_2012	0.74	34
2012_2013	1.94	38
2013_2014	0.78	30
2014_2015	1.15	26
2015_2016	0.86	23
2016_2017	0.53	19
2017_2018	0.71	21
2018_2019	1.02	22
2019_2020	0.70	19
2020_2021	0.77	18
2021_2022	1.11	17
2022_2023	0.86	15
2023_2024	0.66	13
2024_2025	1.87	14
2025_2026	0.77	11
2026_2027	1.15	11

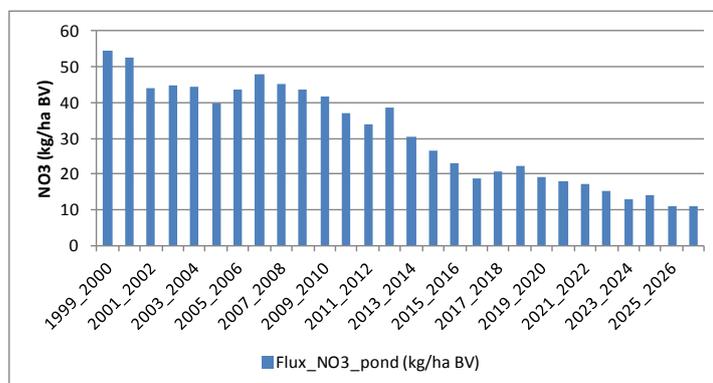


Tableau 9 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	49.0	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	39.1	-20.2
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	22.2	-54.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	12.0	-75.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	44.1	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	19.9	-54.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	12.0	-72.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	45.2	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	22.2	-50.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	12.0	-73.5

Tableau 10 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.17	0.93	1.20	1.20	13.7	22.7	12.3	6.0
2000_2001	2.10	2.13	1.93	1.42	13.4	21.6	11.5	5.6
2001_2002	0.80	0.75	0.93	1.14	10.9	18.7	9.8	5.0
2002_2003	1.61	1.28	0.91	0.88	11.1	18.8	9.7	4.6
2003_2004	0.70	1.03	0.90	1.20	10.1	19.2	9.8	5.0
2004_2005	0.77	0.48	0.61	0.75	10.0	17.0	8.8	4.2
2005_2006	0.72	0.68	1.04	0.88	10.0	18.6	10.4	4.7
2006_2007	0.95	1.14	1.07	1.31	11.0	20.3	11.0	5.6
2007_2008	0.56	0.78	0.92	1.06	9.9	19.5	10.5	5.2
2008_2009	0.73	0.90	0.91	0.94	10.3	18.6	9.9	4.8
2009_2010	1.34	1.25	1.11	0.96	10.4	17.6	9.2	4.3
2010_2011	1.25	0.88	0.72	0.81	9.4	15.8	7.9	3.7
2011_2012	0.69	0.60	0.91	1.03	7.9	14.3	7.9	3.9
2012_2013	2.00	2.10	1.91	1.36	9.5	16.1	8.5	4.1
2013_2014	0.72	0.69	0.87	1.03	7.6	13.1	6.8	3.3
2014_2015	1.43	1.24	0.88	0.83	6.7	11.0	5.6	2.6
2015_2016	0.58	0.96	0.84	1.06	5.2	10.1	5.0	2.4
2016_2017	0.63	0.43	0.53	0.64	4.7	8.1	4.1	2.0
2017_2018	0.57	0.61	0.98	0.81	4.5	8.9	5.0	2.4
2018_2019	0.83	1.09	1.02	1.17	5.1	9.5	5.2	2.4
2019_2020	0.47	0.69	0.84	0.93	4.3	8.3	4.5	2.2
2020_2021	0.61	0.83	0.81	0.81	4.1	7.8	4.2	2.0
2021_2022	1.14	1.19	1.05	0.91	4.1	7.3	3.8	1.9
2022_2023	1.10	0.84	0.70	0.76	3.7	6.5	3.4	1.6
2023_2024	0.57	0.55	0.81	0.91	3.0	5.7	2.8	1.5
2024_2025	1.83	2.05	1.89	1.34	3.5	5.9	3.0	1.5
2025_2026	0.69	0.68	0.86	1.02	2.7	4.6	2.4	1.2
2026_2027	1.43	1.24	0.87	0.83	2.7	4.6	2.4	1.1

Tableau 11 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	12.3	20.5	10.9	5.3	16.2
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	9.5	16.6	8.7	4.2	12.9
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.3	9.5	4.9	2.3	7.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.0	5.0	2.6	1.3	3.9
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	10.6	18.7	9.9	4.8	14.7
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	4.8	8.5	4.4	2.1	6.6
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.0	5.0	2.6	1.3	3.9
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	9.9	19.5	10.5	5.2	15.7
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	5.3	9.5	4.9	2.3	7.3
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	3.0	5.2	2.7	1.3	4.0
Evolution%					
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.7	-18.9	-19.7	-21.5	-20.3
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-56.9	-53.3	-54.5	-55.9	-55.0
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-75.6	-75.4	-76.0	-75.7	-75.9
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-55.1	-54.4	-55.2	-55.3	-55.2
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-71.8	-73.0	-73.7	-73.2	-73.6
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-46.7	-51.0	-53.1	-54.8	-53.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-69.8	-73.3	-74.7	-74.2	-74.6

Tableau 12 et Figure 7 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_INERTIE
1999_2000	46.8
2000_2001	45.3
2001_2002	38.1
2002_2003	38.3
2003_2004	38.6
2004_2005	35.1
2005_2006	38.8
2006_2007	41.5
2007_2008	39.8
2008_2009	38.0
2009_2010	36.3
2010_2011	32.6
2011_2012	29.7
2012_2013	33.4
2013_2014	26.7
2014_2015	23.1
2015_2016	20.5
2016_2017	16.6
2017_2018	18.6
2018_2019	19.8
2019_2020	17.2
2020_2021	16.5
2021_2022	15.1
2022_2023	13.3
2023_2024	11.7
2024_2025	12.5
2025_2026	9.5
2026_2027	9.6

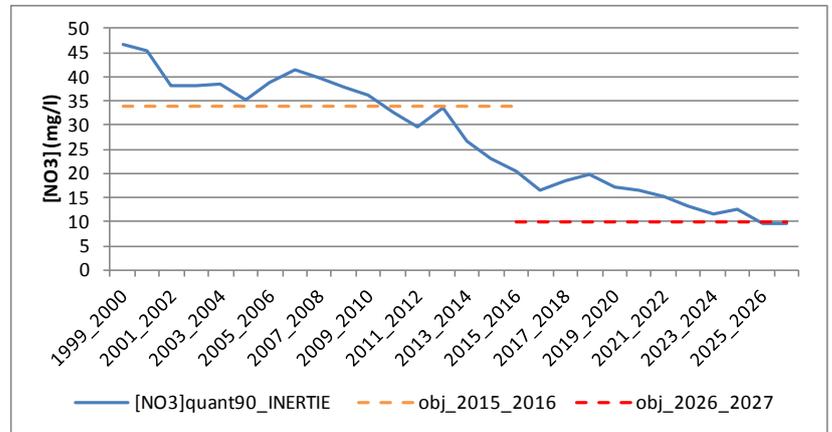
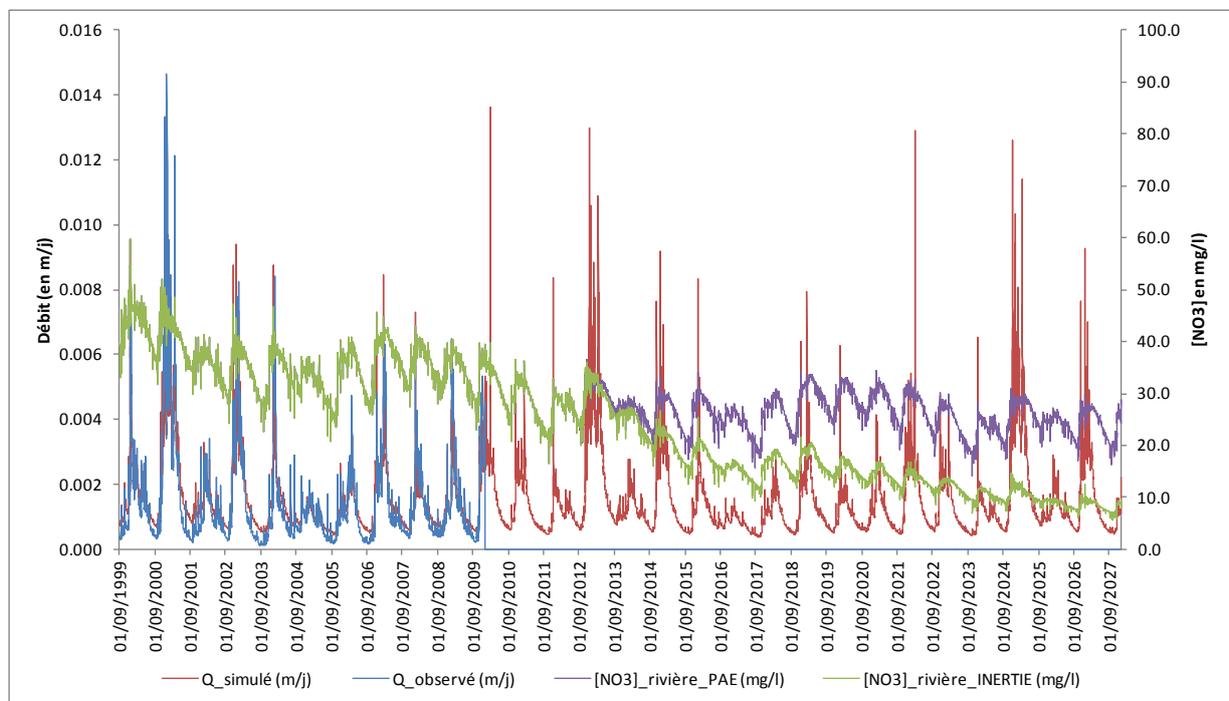


