



Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevages herbivores

Evaluation et amélioration de l'efficacité de l'azote, réduction des transferts vers les milieux aquatiques



Collection

Résultats

Responsable de la rédaction :

Sylvain Foray (Institut de l'Élevage)

Equipe de rédaction :

Ce document a bénéficié des avis et de la relecture de Claire BILLY (AFB), Vincent Manneville, Jean-Baptiste DOLLE, André LE GALL (IDELE), Françoise VERTES, Olivier GODINOT (INRA).

Remerciements :

Claire BILLY (AFB), Mathieu DOURTHE (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation), Emmanuel STEINMAN (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire), Jean-Louis PEYRAUD, Françoise VERTES, Olivier GODINOT (INRA), Vincent MANNEVILLE, André LE GALL, Jean-Baptiste DOLLE, Hélène FLOURENT (Idele)

Source des données mobilisées :

Dispositif INOSYS Réseaux d'élevage – Institut de l'Élevage / Chambres d'Agriculture -



Cette étude a été financée par l'Agence Française pour la Biodiversité et a été conduite sur les années 2016-2017

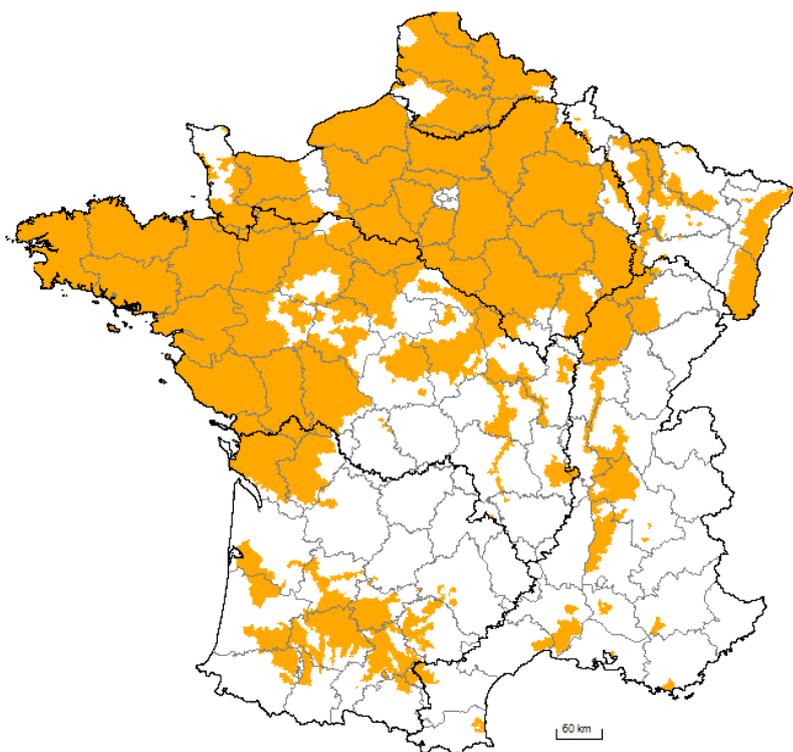
PREAMBULE

Suite à la prise de conscience des acteurs publics et professionnels confrontés à l'évolution des concentrations en nitrates dans les eaux de surface, et à l'identification des problèmes de gestion de l'azote et des déjections animales comme sources de pertes, l'Etat français, les Agences de l'Eau (chargées de la gestion de la ressource en eau) et la profession agricole ont négocié en 1993 un Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole (PMPOA) aidant financièrement les éleveurs à se mettre en conformité avec les réglementations existantes (stockage des effluents d'élevage, raisonnement de la fertilisation). Ce programme, qui s'est échelonné de 1993 à 2010, a concerné 90 000 éleveurs, essentiellement situés dans les zones vulnérables (50 000 éleveurs bovins lait, 20 000 éleveurs bovins viande, 10 000 éleveurs ovins et caprins et 10 000 éleveurs porcins et avicoles). Les travaux de mises aux normes des installations d'élevage se sont traduits par le doublement des capacités de stockage des fumiers et lisiers et la suppression de tous les écoulements directs des bâtiments et salles de traite vers le milieu. Ce programme a également permis de mieux gérer les engrais de ferme et donc de réduire les apports d'azote minéral, de l'ordre de 30 à 40 % depuis 1995. Une étude, menée par l'Institut de l'Elevage en 2008, a montré que les zones s'étant engagées dans le PMPOA, combinant différentes initiatives autour de la gestion de l'azote, notaient une amélioration de la qualité de l'eau dans les points de surveillance.

Au cours des 20 dernières années, de nombreux efforts et progrès ont été réalisés par les éleveurs, sous l'impulsion des politiques publiques et professionnelles. En dépit, des progrès réalisés sur la contamination de l'eau par les nitrates, l'état français a fait l'objet d'un contentieux avec la Commission européenne sur la directive nitrate, estimant qu'elle n'est pas correctement appliquée.

La Commission Européenne a ainsi demandé à l'Etat Français, une extension des zones vulnérables visant à intégrer des territoires touchés par les nitrates ainsi que des efforts supplémentaires sur les durées de stockage des effluents d'élevage, les périodes d'épandage et la gestion de la fertilisation azotée.

*Carte 1 – Les zones vulnérables en France – 5ème délimitation
(source : Ministère de l'Ecologie)*



La délimitation des zones vulnérables repose sur l'application de la Directive Nitrates. Ces territoires ont été définis pour identifier les eaux de surfaces et souterraines touchées par la pollution par les nitrates ou susceptibles de l'être à terme.

La délimitation de ces zones vulnérables en France lors de la période de suivi des exploitations présentes dans la base de données Inosys-Réseau d'élevage est présentée ci-contre.

Les zones de plaine du Grand Ouest, du Nord, du bassin parisien et ses territoires alentours, ainsi qu'une partie du Sud-Ouest sont inscrites en zone vulnérable.

La zone de Montagne et Piémonts du Massif Central est quant à elle hors de ce zonage réglementaire.

Alors que la gestion de l'azote s'est nettement améliorée dans les fermes d'élevages, avec des conséquences positives sur les concentrations en nitrates des eaux de surface, l'élevage herbivore français est néanmoins confronté à plusieurs enjeux :

- Une nécessité de poursuivre la réduction des concentrations en nitrates des eaux, dans toutes les régions d'élevage, avec des objectifs qui peuvent devenir ambitieux.
- Une gestion plus globale de l'azote, intégrant non seulement les pertes d'azote nitrique mais aussi les pertes d'azote par voie gazeuse (azote ammoniacal, protoxyde d'azote), dont les impacts négatifs sur la santé sont avérés (ENA 2011) et pour lesquelles les contraintes sont croissantes (directive NEC, objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre).
- Des objectifs de productions animales ambitieux, notamment pour la production laitière, où la filière s'est fixé un objectif de croissance, à l'instar des autres bassins laitiers européens (Allemagne, Pays-Bas, Irlande,...).
- Une extension des zones vulnérables, suite au contentieux sur l'application de la directive nitrates. 3600 communes supplémentaires devraient être ainsi classées en zones vulnérables, concernant 30 000 élevages, qui devront disposer de capacités de stockage suffisantes.

Au travers des informations issues de la base nationale Inosys Réseaux d'élevage, des suivis en fermes expérimentales et de projets européens, ce document dresse le bilan de la situation des systèmes d'élevage herbivores, principalement en bovin lait et bovin viande quant à la problématique azote. Il présente les points forts et les faiblesses de ces productions par rapport aux pertes azotées.

L'évolution des structures laitières depuis 2000 est également approchée, intégrant notamment un regard sur leur mode de production et les réponses environnementales associées.

Une comparaison de la situation des élevages laitiers français et des systèmes laitiers des Pays de l'Europe du Nord-Ouest complète ce document.

Enfin, les enseignements tirés des travaux réalisés en conditions expérimentales permettent d'analyser des leviers d'action pour une gestion efficiente de l'azote et comprendre certaines contraintes.

TABLE DES MATIERES

Préambule.....	1
1 Les productions herbivores en France.....	7
1.1 Les bovins.....	7
1.2 Les caprins.....	8
1.3 Les ovins.....	8
2 La qualité de l'environnement en élevage herbivores.....	9
2.1 Elevages herbivores et lien au sol : un élément essentiel.....	9
2.2 Le réseau Inosys-Réseau d'Élevage, un réseau de référence.....	9
2.3 Typologie des indicateurs.....	10
2.3.1 Les indicateurs simples de pratiques.....	10
2.3.2 Les bilans azotés.....	10
2.3.2.1 La Balance Globale Azotée.....	10
2.3.2.2 Le bilan apparent pour évaluer le cycle des éléments minéraux.....	11
2.3.2.3 L'efficacité de l'azote.....	12
2.3.3 Les indicateurs d'émission.....	12
2.3.3.1 Les émissions de gaz azotés.....	12
2.3.3.2 Le stockage d'azote dans le sol.....	13
2.3.3.3 Le potentiel de lessivage.....	13
2.3.4 Les indicateurs économiques.....	13
2.3.4.1 La valeur ajoutée.....	13
2.3.4.2 Le rapport EBE / Produit brut.....	13
2.3.4.3 Le coût de production et le coût de l'alimentation.....	13
2.4 Carte d'identité des systèmes herbivores.....	14
2.4.1 Les systèmes bovins laitiers.....	14
2.4.2 Les systèmes bovins viande.....	16
2.4.3 Les systèmes Ovins.....	19
2.4.4 Etat des lieux par grande zone de production herbivore.....	19
2.4.5 Situation en et hors zone vulnérable.....	21
3 Les flux d'azote : Evaluer l'ensemble de la chaîne des pertes – Enseignement des suivis expérimentaux..	24
3.1 Les fermes expérimentales laitières.....	24
3.1.1 La ferme expérimentale de Trévarez.....	24
3.1.2 La ferme expérimentale de Derval.....	25
3.1.3 La ferme expérimentale de la Blanche-Maison.....	26
3.1.4 La ferme expérimentale de Marcenat.....	28

3.1.5	Analyse globale.....	29
3.1.6	Analyse du cycle de l'azote sur la ferme expérimentale de Derval	31
3.2	Les fermes expérimentales en viande.....	33
3.2.1	La ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou	33
3.2.2	La ferme expérimentale des Etablières (bilan du suivi entre 2003 et 2005)	35
3.2.3	La ferme expérimentale de Jalogny	37
3.3	Lessivage de l'azote.....	38
3.4	Rotations culturales et cycle de l'azote – Cas de la ferme de Derval.....	40
4	Points forts et faiblesses des systèmes laitiers et bovins viandes	42
4.1	Bovins lait.....	42
4.1.1	Les systèmes d'élevage laitiers suivis.....	42
4.1.2	Les principales caractéristiques techniques des élevages laitiers.....	42
4.1.3	Efficience économique des systèmes laitiers.....	45
4.1.4	Systèmes laitiers et gestion de l'azote.....	46
4.1.4.1	Les flux d'azote en élevage laitier	46
4.1.4.2	Lien entre indicateurs de pratiques et impacts environnementaux.....	48
4.1.4.3	Les élevages laitiers dans le contexte européen	51
4.1.4.4	La production laitières aux Pays-Bas et son incidence sur l'environnement	52
4.1.5	Elevages laitiers et zones vulnérables.....	54
4.1.6	Description des systèmes optimisés (par type de système).....	57
4.2	Bovins Viande	59
4.2.1	Les systèmes d'élevage bovins viande et la gestion de l'azote	59
5	Evolution des systèmes laitiers entre 2000 et 2010.....	63
5.1	Evolution des structures laitières.....	63
5.1.1	Accroissement de la taille des élevages au détriment de leur nombre	63
5.1.2	Augmentation de la production à l'échelle de l'animal.....	65
5.2	Incidence des évolutions sur la qualité de l'environnement.....	67
5.2.1	Le bilan apparent de l'azote	67
5.2.2	Une amélioration de la gestion de la fertilisation dans les systèmes laitiers spécialisés	68
5.3	Evolution de la situation dans les zones vulnérables historiques entre 2000 et 2010	70
5.3.1	PMPOA II et programmes d'actions nitrates.....	70
5.3.2	Les élevages et les départements concernés.....	70
5.3.3	Retour sur l'évolution des systèmes laitiers spécialisés des zones vulnérables de l'Ouest.....	72
5.3.4	LE bilan apparent de l'azote dans Les élevages spécialisés lait de l'Ouest depuis 2000.....	74
5.3.5	La couverture des sols en hiver	76
5.3.6	Consommation de phopshore sous forme d'engrais minéral.....	77

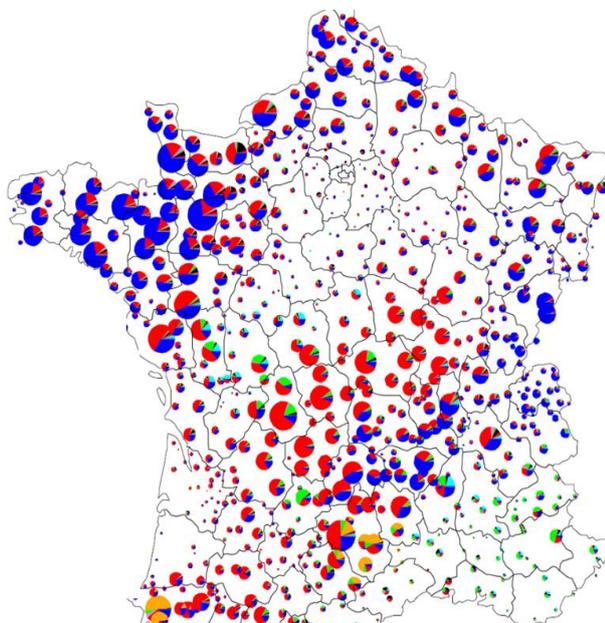
5.3.7	la réponse sur l'évolution de la qualité des eaux en zone vulnérable.....	78
6	Conclusion.....	81
	Sommaire des tableaux.....	83
	Sommaire des figures et illustrations :	85
	Liste des sigles.....	87
	Bibliographie.....	89
	Annexe – Calcul des indicateurs environnementaux.....	91

1 LES PRODUCTIONS HERBIVORES EN FRANCE

En 2010, 199 000 exploitations de France métropolitaine présentent une activité d'élevage avec herbivores significatives, représentant 40% des 490 000 exploitations agricoles nationales. Ces exploitations avec élevage d'herbivores recouvrent une très grande hétérogénéité de systèmes, avec des tailles de cheptel, des types de fonctionnement et des combinaisons de facteurs de production et d'activité dépendants de leur contexte pédoclimatique.

Carte 2 – Localisation et typologie des exploitations avec élevage d'herbivores significatifs (source agreste, RA 2010, traitement institut de l'élevage)

- 4 879 Exploitations laitières ovines
- 6 894 Exploitations caprines
- 75 636 Exploitations laitières bovines
- 7 944 Exploitations équinnes
- 5 239 Engraisseurs gros bovins
- 82 124 Exploitations allaitantes bovines
- 11 853 Exploitations ovines (viande)
- 4 132 Polyélevages complexes petite dimension
- 488 Vide sanitaire



1.1 LES BOVINS

En 2016, le nombre de bovins en France atteint un peu plus de 19 millions, dont 19 % de vaches laitières et 21,5 % de vaches allaitantes¹.

51 % des vaches laitières sont localisés dans l'Ouest de la France, en Bretagne, Normandie et dans les Pays de la Loire. Ces régions produisent 49 % des 24 611 millions de litres livrés en 2015 (source : SSP, Enquête annuelle laitière). Les autres bassins de production sont situés en Rhône-Alpes, Auvergne, Franche-Comté, Lorraine et Nord-Pas-de-Calais et se répartissent 29% du cheptel laitier et 25% du lait livré en 2015¹.

Tableau 1 – Répartition régionale du cheptel bovin reproducteur au 1^{er} janvier 2016 (sources : SPIE-BDNI ; traitement Institut de l'Élevage)

Vaches laitières		Vaches allaitantes	
Bretagne	21%	Auvergne	12%
Normandie	16%	Bourgogne	12%
Pays de la Loire	14%	Pays de la Loire	11%
Rhône-Alpes	7%	Limousin	11%
Auvergne	6%	Midi-Pyrénées	11%
Franche-Comté	6%	Aquitaine	5%
Lorraine	5%	Poitou-Charentes	5%
Nord-Pas-de-Calais	5%	Centre	5%

En 2015, 29% des élevages laitiers possèdent moins de 50 vaches et 52% accueillent entre 50 et 100 vaches laitières. Les 18 % restant sont des exploitations élevant plus de 100 vaches¹.

¹ Sources : SPIE-BDNI, traitement Institut de l'Élevage – Chiffres clés 2016, productions bovines lait et viande, Idele).

Auvergne, Bourgogne et Limousin, berceau de l'espace allaitant, accueillent 35% des vaches allaitantes. 22% des vaches allaitantes se répartissent à part égal dans les Pays-de-la-Loire et la région Midi-Pyrénées et représentent 22% du cheptel national¹. 24 % des élevages sont composés de plus de 100 vaches allaitantes alors que les exploitations ayant entre 50 et 100 vaches représentent 39% des élevages allaitant¹.

1.2 LES CAPRINS

Au recensement agricole de 2010, plus de 16 000 exploitations avaient sur l'ensemble du territoire au moins une chèvre et totalisaient 998 000 chèvres. Environ 7 600 exploitations professionnelles de plus de 10 femelles détenaient 955 000 chèvres. 3 000 élevages sont des livreurs de lait stricts (70% du cheptel avec un troupeau moyen de 225 chèvres), 2 900 élevages sont des exploitations fromagères (23 % du cheptel avec un troupeau moyen de 79 chèvres).

Les principales régions caprines sont le Poitou-Charentes (17 % des élevages et 32% du nombre de chèvres), la région Rhône-Alpes (22% des élevages et 12% des effectifs), les Pays-de-la-Loire (7% des exploitations et 13% des chèvres), le Centre et la région Midi-Pyrénées (20% des exploitations et 22% des effectifs)².