Figure 8 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



3 SCENARIO « PAE_MAJ »

Tableau 13 et Figure 9 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE et PAE_MAJ

		2024_2027	2024_2027
		PAE	PAE_MAJ
sorties	N_denit_reseau	7.3	7.7
	N_res_hydro	43.4	46.2
	N_denit	6.4	6.8
	N_volat	6.3	6.7
	N_exp_cult	118.1	121.7
	sorties_tot	181.5	189.0
var_stock_tot		-26.3	-26.1
entrées	N_atmo	9.2	9.2
	N_fix	18.6	18.3
	N_ferti_min	63.5	64.9
	N_ferti_org	30.1	36.8
	N_resti_pât	33.7	33.8
	entrees_tot	155.2	163.0

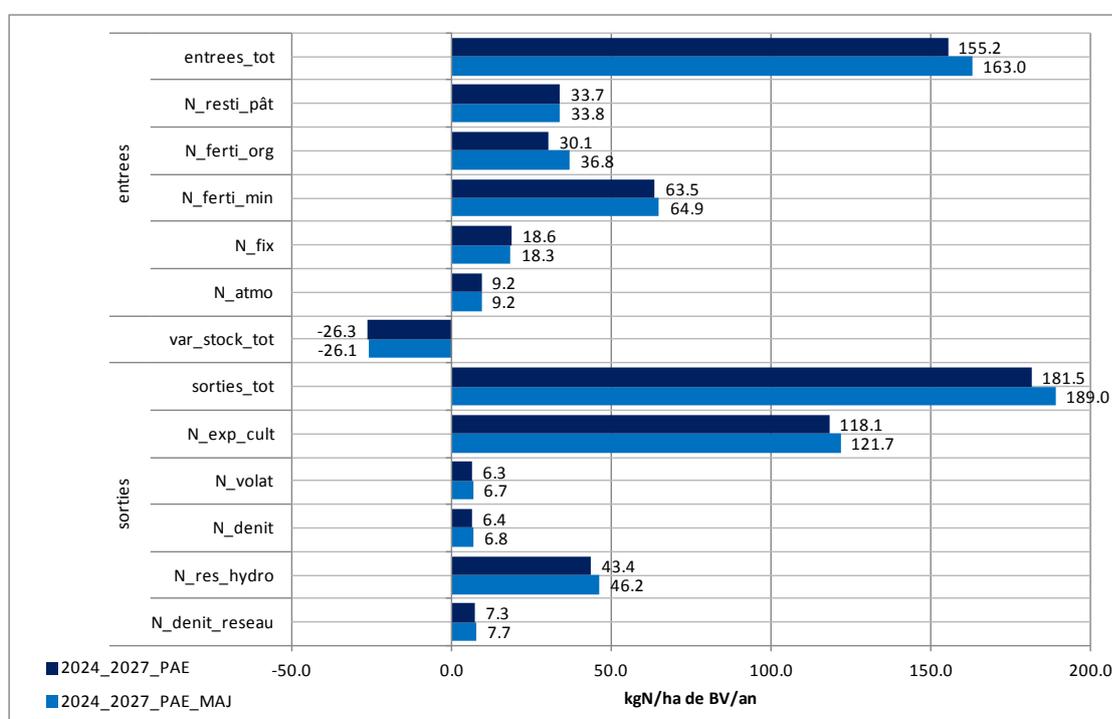


Tableau 14 et Figure 10 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.04	57
2000_2001	1.91	55
2001_2002	0.82	46
2002_2003	1.18	47
2003_2004	0.91	46
2004_2005	0.59	41
2005_2006	0.77	45
2006_2007	1.06	50
2007_2008	0.76	47
2008_2009	0.84	45
2009_2010	1.16	43
2010_2011	0.89	39
2011_2012	0.72	36
2012_2013	1.87	41
2013_2014	0.81	36
2014_2015	1.17	37
2015_2016	0.90	37
2016_2017	0.59	33
2017_2018	0.76	36
2018_2019	1.06	41
2019_2020	0.76	40
2020_2021	0.84	40
2021_2022	1.16	39
2022_2023	0.89	35
2023_2024	0.72	32
2024_2025	1.87	38
2025_2026	0.81	33

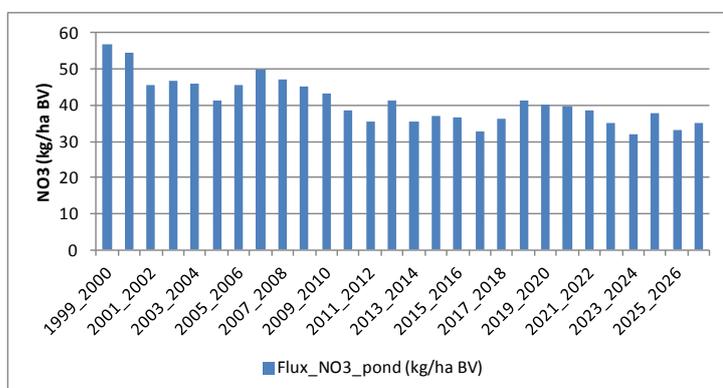


Tableau 15 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	50.9	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	40.7	-20.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	35.8	-29.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	35.3	-30.6
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	45.8	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	36.8	-19.7
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	35.3	-23.0
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	47.0	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	35.8	-23.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	35.3	-24.9

Tableau 16 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.10	0.90	1.17	1.15	14.6	23.3	12.7	6.3
2000_2001	1.97	2.07	1.87	1.35	14.3	22.2	11.8	5.9
2001_2002	0.75	0.73	0.91	1.09	11.6	19.2	10.1	5.2
2002_2003	1.51	1.25	0.88	0.84	11.8	19.3	10.0	4.8
2003_2004	0.65	1.00	0.88	1.15	10.7	19.7	10.1	5.2
2004_2005	0.72	0.47	0.59	0.71	10.7	17.4	9.1	4.4
2005_2006	0.67	0.66	1.01	0.84	10.7	19.1	10.7	5.0
2006_2007	0.89	1.11	1.04	1.25	11.7	20.8	11.3	5.8
2007_2008	0.52	0.76	0.90	1.02	10.6	20.0	10.8	5.4
2008_2009	0.69	0.88	0.89	0.90	10.9	19.1	10.2	5.0
2009_2010	1.26	1.22	1.08	0.92	11.1	18.0	9.4	4.5
2010_2011	1.17	0.86	0.70	0.77	10.0	16.3	8.1	3.9
2011_2012	0.64	0.58	0.88	0.98	8.4	14.8	8.3	4.2
2012_2013	1.88	2.04	1.85	1.33	10.2	16.6	9.4	4.7
2013_2014	0.74	0.72	0.90	1.09	8.9	14.8	7.9	4.1
2014_2015	1.50	1.24	0.88	0.84	9.3	15.5	8.1	3.8
2015_2016	0.64	0.99	0.87	1.15	8.4	15.8	8.2	4.2
2016_2017	0.72	0.46	0.59	0.71	8.5	13.9	7.2	3.5
2017_2018	0.67	0.66	1.01	0.84	8.4	15.2	8.7	4.0
2018_2019	0.89	1.11	1.04	1.25	9.4	17.2	9.5	4.9
2019_2020	0.52	0.76	0.90	1.01	8.9	17.1	9.4	4.7
2020_2021	0.69	0.88	0.89	0.90	9.4	16.7	9.0	4.4
2021_2022	1.25	1.21	1.08	0.92	9.8	16.0	8.6	4.0
2022_2023	1.17	0.86	0.70	0.77	9.0	14.7	7.4	3.5
2023_2024	0.65	0.58	0.88	0.98	7.6	13.3	7.4	3.7
2024_2025	1.88	2.04	1.85	1.33	9.2	15.4	8.7	4.3
2025_2026	0.74	0.72	0.90	1.09	8.2	13.8	7.4	3.8
2026_2027	1.50	1.24	0.88	0.84	8.7	14.6	7.7	3.7

Tableau 17 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	13.1	21.0	11.2	5.6	16.7	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.1	17.1	9.0	4.4	13.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.6	15.1	8.1	3.9	11.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.7	14.6	8.0	3.9	11.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.3	19.2	10.2	5.0	15.3	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.9	15.4	8.3	4.1	12.4	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.7	14.6	8.0	3.9	11.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	10.6	20.0	10.8	5.4	16.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.6	15.1	8.1	3.9	11.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	8.4	14.3	7.8	3.9	11.7	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.6	-18.7	-19.4	-21.1	-20.0	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-33.9	-28.1	-27.8	-30.2	-28.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-33.4	-30.4	-28.7	-29.3	-28.9	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-21.1	-19.8	-18.6	-19.0	-18.7	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-23.0	-23.8	-22.0	-22.1	-22.1	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-18.3	-24.5	-25.6	-28.5	-26.6	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-20.3	-28.6	-27.9	-28.5	-28.1	

Tableau 18 et Figure 11 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_PAE_MAJ
1999_2000	46.8
2000_2001	45.3
2001_2002	38.1
2002_2003	38.3
2003_2004	38.6
2004_2005	35.1
2005_2006	38.8
2006_2007	41.5
2007_2008	39.8
2008_2009	38.0
2009_2010	36.3
2010_2011	32.6
2011_2012	30.0
2012_2013	33.5
2013_2014	29.4
2014_2015	30.7
2015_2016	31.2
2016_2017	27.9
2017_2018	31.0
2018_2019	34.7
2019_2020	34.2
2020_2021	33.2
2021_2022	32.3
2022_2023	29.5
2023_2024	26.9
2024_2025	31.0
2025_2026	27.5
2026_2027	29.0

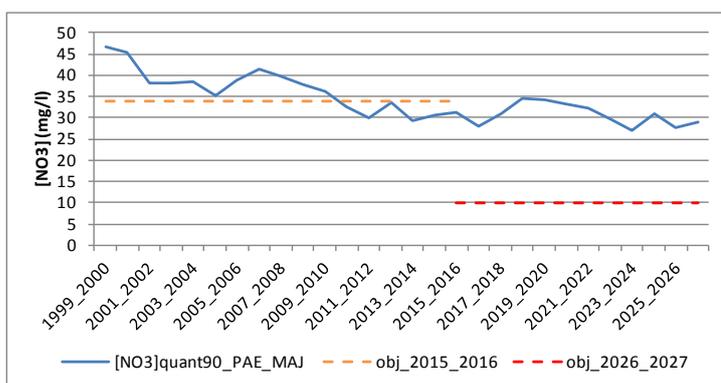
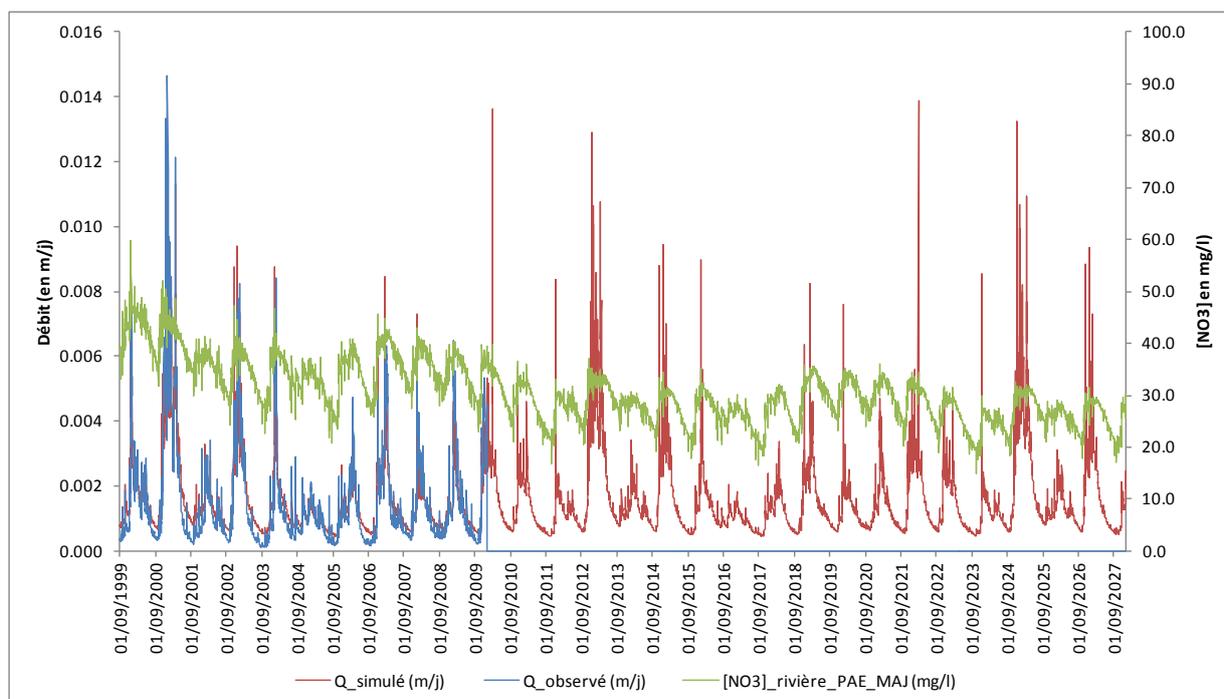


Figure 12 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



4 SCENARIO « AAP_AV »

Tableau 19 et Figure 13 : Bilan azoté des périodes 2024-2027 des scénarios PAE_MAJ et AAP_AV

		2024_2027	2024_2027
		PAE_MAJ	AAP_AV
sorties	N_denit_reseau	7.7	6.7
	N_res_hydro	46.2	40.2
	N_denit	6.8	6.7
	N_volat	6.7	5.7
	N_exp_cult	121.7	105.4
	sorties_tot	189.0	164.7
var_stock_tot		-26.1	-27.8
entrées	N_atmo	9.2	9.2
	N_fix	18.3	20.8
	N_ferti_min	64.9	41.7
	N_ferti_org	36.8	32.8
	N_resti_pât	33.8	32.4
	entrees_tot	163.0	136.9

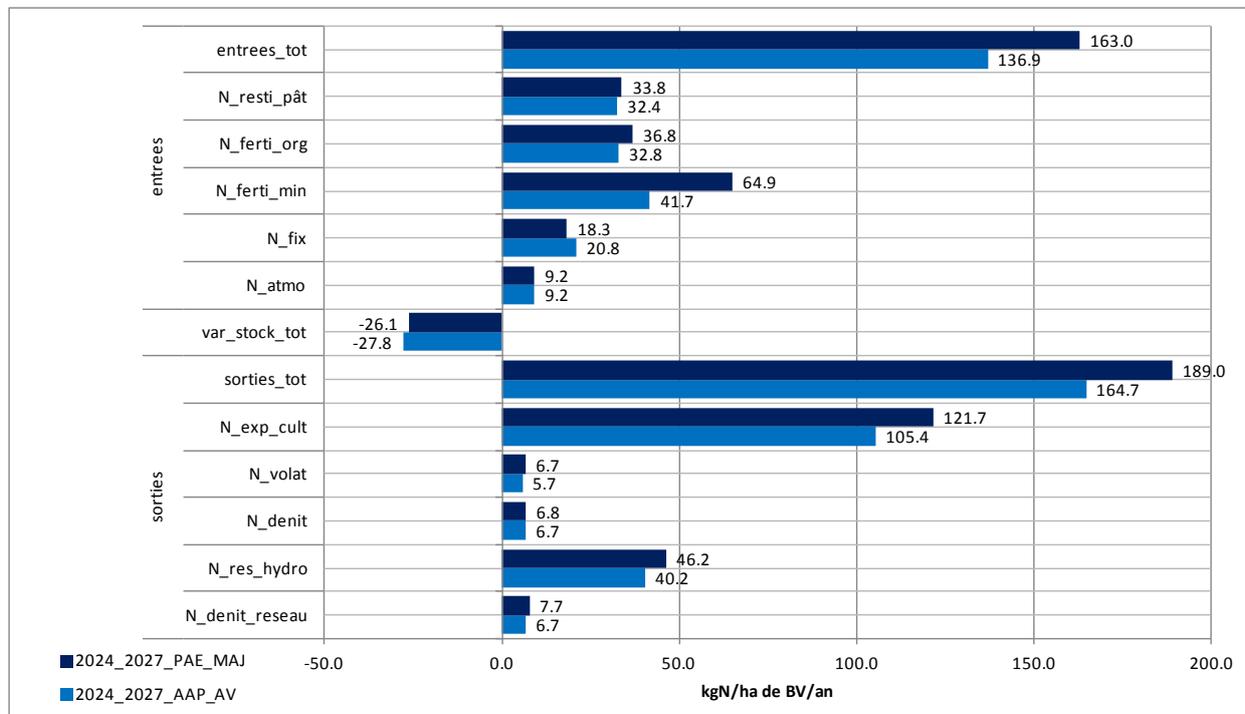


Tableau 20 et Figure 14 : Flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Hydraul.	Flux_N_pond
1999_2000	1.04	57
2000_2001	1.91	55
2001_2002	0.82	46
2002_2003	1.18	47
2003_2004	0.90	46
2004_2005	0.59	41
2005_2006	0.77	45
2006_2007	1.06	50
2007_2008	0.76	47
2008_2009	0.84	45
2009_2010	1.15	43
2010_2011	0.89	39
2011_2012	0.71	36
2012_2013	1.87	41
2013_2014	0.81	35
2014_2015	1.17	35
2015_2016	0.90	34
2016_2017	0.59	31
2017_2018	0.77	34
2018_2019	1.06	38
2019_2020	0.76	37
2020_2021	0.84	36
2021_2022	1.16	36
2022_2023	0.89	32
2023_2024	0.71	29
2024_2025	1.87	33
2025_2026	0.81	29
2026_2027	1.17	30

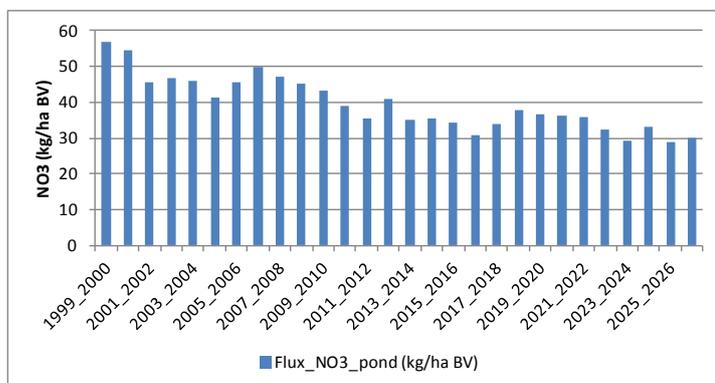


Tableau 21 : Evolution des flux d'azote par année hydrologique

annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	50.9	ref.
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	40.8	-20.0
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	33.6	-33.9
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	30.6	-39.8
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	45.9	ref.
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	34.0	-25.8
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	30.6	-33.2
annee_hydro	Flux_N_pond (kg/ha BV)	Evolution (%)
[2007_2008]	47.1	ref.
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	33.6	-28.5
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	30.6	-34.9