*Tableau 2 – Les principales régions caprines selon le nombre d'exploitations et effectifs
(sources : Agreste – Enquête cheptel 2015 sur 13 régions ; traitement Institut de l'Élevage)*

Exploitations > 10 chèvres	Nombre d'exploitations	% du total	Effectif de chèvres	% du total	Taille moyenne
Poitou-Charentes	864	17%	252 000	32%	292
Pays de la Loire	368	7%	103 000	13%	280
Rhône-Alpes	1 124	22%	95 000	12%	84
Centre	519	10%	91 000	11%	175
Midi-Pyrénées	505	10%	87 000	11%	172
8 autres régions	1 669	33%	163 000	21%	98
Total (13 régions)	5 049	100%	799 000	100%	154

1.3 LES OVINS

Les élevages ovins se répartissent entre production laitière (4 727 exploitations) et production de viande (36 575 exploitations ayant des brebis allaitantes). La région Midi-Pyrénées est la première région pour le cheptel de brebis laitières (52% des effectifs), tout comme pour le cheptel allaitant (17% des brebis allaitantes de France). L'Aquitaine est également l'une des régions de production de lait de brebis avec 32% des femelles productrices. La région PACA, le Poitou-Charentes, l'Auvergne, le Limousin et le Rhône-Alpes sont également terres de production de viande ovine (50% des têtes ovines françaises).

*Tableau 3 – Répartition régionale du cheptel reproducteur ovin français en novembre 2015
(sources : ASSP enquête cheptel 2015 ; GEB Institut de l'Élevage)*

Régions	Brebis et agnelles saillies allaitantes		Régions	Brebis et agnelles saillies laitières	
	1 000 têtes	% France		1 000 têtes	% France
Midi-Pyrénées	646	17%	Midi-Pyrénées	825	52%
PACA	524	14%	Aquitaine	496	32%
Poitou-Charentes	415	11%	Languedoc	116	7%
Auvergne	349	9%	Corse	93	6%
Limousin	335	9%			
Rhône-Alpes	175	7%			

² Source : Agreste – Enquête cheptel sur 13 régions

2.1 ELEVAGES HERBIVORES ET LIEN AU SOL : UN ELEMENT ESSENTIEL

Dans les exploitations d'élevages herbivores, atelier végétal et atelier animal sont étroitement reliés. Le premier fournit la majorité des fourrages consommés par les animaux, ainsi qu'une partie plus ou moins importante des aliments concentrés ingérés. L'atelier animal produit quant à lui des déjections valorisées sur ces cultures fourragères, soit directement sur les prairies lors du pâturage, ou par épandage sur ces mêmes prairies ou sur les fourragères annuelles.

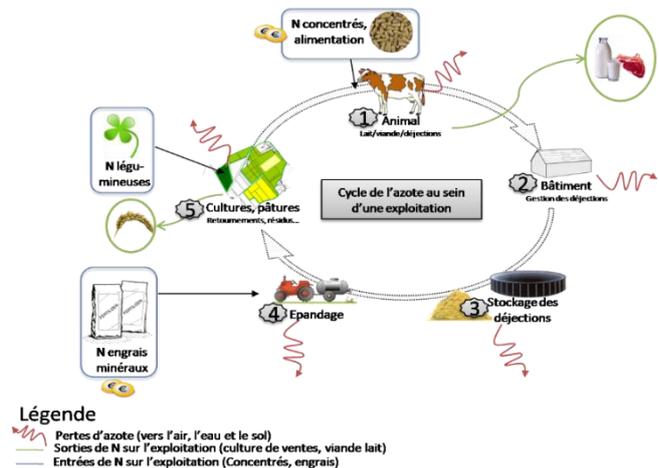
Sur l'ensemble des systèmes laitiers spécialisés français, environ 70 % des apports azotés sur les cultures sont de nature organique et proviennent de l'exploitation elle-même. Les 30 % restant concernent les engrais minéraux.

Ainsi, les élevages laitiers, et plus généralement les élevages herbivores, présentent des systèmes qui sont étroitement liés aux cycles des éléments minéraux (azote, phosphore, carbone) : les déjections ont pour origine les aliments ingérés et ces déjections permettent de produire les cultures fourragères, bases de l'alimentation.

Alors qu'une partie des éléments minéraux est valorisée dans les productions de ces élevages (lait, viande), une autre partie est perdue vers le milieu naturel (lessivage, émissions gazeuses,...).

Plusieurs indicateurs liés à l'azote ou au carbone sont ainsi utilisés pour caractériser les performances environnementales des exploitations agricoles. Ils sont reliés aux performances techniques de ces exploitations, à différentes échelles (territoire, exploitation, cultures, animaux..).

Figure 1 - Schéma du cycle de l'azote en élevage de ruminants



2.2 LE RESEAU INOSYS-RESEAU D'ELEVAGE, UN RESEAU DE REFERENCE



Le dispositif Inosys-Réseau d'Élevage associe près de 2000 éleveurs chaque année et plus de 240 ingénieurs afin d'analyser le fonctionnement des exploitations d'élevages et de diffuser le savoir et les outils nécessaires

à l'amélioration des systèmes.

Ce réseau de compétences, commun aux éleveurs, aux Chambres d'Agriculture et à l'Institut de l'Élevage, se déploie sur l'ensemble du territoire français. L'un des objectifs de cet outil est d'accompagner les éleveurs vers une « triple réussite » : technique, économique et environnementale (IDELE, 2014.). Les exploitations présentes dans cette base de données ne sont donc pas représentatives de l'ensemble des exploitations françaises car généralement plus grandes et plus efficaces économiquement. Mais elles sont représentatives de la diversité des types de systèmes herbivores au niveau national.

Deux jeux de données ont été utilisés dans cette étude, représentant deux périodes de suivi espacés de 10 ans (période 1 de 2000 à 2004 et période 2 de 2009 à 2013).

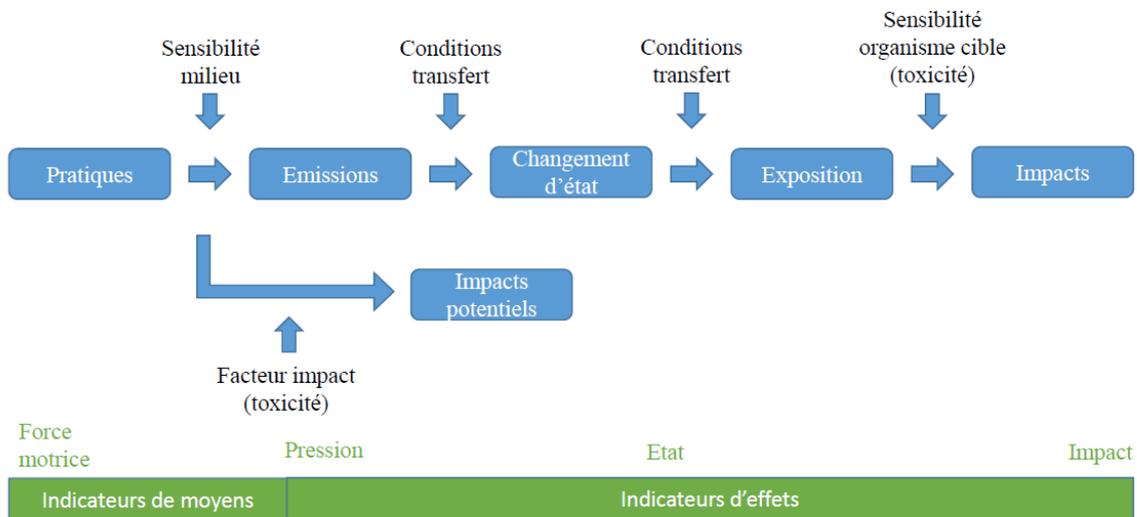
La période 2009 à 2013 regroupe toutes les exploitations d'élevage herbivore de type bovin lait, bovins viande et ovins lait, quelques exploitations élevant des chèvres laitières et des exploitations combinant ces différents types de production. La base de données associée permet de dresser une photographie récente des filières de production sur l'aspect gestion de l'azote et intègre des éléments économiques permettant de relier pratiques agricoles / efficacité économique / performances environnementales.

Les données issues de la première période de suivi (2000-2004) regroupent les exploitations possédant un troupeau de vaches laitières, permettant ainsi d'apprécier l'évolution des structures laitières entre les deux périodes au travers d'un pool d'indicateurs techniques et environnementaux.

2.3 TYPOLOGIE DES INDICATEURS

Il existe plusieurs indicateurs liés à la gestion des éléments minéraux, et notamment de l'azote. Il s'agit d'indicateurs de pratiques, d'émissions, de changement d'état ou d'impacts, selon leur position dans la chaîne causale décrite dans le schéma ci-dessous et inspirée de Bockstaller (Bockstaller et al. 2008).

Figure 2 – Positionnement de différentes typologies d'indicateurs par rapport à la chaîne causale inspirée de Bockstaller (Bockstaller et al. 2008).



Les indicateurs utilisés pour décrire les exploitations et les systèmes d'élevage des 2 jeux de données du dispositif Inosys-Réseau d'Élevage sont décrits dans la suite de ce document.

2.3.1 LES INDICATEURS SIMPLES DE PRATIQUES

Plusieurs indicateurs simples de pratiques permettent une première appréciation des pratiques agricoles. Ils sont basés sur les quantités d'intrants (alimentation en concentrés, fertilisation minérale), la gestion des animaux... Ces indicateurs complètent des indicateurs de structures (part de SFP/SAU, taille du cheptel...).

2.3.2 LES BILANS AZOTÉS

Différents indicateurs sont souvent utilisés pour apprécier la gestion de l'azote et quantifier les excédents et les risques de pollution.

2.3.2.1 LA BALANCE GLOBALE AZOTÉE

La Balance Globale Azotée (BGA) est un indicateur classique, appliqué à l'échelle du système de cultures. Elle calcule le solde entre les apports d'azote sur les surfaces incluant les engrais organiques ou de synthèse et les exports par les cultures récoltées ou pâturées. Ce solde correspond aux pertes d'azote vers l'eau, aux pertes gazeuses liées à l'épandage, au stockage d'azote dans le sol.

Dans le cadre de cette étude, le bilan a été calculé avec des valeurs enregistrées sur chacune des exploitations (surface et rendement des cultures et de l'herbe récoltée, fertilisation minérale, import/export de déjections) et des valeurs forfaitaires.

Figure 3 - Schéma de la balance globale azotée



La balance globale azotée est exprimée en kg d'azote par ha de SAU. Ses modalités de calcul sont les suivantes :

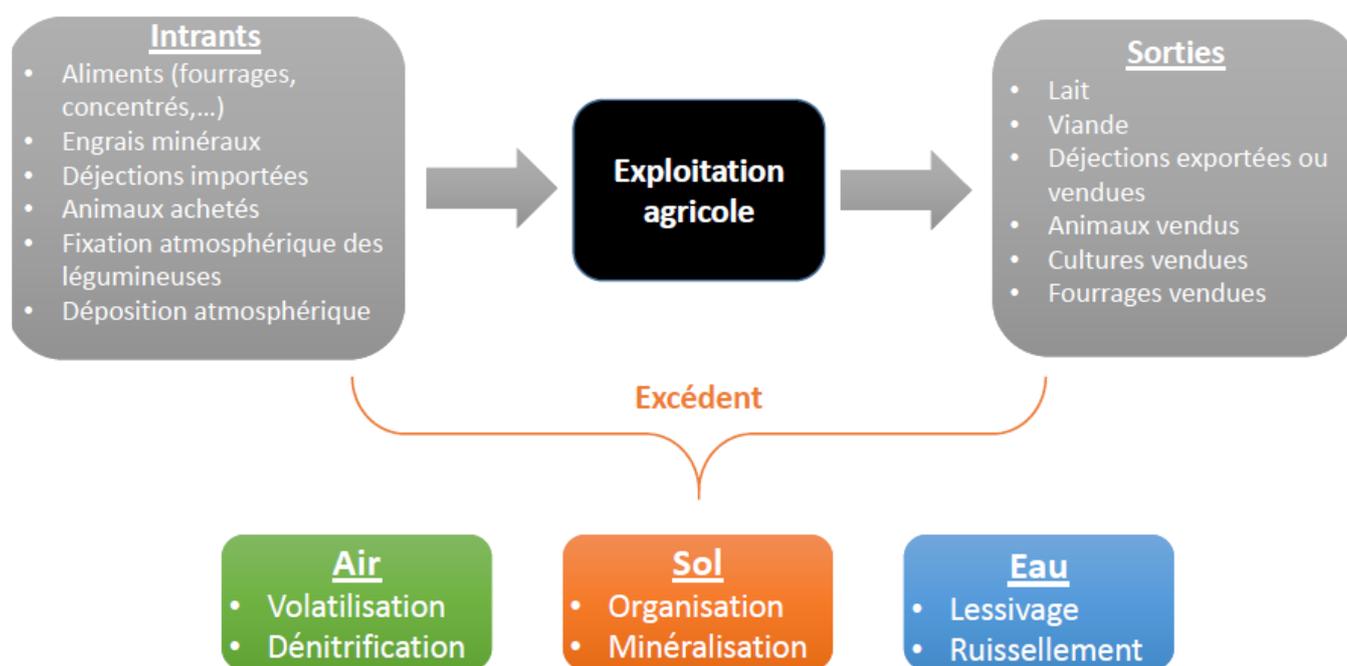
$$\text{Solde BGA} = \frac{N_{\text{apports}} - N_{\text{exports}}}{\text{SAU}}$$

Le bilan apparent, ou bilan des minéraux est utilisé (Simon et Le Corre, 1992) afin d'évaluer les principaux flux et excédents de minéraux au niveau de l'exploitation. Il permet d'évaluer le potentiel de production d'une exploitation avec les quantités d'éléments disponibles et les produits réalisés. En connaissant tous les flux produits par le système, on peut établir l'excédent non valorisé. Cet excédent est potentiellement perdu par le système vers l'eau, l'air ou le sol. Il y a alors lieu d'optimiser ce bilan pour réduire les pollutions d'une exploitation sur son environnement.

L'exploitation est considérée comme une « boîte noire » (approche systémique) et les flux de minéraux au sein même de l'exploitation ne sont pas pris en compte. Le bilan est ainsi déterminé en calculant la différence entre les entrées d'azote sur l'exploitation (achats ou importation d'aliments, de fourrages, d'engrais...) et les sorties d'azote (lait, viande, cultures...). Cet excédent est potentiellement perdu par le système vers l'eau, l'air ou le sol. Il y a alors lieu d'optimiser ce bilan pour réduire les pollutions d'une exploitation sur son environnement.

La figure ci-dessous représente de façon schématique le bilan apparent de l'azote sur une exploitation.

Figure 4 - Schéma du bilan des minéraux



Les données nécessaires à l'établissement de ce bilan se basent sur les données comptables de l'exploitation (achats, vente), sur les niveaux de productions et sur l'état des stocks sur la période d'analyse.

Il existe 3 modes d'expression de cet indicateur sur le paramètre azote selon que l'on prend en compte ou non dans les entrées la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses et/ou la déposition atmosphérique.

Le bilan hors fixation symbiotique et hors déposition est particulièrement utilisé dans le cadre de la comparaison des systèmes laitiers entre les périodes 2000-2004 et 2009-2013, en lien avec les informations disponibles dans la base de données Inosys Réseaux d'élevage. En effet, la part de trèfles dans les prairies est une information inconnue pour une grande part des élevages suivis au début des années 2000, pouvant engendrer des biais dans le calcul de la fixation symbiotique.

La déposition atmosphérique étant identique entre les 2 périodes, sa prise en compte n'apporte pas de plus-value pour l'analyse des 2 périodes.

Le bilan apparent de l'azote est exprimé en kg d'azote par ha de SAU. Ses modalités de calcul sont les suivantes :

$$\text{Bilan apparent de l'azote} = \frac{N_{\text{entrées}} - N_{\text{sorties}}}{\text{SAU}}$$

L'efficacité de l'azote exprime le rapport entre les sorties et les entrées d'azote sur l'exploitation.

$$\text{Efficacité de l'azote} = \frac{N_{\text{sorties}}}{N_{\text{entrées}}}$$

2.3.3 LES INDICATEURS D'ÉMISSION

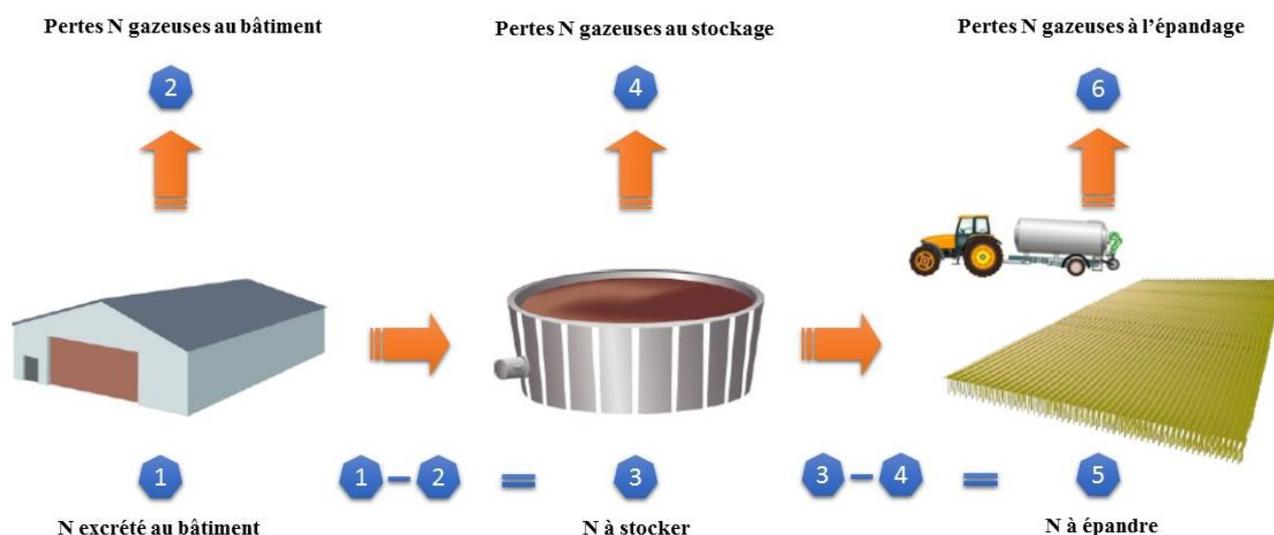
Les indicateurs d'émission offrent une estimation des pertes d'azote dans un système. Ils reposent sur des facteurs d'émission, notamment pour évaluer les pertes gazeuses à l'échelle de l'exploitation. Ces facteurs sont en général déterminés à partir de résultats expérimentaux.

Ils permettent d'expliquer une partie de l'excédent du bilan apparent de l'azote et de définir le potentiel de lessivage de l'exploitation.

2.3.3.1 LES ÉMISSIONS DE GAZ AZOTÉS

L'évaluation des pertes de gaz azotés réalisée dans le cadre de cette étude repose sur des facteurs d'émission issus de la bibliographie, et font l'objet d'une modélisation se basant sur les pratiques et caractéristiques des élevages, sur chaque maillon de la chaîne de gestion des déjections (bâtiment / stockage / épandage / pâturage). Cette approche permet de caractériser les quantités d'azote « entrant » dans chaque maillon en prenant en compte les pertes réalisées sur le maillon précédent.

Figure 5 – Les pertes d'azote par voie gazeuse sur la chaîne de gestion des déjections



Ces pertes gazeuses sont calculées à partir d'informations telles que le type de bâtiment, le temps de présence au pâturage des animaux. Ces éléments n'étant disponibles dans la base de données Inosys-Réseaux d'Élevage que pour la période 2009-2013, les pertes gazeuses n'ont pu être établies sur les données de la période 2000-2004.

Tableau 4 – Indicateurs d'émission de gaz azotés et sources des références

Indicateurs d'émission	Sources des facteurs d'émissions retenus
Kg N-NH3 / ha SAU	EMEP-Corinair, 2013
Kg N-NO / ha SAU	Skiba and al, 1997
Kg N-N2O / ha SAU	GES'TIM, 2010
Kg N-N2 / ha SAU	Webb, 2001

Le cumul des pertes azotées est exprimé en kgN/ha.

2.3.3.2 LE STOCKAGE D'AZOTE DANS LE SOL

La surface en prairies permanentes, en prairies temporaires en rotation avec des cultures annuelles sont des informations connues pour les élevages suivis dans le dispositif Inosys. La base de données faisant l'objet d'une analyse environnementale multicritères basées sur une méthodologie de type ACV, le stockage de carbone est un indicateur qui en ressort. Il est basé sur un niveau moyen de stockage national de 570kgC/ha/an pour les systèmes prairiaux (prairies longues durées et prairies permanentes).

Les prairies temporaires en rotation avec des cultures présentent un stockage moyen national de 80 kgC/ha/an (Dollé et al. 2013).

Le stockage d'azote est estimé à partir du stockage de carbone en appliquant un facteur 10 : $\Delta N_{sol} = \frac{1}{10} \Delta C_{sol}$

Le stockage d'azote est exprimé en kgN/ha.

2.3.3.3 LE POTENTIEL DE LESSIVAGE

Un indicateur exprimant le potentiel de lessivage des exploitations repose sur le solde du bilan apparent de l'azote, les pertes d'azote sous forme gazeuse et le stockage d'azote dans le sol. Il exprime ainsi la quantité d'azote excédentaire à l'échelle globale du système pouvant être perdue par lessivage.

Potentiel de lessivage = Solde du bilan apparent de l'azote – Pertes N sous forme gazeuse – Stockage N

Cet indicateur est exprimé en kgN/ha de SAU.

2.3.4 LES INDICATEURS ÉCONOMIQUES

2.3.4.1 LA VALEUR AJOUTÉE

La valeur ajoutée mesure la richesse créée avant de prendre en compte les aides découplées, la main d'œuvre et les investissements. Ramenée à l'unité de main d'œuvre (UMO), elle permet de vérifier l'efficacité du système de production.

La création de valeur ajoutée peut se réaliser en combinant une augmentation des produits et services de l'exploitation avec la maîtrise des charges (consommations et services).

Pour créer cette valeur ajoutée, il existe différentes stratégies :

- Produire plus : augmenter la valeur du produit global par la quantité ou le prix unitaire.
- Produire mieux : optimiser son processus de production pour améliorer la performance technico économique.
- Aller plus loin dans la chaîne de production et réaliser des produits élaborés.
- Développer ses activités ou ses productions avec des services complémentaires.

2.3.4.2 LE RAPPORT EBE / PRODUIT BRUT

L'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) traduit la différence entre le produit brut (ventes + aides +/- variations d'inventaire) et les charges opérationnelles et de structure (hors amortissements et frais financiers). L'EBE permet de rembourser les annuités, de prélever la rémunération des éleveurs et de dégager un solde pour l'autofinancement.

Le ratio EBE/ produit brut est un bon indicateur de l'efficacité économique du système. Ce ratio est considéré satisfaisant lorsqu'il atteint 35%.

2.3.4.3 LE COUT DE PRODUCTION ET LE COUT DE L'ALIMENTATION

Il cumule l'ensemble des charges affectables à l'atelier : les charges courantes, les amortissements et les charges supplétives.

L'alimentation constitue un des principaux postes du coût de production dans les élevages.

2.4 CARTE D'IDENTITE DES SYSTEMES HERBIVORES

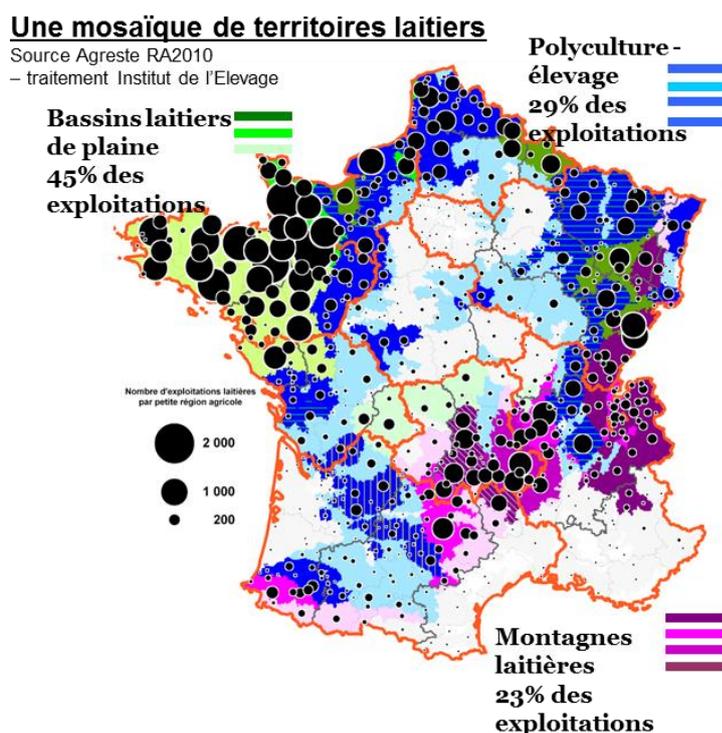
Pour chaque système d'élevage, une carte d'identité est proposée en se basant sur les informations extraites de la base de données Inosys-Réseau d'Élevage pour la période 2009 à 2013.

Cette carte d'identité est constituée d'un tableau rassemblant un ensemble d'indicateurs structurels, de pratiques et économiques cités précédemment, complété par des indicateurs environnementaux liés à l'azote.

2.4.1 LES SYSTÈMES BOVINS LAITIERS

Plusieurs grandes familles de systèmes laitiers peuvent être considérées. Elles sont associées aux principales régions laitières décrites en France et sont présentées sur la carte suivante.

Carte 3 – Les régions laitières en France



Les zones de cultures fourragères de l'Ouest de la France et des piémonts. Dans ces zones, les conditions pédoclimatiques, avec des sols limoneux ou limono-sableux (sur schistes ou granite) et une influence océanique marquée, permettent de cultiver prairies temporaires et maïs. Propices à la production laitière, ces zones ont vu le développement de la filière laitière au cours des 50 dernières années. Les zones herbagères du Nord-Ouest et de l'Est complètent ces territoires. Les exploitations présentent une part importante de prairies permanentes avec des systèmes laitiers très herbagers. 45 % des élevages laitiers sont présents sur l'ensemble de ces zones en 2012-2013 représentant 51,6% de la production laitière nationale.

Les zones mixtes de culture et élevages. Régions de transition entre les principales régions d'élevage et celles de grandes cultures, elles concernent les zones présentant des sols à très bon potentiel permettant de combiner productions céréalières et élevage laitier. Les systèmes fourragers sont majoritairement basés sur la prairie cultivée (Nord-Ouest, Sud-Ouest), ou sur des prairies permanentes (Nord-Est). Y figurent également les zones présentant une faible densité d'élevages laitiers. La part de maïs ensilage y est souvent importante. Ces zones accueillent environ 28% des exploitations laitières, produisant 31% du lait français en 2012-2013.

Les zones de Montagnes et Piémonts, situées dans le Nord des Alpes, le Massif Central, les Vosges et le Jura, qui recouvrent toutes les zones de relief du pays. 22% des fermes laitières y sont situées et produisent environ 15% du lait à l'échelle nationale en 2012-2013.

Le tableau suivant décrit 5 grands systèmes d'élevage. Sont retrouvés les systèmes d'élevage basés sur les cultures fourragères de l'Ouest et des Piémonts, les systèmes de cultures fourragères hors Ouest, à la transition avec les systèmes mixtes polyculture-élevage, les systèmes herbagers de plaine du Nord-Ouest et de l'Est, ainsi que les systèmes herbagers des montagnes humides.

Tableau 5 – Description et indicateurs techniques, environnementaux et économiques des systèmes d'élevage laitiers français (hors exploitation en agrobiologie) – données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013 (En italique, les données correspondent au 1er et 9ème décile ; les valeurs données entre parenthèses correspondent à l'écart-type pour l'indicateur concerné).

Types de système et localisation	Systèmes de cultures fourragères (Ouest et Piémonts)	Systèmes de cultures fourragères hors Ouest	Systèmes mixtes culture et élevage	Systèmes herbagers (Nord-Ouest et Est)	Systèmes de montagnes humides
SFP / SAU (%)	70-95	55-95	25-55	70-100	85-100
Cultures / SAU (%)	5-30	5-45	45-75	0-30	0-15
Maïs / SFP (%)	15-45	15-55	25-55	0-10	0-5
Prairies / SFP (%)	55-85	45-85	45-75	90-100	95-100
Nombre d'UGB de l'atelier BL	50-140	65-145	70-175	35-160	40-140
Nombre de vaches laitières	40-90	40-100	40-110	30-90	30-75
Chargement (UGB/ha SFP)	1-1.8	1-2.1	1.2 - 2.3	0.8-1.5	0.7-1.2
Lait produit l/VL	5 500-8 800	5 800-9 100	6 700-9 500	5 200-7 500	5 000 - 7 500
Quantité de concentré pour VL /VL	770-2 200	850-2 500	1 250-2 650	700-2 000	880 - 2 300
Quantité de concentré pour VL /l	120-280	135-300	165-310	120-300	150 - 330
Lait produit l/ha SFP	4 500-9 500	4 500-11 600	6 000-15 000	3 200-7 200	2 400 - 5 200
Pression Norg/ha SAU	110 (+/-30)	95 (+/-25)	60 (+/-15)	95 (+/-25)	80 (+/-15)
Pression Nmin/ha SAU	60 (+/-25)	85 (+/-35)	120 (+/-30)	45 (+/-30)	30 (+/-15)
Pression Ntotal/ha SAU	170 (+/-40)	180 (+/-40)	180 (+/-30)	140 (+/-40)	110 (+/-20)
Balance globale azotée (KgN/ha SAU)	20 (+/-25)	35 (+/-30)	30 (+/-25)	-10(+/-25)	-10 (+/-15)
Bilan apparent de l'azote (1) (kgN/ha SAU)	75 (+/-35)	90 (+/-35)	75 (+/-30)	50 (+/-35)	40 (+/-20)
Bilan apparent de l'azote (2) (kgN/ha SAU)	100 (+/-35)	110 (+/-30)	90 (+/-30)	75 (+/-40)	50 (+/-20)
Potentiel de lessivage (kgN/ha SAU)	55 (+/-30)	65 (+/-35)	60 (+/-30)	15 (+/-25)	5 (+/-10)
Bilan apparent du phosphore (KgP2O5/ha SAU)	10 (+/-20)	11 (+/-20)	0 (+/-20)	10 (+/-15)	10 (+/-10)
Cout de production (€/1000 l)	365 (+/-75)	355 (+/-65)	370 (+/-80)	340 (+/-70)	430 (+/-75)
Coût de l'alimentation (€/1000 l)	100 (+/-35)	105 (+/-30)	120 (+/-30)	90 (+/-30)	115 (+/-35)

(1) Bilan apparent de l'azote hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique

(2) Bilan apparent de l'azote avec fixation symbiotique et déposition atmosphérique

Les systèmes de cultures fourragères de l'Ouest, assez intensifs (en moyenne 7 000 litres de lait/ha SFP et 7 200 litres de lait par vache) affichent des excédents d'azote plus importants (bilan apparent), avec une moyenne de 100 KgN/ha/an en intégrant fixation symbiotique et déposition atmosphérique. La fertilisation minérale y est modérée (60 kgN/ha), notamment en Bretagne où elle est de 53kg/ha de SAU. La pression azotée totale (organique + minérale) est de 170 kgN, conduisant à une BGA de 20kg/ha. L'azote potentiellement lessivée est d'environ 55 kg/ha. Ces systèmes présentent des coûts alimentaires les plus faibles après ceux des systèmes herbagers de plaine, reflétant une bonne maîtrise de l'alimentation et des quantités de concentrés utilisés.

Les systèmes de cultures fourragères hors Ouest sont à la transition entre les systèmes fourragers de l'Ouest et les systèmes polycultures-élevage. La part de cultures céréalières commence à se démarquer, ainsi que l'intensification des systèmes laitiers (plus de lait par vaches et par ha, chargement pouvant dépasser les 2 UGB à l'ha de SFP). La pression d'azote organique à l'ha de SAU est inférieure à 100 kg du fait d'un effet de dilution sur la surface exploitée.

A contrario, la pression en azote minérale est en moyenne de 85 kg par ha, située entre les niveaux des systèmes de l'Ouest et des systèmes typés en polyculture-élevage. Le potentiel de lessivage y paraît plus important (65 kgN/ha), du fait d'excédents de l'ordre de 110 kg/ha/an.

Les systèmes mixtes polyculture/élevage laitier affichent des surfaces en culture pouvant représenter près de la moitié de la SAU de l'exploitation. Les niveaux d'intensification y sont souvent marqués, avec des chargements pouvant dépasser les 2 UGB/ha SFP et une production de lait pouvant atteindre 15 000 litres/ha SFP. Tout comme les systèmes précédents, la pression d'azote organique à l'ha de SAU est faible (60kgN/ha en moyenne) du fait de cet effet de dilution sur la surface exploitée. La pression en azote minérale est en revanche plus marquée (120 kgN/ha).

L'excédent d'azote est légèrement inférieur à 100kgN/ha (avec déposition atmosphérique et fixation symbiotique), présentant un potentiel de lessivage de l'ordre de 60kgN/ha.

Les systèmes herbagers de plaine ou de Montagne présentent les chargements à l'ha de SFP les plus faibles, reflétant des systèmes d'élevage assez extensifs. La production de lait par ha de SFP est en moyenne légèrement inférieure à 4 000 litres et le niveau par vache laitière est situé dans une fourchette moyenne de 5 000 à 7 500 litres par an (selon la quantité de concentrés utilisés). Les excédents d'azote dans ces systèmes sont en moyenne de 58 kg par hectare de SAU (en intégrant la fixation symbiotique et la déposition atmosphérique). La balance globale azotée est faible, les apports d'azote organique et minéraux ne couvrant pas la totalité des exportations des cultures (notamment dans le cas des exploitations ayant des mélanges graminées-légumineuses dans les prairies). L'azote minéral utilisé est en moyenne de 35kg/ha, alors que la pression d'azote organique liée aux rejets des animaux est de 84 kg/ha. Ces systèmes affichent également les pertes potentielles d'azote au lessivage les plus faibles (5 à 15 kgN/ha en moyenne).

2.4.2 LES SYSTÈMES BOVINS VIANDE

Tout comme les systèmes laitiers, le maillage de l'échantillon des Réseaux d'Élevage a été constitué sur la base de la typologie des systèmes d'exploitation herbivores élaborée par l'Institut de l'élevage qui combine les OTEX (orientations technico-économique de l'exploitation) et le type d'atelier bovin viande (naisseur, naisseur-engraisseur et engraisseur strict).