Tableau 22 : Flux d'azote par saison

annee_hydro	Hydraul.				Flux_N_pond			
	automne	hiver	printemps	ete	automne	hiver	printemps	ete
1999_2000	1.10	0.91	1.16	1.14	14.6	23.3	12.7	6.3
2000_2001	1.97	2.07	1.87	1.35	14.3	22.2	11.9	5.9
2001_2002	0.75	0.73	0.90	1.09	11.6	19.2	10.1	5.2
2002_2003	1.51	1.25	0.88	0.83	11.8	19.3	10.0	4.8
2003_2004	0.65	1.00	0.87	1.14	10.7	19.7	10.1	5.3
2004_2005	0.72	0.47	0.59	0.71	10.7	17.4	9.1	4.4
2005_2006	0.67	0.66	1.01	0.84	10.7	19.1	10.7	5.0
2006_2007	0.89	1.11	1.04	1.24	11.7	20.8	11.3	5.9
2007_2008	0.52	0.76	0.90	1.01	10.6	20.0	10.9	5.4
2008_2009	0.69	0.88	0.89	0.89	10.9	19.1	10.2	5.0
2009_2010	1.25	1.22	1.07	0.92	11.1	18.0	9.4	4.5
2010_2011	1.17	0.86	0.70	0.77	10.0	16.3	8.1	3.9
2011_2012	0.64	0.58	0.88	0.97	8.4	14.8	8.3	4.2
2012_2013	1.88	2.04	1.85	1.33	10.2	16.5	9.3	4.7
2013_2014	0.74	0.72	0.90	1.10	8.8	14.6	7.8	4.1
2014_2015	1.50	1.24	0.88	0.84	9.0	14.7	7.7	3.7
2015_2016	0.63	0.99	0.87	1.15	7.9	14.7	7.7	3.9
2016_2017	0.72	0.47	0.59	0.71	7.9	12.9	6.7	3.3
2017_2018	0.67	0.66	1.01	0.84	7.9	14.1	8.1	3.8
2018_2019	0.89	1.11	1.04	1.26	8.8	15.8	8.7	4.5
2019_2020	0.52	0.76	0.90	1.01	8.1	15.5	8.5	4.3
2020_2021	0.69	0.88	0.89	0.90	8.6	15.1	8.2	4.1
2021_2022	1.26	1.21	1.08	0.92	9.0	14.8	7.9	3.8
2022_2023	1.17	0.85	0.70	0.77	8.3	13.5	6.9	3.3
2023_2024	0.64	0.58	0.88	0.98	7.0	12.3	6.8	3.5
2024_2025	1.88	2.04	1.85	1.34	8.2	13.5	7.6	3.8
2025_2026	0.74	0.72	0.90	1.10	7.2	11.9	6.5	3.4
2026_2027	1.51	1.24	0.88	0.84	7.5	12.5	6.5	3.1

Tableau 23 : Evolution des flux d'azote par saison

Flux_N_pond (kg/ha BV)						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	13.1	21.0	11.2	5.6	16.7	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	10.1	17.1	9.0	4.4	13.4	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.2	14.1	7.5	3.7	11.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.6	12.6	6.9	3.4	10.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	11.3	19.2	10.2	5.1	15.3	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	8.3	14.2	7.7	3.8	11.5	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.6	12.6	6.9	3.4	10.3	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	10.6	20.0	10.9	5.4	16.3	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	8.2	14.1	7.5	3.7	11.2	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	7.5	12.5	6.8	3.4	10.3	
Evolution%						
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2002_2003]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2008_2009]_[2011_2012]	-22.6	-18.7	-19.3	-21.1	-19.9	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-37.5	-32.7	-32.5	-34.0	-33.0	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-41.6	-40.0	-38.6	-38.5	-38.5	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
Moy. [1999_2000]_[2011_2012]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2012_2013]_[2026_2027]	-26.7	-26.1	-25.0	-24.8	-24.9	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-32.5	-34.3	-32.9	-32.3	-32.7	
annee_hydro	automne	hiver	printemps	ete	printemps+ete	
[2007_2008]	ref.	ref.	ref.	ref.	ref.	
Moy. [2014_2015]_[2017_2018]	-22.6	-29.4	-30.5	-32.4	-31.1	
Moy. [2024_2025]_[2026_2027]	-29.2	-37.4	-36.9	-36.9	-36.9	

Tableau 24 et Figure 15 : Quantiles90 des concentrations en nitrates par année hydrologique

annee_hydro	[NO3]quant90_AAP_AV
1999_2000	46.8
2000_2001	45.3
2001_2002	38.1
2002_2003	38.3
2003_2004	38.6
2004_2005	35.1
2005_2006	38.8
2006_2007	41.5
2007_2008	39.8
2008_2009	38.0
2009_2010	36.3
2010_2011	32.6
2011_2012	30.0
2012_2013	33.3
2013_2014	29.0
2014_2015	29.4
2015_2016	29.0
2016_2017	26.0
2017_2018	28.8
2018_2019	31.7
2019_2020	31.0
2020_2021	30.3
2021_2022	29.7
2022_2023	27.1
2023_2024	24.7
2024_2025	27.2
2025_2026	23.7
2026_2027	24.7

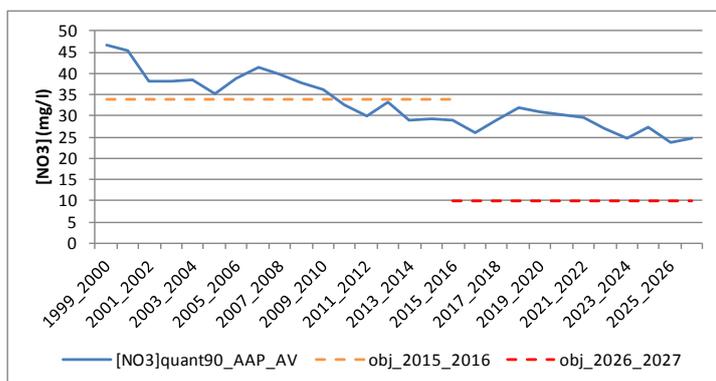
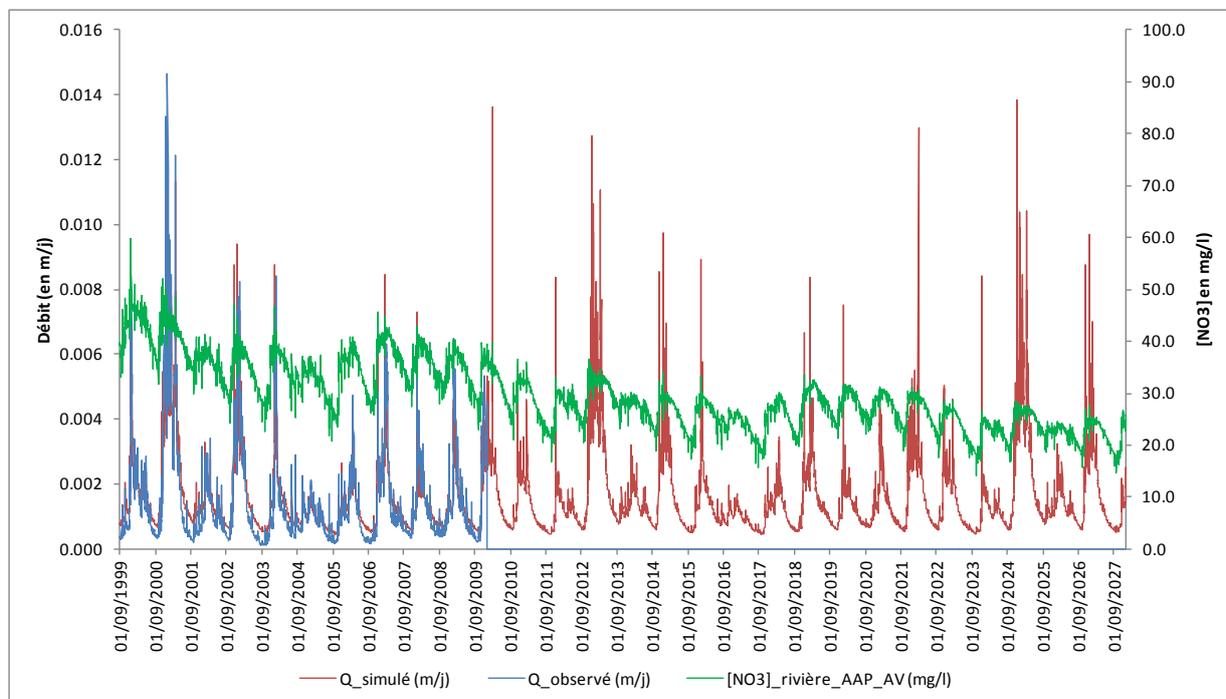


Figure 16 : Débits observés et simulés et [NO3] simulées à l'exutoire sur la période 2000-2027



Annexe 16-1 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Gouessant

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Gouessant utilisé dans cette étude est de 0.81.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conversion en prairies temporaires : <ul style="list-style-type: none"> - blé et orge : 309 ha (rapport 0.85/0.15) - mais_e et mais_g : 464 ha (rapp. 0.60/0.40) ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Nouvelles surfaces en prairie : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Maintien de prairies temporaires en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prairies temporaires maintenues : 355 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces en prairie maintenues : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Conduite des prairies permanentes en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surface visée : 1793 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces modélisées (1168) < objectif (1763) Remarque : gel en ZH : 855 ha ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces sous-estimées si non-prise en compte du gel