Carte 4 – Densité Vaches allaitantes/ha - (BDNI2010- traitement Institut de l'Élevage) et bassins de production de viande bovine

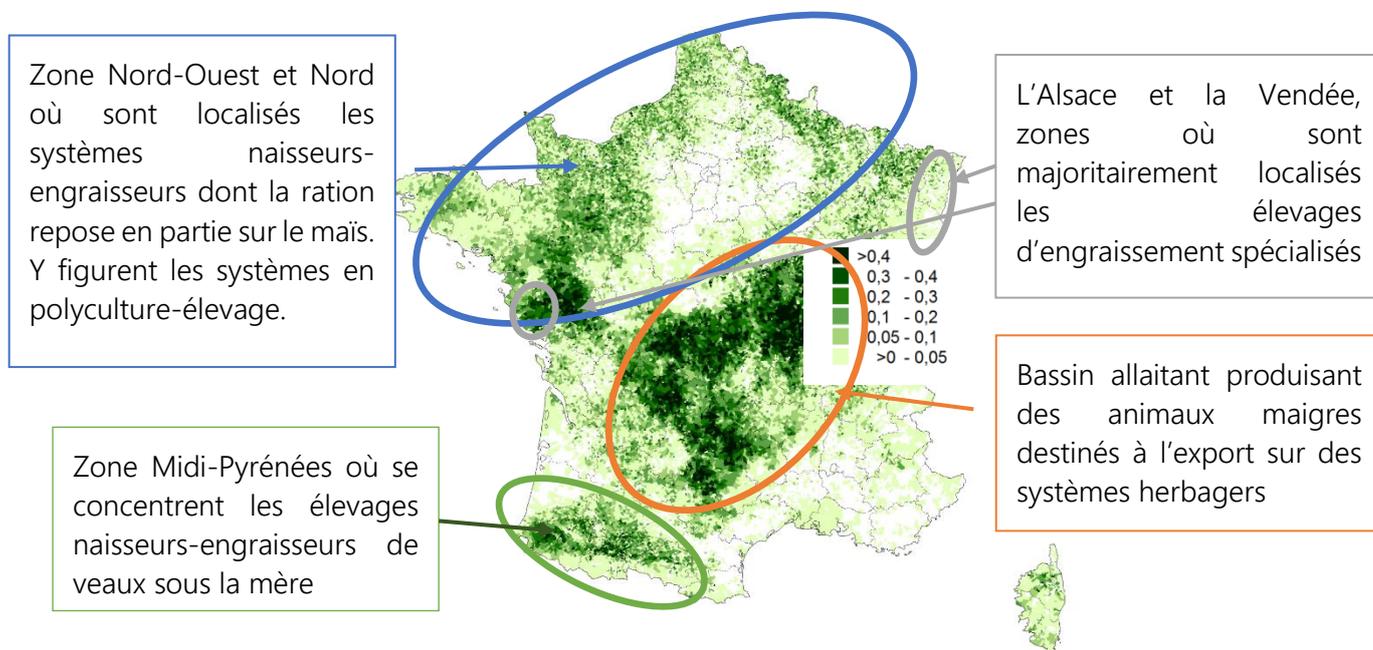


Tableau 6 – Indicateurs de pratiques dans les systèmes viande spécialisés (hors systèmes en agrobiologie) - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013 (En italique, les données correspondent au 1er et 9ème décile ; les valeurs données entre parenthèses correspondent à l'écart-type pour l'indicateur concerné)

Types de système et localisation	Spécialisés Naisseurs-Engraisseurs de JB	Spécialisés Naisseurs-Engraisseurs de JB	Spécialisés Naisseurs extensif	Spécialisés Naisseurs intensif	Grandes cultures et polyculture Naisseurs-Engraisseurs de JB	Grandes cultures et polyculture et activité Naisseurs	Naisseurs-engrailleurs de veaux sous la mère	Engraisseurs
	Zone allaitante	Zone Ouest	Zone allaitante	Zone Ouest et zone allaitante	Ouest, Picardie et Lorraine	Zones de cultures et prairies permanentes	Sud-Ouest	Ouest et Alsace
SFP / SAU (%)	80-95	70-95	85-100	75-100	30-70	25-65	40-95	15-45
Cultures / SAU (%)	5-20	5-30	0-15	0-25	30-70	35-75	5-60	55-85
Mais / SFP (%)	0-10	10-30	0-5	0-10	0-25	0-15	0-5	45-95
Prairies / SFP (%)	90-100	70-90	95-100	90-100	75-100	85-100	95-100	5-55
Nombre d'UGB de l'atelier bovins viande	115-250	95-280	80-220	95-240	85-200	50-180	40-130	60-180
Nombre de vaches allaitantes	70-150	50-140	55-140	60-160	40-100	30-110	40-110	0
Chargement (UGB/ha SFP)	1-1.4	1.5-2.5	0.7-1.2	1.2-1.7	1-2.3	1-2.1	0.9-1.4	2.1-5
Viande produite (kg de viande vive/UGB)	340-420	340-460	260-360	270-350	300-500	220-350	190-270	570-950
Viande produite (kg de viande vive/ha SFP)	530-730	540-1 000	220-400	360-560	400-1 100	270-630	220-400	1 300-4 600
Quantité de concentré (kg/UGB)	530-1 300	570-1 250	320-900	275-900	470-1 350	200-1 000	300-900	1 200 – 3 000
Pression Norg (kgN/ha SAU)	80 (+-10)	125 (+/-25)	75 (+/-10)	100 (+/-15)	60 (+/-20)	50 (+/-20)	80 (+/-35)	70
Pression Nmin (kgN/ha SAU)	40 (+/-15)	70 (+/-25)	25 (+/-15)	50 (+/-20)	100 (+/-30)	100 (+/-30)	55 (+/-35)	120
Pression Ntotal (kgN/ha SAU)	120 (+/-25)	195 (+/-40)	100 (+/-20)	150 (+/-35)	160 (+/-35)	150 (+/-30)	135 (+/-45)	190
Balance globale azotée (KgN/ha SAU)	-25 (+/-20)	-15 (+/-20)	-30 (+/-20)	-30 (+/-20)	5 (+/-20)	0 (+/-25)	-10 (+/-30)	-10
Excédent de l'azote (1) (kgN/ha SAU)	45 (+/-20)	90 (+/-25)	30 (+/-20)	55 (+/-30)	65 (+/-25)	50 (+/-25)	45 (+/-35)	100
Excédent de l'azote (2) (kgN/ha SAU)	60 (+/-20)	110 (+/-30)	50 (+/-20)	75 (+/-25)	80 (+/-25)	65 (+/-25)	65 (+/-30)	110
Potentiel de lessivage (kgN/ha SAU)	10 (+/-10)	50 (+/-30)	0 (+/-10)	15 (+/-5)	45 (+/-25)	30 (+/-25)	20 (+/-30)	75
Excédent phosphore (KgP2O5/ha SAU)	10 (+/-10)	20 (+/-15)	10 (+/-10)	15 (+/-10)	0 (+/-20)	0 (+/-15)	20 (+/-15)	10
Cout de production (hors charges suppl.) (€/100kg vv)	280 (+/-50)	250 (+/-55)	290 (+/-60)	375 (+/-60)	280 (+/-60)	310 (+/-80)	500 (+/-120)	220
BLCP Coût de l'alimentation (€/100kgvv)	70 (+/-20)	65 (+/-25)	65 (+/-25)	65 (+/-25)	70 (+/-25)	70 (+/-30)	125 (+/-60)	80

(1) Bilan apparent de l'azote hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique

(2) Bilan apparent de l'azote avec fixation symbiotique et déposition atmosphérique

Le tableau précédent décrit 8 grandes familles de systèmes viande, différenciés par la zone de production et la présence ou non d'engraissement.

Les élevages spécialisés naisseur-engraisseur du bassin de production allaitant sont des systèmes herbagers, avec des cheptels de grande taille où les jeunes bovins sont abattus jeunes (14 à 15 mois selon la race – Charolaise ou Limousine). Le chargement est inférieur à 1,4 UGB/ha et la pression azotée totale (organique + minérale) est en moyenne de 120 kg/ha SAU. Les excédents d'azote y sont très modérés et le potentiel de lessivage induit de l'ordre de 10kgN/ha.

Les élevages spécialisés naisseur-engraisseur de la zone Ouest, majoritairement présent en Pays-de-la-Loire ont des surfaces développées en cultures plus importantes, et une part de maïs pouvant représenter 30% de la SFP. Ces systèmes plus intensifs produisent plus de viande à l'ha que les systèmes précédents, avec une quantité de concentrés identique. L'abattage des mâles se fait à un âge moyen de 15-16 mois. Ces systèmes plus intensifs ont une pression organique de 125 kgN/ha et ont recours en moyenne à 70kg d'azote minéral par ha de SAU, du fait de la présence de cultures fourragères annuelles et de cultures céréalières. L'excédent d'azote est quasiment doublé par rapport aux élevages du bassin allaitant. Le potentiel de lessivage est de l'ordre de 50kgN/ha.

Les systèmes spécialisés naisseur de la zone allaitante (Nord-Massif Central, Bourgogne et Limousin), tout comme les systèmes naisseurs plus intensifs du Sud-Massif Central et de l'Ouest, produisent des animaux maigres destinés à l'exportation. Les principales différences entre ces 2 zones reposent sur le niveau d'intensification du système avec des chargements inférieurs à 1.2 UGB/ha SFP pour les premiers pouvant aller à 1.7 pour les seconds. Ces derniers disposent de terres plus propices aux cultures ayant pour conséquence une part de SFP plus faible que dans les systèmes typiquement herbagers. La pression d'azote organique et minérale y est un peu plus élevée, mais dans les 2 cas, les excédents d'azote sont inférieurs à 80 kgN/ha. Le potentiel de lessivage y est très faible, voire nul.

Les systèmes en polyculture-élevages naisseurs engraisseurs sont principalement retrouvés en Picardie, en Lorraine et dans l'Ouest. A l'identique des élevages polyculture/lait, ces zones offrent un bon potentiel des sols pour les cultures céréalières. La place de l'élevage dans ces systèmes est importante et le système d'alimentation majoritairement basé sur les cultures fourragères récoltées dont une grande part de maïs avec une particularité en Lorraine où la part de prairie permanente dans la SFP est majoritaire. Ces systèmes polyculture/élevage naisseurs-engraisseurs peuvent être assez intensifs avec un chargement pouvant atteindre plus de 2 UGB par ha de SFP et une production de viande de plus de 1 000 kg/ha SFP. A l'échelle de l'exploitation, ces systèmes affichent une BGA légèrement positive et un excédent de l'azote de 80 kg en moyenne (fixation symbiotique et déposition atmosphérique incluses), conduisant à un potentiel de lessivage d'environ 45 kgN/ha de SAU.

Les systèmes en polyculture-élevage naisseurs sont localisés dans les mêmes zones que les systèmes précédents, mais la place de l'élevage y est moins marqué. Les bovins sont avant tout présents pour valoriser des surfaces en prairies permanentes n'offrant aucune possibilité pour l'implantation de cultures annuelles. La place du maïs dans la ration alimentaire est beaucoup plus faible (la SFP est composée de 0 à 15 % de maïs) et les systèmes sont moins intensifs (production de viande vive par UGB et par ha de SFP inférieure aux systèmes polyculture-élevage naisseurs engraisseurs). L'une des réponses sur la gestion de l'azote est la pression d'azote organique de 10kg plus faible que les systèmes naisseurs engraisseurs plus intensifs. La pression en azote minérale – 100 kgN / ha SAU – est identique. L'excédent d'azote est de 65kgN/ha SAU et le potentiel de lessivage est en moyenne de 35kgN/ha.

Les élevages naisseurs engraisseurs de veaux sous la mère sont essentiellement localisés dans le Sud-Ouest (Aquitaine, Midi-Pyrénées, Limousin). Les exploitations concernées sont soit des élevages spécialisés où la présence de cultures de vente est très faible, soit des exploitations en polyculture-élevage, d'où la large fenêtre présentée dans le tableau précédent pour la part de SFP et de cultures dans la SAU. Quel que soit le type d'exploitation, les élevages de bovins ont comme point commun le système d'alimentation basé sur l'herbe et un niveau d'intensification faible à très modéré. Les excédents d'azote y sont plutôt modérés et affichent un potentiel de lessivage moyen de 20kgN/ha SAU.

Enfin, les systèmes engraisseurs sont la plupart du temps présents sur des exploitations ayant également une activité de polyculture. Les animaux sont essentiellement nourris au maïs + concentrés et le système associé est intensif à très intensif, avec des niveaux de production par UGB et par ha de SFP pouvant atteindre respectivement plus de 900 kg/UGB et 4 000 kg de viande vive/ha SFP. Même si la pression organique à l'échelle de l'exploitation est en moyenne l'une des plus faibles des systèmes bovins viande décrits précédemment, les intrants azotés (notamment les concentrés) sont à l'origine d'excédent de l'azote dépassant les 100kg, induisant un potentiel de lessivage de 75 kg/ha de SAU.

2.4.3 LES SYSTÈMES OVINS

Peu d'exploitations spécialisées en ovins sont suivies dans le cadre des réseaux d'élevage. Néanmoins, quelques indicateurs liés à ces exploitations sont proposés dans le tableau ci-dessous.

Ces élevage laitiers et/ou viande sont conduits sur des systèmes herbagers où la part des prairies dans la SFP est proche de 100%. Ces élevages utilisent peu d'engrais minéraux (15 kgN en moyenne / ha de SAU) et présentent un excédent de l'azote de 50 kg/ha de SAU en prenant en compte la déposition atmosphérique et la fixation symbiotique. Le potentiel de lessivage est faible (20kgN/h SAU).

Tableau 7 – Description et indicateurs techniques, environnementaux des systèmes d'élevage ovins lait et viande (hors exploitation en agrobiologie) – données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

Types de système et localisation	Elevages spécialisés Ovins (lait et viande)
	Sud-Ouest, Lorraine
SFP / SAU (%)	75-100
Cultures / SAU (%)	0-25
Maïs / SFP (%)	0-5
Prairies / SFP (%)	95-100
Nombre d'UGB de l'atelier Ovins	30-90
Nombre de brebis laitières	0-500
Nombre de brebis viande	80-340
Chargement (UGB/ha SFP)	0.5 à 1.5
Quantité de concentré kg/ brebis	80-250
Pression Norg/ha SAU	75
Pression Nmin/ha SAU	15
Pression Ntotal/ha SAU	90
Balance globale azotée (KgN/ha SAU)	-25
Bilan apparent de l'azote (3) (kgN/ha SAU)	25
Bilan apparent de l'azote (4) (kgN/ha SAU)	50
Potentiel de lessivage (kgN/ha SAU)	20
Bilan apparent du phosphore (KgP2O5/ha SAU)	10

(3) Bilan apparent de l'azote hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique

(4) Bilan apparent de l'azote avec fixation symbiotique et déposition atmosphérique

2.4.4 ETAT DES LIEUX PAR GRANDE ZONE DE PRODUCTION HERBIVORE

Une approche par grand bassin de production a été menée, toutes filières de production confondues. Chaque bassin est caractérisé d'un point de vue global, intégrant la part d'UGB de chaque production par rapport aux UGB totaux, mais également l'occupation des sols. Pour chaque indicateur, les calculs sont basés sur les moyennes des éléments de chaque exploitation présente dans la région concernée. Cela implique l'hypothèse que pour chaque région, la part de chaque système d'élevage présent dans le dispositif Inosys-réseau d'élevage est représentative des systèmes réellement présents (il s'agit en l'occurrence de l'un des objectifs de ce réseau).

La zone ouest regroupe les Régions Bretagne, Pays de la Loire, et une partie de la Basse Normandie (Manche, Calvados). Les bovins lait et bovins viande représentent 96% des UGB totaux. La SAU totale est occupée à 78% par la surface fourragère, représentée pour trois quarts par des surfaces en herbe. Cette zone affiche la pression organique la plus importante parmi les 5 zones décrites, avec une valeur moyenne de 106kg d'azote par ha de SAU. L'utilisation d'azote minérale est à l'inverse l'une des plus faibles avec moins de 60kg d'azote par ha. La pression d'azote totale est ainsi en moyenne de 165 kg par ha.

La BGA moyenne est à l'équilibre, traduisant une bonne gestion de la fertilisation dans des territoires classés historiquement en zone vulnérable.

L'excédent d'azote déterminé d'après le bilan apparent affiche une valeur légèrement inférieure à 100kg/ha de SAU lorsque l'on intègre la fixation symbiotique et la déposition atmosphérique. Ce même bilan hors fixation et hors déposition est très proche des autres zones de production (hors Massif Central), reflétant une présence plus marquée des légumineuses, notamment en association avec les graminées dans les prairies.

Le potentiel de lessivage est estimé en moyenne à 51kg d'azote par ha.

Cette zone est également caractérisée par une couverture des sols en hiver proche des 100%.

Tableau 8 – Caractéristiques moyennes et bilans azotés des grandes zones de production herbivores – données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

Zone	Ouest	Massif Central, Alpes	Sud-Ouest	Nord-Centre	Est
Part UGB Bovin Viande	49%	68%	50%	50%	48%
Part UGB Bovin Lait	47%	17%	31%	46%	40%
Part UGB Ovin	4%	15%	19%	4%	12%
Part de SFP / SAU	78%	85%	72%	58%	62%
Part de surfaces en culture / SAU	22%	15%	28%	42%	38%
Surface en maïs /SFP	24%	5%	14%	21%	13%
Surface en herbe / SFP	76%	95%	86%	79%	87%
Pression N organique kgN/ha	106	78	77	80	67
Pression N minérale totale kgN/ha	59	38	65	92	84
Pression N totale kgN/ha	165	116	142	172	151
BGA kgN/ha	-2	-20	7	11	13
Excédent N kgN/ha (1)	69	42	66	70	62
Excédent N kgN/ha (2)	97	59	87	87	73
Potentiel lessivage kgN/ha	51	13	46	45	34
Part des sols nus en hiver	< 1%	< 1%	4.5 %	3%	4%

(1) Bilan apparent de l'azote hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique

(2) Bilan apparent de l'azote avec fixation symbiotique et déposition atmosphérique

La zone du Massif Central- Alpes-Bourgogne-Limousin est, comme il a déjà été présenté précédemment, occupée par une forte proportion de surfaces fourragères et notamment de l'herbe. Le troupeau est constitué pour deux tiers par des UGB viande, puis à part égale par des bovins lait et des ovins.

Les pressions organiques et minérales y sont relativement faibles.

Les bilans azotés, qu'ils soient calculés à l'échelle des cultures (BGA) ou à l'échelle des élevages (bilan apparent), sont également les plus faibles, induisant un potentiel de perte d'azote par lessivage moyen inférieur à 15kg par ha.

La zone Sud-Ouest est caractérisée par une forte proportion de bovins viande qui représentent 50% des UGB présents, mais également par la forte présence des ovins (19% des UGB totaux). La SFP, qui occupe près de $\frac{3}{4}$ de la SAU, est majoritairement constituée de surfaces en herbe. La pression minérale est assez marquée alors que la pression d'azote organique est identique à celle de la zone du Massif Central. Le surplus d'azote avoisine les 90 kgN par ha, expliquant un potentiel de lessivage de 46kgN par ha. La part des sols nus en hiver est légèrement plus marquée que dans les autres territoires, mais reste faible (moins de 5% des sols sont nus en hiver).

Les 2 dernières zones – Centre-Nord et Est sont assez similaires d'un point de vue répartition des UGB. La zone Est se démarque sur les ovins (12% des UGB contre 4% en zone Centre-Nord). Ces 2 zones affichent les parts de cultures dans les SAU les plus prononcées, pouvant expliquer une utilisation accrue d'azote sous forme minérale.

La zone Centre-Nord, où la pression organique avoisine les 80kgN/ha affiche un potentiel de lessivage de 45kgN/ha. A l'opposée, la pression d'azote d'origine organique est plus faible, ayant pour conséquence un surplus d'azote modéré et un potentiel de lessivage inférieur à 35kgN/ha.

2.4.5 SITUATION EN ET HORS ZONE VULNERABLE

Une photographie de l'exploitation herbivore moyenne « zone vulnérable » et « zone sans contrainte » est présentée dans le tableau suivant.

La zone vulnérable « issue » du dispositif Inosys est caractérisée par une proportion équivalente en termes d'UGB de vaches laitières et de bovins viande. La SAU est occupée à 31% par des cultures annuelles de vente. Le maïs ensilage représente un peu moins d'un quart de la SFP.

La zone non vulnérable, dénommée zone sans contrainte, est plutôt orientée vers la production de viande bovine (66% des UGB sont des bovins viande pour 31 % de bovins lait). Les cultures de vente sont moins présentes puisque la SFP constitue 81% de la SAU totale. Cette SFP est essentiellement occupée par des surfaces en herbe.

En toute logique, la pression azotée moyenne (organique + minérale) est de 167 kg/ha en zone vulnérable et de 135 kg pour la zone sans contrainte.

La pression d'azote organique liée est de 10 kg/ha supérieure en zone vulnérable et se porte à 92kgN/ha contre 82kgN/ha hors zone vulnérable. La pression d'azote minérale est toutefois plus importante (différentiel de 22kg N/ha) dans la zone réglementée, en lien avec une présence plus importante de surfaces en cultures annuelles.

L'excédent d'azote moyen de l'élevage « zone vulnérable » est de 93kgN/ha (avec fixation et déposition atmosphérique), soit 22 kgN/ha de plus qu'en zone sans contrainte, conduisant à un potentiel de lessivage de l'ordre de 49kgN/ha, 2 fois plus élevé qu'en zone sans contrainte. L'azote y est toutefois mieux valorisé, puisque le taux de conversion (efficience) est de 40%, contre 35% pour l'élevage « zone sans contrainte ».

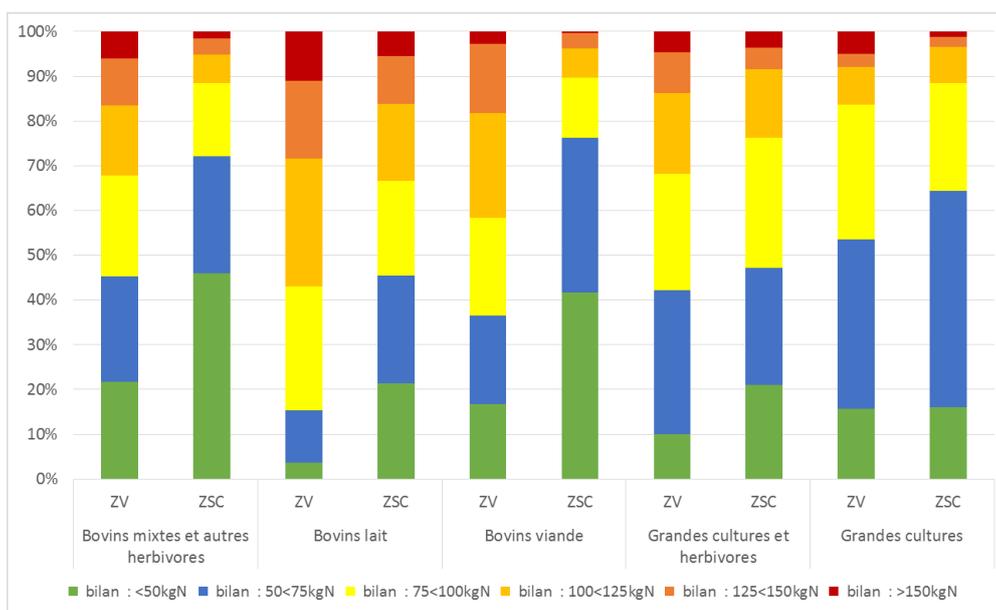
Tableau 9 – Caractéristiques moyennes et bilans azotés des élevages herbivores de de la zone vulnérable nationale et de la zone sans contrainte environnementale – données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013

Zone	Zones sans contraintes	Zones vulnérables
Part UGB Bovin Viande	66%	50%
Part UGB Bovin Lait	31%	47%
Part UGB Ovin	3%	3%
Part de SFP / SAU	81%	69%
Part de surfaces en culture / SAU	19%	31%
Surface en maïs /SFP	11%	23%
Surface en herbe / SFP	89%	77%
Pression N organique kgN/ha	82	92
Pression N minérale totale kgN/ha	53	75
Pression N totale kgN/ha	135	167
BGA kgN/ha	-7	7
Excédent N kgN/ha (1)	71	93
Efficience N (%)	35	40
Potentiel lessivage kgN/ha	25	49

(1) Bilan apparent de l'azote avec fixation symbiotique et déposition atmosphérique

La figure n°6 propose pour chaque type d'exploitation une répartition par classe des niveaux de solde du bilan apparent de l'azote.

Figure 6 - Répartition par classe et par types d'exploitation du solde du bilan apparent de l'azote (kgN/ha SAU)

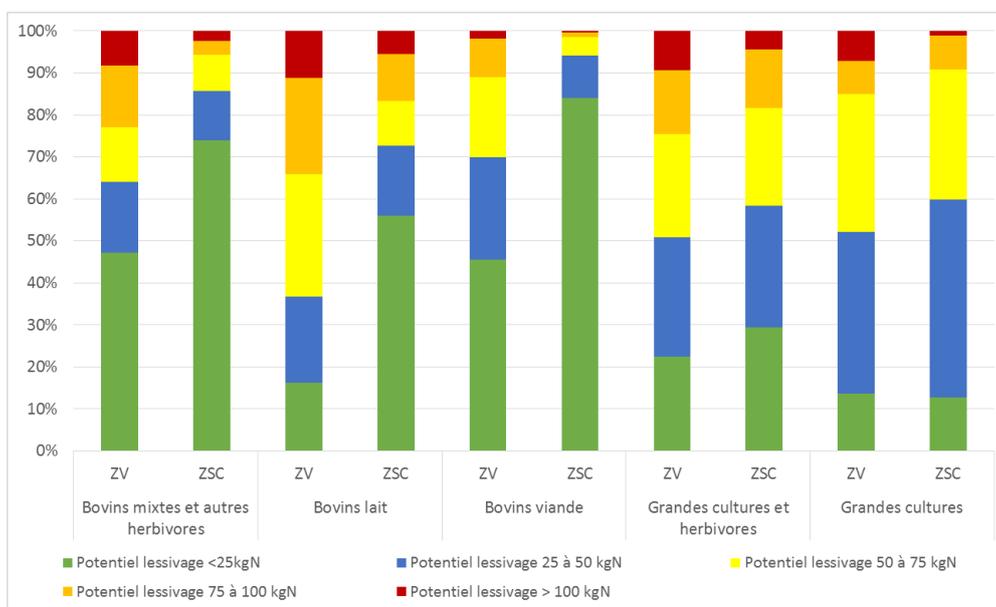


La proportion d'élevages présentant des niveaux de surplus d'azote faibles (les 3 classes inférieures à 100 kgN/ha) est plus importante hors zone vulnérable.

En bovin lait par exemple, environ 15 % des exploitations situées en zone vulnérable affichent un surplus de l'azote inférieur à 75 kg/ha, alors qu'elles représentent 45% environ en zone sans contrainte. Ceci est avant tout lié au système d'élevage présent dans ces différentes zones. En effet, les zones sans contrainte sont essentiellement situées dans les régions de montagne et piémonts ou dans les zones herbagères (hors ouest) où les systèmes laitiers sont essentiellement de type herbager, extensifs, faiblement consommateurs d'azote importés (voir parties suivantes).

Le même constat peut être réalisé à partir de la figure suivante qui s'intéresse au potentiel de lessivage.

Figure 7 - Répartition par classe et par types d'exploitation du potentiel de lessivage (kgN/ha SAU)



Il est important de pouvoir évaluer l'ensemble de la chaîne des pertes sur les systèmes d'élevages, et plus généralement sur tous types de systèmes de production. En effet, les conclusions qui peuvent être tirées à partir de l'analyse d'un seul maillon du système (alimentation vs gestion des déjections vs fertilisation) peuvent être remises en cause par le maillon suivant, voire plus globalement à l'échelle de l'exploitation.

De nombreux travaux ont été réalisés afin de déterminer et d'améliorer le taux d'efficience de l'azote par animal en limitant par exemple les situations de surnutrition en azote par rapport aux besoins des animaux. Il a ainsi été clairement démontré qu'augmenter la part de maïs ensilage dans la ration permettait de réduire l'excrétion d'azote par animal et par kg de lait produit par rapport au pâturage car l'ensilage de maïs permet d'élaborer des rations moins riches en azote. Toutefois, à l'échelle de l'exploitation, le recours accru au maïs peut conduire à augmenter les entrées d'azote exogènes (concentrés protéiques tels que les tourteaux de colza ou de soja, engrais minéraux), à maintenir plus longtemps les animaux en bâtiment, et accroître ainsi les pertes d'azote par lixiviation et volatilisation.

Le suivi de systèmes laitiers et viande expérimentaux optimisés permet d'apporter des informations et une bonne appréciation du devenir de l'azote excrété par les animaux selon le type de systèmes.

3.1 LES FERMES EXPERIMENTALES LAITIERES

3.1.1 LA FERME EXPERIMENTALE DE TRÉVAREZ

La ferme expérimentale de Trévarez de la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne est située dans le Finistère. L'exploitation, composée de 170 vaches laitières (VL) de race Prim'holstein, est divisée en trois systèmes (S1, S2 et S3) indépendants, nommés aussi « mini-fermes ». Les systèmes S1 et S2 sont des systèmes en agriculture conventionnelle ; le système S3 (non étudié) est quant à lui en agriculture biologique. La surface agricole utile totale de la station est de 183 ha. Chaque système comporte un système d'élevage (SdE) et quatre à cinq systèmes de culture (SdC). Ces trois systèmes d'exploitation sont des représentations des systèmes agricoles bretons.

Le Système 1 (S1) dit « intensif animal raisonné » ou « maïs concentré » présente un objectif de production de 9000 kg lait /VL et 15 ares/VL de pâture. La SAU est de 53,91 ha. Ce système compte en moyenne 55 VL présentes. Il est adapté à des exploitations agricoles où l'accès au pâturage est limité. La part de maïs dans la SFP est supérieure à 30%. Ce type de système est de plus en plus répandu dans les élevages bretons. Il nécessite cependant une bonne gestion des coûts alimentaires et une optimisation des pratiques afin de veiller au respect de l'environnement (Espinasse, et al., 2012).

Le Système 2 (S2) dit « pâturant » se fixe un objectif de production de 8000 kg lait/VL et 40 ares/VL de pâture. En moyenne 60 VL sont présentes sur l'exploitation. La SAU est de 63,38 ha. Ce système correspond à des exploitations où l'accessibilité au pâturage n'est pas limitant. La part de maïs dans la SFP se situe entre 10 et 30%. Ce système permet de maîtriser les coûts alimentaires et de réduire les impacts environnementaux mais demande néanmoins plus de technicité quant à la gestion du pâturage (Espinasse, et al., 2012).

La ferme expérimentale exploite une prairie (8,09ha) dans le Domaine de Trévarez. Des contraintes (absence de fertilisation organique, absence de pâturage) ont incité le personnel de la ferme expérimentale à les exploiter en tant que prairies de fauche. La parcelle est notée « hors système » c'est-à-dire que les fourrages produits sont notés comme des achats par les autres systèmes lorsqu'ils en ont les besoins.

La conduite du troupeau des laitières en termes d'alimentation diffère entre les systèmes S1 et S2. Le système S1, moins pâturant, reçoit une quantité de concentrés supérieure (1,4 tMS contre 0,8 tMS/an) ainsi qu'une plus grande quantité de maïs ensilage (5 tMS contre 2,9 tMS/an). En effet, le silo du S1 de maïs n'est pas fermé durant la période estivale. A contrario, les vaches laitières S2 consomment une quantité plus importante d'herbe pâturée (2,7 tMS contre 1,3 tMS/an) et de fourrages conservés (0,8 tMS contre 0,1 tMS/an).

Les périodes de vêlages sont groupées au printemps (mars-avril-mai-juin) et automne (septembre-octobre-novembre). Les génisses sont inséminées en fonction de ces deux périodes. Ainsi, une partie des génisses vêlent à 24 mois tandis que d'autres vêlent à 30 mois.

Du fumier ainsi que du lisier est produit sur la station expérimentale. Tous les effluents d'élevage produits sur la ferme sont épandus dans les champs. Une faible quantité d'engrais minéraux est achetée (engrais starter 18-46, ammonitrate 33,5 et 34%). Du lisier de porc, provenant de la station expérimentale porcine de Guernévez, est aussi épandu sur une partie des parcelles.

La proportion de fumier est faible car seules les génisses en bâtiment ainsi que celles sur le parc stabilisé hivernal (PSH) en produisent. La stabulation des vaches laitière produit seulement du lisier. Cependant, 40 ha se situent en zone de captage ; il est donc impossible d'épandre du lisier. Face à cette contrainte réglementaire, la ferme expérimentale a acquis un séparateur de phase permettant de séparer la phase solide de la phase liquide. La phase solide est épandue en même temps que le fumier. La phase liquide est stockée dans une fosse couverte et une fosse carrée découverte.

Tableau 10 - Caractéristiques des 2 systèmes d'élevage de la ferme de Trévarez (moyenne 2013-2014)

	Système 15 ares	Système 40 ares
SAU de l'exploitation (ha)	54	62
Surface fourragère principale (ha)	44	59
Surface en herbe (ha)	22	44
Surface en maïs (ha)	22	16
Part du maïs dans la SFP (%)	50	26
Nombre de vaches	55	63
Lait produit / vache (l)	8 118	7 482
Lait produit / ha SFP (l)	8 272	7 606
Concentrés / vache /an (kg)	1 082	753
UGB / ha SFP	1,76	1,43

3.1.2 LA FERME EXPÉRIMENTALE DE DERVAL

Située au nord du département de Loire-Atlantique, la station de Derval est à mi-distance entre Rennes et Nantes.

La ferme est une exploitation spécialisée lait avec plus de 30% de maïs dans la surface fourragère. Les cultures de vente ne représentent que 12% de la SAU et servent à la production de concentrés pour une grande part, environ 80%.

Le système d'élevage combine la traite robotisée et le pâturage. Une stalle équipe ainsi l'exploitation depuis 2008. Elle fonctionne à saturation avec une moyenne de 73 vaches laitières en production.

Les vaches, de race Prim'Holstein, disposent d'une surface de pâtures de 28 hectares, soit 38 ares par vaches en production. Les parcelles sont attenantes au corps de la ferme et se situent à des distances comprises entre 50 et 800 mètres (au point le plus éloigné) de la stabulation. Les 28 hectares sont divisés en trois parcelles qui sont conduites en pâturage tournant simplifié.

Il n'y a pas d'objectif établi pour le taux de renouvellement. Tous les veaux mâles sont vendus à 8 jours alors que tous les veaux femelles sont gardés pour le renouvellement du troupeau. L'objectif est d'inséminer les génisses lorsqu'elles ont atteint le poids de 400kg. L'âge moyen au premier vêlage est de 28 mois et les vêlages sont étalés tout au long de l'année afin d'avoir des vaches à différents stades de lactation pour optimiser l'usage du robot.

Le bâtiment dispose de 80 logettes paillées quotidiennement pour les vaches en lactation et 20 places pour les vaches tarées. Les aires d'exercices sont des surfaces raclées automatiquement. Les déjections obtenues après raclage sont des lisiers pailleux. Les vaches à l'engraissement ainsi que les génisses de renouvellement sont dans un autre bâtiment produisant du fumier.

La superficie agricole utile est de 108 hectares et la superficie fourragère principale (SFP) est de 94 hectares. Ceux-ci représentent la surface directement consacrée à la production de fourrages pour les animaux.

Les prairies, temporaires ou permanentes, représentent 61% de la surface fourragère principale, et sont principalement implantées avec un mélange de Ray gras anglais et de trèfle blanc. Les 39% restant sont consacrés à la culture de maïs ensilage. Le reste de la surface agricole utile (SAU) est utilisé pour produire des céréales à paille. Cela représente 13 hectares qui sont autoconsommés sur l'exploitation comme concentrés pour les bovins avec un léger excédent (environ 20%) qui est vendu.

Les techniques innovantes mises en place sur l'exploitation pour améliorer l'efficacité environnementale de l'exploitation sont les suivantes :

- Augmentation du pâturage en lien avec le fonctionnement du robot de traite (passage de 25 ares à 38 ares / vache)
- Remplacement du tourteau de soja par du tourteau de colza
- Réduction de la fertilisation minérale azote et phosphore
- Allongement du pâturage d'automne (quand les conditions climatiques le permettent : pousse de l'herbe effective à l'automne)

Tableau 11 - Caractéristiques de la ferme de Derval (moyenne 2010 à 2014)

SAU de l'exploitation (ha)	108.00
Surface fourragère principale (ha)	94.31
Surface en herbe (ha)	57.33
Surface en maïs (ha)	36.98
Part du maïs dans la SFP (%)	0.39
Nombre de vaches	89.00
Lait produit / vache (l)	8544
Lait produit / ha SFP (l)	8068
Concentrés / vache /an (kg)	1312.16
UGB / ha SAU	1.5

3.1.3 LA FERME EXPERIMENTALE DE LA BLANCHE-MAISON

Depuis 2011, la station expérimentale de la Blanche Maison, située dans la Manche à quelques kilomètres de Saint-Lô, étudie simultanément deux systèmes de production laitière contrastés.