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement global	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - blé : 1319 ha - orge : 234 ha - mais_e : 933 ha - mais_g : 313 ha - RGA : 1019 ha ➤ Augmentation des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - luzerne (4 ans) : 1465 ha (apparition) - pois de printemps : 121 ha (apparition) - orge de printemps + cipan : 272 ha (app.) - RGA_TB : 1960 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec orge_p : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 25/10 d'une cipan - destruction le 15/02 de la cipan - semis le 01/03 de l'orge_p - LP 80 kgN/ha le 15/03 - N minéral 30 kgN/ha le 15/04 - récolte le 20/07 ➤ Création du fichier .tec luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - 15% : LP 100 kgN/ha le 15/03 - 85% : pas de fertilisation - 4 coupes : 15/04, 01/06, 16/07 et 01/09 ➤ Création du fichier .tec pois : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 20/03 - pas de fertilisation - récolte le 01/07 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stratégie pour la luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - fichier .plte luzerne = RGA_TB avec % de trèfle > 35% car pas de fichier paramétré disponible (équipe STICS sollicitée) ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle
Modification des rotations	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aucun retournement de prairie en automne 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
RGI sous couvert de mais_e et mais_g	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e ou g ➤ Itinéraire technique souhaité : <ul style="list-style-type: none"> - semis : 01/07 - destruction : 01/03 ➤ 80% entre 2 mais_e et 20% entre 2 mais_g 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : <ul style="list-style-type: none"> - Semis le 09/10 - Destruction le 15/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : <ul style="list-style-type: none"> - une seule culture en place - récolte du mais_e : 06/10 - destruction plus tardive en compensation durée ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 39 - Modélisé en p5 : 23 (objectif : 24) ⇒ Impact de la mesure = -16 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 116 - Modélisé en p5 : 87 (objectif : 84) ➤ N org non maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 49 - Modélisé en p5 : 57 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 165 - Modélisé en p5 : 144 <p>⇒ Impact de la mesure = - 21 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maît modélisé (87) > objectif (84) : <ul style="list-style-type: none"> + 3 kgN/ha SAU ➤ N org non maît modélisé (57) > données 2011 (32) : <ul style="list-style-type: none"> + 25 kgN/ha SAU ⇒ N org modélisé (144) > objectif (116) : <ul style="list-style-type: none"> + 28 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement
Parcelle parking	<p>⇒ Suppression des parcelles parking</p>	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Type de parcelle non pris en compte antérieurement ⇒ Mesure non modélisée

Annexe 16-2 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant de l'Urne

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant de l'Urne utilisé dans cette étude est de 0.64.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conversion en prairies temporaires : <ul style="list-style-type: none"> - blé et orge : 30 ha (rapport 0.80/0.20) - mais_e et mais_g : 44 ha (rapp. 0.80/0.20) ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Nouvelles surfaces en prairie : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Maintien de prairies temporaires en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prairies temporaires maintenues : 30 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces en prairie maintenues : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Conduite des prairies permanentes en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surface visée : 371 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces modélisées (244) < objectif (371) Remarque : gel en ZH : 94 ha ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces sous-estimées si non-prise en compte du gel

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement global	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - blé : 123 ha - orge : 30 ha - mais_e : 106 ha - mais_g : 24 ha - RGA : 17 ha ➤ Augmentation des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - luzerne (4 ans) : 147 ha (apparition) - pois de printemps : 11 ha (apparition) - orge de printemps + cipan : 25 ha (app.) - RGA_TB : 118 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec orge_p : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 25/10 d'une cipan - destruction le 15/02 de la cipan - semis le 01/03 de l'orge_p - LP 80 kgN/ha le 15/03 - N minéral 30 kgN/ha le 15/04 - récolte le 20/07 ➤ Création du fichier .tec luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - 15% : LP 100 kgN/ha le 15/03 - 85% : pas de fertilisation - 4 coupes : 15/04, 01/06, 16/07 et 01/09 ➤ Création du fichier .tec pois : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 20/03 - pas de fertilisation - récolte le 01/07 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stratégie pour la luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - fichier .plte luzerne = RGA_TB avec % de trèfle > 35% car pas de fichier paramétré disponible (équipe STICS sollicitée) ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle
Modification des rotations	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aucun retournement de prairie en automne 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
RGI sous couvert de mais_e et mais_g	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e ou g ➤ Itinéraire technique souhaité : <ul style="list-style-type: none"> - semis : 01/07 - destruction : 01/03 ➤ 80% entre 2 mais_e et 20% entre 2 mais_g 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : <ul style="list-style-type: none"> - Semis le 09/10 - Destruction le 15/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : <ul style="list-style-type: none"> - une seule culture en place - récolte du mais_e : 06/10 - destruction plus tardive en compensation durée ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 29 - Modélisé en p5 : 24 (objectif : 22) ⇒ Impact de la mesure = - 5 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 102 - Modélisé en p5 : 86 (objectif : 81) ➤ N org non maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 41 - Modélisé en p5 : 43 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 143 - Modélisé en p5 : 129 <p>⇒ Impact de la mesure = - 14 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maît modélisé (86) > objectif (81) : <ul style="list-style-type: none"> + 5 kgN/ha SAU ➤ N org non maît modélisé (43) > données 2011 (34) : <ul style="list-style-type: none"> + 9 kgN/ha SAU ⇒ N org modélisé (129) > objectif (115) : <ul style="list-style-type: none"> + 14 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement
Parcelle parking	<p>⇒ Suppression des parcelles parking</p>	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Type de parcelle non pris en compte antérieurement ⇒ Mesure non modélisée

Annexe 16-3 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_

Bassin versant du Gouet

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Gouet utilisé dans cette étude est de 0.66.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conversion en prairies temporaires : <ul style="list-style-type: none"> - blé et orge : 49 ha (rapport 0.70/0.30) - mais_e et mais_g : 73 ha (rapp. 0.90/0.10) ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Nouvelles surfaces en prairie : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Maintien de prairies temporaires en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prairies temporaires maintenues : 130 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces en prairie maintenues : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Conduite des prairies permanentes en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surface visée : 1242 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces modélisées (751) < objectif (1242) Remarque : gel en ZH : 204 ha ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces sous-estimées si non-prise en compte du gel

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement global	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - blé : 587 ha - orge : 140 ha - mais_e : 527 ha - mais_g : 67 ha - RGA : 580 ha ➤ Augmentation des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - luzerne (4 ans) : 588 ha (apparition) - pois de printemps : 51 ha (apparition) - orge de printemps + cipan : 116 ha (app.) - RGA_TB : 1145 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec orge_p : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 25/10 d'une cipan - destruction le 15/02 de la cipan - semis le 01/03 de l'orge_p - LP 80 kgN/ha le 15/03 - N minéral 30 kgN/ha le 15/04 - récolte le 20/07 ➤ Création du fichier .tec luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - 15% : LP 100 kgN/ha le 15/03 - 85% : pas de fertilisation - 4 coupes : 15/04, 01/06, 16/07 et 01/09 ➤ Création du fichier .tec pois : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 20/03 - pas de fertilisation - récolte le 01/07 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stratégie pour la luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - fichier .plte luzerne = RGA_TB avec % de trèfle > 35% car pas de fichier paramétré disponible (équipe STICS sollicitée) ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle
Modification des rotations	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aucun retournement de prairie en automne 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
RGI sous couvert de mais_e et mais_g	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e ou g ➤ Itinéraire technique souhaité : <ul style="list-style-type: none"> - semis : 01/07 - destruction : 01/03 ➤ 80% entre 2 mais_e et 20% entre 2 mais_g 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : <ul style="list-style-type: none"> - Semis le 09/10 - Destruction le 15/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : <ul style="list-style-type: none"> - une seule culture en place - récolte du mais_e : 06/10 - destruction plus tardive en compensation durée ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 46 - Modélisé en p5 : 25 (objectif : 24) ⇒ Impact de la mesure = - 21 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 83 - Modélisé en p5 : 81 (objectif : 77) ➤ N org non maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 59 - Modélisé en p5 : 59 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 142 - Modélisé en p5 : 140 <p>⇒ Impact de la mesure = - 2 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maît modélisé (81) > objectif (77) : <ul style="list-style-type: none"> + 4 kgN/ha SAU ➤ N org non maît modélisé (59) > données 2011 (40) : <ul style="list-style-type: none"> + 19 kgN/ha SAU ⇒ N org modélisé (140) > objectif (117) : <ul style="list-style-type: none"> + 23 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement
Parcelle parking	<p>⇒ Suppression des parcelles parking</p>	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Type de parcelle non pris en compte antérieurement ⇒ Mesure non modélisée

Annexe 16-4 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant de l'Ic

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant de l'Ic utilisé dans cette étude est de 0.76.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conversion en prairies temporaires : <ul style="list-style-type: none"> - blé et orge : 30 ha (rapport 0.85/0.15) - mais_e et mais_g : 45 ha (rapp. 0.60/0.40) ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Nouvelles surfaces en prairie : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Maintien de prairies temporaires en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prairies temporaires maintenues : 40 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces en prairie maintenues : RGA_TB uniquement ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces respectées
Conduite des prairies permanentes en ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surface visée : 225 ha ➤ 2 itinéraires techniques souhaités : <ul style="list-style-type: none"> - Producteurs hors sol – type 1 : fauche exclusive et N minéral 20 kgN/ha - Producteurs laitiers ou mixte – type 2 : pâture + fauche, chargement moyen 0.8 UGB/ha/an et N minéral 30 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraire technique choisi : type 2 ➤ Surfaces modélisées (179) < objectif (225) Remarque : gel en ZH : 130 ha ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps ⇒ Surfaces sous-estimées si non-prise en compte du gel