Le premier est basé sur les cultures fourragères et en particulier l'ensilage de maïs avec une surface réduite de pâturage.

Ce système est de plus en plus rencontré en Normandie pour trois raisons majeures :

- l'inadaptation des parcelles face à l'agrandissement des troupeaux qui conduit généralement à une réduction de la surface accessible par vache.
- l'efficacité de la culture de maïs en termes de rendement, sécurité fourragère et qualité nutritive.
- La simplicité de la culture du maïs au regard de la conduite des prairies, plus soumises aux aléas climatiques et à une observation plus régulière.

Le second est basé exclusivement sur la prairie et le pâturage et a pour but d'anticiper une évolution qui deviendrait favorable aux systèmes herbagers

A terme, il pourrait permettre également de répondre à la question des conditions de faisabilité de la reconversion d'un système avec du maïs vers un système herbager et de définir les conditions de réussite.

L'enjeu est de développer et de mettre au point des itinéraires techniques qui allient productivité, économie et autonomie tout en étant respectueux de l'environnement. Les deux systèmes se veulent à haute performance économique et environnementale (HPEE).

La recherche de la conciliation entre les performances économiques et environnementales est un objectif important à atteindre. Pour ce faire, on cherche à :

- Redonner sa place à la prairie car elle contribue notamment à limiter les risques pour la qualité de l'eau, à réduire les impacts des émissions de gaz à effet de serre (GES), à préserver la biodiversité et à améliorer les performances économiques de l'exploitation ;
- Recourir aux prairies multi-espèces pour améliorer la productivité de ces surfaces ;
- Maîtriser l'empreinte environnementale des deux systèmes au niveau des différents postes émetteurs que sont : les troupeaux, les bâtiments et les ouvrages de stockage des déjections, la fertilisation, les milieux (cultures et prairie) ;
- Accroître l'autonomie des systèmes axés sur la culture du maïs.

Dans les systèmes étudiés, un ensemble de pratiques visant à limiter leur impact sur l'environnement (eau, air, sol) sont mises en œuvre. Les pratiques sont choisies en fonction de leur efficacité et de leur aspect innovant. Elles sont appliquées au niveau des différents compartiments de l'exploitation et portent sur les domaines suivants :

- Au niveau des troupeaux, l'alimentation en protéines et en phosphore est ajustée aux besoins des animaux et à leur production, afin de limiter les gaspillages et les rejets ;
- Au niveau des bâtiments et des ouvrages de stockage des déjections, des pratiques sont mises en œuvre afin de limiter les pertes d'azote vers l'air. Le temps de séjour des animaux à l'étable est fonction de la part de fourrages stockés dans l'alimentation, afin de limiter le transfert d'éléments minéraux potentiellement polluants vers les prairies ;
- Au niveau de l'épandage des déjections, les règles optimales de gestion de la fertilisation (répartition sur l'ensemble de la sole, date et dose d'apports optimales) sont mises en œuvre ; Les légumineuses et notamment le trèfle blanc sont développés par semis ou sur semis, afin de réduire les achats d'azote minéral, très consommateurs d'énergie et émetteurs de gaz à effet de serre. L'objectif des essais est de ne pas utiliser d'azote minéral dans les systèmes ;
- Au niveau des cultures, les rotations sont choisies de façon à limiter les intrants. Les cultures intermédiaires entre céréales et maïs fourrage ou entre deux cultures de maïs sont systématisées. Elles sont implantées au plus tôt pour assurer leur développement avant la période de drainage. Une attention particulière est portée aux pratiques de protection des cultures et de destruction des couverts végétaux afin de limiter drastiquement le recours aux produits phytosanitaires comme le préconisent les objectifs du plan Ectophyte 2018. L'objectif des essais est de ne pas utiliser de produits phytosanitaires dans les systèmes même si on ne se l'interdit pas ;
- Au niveau de la conduite du pâturage, sa durée est calée sur la production d'herbe afin de limiter les temps de séjour trop prolongés à la pâture, en automne et en été. Les chargements mis en œuvre visent à valoriser toute l'herbe disponible.

Tableau 12 - Caractéristiques des 2 systèmes d'élevage de la ferme de La Blanche Maison (moyenne 2011 à 2014)

	Système Maïs	Système herbe
SAU de l'exploitation (ha)	33	36
Surface fourragère principale (ha)	30	36
Surface en herbe (ha)	20,4	36
Surface en maïs (ha)	9,6	0
Part du maïs dans la SFP (%)	32	0
Nombre de vaches	35	35
Lait produit / vache (l)	6 121	5 285
Lait produit / ha SFP (l)	7 142	5 139
Concentrés / vache /an (kg)	943	703
UGB / ha SFP	1,8	1,4

3.1.4 LA FERME EXPÉRIMENTALE DE MARCENAT

La ferme expérimentale de Marcenat est située dans le Massif Central. Elle teste depuis 2011 2 essais systèmes, chacun composés à la base de 24 vaches, à parité de Prim'Holstein et de Montbéliardes, et conduits sur des parcelles dédiés.

Les vêlages sont groupés sur le printemps afin de produire le maximum de lait à la pâture. Ils respectent un cahier des charges de type AOP d'Auvergne. Les deux troupeaux se distinguent par le niveau d'intensification.

Le premier système, appelé BOTA (Biodiversité, Organolepsie, travail, Autonomie), est conduit sur un mode très extensif (chargement de 0,67 UGB/ha). Les vaches vêlent à 3 ans et n'ont pas de concentrés de production.

Les surfaces fourragères ne reçoivent pas d'engrais minéral et sont récoltées en majorité en fauche tardive avec séchage au sol. 80 à 150 ares sont disponibles par UGB et le pâturage mis en place est de type tournant long. Il s'agit donc d'un système « bas intrants », nécessitant peu d'investissements, proposant des spots de biodiversité agricole et produisant des fromages à haute qualité sensorielle.

L'autre système – PEPI (Productivité, Efficacité, Planète, Innovations) - est mené sur un mode un peu plus productif (chargement de 1,07 UGB/ha), mais avec peu de concentré (4 kg/j du vêlage jusqu'à la rentrée à l'étable, soit 993 kg/vache/an). Les vaches mettent bas à 2 ans. Une partie du foin est séchée en grange. Ce système se veut efficace sur les ressources, utilisant des innovations techniques. Chaque UGB dispose de 30 à 90 ares et le pâturage est de type tournant.

Tableau 13 - Caractéristiques des 2 systèmes d'élevage de la ferme de Marcenat (moyenne 2011 à 2012)

	Système BOTA	Système PEPI
SAU de l'exploitation (ha)	58,8	29,2
Surface fourragère principale (ha)	58,8	29,2
Surface en herbe (ha)	58,8	29,2
Surface en maïs (ha)	0	0
Part du maïs dans la SFP (%)	0	0
Nombre de vaches	21,7	22,2
Lait produit / vache (l)	5 023	5 267
Lait produit / ha SFP (l)	1 855	4 004
Concentrés / vache /an (kg)	0	993
UGB / ha SFP	0,67	1,07

3.1.5 ANALYSE GLOBALE

Les principales caractéristiques de ces systèmes sont résumées dans les tableaux suivants.

Tableau 14 – Descriptifs des systèmes laitiers suivis sur les fermes expérimentales françaises – données Idele

Système expérimental	Trévarez 1	Trévarez 2	Derval	Marcenat 1	Marcenat 2	La Blanche-Maison 1	La Blanche-Maison 2
Type de système	Maïs	Maïs-herbe	Maïs	Herbe	Herbe	Maïs	Herbe
Définition du système	Contrainte accès pâturage	Accès pâturage non contraint	Combinaison robot et pâturage	Très extensif, sans concentrés	Productif avec concentrés	Contrainte accès pâturage	Prairie et pâturage exclusifs
Localisation	Finistère	Finistère	Loire-Atlantique	Cantal	Cantal	Manche	Manche
Exploitant	CA Finistère	CA Finistère	CA Loire-Atlantique	INRA	INRA	CA Manche	CA Manche
Pluviométrie moyenne (mm/an)	1 250	1 250	700	1 150	1 150	800	800
Accessibilité au pâturage (ares/VL/an)	15	40	35	80 à 150	30 à 90	15	42
Maïs dans SFP (%)	50	26	39	0	0	32	0
Fourrages stockés ration (% tMS ingérée totale)	77	53	79	40	40	83	55
Herbe pâturée ration (% tMS ingérée totale)	23	47	21	60	60	17	45
Chargement (UGB / ha SFP)	1.7	1.4	1.4	0.7	1.1	1.8	1.4
Production l (lait / ha SFP)	8 270	7 600	8 70	1 850	4 000	7 140	5 140

Comme l'affiche le tableau suivant, les vaches du système d'élevage présent sur la Ferme de Derval présentent des niveaux d'ingestion d'azote plus importants que sur les 4 autres systèmes, moins intensifs, notamment les systèmes herbagers de Marcenat et celui de Blanche Maison.

Tableau 15 : Rejets d'azote par vache laitière et par an sur les 7 systèmes laitiers expérimentaux

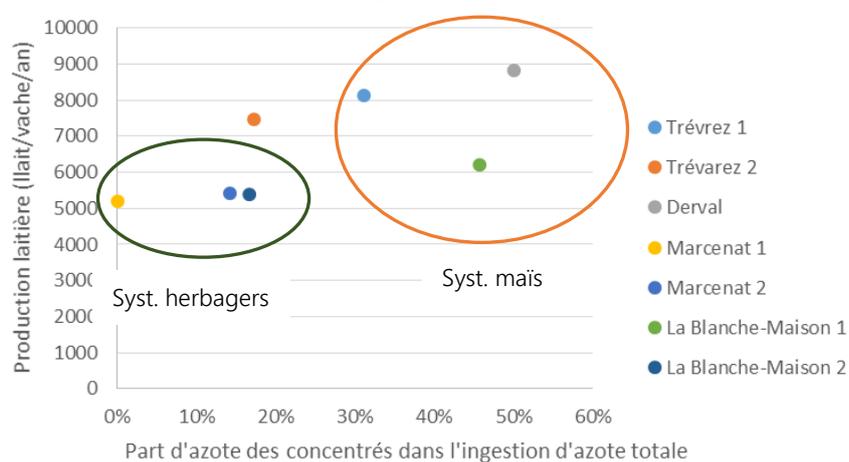
Système expérimental	Trévarez 1	Trévarez 2	Derval	Marcenat 1	Marcenat 2	La Blanche-Maison 1	La Blanche-Maison 2
Ingestion fourrages (kgN/VL/an)	102	139	88	109	91	83	115
Concentrés (kgN/VL/an)	46	29	88	0	15	70	23
Total ingestion (KgN/VL/an)	148	168	176	109	106	153	138
Production lait (kg/VL/an)	8 118	7 482	8 826	5 189	5 441	6 215	5 383
Taux protéique moyen (g/kg)	31,2	30,3	32,8	30,4	31,5	34,9	34,2
Total exportations (kgN/VL/an)	42	38	49	28	31	45	39
Rejet (kgN/VL/an)	106	130	126	81	75	108	99
Efficience de l'azote (animal)	28%	23%	28 %	26 %	29 %	29 %	28 %

Les systèmes maïs de Trévarez, Derval et de la Blanche Maison affichent notamment des ingestions de concentrés supérieurs aux 3 systèmes 100 % herbagers.

Les niveaux de production laitière y sont également plus conséquents, sauf dans le cas du système maïs de La Blanche-Maison (effet de la race Normande présente sur l'exploitation).

Le système maïs/herbe de Trévarez présente une part modérée d'azote ingérée sous forme de concentrés mais un niveau de production laitière se rapprochant des systèmes maïs.

Figure 8 : Part d'azote des concentrés dans l'ingestion d'azote totale et niveaux de production laitière



L'exportation d'azote dans le lait et la viande des vaches laitières de Derval et de celles du système maïs de la Blanche Maison est supérieure aux autres systèmes d'élevage.

Au final, les rejets des vaches (N ingéré – N exporté) sont plus faibles dans les systèmes herbagers de Marcenat et dans celui dans le Blanche Maison comparativement aux deux systèmes maïs.

L'efficience de l'azote à l'échelle de l'animal, qui correspond à la part d'azote ingérée et valorisée sous forme de lait et de viande varie très peu entre les 7 systèmes d'élevage. Seule l'efficience calculée sur le système 1 de Marcenat et le second système de Trévarez semble légèrement plus faibles que dans les 5 autres.

Les excédents du bilan apparent de l'azote des systèmes herbagers de La Blanche Maison et de Marcenat affichent des valeurs plus faibles que le système à dominante maïs de la Blanche Maison, Trévarez et Derval.

En effet, l'excédent du bilan apparent de l'azote est en moyenne de 98 kg/ha de SAU sur la ferme de Derval. Cet excédent est de 108 kg/ha sur le système à dominante maïs de La Blanche Maison et de 71 kg/ha sur le système herbager de cette exploitation. Enfin, ce bilan est de 13 kgN/ha sur le système 1 de Marcenat et de 81 kg/ha sur le système 2. Le système maïs de Trévarez affiche un excédent de 115 kgN/ha et celui combinant maïs et herbe une valeur de 95 kgN/ha.

Tableau 16 : Bilan de l'azote à l'échelle des 7 systèmes laitiers expérimentaux

Sites	Trévarez 1		Derval	Marcenat		La Blanche Maison	
Système	Maïs	Maïs-herbe	Robot et pâturage productif	Bota	Pepi	Dominante Maïs	Herbager
Total entrées	238	190	152	25	105	174	127
<i>Dont fourrages et concentrés</i>	93	44	80	2	21	99	46
<i>Dont fixation symbiotique</i>	32	36	31	12	27	40	44
<i>Dont engrais minéraux</i>	42	38	31	0	47	0	0
<i>Dont engrais organiques</i>	61	61	0	0	0	0	0
<i>Dont déposition atmosphérique</i>	10	10	10	10	10	10	10
Total sorties	121	95	54	12	24	66	56
Entrées – sorties	117	95	98	13	81	108	71
Efficiéce de l'azote	51	53	36	48	23	38	44

La comparaison de ces 7 systèmes qui diffèrent par leur part de maïs dans la SFP, et donc dans l'alimentation des animaux, met en évidence des pertes azotées à l'échelle globale de l'exploitation moindres dans les systèmes valorisant plus les prairies.

3.1.6 ANALYSE DU CYCLE DE L'AZOTE SUR LA FERME EXPERIMENTALE DE DERVAL

Depuis plusieurs années, le suivi environnemental des fermes expérimentales de l'Ouest mobilisant un outil d'évaluation multicritères développé par l'Institut de l'Elevage, permet de caractériser les différents impacts environnementaux de son fonctionnement (réchauffement climatique, acidification de l'air, eutrophisation des milieux,...). Cet outil permet de plus d'analyser le cycle global de l'azote et du phosphore.

L'évaluation des pertes vers l'air et l'eau, ainsi que l'estimation de la variation du stock d'azote dans le sol sont basées sur des données structurelles (type de bâtiment, type d'ouvrage de stockage,...), et pratiques (temps de présence des animaux en bâtiment, gestion de la fertilisation,...).

Pour analyser ce cycle de l'azote, le cas de la ferme expérimentale de Derval a été retenu.

Comme précisé précédemment, l'excédent du bilan apparent de l'azote est en moyenne de 98 kg/ha de SAU entre 2010 et 2014.

Les achats d'aliments représentent le poste le plus important dans les entrées sur l'exploitation (46% des entrées). La pression d'azote minérale est quant à elle relativement faible – 31 kgN / ha – reflétant les travaux conduits depuis plusieurs années pour optimiser la gestion de la fertilisation.

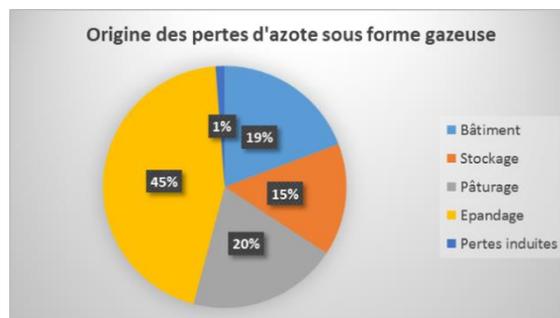
Le rendement de l'azote est de 36 %. Plus d'un tiers de l'azote entrant sur l'exploitation est valorisé sous forme de lait, de viande...

Les pertes d'azote sous forme gazeuse ont lieu sur l'ensemble de la chaîne de production des déjections. Ces pertes sont liées au type de déjections produites (fumier, lisier), à leur mode de gestion (durée de stockage, types d'ouvrage de stockage) et aux modalités et conditions d'épandage. Des pertes d'azote sont également présentes lors du pâturage en lien avec l'excrétion des déjections.

Elles représentent 41 kg/ha en moyenne sur les années 2010 à 2014, soit près de la moitié de l'excédent du bilan apparent de l'azote sur la même période. Le poste principal à l'origine de ces pertes est celui de l'épandage des déjections et des engrais minéraux (45 % des pertes). 34 % de l'azote est perdu en bâtiment et lors du stockage des déjections. L'équivalent de 30 kg/ha est perdu sous forme ammoniacale (N-NH4).

Tableau 17 - Origines et valeurs des pertes d'azote sous forme gazeuse sur la ferme de Derval – Moyenne de 2010 à 2014

Origine des pertes	Pertes kg/ha
Bâtiment	8
Stockage	6
Pâturage	8
Epandage	18
Pertes induites	1
TOTAL	41



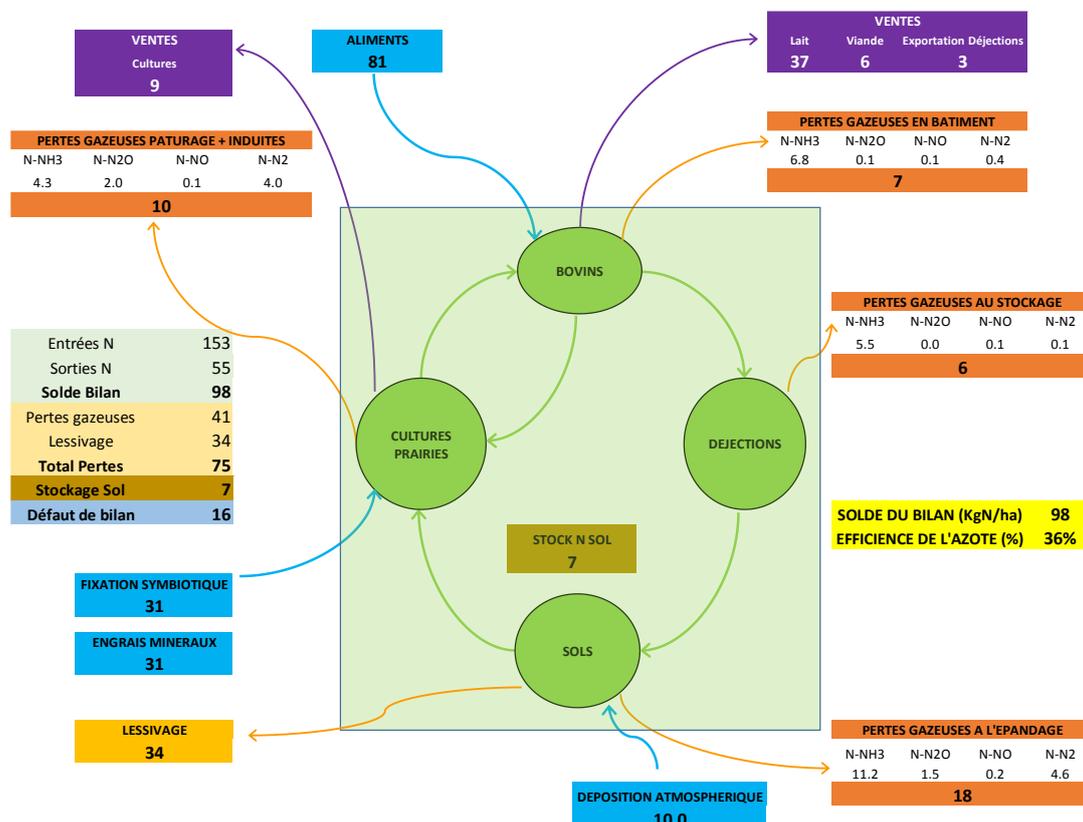
Les pertes d'azote par lessivage, basées sur les mesures de reliquats azotés, les caractéristiques des sols et sur les données météorologiques, sont de 34 kg par ha.

Les cycles de l'azote et du carbone étant combinés, les 57 ha de prairies présents sur l'exploitation permettent de stocker de l'azote dans le sol, en lien avec le stockage de carbone. Ainsi, ramené à la SAU de l'exploitation, la fonction stockage d'azote des prairies représente 7 kgN par ha en moyenne.

Au final, l'excédent du bilan apparent de l'azote est expliqué à plus de 84% par les pertes gazeuses, le lessivage et le stockage d'azote dans le sol. La différence entre l'excédent et ces différents postes est appelé défaut de bilan de l'azote.

L'ensemble des éléments décrits précédemment sont synthétisés dans le schéma suivant qui dresse le bilan du cycle de l'azote sur la ferme expérimentale de Derval.

Figure 9 : Cycle de l'azote à l'échelle de l'exploitation (kgN/ha) - Moyenne des années 2010 à 2014 sur la ferme expérimentale de Derval



L'expérimentation système « robot-pâturage » testée sur l'exploitation entre 2008 et 2015 arrive à son terme. Un nouveau système, en cours d'élaboration, doit être suivi dans les prochaines années. Les objectifs environnementaux seront basés sur les bilans réalisés les années précédentes et auront comme finalité de réduire l'excédent du bilan de l'azote et les pertes associées, mais également plus globalement l'empreinte environnementale de l'exploitation.

L'un des leviers étudiés repose sur la recherche d'une meilleure valorisation de l'herbe, en qualité et en quantité, par les vaches laitières. De nouvelles associations sont en cours de mise en place, avec notamment des mélanges multi-espèces RGA - trèfle blanc – trèfle violet – chicorée, ayant pour vocation de suppléer une partie des concentrés achetés sur l'exploitation. La ration moyenne annuelle devrait être constituée de 50% de maïs ensilage et 50% d'herbe (contre 70% et 30 % respectivement à l'heure actuelle), avec une utilisation de ces prairies au pâturage, mais aussi par ensilage.

La quantité de concentrés distribuée par litre de lait sera maintenue au niveau actuelle (165g/l) avec un objectif de production de plus de 500 l / vache par an permis par les nouvelles associations prairiales.

La recherche de meilleurs rendements de l'herbe sera probablement suivie par une légère augmentation de la fertilisation azotée.

L'intérêt au niveau de l'alimentation est de pouvoir améliorer l'efficacité de l'utilisation à l'échelle de l'animal pour réduire les rejets, et donc réduire la quantité d'azote à gérer au stockage et à l'épandage, permettant de limiter les pertes gazeuses et par lessivage.

3.2 LES FERMES EXPERIMENTALES EN VIANDE

Les éléments présentés ci-dessous sont issus des suivis environnementaux réalisés sur les fermes expérimentales de Thorigné-d'Anjou (Maine et Loire) entre 2008 et 2012, des Etablières (Vendée) entre 2003 et 2005 et de Jalogny (Saône et Loire) entre 2011 et 2012.

Le tableau n°18 synthétise les principales caractéristiques des systèmes d'élevage rencontrés.

TABLEAU 18 – DESCRIPTIFS DES SYSTEMES LAITIERS SUIVIS SUR LES FERMES EXPERIMENTALES FRANÇAISES – DONNEES IDELE

Système expérimental	Thorigné d'Anjou	Les Etablières	Jalogny A	Jalogny P
Type de système	Naisseur-engraisseur bio	Naisseur-engraisseur	Naisseur vêlage automne	Naisseur vêlage printemps
Localisation	Maine-et-Loire	Vendée	Saône-et-Loire	Saône-et-Loire
Exploitant	CA Maine-et-Loire	CA Vendée	CA Saône-et-Loire	CA Saône-et-Loire
Pluviométrie moyenne (mm/an)	680	905	700	1 150
Chargement (UGB / ha SFP)	1.1	1.7	1.1	1.1
Production de viande vive kg/UGB	311	306	326	283
Ingestion concentrés (kgMS / UGB / an)	370	700	290	190

3.2.1 LA FERME EXPERIMENTALE DE THORIGNE D'ANJOU

La ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou produit des bovins de race limousine, labélisés agriculture biologique depuis 2000. Son système repose sur l'herbe et les cultures annuelles, les travaux de recherche visent l'autonomie alimentaire du troupeau et une bonne productivité des animaux pour assurer la durabilité économique de l'exploitation. Elle dispose de 123 ha de SAU pour environ 70 vaches allaitantes soit 115 UGB et un chargement moyen de 1.1 UGB/Ha SFP.

Le troupeau de limousines fonctionne en double saisons de vêlages, en mars-avril et septembre-novembre, ce qui répartit les besoins du troupeau sur l'année et facilite donc la valorisation de l'herbe par les animaux, permet de maintenir un premier vêlage en moyenne à 30 mois et étale les ventes d'animaux.

L'objectif de la ferme est de vendre un maximum d'animaux finis, afin de valoriser la production dans la filière agriculture biologique. Ainsi sur 66 animaux vendus par an en moyenne sur 2008-12, 43 % sont des femelles finies, 28 % des mâles adultes (bœufs, barons), 23% des veaux (veaux lourds de 175j pour moitié et veaux de 3 semaines). Uniquement 9% des effectifs sont vendus maigres en broutard.

L'herbe est le principal fourrage ingéré par les animaux. Peu couteuse à produire et à valoriser, l'herbe pâturable par les animaux est cependant très variable selon les mois et l'année climatique. L'affouragement dans les parcelles est usuel, il représente en moyenne 20% de l'ingestion totale du troupeau sur les 4 années et de 15 à 27% selon les années climatiques.

Les cultures permettent de compléter en concentré les rations de base (ensilage d'herbe, foin de flore varié et de luzerne l'hiver) pour satisfaire les besoins des animaux les plus conséquents. Femelles en finition et bœufs de plus de 26 mois reçoivent 5.8 kg/jour de triticales- pois ; la féverole est distribuée à raison de 0.4 à 1.1 kg/jour selon les lots (veaux d'automne, femelles en finition hivers, génisses printemps entre 8 et 24 mois, bœufs d'automne 14-18 mois).

Le gain moyen en poids vif est de 311 kg/UGB (moyenne 2010-2012), contre en moyenne 265 kg dans les élevages naisseurs en agriculture biologique.

Tableau 19 - Caractéristiques du système d'élevage de Thorigné-D'Anjou (moyenne 2008 à 2012)

	Système Naisseur-Engraisseur bio
SAU de l'exploitation (ha)	123
Surface fourragère principale (ha)	103
Surface en herbe (ha)	91
Cultures annuelles (ha)	27
Nb UGB	151
Vêlage (nb périodes)	2
Viande produite / ha SFP (kg viande vive)	348
Viande produite / UGB (kg viande vive)	311
UGB / ha SFP	1,1

Les résultats montrent la performance du système de production développé à Thorigné, en positionnement relatif à un pool de 48 fermes du projet Cedabio (Casdar 2008-12). En agriculture biologique, l'excédent d'azote, hors fixation symbiotique, n'augmente pas avec la productivité à l'hectare, contrairement au pool conventionnel. Thorigné est positionné dans les fermes BIO les plus productives à l'hectare avec 348 kg VV/Ha SFP, et ce malgré le potentiel agronomique modeste des terres.

Les mesures mises en place sur site expérimental permettent d'affiner ce bilan et de préciser le devenir de l'excédent. Ainsi, la fixation symbiotique qui est la principale entrée d'azote en système biologique, soit 60% des entrées à Thorigné, fluctue fortement selon les années (-10% à +25% des 31kgN/Ha SAU) du fait de l'impact de l'aléa climatique sur les rendements et sur l'équilibre légumineuses/graminées dans les prairies (voir résultats Flore variée COUTARD et al). Les sorties sont stables, les déficits de production de la SAU étant comblées par des achats d'aliment les années de sécheresse. Le devenir de l'excédent d'azote dans les compartiments air/sol/eau varie lui aussi en fonction du climat, des conditions humides et douces sur l'automne/hiver favorisant les pertes d'azote par lessivage. En moyenne, les pertes chiffrées sur Thorigné évaluent à une répartition de l'excédent de moitié vers l'eau et de moitié vers l'air, laissant peu de place pour une augmentation du stockage d'azote dans les sols (matière organique).

Ceci s'explique par une forte autonomie du système (fertilisants et aliments concentrés principalement auto produits).

Figures 10 et 11 : Bilan apparent de l'azote aux portes de l'exploitation de Thorigné, variations des entrées et sorties et devenir de l'excédent

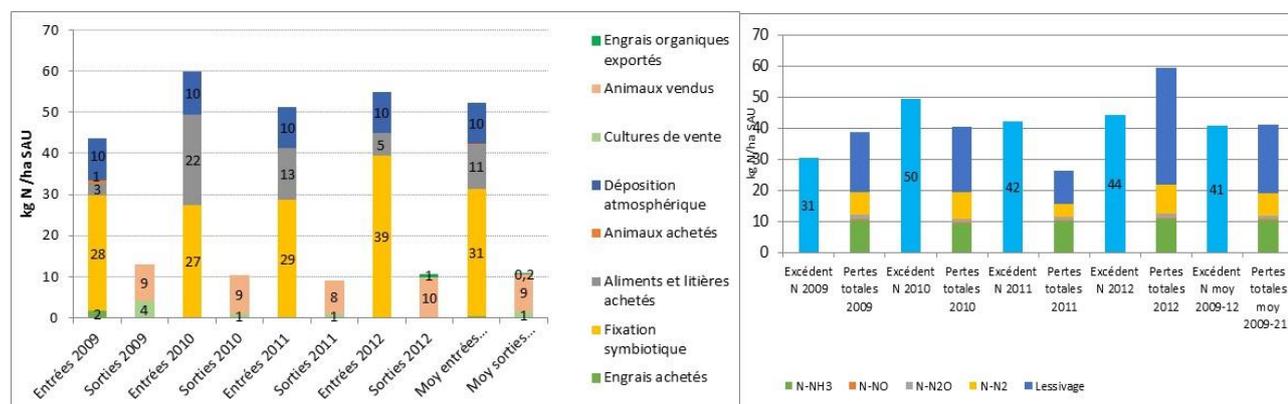


Tableau 20: Positionnement de Thorigné par rapport aux fermes commerciales du projet Cedabio

	Thorigné d'Anjou 2008-2012	AB Cedabio	Conv. Cedabio
Années	4	2	2
Fermes	1	24	24
SAU (ha)	123	104	118
%SFP/SAU	83%	92%	87%
% SH/SFP	100	100	95
Production de viande vive (PBVV)	35758	26156	36600
<i>Kg PBVV/UGB</i>	<i>311</i>	<i>258</i>	<i>292</i>
<i>Kg PBVV/Ha SFP</i>	<i>348</i>	<i>292</i>	<i>370</i>
Bilan N/ ha SAU (hors fixation)	-12	3	37
Bilan P / ha SAU	-3	2	3

3.2.2 LA FERME EXPERIMENTALE DES ETABLIERES (BILAN DU SUIVI ENTRE 2003 ET 2005)

La station expérimentale des Etablières est une exploitation naisseur-engraisseur qui élève des bovins de race charolaise. Elle exploite une surface de 135 ha dont en moyenne 6 ha de céréales à paille et 125 ha de SFP répartis en 102 ha de prairies et 23 ha de maïs ensilage. L'atelier naisseur est composé de 120 vaches allaitantes menées en double saison de vêlage (60 % de vêlage d'automne et 40 % de vêlage de printemps). Le taux de renouvellement de 30% est assuré par les génisses issues de l'exploitation vêlant à 30 mois. L'atelier engraisseur représente une centaine de taurillons issus du troupeau allaitant et d'achats, sur lesquels sont menés des travaux sur l'alimentation.

La mise au pâturage début à la mi-mars pour les vaches et les génisses vêlant à l'automne ainsi que les génisses de plus de un an. Elle débute en avril pour les autres femelles vêlant au printemps.

Au pâturage, l'alimentation des vaches et génisses est exclusivement basée sur l'herbe. Des fourrages complémentaires sont distribués pendant la période estivale, lorsque le manque d'herbe se fait ressentir. En hiver, de l'ensilage d'herbe est distribué aux vaches.

L'ensilage de maïs est distribué aux animaux à l'engraissement (taurillons et vaches de réforme) et représente de 50 à 70 % de la ration selon les essais conduits.

Tableau 21 - Caractéristiques du système d'élevage des Etablières (moyenne 2003 à 2005)

	Système Naisseur- Engraisseur bio
SAU de l'exploitation (ha)	135
Surface fourragère principale (ha)	125
Surface en herbe (ha)	102
Cultures annuelles (ha)	29
Nb UGB	237
Nombre de vaches	120
Vêlage (nb périodes)	2
Viande produite / ha SFP (kg viande vive)	580
Viande produite / UGB (kg viande vive)	306
UGB / ha SFP	1,7

Sur l'exploitation, les entrées d'azote sont en moyenne de 136 kgN/ha, dont 46 % expliqués par l'utilisation d'engrais minéraux, notamment pour la production fourragère (14 TMS/ha de maïs et 5,2 TMS/ha prairie). Les achats d'aliments concentrés représentent 30 % des entrées d'azote (tableau 21).

Ainsi, en moyenne, 18% de l'azote importé sur l'exploitation sont convertis dans le produit viande.

Tableau 22 : Bilan Apparent de l'azote sur la ferme des Etablières (moyenne 2003-2005), en kgN/ha de SAU

	Les Etablières
Total entrées	136
<i>Dont fourrages</i>	8
<i>Dont concentrés</i>	40
<i>Dont fixation symbiotique</i>	11
<i>Dont engrais minéraux</i>	63
<i>Dont déposition atmosphérique</i>	10
<i>Dont animaux</i>	4
Total sorties	24
Entrées – sorties	112
Efficienc e de l'azote	18%

Entre 6 et 10 % de l'azote ingéré par l'atelier naisseur sont retrouvés dans la viande, alors que cette part est d'un peu plus de 20 % pour l'atelier d'engraissement.

Le suivi environnemental réalisé à l'époque sur l'exploitation a permis notamment la réduction de 40% des entrées d'azote (engrais minéraux et concentrés) entre 2003 et 2005 (-45% sur le poste engrais et - 29% sur le poste aliment). Cette réduction importante des intrants a eu comme conséquence une réduction de la production de viande vive de l'ordre de 13%.

3.2.3 LA FERME EXPÉRIMENTALE DE JALOGNY

La ferme de Jalogny suit depuis 2010 deux systèmes d'élevage bovin charolais naisseurs variant par leur période de vêlage (automne vs printemps). Ces deux systèmes ont été suivis sur deux campagnes de production en 2011 et 2012. Chaque campagne d'une durée d'un an comporte une période de pâturage (8 mois environ) suivie d'une période en bâtiment sur aire paillée intégrale jusqu'au printemps suivant.