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Modification de l'assolement global	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - blé : 277-26 = 251 ha - orge : 49-5 = 44 ha - mais_e : 147-27 = 127 ha - mais_g : 97-18 = 79 ha - RGA : 111 ha ➤ Augmentation des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - luzerne (4 ans) : 291 ha (apparition) - pois de printemps : 26 ha (apparition) - orge de printemps + cipan : 59 ha (app.) - RGA_TB : 228 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec orge_p : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 25/10 d'une cipan - destruction le 15/02 de la cipan - semis le 01/03 de l'orge_p - LP 80 kgN/ha le 15/03 - N minéral 30 kgN/ha le 15/04 - récolte le 20/07 ➤ Création du fichier .tec luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - 15% : LP 100 kgN/ha le 15/03 - 85% : pas de fertilisation - 4 coupes : 15/04, 01/06, 16/07 et 01/09 ➤ Création du fichier .tec pois : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 20/03 - pas de fertilisation - récolte le 01/07 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stratégie pour la luzerne : <ul style="list-style-type: none"> - fichier .plte luzerne = RGA_TB avec % de trèfle > 35% car pas de fichier paramétré disponible (équipe STICS sollicitée) ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle
Modification des rotations	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aucun retournement de prairie en automne 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
RGI sous couvert de mais_e et mais_g	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e ou g ➤ Itinéraire technique souhaité : <ul style="list-style-type: none"> - semis : 01/07 - destruction : 01/03 ➤ 80% entre 2 mais_e et 20% entre 2 mais_g 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : <ul style="list-style-type: none"> - Semis le 09/10 - Destruction le 15/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : <ul style="list-style-type: none"> - une seule culture en place - récolte du mais_e : 06/10 - destruction plus tardive en compensation durée ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 37 - Modélisé en p5 : 31 (objectif : 29) ⇒ Impact de la mesure = - 6 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 87 - Modélisé en p5 : 74 (objectif : 76) ➤ N org non maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 23 - Modélisé en p5 : 27 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 110 - Modélisé en p5 : 101 <p>⇒ Impact de la mesure = - 10 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maît modélisé (74) < objectif (76) : -2 kgN/ha SAU ➤ N org non maît modélisé (27) > données 2011 (23) : + 4 kgN/ha SAU ⇒ N org modélisé (101) > objectif (99) : + 2 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement
Parcelle parking	<p>⇒ Suppression des parcelles parking</p>	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Type de parcelle non pris en compte antérieurement ⇒ Mesure non modélisée

Annexe 16-5 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Douron

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Douron utilisé dans cette étude est de 0.75.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression minérale : 55 kgN/ha SAU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 52 - Modélisé en p5 : 53 ⇒ Impact de la mesure = +1 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ + 1 kgN/ha SAU car doses de p5 sont basées sur p3 et non sur p4 (PAE_MAJ) ➤ Objectif 55 kgN/ha SAU respecté ⇒ Mesure respectée
Pression organique : 114 kgN/ha SAU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maitrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 80 - Modélisé en p5 : 65 (objectif = 74) ➤ N org non maitrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 69 - Modélisé en p5 : 73 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 149 - Modélisé en p5 : 137 ⇒ Impact de la mesure = -12 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maît modélisé (65) < objectif (74) : - 9 kgN/ha SAU ➤ N org non maît modélisé (73) > données 2011 (52) : + 21 kgN/ha SAU ➤ N org modélisé (137) > objectif (126) : + 11 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement
Modification de l'assolement : Céréales d'hiver Mais_e RGA_TB	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - blé : 47 ha - orge : 41 ha - triticale : 35 ha - mais_e : 107 ha ➤ Augmentation des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - RGA_TB : 230 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
CIPAN : 640 ha de RGI sous mais_e	<ul style="list-style-type: none"> ➤ + 200 ha du RGI dérobé entre 2 mais_e : <ul style="list-style-type: none"> - passage de 440 ha à 640 ha ➤ Itinéraire technique souhaité : <ul style="list-style-type: none"> - semis 15/08 - fertilisation organique : 70 kgN/ha - fertilisation minérale : 40 kgN/ha - fauche le 05/04 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification récolte du mais_e : <ul style="list-style-type: none"> - 25/09 au lieu de 15/10 ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 29/09 - fertilisation 0 (compensation durée) - fauche le 05/03 - génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : <ul style="list-style-type: none"> - une seule culture en place - récolte du mais_e : 25/09 - FB sur mais le 10/03 ➤ Surfaces en RGI = 240 ha au lieu de 640 ha : <ul style="list-style-type: none"> - totalité des surfaces mais_e/mais_e modélisées ➤ Fertilisation nulle pour compenser la durée ➤ Mesure adaptée aux contraintes du modèle
Fertilisation organique : FB sur prairie 10% des surfaces	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10% des prairies avec FB à l'automne <ul style="list-style-type: none"> - 46 ha de RGA concernés - 250 ha de RGA_TB concernés ➤ Dose FB = 125 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec : apport le 15/09 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uniquement sur prairies temporaires (RGA et RGA_TB) ⇒ Mesure respectée

Annexe 16-1 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Quillimadec

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Quillimadec utilisé dans cette étude est de 0.85 et correspond également au rapport des SAU des bassins du Quillimadec et de l'Alanan sur l'ensemble de la surface du territoire.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 47 - Modélisé en p5 : 37 (objectif : 38) ⇒ Impact de la mesure = - 10 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maitrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 94 - Modélisé en p5 : 93 (objectif : ?) ➤ N org non maitrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 48 - Modélisé en p5 : 45 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 143 - Modélisé en p5 : 138 ⇒ Impact de la mesure = - 5 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org non maît modélisé (45) < données 2011 (52) : - 7 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement
Optimisation de la fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Passer de 87 à 100% de la SAU avec un écart au conseil < 25kgN ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : <ul style="list-style-type: none"> - modifications des itks trop couteux en temps - pas de fertilisation selon la position dans la rotation - utilisation des doses d'azote de p4 pondérées ⇒ Mesure non respectée
SAMO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Augmentation de la SAMO de 325 ha sur le territoire soit 267 ha sur le Quillimadec : <ul style="list-style-type: none"> - 110 ha de blé fertilisé avec du LP - 182 ha de prairie temporaire, 50/50% LP/LB 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Potentiel dénitrifiant des ZH	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gestion des prairies permanentes en ZH ➤ 80% des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> - 1 fauche début juillet - 2 pâtures en septembre et octobre - apport minéral 40 kgN/ha après la fauche 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles - sélection pour respecter les surfaces ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec prairie_p_ZH : <ul style="list-style-type: none"> - fauche le 05/07 - fertilisation 23 kgN/ha le 06/07 - pâture le 05/09 et le 05/10 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surfaces en prairies permanentes en ZH : 660 ha ➤ 80% de 660 ha = 530 ha concerné par l'itk ➤ Fertilisation minérale (23) < objectif (40) : <ul style="list-style-type: none"> - idem prairie permanent hors ZH ⇨ Mesure respectée
Haies et talus	Implantation de 30 km de talus ou de haies	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : <ul style="list-style-type: none"> - maille de 50 m (éléments linéaires) - localisation inconnue ➤ Modélisation possible mais détournée : <ul style="list-style-type: none"> - 20 km de linéaire sur 4 m de large = 8 ha sur le territoire soit 7 ha sur le Quillimadec - 7 ha de RGA ou RGA_TB en ZH transformé en bois Remarque : traitements SIG couteux en temps ⇨ Mesure non respectée
Agriculture biologique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 6 % de SAU cultivé en agriculture biologique sur le territoire ➤ 390 ha sur le territoire soit 332 ha sur le BV ➤ 166 ha en exploitations légumières : <ul style="list-style-type: none"> - 40% en chou hâtif recevant du LP : 66 ha - 37% en blé : 61 ha - 23% de mais_g : 28 ha ➤ 166 ha en exploitations laitières : <ul style="list-style-type: none"> - 90% en RGA_TB : 149 ha - 10% en ble : 17 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Création des fichiers .tec bio : <ul style="list-style-type: none"> - ble_bio = ble_min fertilisation minérale nulle - RGA_TB_bio = RGA_TB_min fertilisation minérale nulle - chou_h_bio = chou_h_LP fertilisation minérale nulle - mais_g bio = mais_g_min fertilisation minérale nulle ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Itinéraires techniques agriculture biologique = fertilisation minérale nulle ➤ Pourcentages des différentes cultures simplifiés ➤ Cultures conduites en bio puis non bio ➤ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et de temps
Apports minéraux sur céréales	<ul style="list-style-type: none"> ⇨ Ajuster les apports minéraux sur céréales ⇨ 50% des surfaces en minéral seul avec 20 kgN/ha de minéral en moins, soit 272 ha sur la Quillimadec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Création du fichier .tec ble_min2 = ble_min moins 20 kgN/ha : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 04/11 - N minéral le 15/02 : 24 kgN/ha - N minéral le 20/03 : 39 kgN/ha - N minéral le 07/04 : 16 kgN/ha - récolte le 06/08 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Résidus	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Broyer et incorporer les résidus de mais_g 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modélisation effective dans TNT2 (gestion des résidus) ➤ Mesure respectée
Colza	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Introduction de colza : 20 ha sur le territoire soit 17 ha sur la Quillimadec 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : - surface très faible ($20/6600 = 0.30\%$) ➤ Mesure non respectée
Prairie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Augmenter les surfaces en prairie de 10% ➤ Proportion entre RGA et RGA_TB idem existantes ➤ Remplacement de mais_e et blé 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇨ Mesure respectée
Temps de pâturage	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 30 jours de pâturage par UGB en plus sur 35 % des exploitations 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec - Date de pâturage : 10/04, 06/05, 25/05, 25/06, 25/07, et ajout 25/08 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure approchée par ajout d'un pâturage sur 26% du RGA et 32% du RGA_TB ⇨ Mesure adaptée aux contraintes du modèle
Parcelle parking	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suppression des parcelles parking 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Type de parcelle non pris en compte antérieurement ➤ Mesure non modélisée
Sursemis des prairies	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eviter les retournements de prairies sur 10% de la SAU en prairie 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : - transitions entre les cultures suivant des probabilités - mesure nécessitant un développement informatique ⇨ Mesure non modélisée pour des contraintes de temps
Rotation des prairies	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Intégrer 20 % des prairies concernées par des rotations avec des cultures dans des rotations courtes (retournement au bout de 3 ans) 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : - transitions entre les cultures suivant des probabilités - mesure nécessitant un développement informatique ⇨ Mesure non modélisée pour des contraintes de temps
Betterave	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Introduction de la betterave après retournement de prairie au printemps : 18 ha sur le territoire soit 15 ha sur le Quillimadec 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : - surface très faible ($18/6600 = 0.27\%$) ⇨ Mesure non respectée
RGI sous mais_e	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e ➤ 80% entre 2 mais_e 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : - semis le 20/10 - destruction le 15/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : - une seule culture en place - récolte du mais_e : 15/10 ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e ⇨ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Fumier sur maïs	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Favoriser les apports précoces de fumier avant le semis de maïs 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure déjà prise en compte : - apport FB le 20/03 ⇨ Mesure non modélisée
Fertilisation d'automne des prairies	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eviter des apports de fertilisants en fin d'été et début d'automne 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure déjà prise en compte : - pas d'apport de fertilisant sur prairies après le 10 juin ⇨ Mesure non modélisée
Cipan semé tôt après céréales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planter un couvert après céréales dans les 15 jours après la récolte et avant le 30 août 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure déjà prise en compte : - récolte modélisée le 20/07 pour l'orge et le 05/08 pour le blé - semis cipan modélisé le 23 août (18 jours après la récolte de blé, récolte la plus tardive des céréales) ⇨ Mesure non modélisée
Rotation pois, haricot échalote	Interdire les implantations de céréales après pois haricot et échalote	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	⇨ Mesure respectée
ITKs chou	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 20% des surfaces en choux passent de deux apports de 50u à 1 apport de 50u ou passent de 1 apport à 0u 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec : - chou_h_min et chou_t_min = 20% des surfaces en chou - suppression du 2^{ème} apport minéral sur chou_h et du 3^{ème} sur chou_t 	⇨ Mesure respectée
Fertilisation Pomme de terre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fertilisation localisée sur pomme de terre : passer d'une dose moyenne de 120 à 90 kgN/ha ➤ 30% de N minéral en moins sur 80% des surfaces en pomme de terre 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure déjà prise en compte : - dose référence de 90 kgN/ha SAU baissée de 30kg, soit 60 kgN/ha - 100% des surfaces concernées ⇨ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps

Annexe 16-7 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Kerharo

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Kerharo utilisé dans cette étude est de 0.86.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Optimisation de la fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des écarts au conseil de fertilisation ➤ Surfaces concernées : 108 ha 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : <ul style="list-style-type: none"> - modifications/création des itks couteux en temps - impact de la mesure faible : 1.2 kgN/ha SAU ⇒ Mesure non respectée
Amélioration des couverts végétaux	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des dates d'implantation des CIPAN modélisée après récolte de céréales : <ul style="list-style-type: none"> - passer du 01/09 au 15/08 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Agriculture biologique + Surfaces en prairie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces en mais_e_LP : 216 ha <ul style="list-style-type: none"> - RGA_TB_FB : 194 ha - RGA_FB : 22 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_FB ➤ Création du fichier .tec RGA_FB ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Substitution Nmin par LP et LB	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution de 20% du N min par LP : <ul style="list-style-type: none"> - Ble_min : 191 ha - RGA_min : 34 ha - RGA_TB_min : 100 ha ➤ Substitution de 20% du N min par LB : <ul style="list-style-type: none"> - RGA_min : 6 ha - RGA_TB_min : 18 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec blemin1_LP ➤ Création du fichier .tec RGamin1LP ➤ Création du fichier .tec RGamin1LB ➤ Création du fichier .tec RGA_TBmin1LP ➤ Création du fichier .tec RGA_TBmin1LB ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Substitution Nmin par digestat méthanisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution de 40 kgN/ha de N min par digestat_meth sur blé : 58 ha ➤ Substitution de 50 kgN/ha de N min par digestat_meth sur RGA : 58 ha ➤ Substitution de 50 kgN/ha de N min par digestat_meth sur RGA_TB : 58 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec blemin_LP2 ➤ Création du fichier .tec RGA_min2LP ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_min2LP ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pas de paramètres résidus disponibles pour la modélisation ➤ Hypothèse : digestat = LP enfoui (limitation volatilisation) <p>⇨ Mesure adaptée aux contraintes du modèle</p>
Traitement des effluents	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dose FV diminuée de 20 kgN/ha sur mais_e et mais_g : 181 ha ➤ Dose LP diminuée de 20 kgN/ha sur RGA_TB_LP : 67 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec mais_e_FV2 ➤ Création du fichier .tec mais_g_FV2 ➤ Création du fichier .tec mais_g_FV2 ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_LP2 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surface en mais_e_FV faible => mais_e_FV2 = 2 ha ➤ Surface en mais_g_FV faible => mais_e_FV2 = 7 ha ➤ Erreur pour LP car réalisé à la suite du Ris : RGA_TB au lieu de blé mais surface conservée ! <p>⇨ Mesure respectée</p>
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 53 - Modélisé en p5 : 46 (objectif : ?) <p>⇨ Impact de la mesure = - 7 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇨ Mesure respectée</p>
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maitrisable (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 82 - Modélisé en p5 : 81(objectif : ?) ➤ N org non maitrisable (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 33 - Modélisé en p5 : 41 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 115 - Modélisé en p5 : 123 <p>⇨ Impact de la mesure = + 8 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org non maît modélisé (41) > données 2011 (24) : + 17 kgN/ha SAU <p>⇨ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement</p>

Annexe 16-8 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Lapic

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Lapic utilisé dans cette étude est de 0.84.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Optimisation de la fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des écarts au conseil de fertilisation ➤ Surfaces concernées : 64 ha 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : <ul style="list-style-type: none"> - modifications/création des itks couteux en temps - impact de la mesure faible : 1.2 kgN/ha SAU ⇒ Mesure non respectée
Amélioration des couverts végétaux	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des dates d'implantation des CIPAN modélisée après récolte de céréales : <ul style="list-style-type: none"> - passer du 01/09 au 15/08 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Agriculture biologique + Surfaces en prairie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces en mais_e_FB : 127 ha <ul style="list-style-type: none"> - RGA_TB_FB : 107 ha - RGA_FB : 20 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_FB ➤ Création du fichier .tec RGA_FB ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Substitution Nmin par LP et LB	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution de 20% du N min par LP : <ul style="list-style-type: none"> - Ble_min : 81 ha - RGA_min : 44 ha - RGA_TB_min : 68 ha ➤ Substitution de 20% du N min par LB : <ul style="list-style-type: none"> - RGA_min : 8 ha - RGA_TB_min : 12 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec blemin1_LP ➤ Création du fichier .tec RGamin1LP ➤ Création du fichier .tec RGamin1LB ➤ Création du fichier .tec RGA_TBmin1LP ➤ Création du fichier .tec RGA_TBmin1LB ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Substitution Nmin par digestat méthanisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution de 40 kgN/ha de N min par digestat_meth sur blé : 34 ha ➤ Substitution de 50 kgN/ha de N min par digestat_meth sur RGA : 34 ha ➤ Substitution de 50 kgN/ha de N min par digestat_meth sur RGA_TB : 34 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec blemin_LP2 ➤ Création du fichier .tec RGA_min2LP ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_min2LP ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pas de paramètres résidus disponibles pour la modélisation ➤ Hypothèse : digestat = LP enfoui (limitation volatilisation) <p>⇨ Mesure adaptée aux contraintes du modèle</p>
Traitement des effluents	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dose FV diminuée de 20 kgN/ha sur mais_e et mais_g : 133 ha ➤ Dose LP diminuée de 20 kgN/ha sur RGA_TB_LP : 27 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec mais_e_FV2 ➤ Création du fichier .tec mais_g_FV2 ➤ Création du fichier .tec mais_g_FV2 ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_LP2 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surface en mais_e_FV faible => mais_e_FV2 = 19 ha ➤ Surface en mais_g_FV faible => mais_e_FV2 = 18 ha <p>⇨ Mesure respectée</p>
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 45 - Modélisé en p5 : 37 (objectif : ?) <p>⇨ Impact de la mesure = - 7 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇨ Mesure respectée</p>
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maitrisable (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 72 - Modélisé en p5 : 72 (objectif : ?) ➤ N org non maitrisable (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 53 - Modélisé en p5 : 60 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 122 - Modélisé en p5 : 131 <p>⇨ Impact de la mesure = + 9 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org non maît modélisé (60) > données 2011 (43) : + 17 kgN/ha SAU <p>⇨ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement</p>

Annexe 16-9 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Ris

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Ris utilisé dans cette étude est de 0.74.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Optimisation de la fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des écarts au conseil de fertilisation ➤ Surfaces concernées : 68 ha 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure non modélisée : <ul style="list-style-type: none"> - modifications/création des itks couteux en temps - impact de la mesure faible : 1.2 kgN/ha SAU ⇒ Mesure non respectée
Amélioration des couverts végétaux	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des dates d'implantation des CIPAN modélisée après récolte de céréales : <ul style="list-style-type: none"> - passer du 01/09 au 15/08 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Agriculture biologique + Surfaces en prairie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baisse des surfaces en mais_e_FB : 148 ha <ul style="list-style-type: none"> - RGA_TB_FB : 126 ha - RGA_FB : 22 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_FB ➤ Création du fichier .tec RGA_FB ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée
Substitution Nmin par LP et LB	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution de 20% du N min par LP : <ul style="list-style-type: none"> - Ble_min : 40 ha - RGA_min : 76 ha - RGA_TB_min : 126 ha ➤ Substitution de 20% du N min par LB : <ul style="list-style-type: none"> - RGA_min : 13 ha - RGA_TB_min : 22 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec blemin1_LP ➤ Création du fichier .tec RGamin1LP ➤ Création du fichier .tec RGamin1LB ➤ Création du fichier .tec RGA_TBmin1LP ➤ Création du fichier .tec RGA_TBmin1LB ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Substitution Nmin par digestat méthanisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution de 40 kgN/ha de N min par digestat_meth sur blé : 40 ha ➤ Substitution de 50 kgN/ha de N min par digestat_meth sur RGA : 40 ha ➤ Substitution de 50 kgN/ha de N min par digestat_meth sur RGA_TB : 40 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec blemin_LP2 ➤ Création du fichier .tec RGA_min2LP ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_min2LP ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pas de paramètres résidus disponibles pour la modélisation ➤ Hypothèse : digestat = LP enfoui (limitation volatilisation) <p>⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle</p>
Traitement des effluents	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dose FV diminuée de 20 kgN/ha sur mais_e et mais_g : 0 ha ➤ Dose LP diminuée de 20 kgN/ha sur RGA_TB_LP : 10 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec mais_e_FV2 ➤ Création du fichier .tec mais_g_FV2 ➤ Création du fichier .tec mais_g_FV2 ➤ Création du fichier .tec RGA_TB_LP2 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 48 - Modélisé en p5 : 41 (objectif : ?) <p>⇒ Impact de la mesure = - 7 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maitrisable (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 70 - Modélisé en p5 : 71 (objectif : ?) <ul style="list-style-type: none"> ➤ N org non maitrisable (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 66 - Modélisé en p5 : 71 <ul style="list-style-type: none"> ➤ N org total (kgN/ha SAU) : - Modélisé en p4 : 136 - Modélisé en p5 : 142 <p>⇒ Impact de la mesure = + 6 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org non maît modélisé (71) > données 2011 (49) : + 22 kgN/ha SAU <p>⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement</p>

Annexe 16-10 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du St Laurent

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du St Laurent utilisé dans cette étude est de 0.79.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
CIPAN RGI sous mais_e	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 23/09 - destruction le 01/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : <ul style="list-style-type: none"> - une seule culture en place - récolte du mais_e : 20/09 ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e <p>⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps</p>
Rotation mais_g	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation d'une céréale entre deux mais_g 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
Semis des céréales d'hiver	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation des céréales d'hiver plus tôt 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec ble_me : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 10/10 au lieu du 01/11 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
Céréales de printemps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation d'orge de printemps ➤ 200 ha sur le territoire soit 154 ha sur les bassins versants du St Laurent et du Moros : <ul style="list-style-type: none"> - St Laurent : 58 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec orge_p : <ul style="list-style-type: none"> - semis cipan le 01/11 - retournement cipan le 12/02 - semis orge_p le 15/02 - ferti 30 kgN minéral le 01/04 - ferti 40 kgN minéral le 15/05 - récolte le 25/07 (idem blé) ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Betterave fourragère	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de betterave fourragère après retournement de prairie au printemps, en remplacement du mais_e ➤ Prairie de plus de trois ans si possible ➤ 100 ha sur le territoire soit 77 ha sur les bassins versants du St Laurent et du Moros : <ul style="list-style-type: none"> - St Laurent : 29 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec betterave : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 15/04 - récolte le 07/10 - pas de fertilisation ➤ Génération de nouveaux .rot 	⇒ Mesure respectée
75% de la SFP en prairie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contrainte sur la SFP : 75% en prairie 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure déjà prise en compte : <ul style="list-style-type: none"> - St Laurent : prairie/SFP = 75.6% ⇒ Mesure non modélisée
Agriculture biologique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10% SAU en agriculture biologique ➤ Assolement des fermes biologiques existantes : <ul style="list-style-type: none"> - 51% prairies - 23% céréales - 3% légumes - 14% arboriculture - 9% autres cultures Après simplification : 69% RGA_TB et 31% céréales <ul style="list-style-type: none"> ➤ 238 ha en biologique : <ul style="list-style-type: none"> - 164 ha en RGA_TB_bio - 74 ha en céréales bio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création des fichiers .tec RGA_TB_bio et ble_bio : <ul style="list-style-type: none"> - conduite minérale sans fertilisation ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Simplification des % des cultures concernées ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps
Zone humide	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ZH humides stratégiques et conduite des prairies permanentes : <ul style="list-style-type: none"> - une fauche - un pâturage - pas de fertilisation ➤ 60% des prairies permanentes concernées 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec prairie_p_ZH : <ul style="list-style-type: none"> - fauche le 15/07 - pâture le 15/09 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 100% des prairies permanentes concernées : 40 ha ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 73 - Modélisé en p5 : 47 (objectif : 56) ⇒ Impact de la mesure = - 26 kgN/ha SAU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org min modélisé (47) < objectif (56) : <ul style="list-style-type: none"> - 9 kgN/ha SAU ➤ Effet agriculture biologique et prairie en ZH ? ⇒ Mesure respectée

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 54 - Modélisé en p5 : 47 (objectif : 50) ➤ N org non maîtrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 56 - Modélisé en p5 : 52 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 110 - Modélisé en p5 : 99 <p>⇒ Impact de la mesure = - 11 kgN/ha SAU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maît modélisé (47) < objectif (50) : <ul style="list-style-type: none"> - 3 kgN/ha SAU ➤ N org non maît modélisé (52) > données 2011 (35) : <ul style="list-style-type: none"> + 17 kgN/ha SAU ➤ N org modélisé (99) > objectif (85) : <ul style="list-style-type: none"> + 14 kgN/ha SAU <p>⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement</p>

Annexe 16-11 : Récapitulatifs des composantes du scénario AAP_AV

Bassin versant du Moros

Avant-propos :

Ce document a pour objectif de retranscrire de manière simplifiée complète les mesures intégrées au plan de lutte contre les marées vertes, soit le scénario AAP_AV.

Pour permettre d'éventuels calculs, on rappelle que le rapport SAU/SBV du bassin versant du Moros utilisé dans cette étude est de 0.80.

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
CIPAN RGI sous mais_e	➤ Implantation de cipan entre 2 mais_e	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des règles d'hiver des OS ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec cipan_rgi_me : - Semis le 23/09 - Destruction le 01/03 ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durée en place écourtée : - une seule culture en place - récolte du mais_e : 20/09 ➤ Simplification : 100% entre 2 mais_e <p>⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle et simplifiée pour des contraintes de temps</p>
Rotation mais_g	➤ Implantation d'une céréale entre deux mais_g	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
Semis des céréales d'hiver	➤ Implantation des céréales d'hiver plus tôt	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec ble_me : - semis le 10/10 au lieu du 01/11 ➤ Création du fichier .tec triticales_me : - semis le 10/10 au lieu du 01/11 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Céréales de printemps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation d'orge de printemps ➤ 200 ha sur le territoire soit 154 ha sur les bassins versants du St Laurent et du Moros : <ul style="list-style-type: none"> - Moros : 69 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Création du fichier .tec orge_p : <ul style="list-style-type: none"> - semis cipan le 01/11 - retournement cipan le 12/02 - semis orge_p le 15/02 - ferti 30 kgN minéral le 01/04 - ferti 40 kgN minéral le 15/05 - récolte le 25/07 (idem blé) ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
Betterave fourragère	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implantation de betterave fourragère après retournement de prairie au printemps, en remplacement du mais_e ➤ Prairie de plus de trois ans si possible ➤ 100 ha sur le territoire soit 77 ha sur les bassins versants du St Laurent et du Moros : <ul style="list-style-type: none"> - Moros : 48 ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification de l'assolement de 2013 ➤ Modification de la matrice ➤ Génération de nouvelles OS ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec betterave : <ul style="list-style-type: none"> - semis le 15/04 - récolte le 07/10 - pas de fertilisation ➤ Génération de nouveaux .rot 	<p>⇒ Mesure respectée</p>
75% de la SFP en prairie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contrainte sur la SFP : 75% en prairie 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mesure déjà prise en compte : <ul style="list-style-type: none"> - Moros : prairie/SFP = 79.5% <p>⇒ Mesure non modélisée</p>
Agriculture biologique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10% SAU en agriculture biologique ➤ Assolement des fermes biologiques existantes : <ul style="list-style-type: none"> - 51% prairies - 23% céréales - 3% légumes - 14% arboriculture - 9% autres cultures Après simplification : 69% RGA_TB et 31% céréales ➤ 399 ha en biologique : <ul style="list-style-type: none"> - 275 ha en RGA_TB_bio - 124 ha en céréales bio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Création des fichiers .tec RGA_TB_bio et ble_bio : <ul style="list-style-type: none"> - conduite minérale sans fertilisation ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Simplification des % des cultures concernées <p>⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps</p>

Mesure	Précisions	Fichiers du modèle impactés et précisions/simplifications réalisées	Remarques
Zone humide	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ZH humides stratégiques et conduite des prairies permanentes : <ul style="list-style-type: none"> - une fauche - un pâturage - pas de fertilisation ➤ 60% des prairies permanentes concernées 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cartographie SIG : <ul style="list-style-type: none"> - intersection couche zh et parcelles ➤ Modification des .tec ➤ Création du fichier .tec prairie_p_ZH : <ul style="list-style-type: none"> - fauche le 15/07 - pâture le 15/09 ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 100% des prairies permanentes concernées : 31 ha ⇒ Mesure simplifiée pour des contraintes de temps
Pression minérale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N minéral (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 81 - Modélisé en p5 : 52 (objectif : 60) ⇒ Impact de la mesure = - 29 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org min modélisé (52) < objectif (60) : <ul style="list-style-type: none"> - 8 kgN/ha SAU ➤ Effet agriculture biologique et prairie en ZH ? ⇒ Mesure respectée
Pression organique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org maitrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 46 - Modélisé en p5 : 41 (objectif : 44) ➤ N org non maitrisable (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 46 - Modélisé en p5 : 43 ➤ N org total (kgN/ha SAU) : <ul style="list-style-type: none"> - Modélisé en p4 : 92 - Modélisé en p5 : 84 ⇒ Impact de la mesure = - 8 kgN/ha SAU 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification des .tec ➤ Modification du fichier % ITKs ➤ Génération de nouveaux .rot 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N org mait modélisé (41) < objectif (44) : <ul style="list-style-type: none"> - 3 kgN/ha SAU ➤ N org non mait modélisé (43) > données 2011 (32) : <ul style="list-style-type: none"> + 11 kgN/ha SAU ➤ N org modélisé (84) > objectif (76) : <ul style="list-style-type: none"> + 8 kgN/ha SAU ⇒ Mesure adaptée aux contraintes du modèle : restitutions au pâturage liées au rendement