Chaque système est géré comme une ferme distincte avec ses animaux, ses surfaces propres et dispose d'un potentiel agronomique jugé identique sur la base des observations des années antérieures, et comprend une cinquantaine de vaches mères de race Charolaise. Les bâtiments et le matériel sont adaptés à chaque système. Les deux systèmes, comprenant chacun environ 50 vêlages, visent à produire des mâles maigres destinés à l'engraissement sur la période d'été en juin-juillet avec un niveau de complémentation des veaux modéré. Pour y parvenir chaque système est conduit selon des stratégies bien distinctes.

Le système de printemps (vêlages en février-mars-avril) vise à caler au maximum les besoins du troupeau sur le cycle de l'herbe avec une conduite animale modérée en phase d'élevage qui s'adapte à la ressource alimentaire disponible. Cela se traduit par une livraison de mâles maigres en été à 16-18 mois avec un deuxième passage à l'herbe et des rations à base de foin et enrubannage en hiver. Le choix de l'utilisation de l'enrubannage, plus énergétique que le foin, a été fait dans le but de réduire le recours aux concentrés.

Le système d'automne (vêlages en août-septembre-octobre) vise à satisfaire la demande alimentaire animale de manière régulière avec des besoins plus élevés des animaux en hiver. Cela se traduit par une conduite plus intensive en phase d'élevage avec la vente des broutards maigres à 9-10 mois en été, une stratégie de sécurisation des stocks fourragers, des rations à base d'ensilage d'herbe et de foin en hiver et une utilisation plus importante de concentrés.

Tableau 23 - Caractéristiques des systèmes d'élevage de Jalogny (moyenne 2011 à 2012)

	Système vêlage d'automne	Système vêlage de printemps
SAU de l'exploitation (ha)	67	85
Surface fourragère principale (ha)	64	79
Surface en herbe (ha)	64	79
Cultures annuelles (ha)	2	3
Nb UGB	75	90
Vêlage (nb périodes)	1	1
Effectifs des mâles maigres vendus (mois)	24	24
Age des mâles maigres vendus (kg)	8	15
Poids moyen des mâles vendus (kg)	359	464
Production de viande vive (kg vv / UGB)	326	283
UGB / ha SFP	1.16	1.14

La production de viande (kg vv) par UGB est supérieure pour le système d'automne (A : 326 ; P : 283 ; (P-A)/A : -13%), expliquée en partie par la productivité plus importante des jeunes mâles qui représente 43% de la production de viande vive pour le système vêlage d'automne contre 48% dans le système vêlage de printemps. Cette productivité est en effet de 1038 g/j pour le premier système contre 928 g/j pour le second.

La fertilisation organique des surfaces exploitées par les 2 systèmes est identique, alors que la fertilisation minérale est plus importante sur le système vêlage d'automne (35 kgN/ha contre 22 kgN/ha pour le système vêlage de printemps). Ceci est principalement expliqué par le mode d'exploitation des prairies. Le système d'automne nécessite d'être alimenté par des fourrages stockés de bonne valeur alimentaire, ce qui se traduit par un nombre plus important de fauches précoces d'ensilage en première coupe (28% du parcellaire contre 11 % pour le système de printemps) et plus de doubles fauches. Pour garantir la valeur alimentaire de l'herbe et la repousse de l'herbe après les fauches, les apports azotés sont nécessaires.

D'un point de vue gestion globale de l'azote, le système de printemps affiche un excédent plus faible que celui du système d'automne.

Tableau 24 : Bilan de l'azote à l'échelle des 2 systèmes d'élevage sur la ferme de Jalogny (moyenne 2010-2011)

Systèmes expérimentaux	Jalogny A	Jalogny P
Total entrées	79	58
<i>Dont fourrages</i>	10	5
<i>Dont concentrés</i>	5	2
<i>Dont fixation symbiotique</i>	14	14
<i>Dont engrais minéraux</i>	40	27
<i>Dont déposition atmosphérique</i>	10	10
<i>Dont animaux</i>	0	0
Total sorties	13	11
Entrées – sorties	66	47
Efficienc e de l'azote	16%	19%

Le système de printemps semble être également plus efficace que le système plus productif d'automne, mais nécessite plus de surface pour produire la même quantité de viande.

3.3 LESSIVAGE DE L'AZOTE

Les pertes d'azote nitrique par lixiviation sont liées principalement par plusieurs facteurs de risques (Simon, 1999) et notamment la présence de nitrates dans les sols et une situation d'excès d'eau qui conduit au drainage. Les suivis réalisés sur les parcelles de la ferme expérimentale de Derval montrent en effet que la quantité d'azote lessivé est d'autant plus grande que la quantité d'azote sous forme minérale présente dans le sol en début de période de drainage est importante, mais également que plus le volume de lame drainante est conséquent, plus les pertes sont marquées.

Tableau 25 : Suivi du lessivage sur la ferme expérimentale de Derval – Reliquat Entrée hiver, lame drainante et azote lessivé – pour les années 2010 à 2014

	2010	2011	2012	2013	2014
Reliquat début drainage (Kg N-min / ha)	74	63	47	62	25
Lame drainante (mm)	149	1	450	486	130
Lessivage (kg N / ha)	49	0	40	53	15

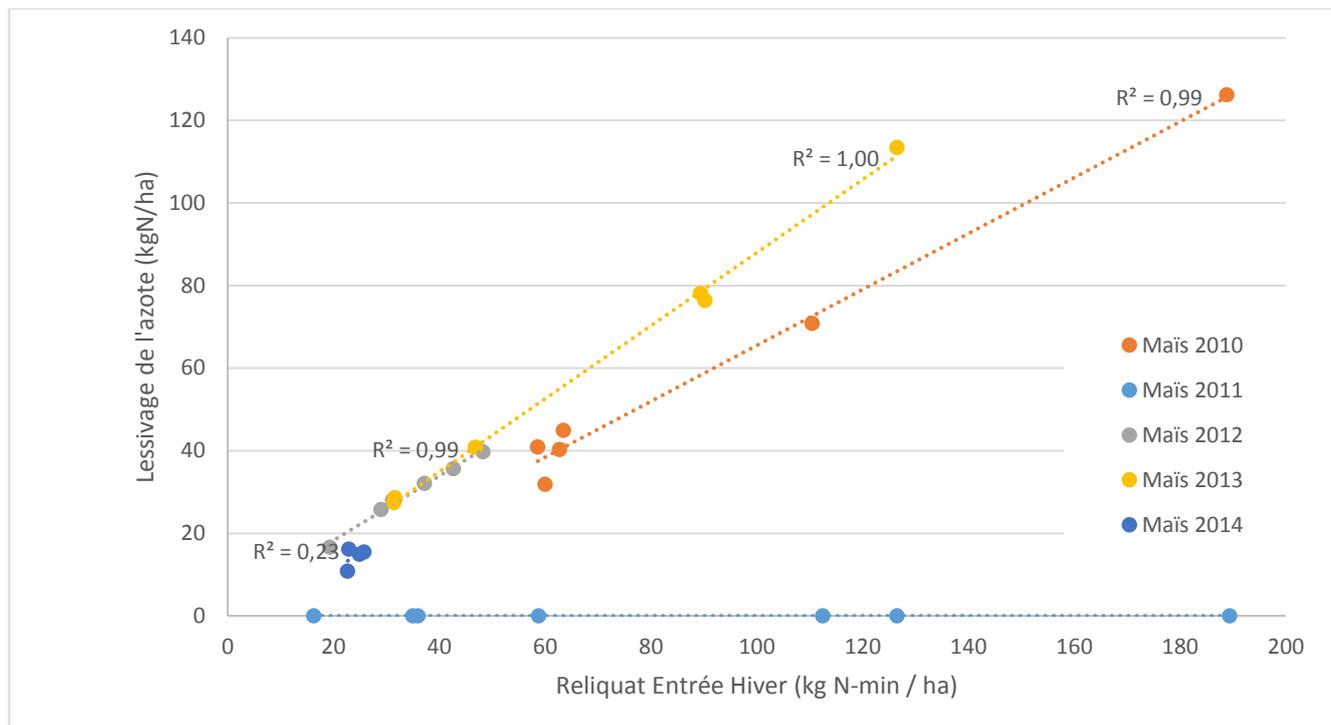
Comme le montre ce tableau, l'année 2010 affiche une valeur moyenne d'azote sous forme minérale (NO_3^- et NH_4^+) dans le sol en début de période de drainage élevée comparativement aux années suivantes. Pour autant, la quantité d'azote lessivé est plus faible que pour l'année 2013 qui présentait un reliquat début drainage plus faible, mais une lame drainante plus importante.

De même en 2011, la très faible pluviométrie hivernale n'a pas entraîné de lessivage.

En 2014, le sol était peu pourvu en azote minéral en début de période hivernale, laissant penser à une faible minéralisation de l'azote organique durant l'automne.

La figure suivante issue des suivis environnementaux de la ferme de Derval montre le lien entre la quantité d'azote minéral dans le sol en début d'hiver et la quantité d'azote lessivée pour les sols cultivés en maïs.

Figure 12 : Relation entre le reliquat début drainage et l'azote lessivé sur les parcelles en maïs de la ferme expérimental de Derval – Années 2010 à 2014



En définitive, quand la lame drainante augmente, pour une même quantité d'azote lixiviée, la concentration en nitrate des eaux de drainage diminue. Sous une même pluviométrie hivernale la lame drainante et le lessivage qu'elle entraîne sont variables en fonction de la profondeur du sol. Pour des reliquats début drainage sensiblement égaux, les pertes d'azote sont plus importantes en sol superficiel. Pour autant, elles génèrent dans ces situations une concentration de 50 mg NO₃/L (tableau n°26).

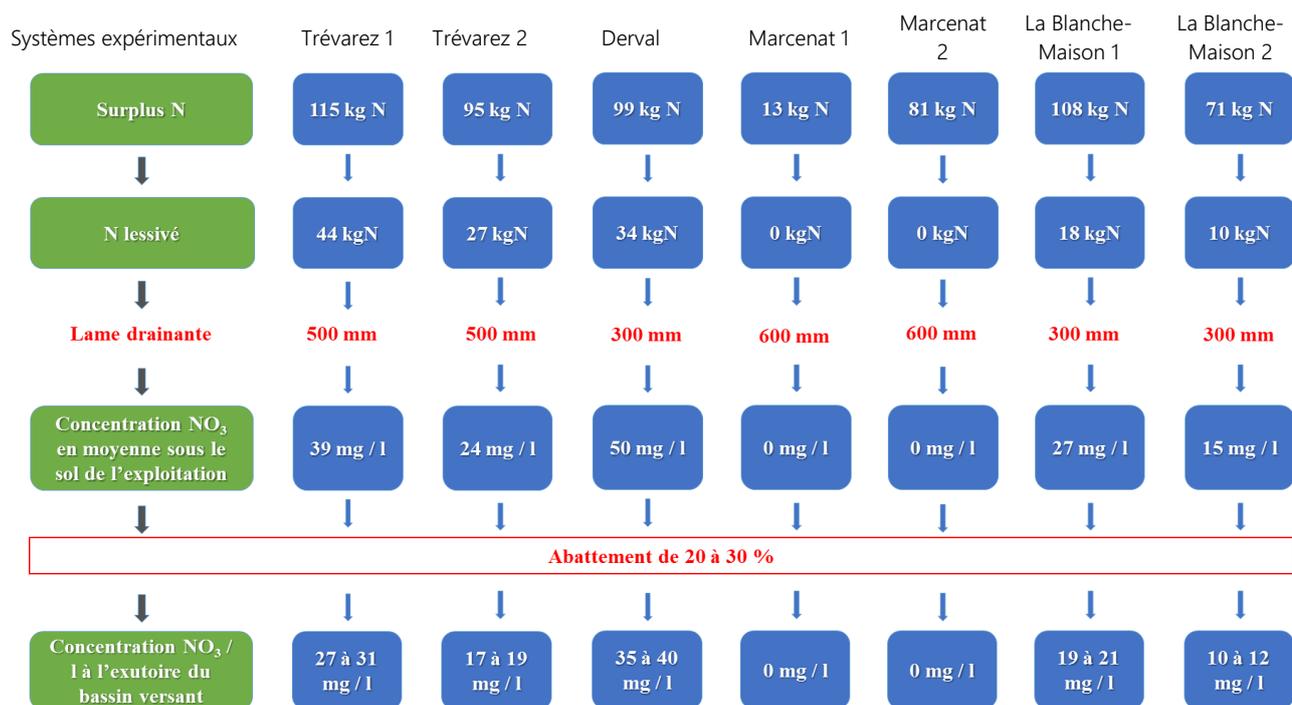
Tableau 26 : Hypothèses de lessivage acceptable pour une eau qui percole à 50 mg NO₃/L (source : Groupe N COMIFER – 2002)

Pluviométrie hivernales (mm)	Types de sol	Lame drainante (mm)	Quantité d'azote lessivé conduisant à 50 mg/l (kgN/ha)	Reliquat Début Drainage (kgN/ha) conduisant à une concentration de 50 mg/l
Moyenne	Profond	100	11	28
	Superficiel	200	22	31
Elevée	Profond	300	33	46
	Superficiel	400	45	51

Les systèmes qui utilisent une forte proportion de prairies, et notamment de prairies permanentes minimisent le risque de lessivage (systèmes herbagers de Marcenat, système herbager de La Blanche Maison) associé aux conduites culturales. Les très faibles pertes s'expliquent notamment par un chargement animal limité, par une utilisation certainement plus efficace de l'azote sous pâturage, par l'absence de sols nus mais également par la part très faible, voire inexistante de prairies retournées.

La figure suivante présente la situation pour les 7 systèmes laitiers expérimentaux présentés précédemment.

Figure 13 : Lessivage de l'azote dans les dispositifs expérimentaux laitiers suivis en France



3.4 ROTATIONS CULTURALES ET CYCLE DE L'AZOTE – CAS DE LA FERME DE DERVAL

Trois systèmes de cultures sont majoritairement présents sur la ferme expérimentale de Derval. Leur suivi entre l'automne 2010 et la sortie hiver 2015 permet de fournir quelques renseignements concernant les pertes d'azote qu'ils engendrent.

Ces systèmes sont basés sur les rotations de culture dont les principales caractéristiques sont présentées dans le tableau n°27.

Tableau 27 : Caractéristiques des systèmes de cultures sur la ferme expérimentale de Derval – période 2009-2015

Variable	Cultures annuelles	Cultures en rotation avec des prairies temporaires	Prairies temporaires longues durée (> 6 ans)
KgN exporté / ha	104	112	108
TOTAL Apports N / ha	130	214	235
Apport N minéral / ha	43	17	25
Apport N fumier / ha	31	9	0
Apport N lisier / ha	46	69	68
Apport N Pâturage / ha	0	65	80
N fixation symbiotique / ha	0	44	52
N Déposition atmosphérique / ha	10	10	10
BILAN	26	102	127
Azote début drainage (kgN / ha)	51	68	57
Perte N lessivage / ha	28	39	35
TOTAL Pertes gazeuses / ha	21	39	34

Le premier système repose sur une succession de cultures annuelles (maïs et céréales). Le bilan global de l'azote sur ce système (apports – exports) est de 26 kgN/ha, soit un excédent très modéré reflétant une bonne maîtrise de la fertilisation azotée. L'azote présent dans le sol en début de période de drainage (reliquat entrée hiver systématisée sur l'ensemble des parcelles) est en moyenne de 51 kg Ntot par ha. Les pertes par lessivage sont estimées par modélisation à 28kgN/ha (à partir des suivis de reliquats azotés) et les pertes gazeuse (liées au type de déjections et d'engrais apportés, mais également au type de sol et aux conditions météorologiques lors des épandages de lisier), sont évaluées à 21 kgN/ha.

Ces données montrent que l'addition des pertes d'azote par lixiviation et par émission gazeuse est plus élevée que l'excédent du bilan. Ce système de culture est ainsi probablement à l'origine de déstockage d'azote dans le sol.

A l'inverse, le système de cultures basé sur des prairies temporaires de longue durée (prairies n'ayant pas été retournée entre 2009 et 2015), le bilan total est très excédentaire (127 kgN/ha), en lien avec de faibles rendements des prairies (5 TMS/ha) et une faible teneur en MAT. Bien que cet excédent soit important, les pertes par lessivage sont en moyenne de 35 kgN/ha et les pertes gazeuses de 34 kgN/ha. Ces pertes expliquent 55% du surplus d'azote. Les 45 % restant sont certainement liés au stockage d'azote dans le sol.

Enfin, le système associant cultures annuelles et prairies temporaires présente un surplus conséquent mais moins important que les prairies temporaires longues durées. Les pertes d'azote sont plus marquées, en lien avec le retournement des prairies. Néanmoins, à l'échelle globale de la rotation, un stockage d'azote semble se produire, mais beaucoup plus modérément que les prairies longues durées.

Ces éléments concernant le stockage/déstockage de l'azote sont à mettre en parallèle au travers de recherche portant sur le stockage/déstockage du carbone.

4.1 BOVINS LAIT

4.1.1 LES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE LAITIERS SUIVIS

Fort de sa diversité marquée, la France laitière regroupe un grand nombre de types d'élevage basés sur des niveaux de spécialisation (présence ou non d'ateliers de production annexes), sur des zones de production, mais également sur différents systèmes d'alimentation.

Cette partie va s'intéresser aux systèmes d'élevages laitiers, sans autres ateliers herbivores, mais pouvant exploiter quelques parcelles en culture de vente. Ce choix a été fait pour éviter de se baser uniquement sur l'OTEX 41 (vaches laitières spécialisées) qui peut intégrer des parts non négligeables de surfaces en cultures de vente ou d'ateliers animaux autres que bovins lait. L'objectif est de pouvoir analyser les performances économiques et environnementales de systèmes ayant les mêmes caractéristiques structurelles et en déterminer les facteurs explicatifs.

La typologie utilisée se base ainsi sur :

- La zone de production : Plaine, Montagne-Piémont
- La caractérisation de la surface fourragère : part de maïs dans la surface fourragère principale

La caractérisation de cette surface fourragère se distingue en 3 systèmes :

- Les systèmes herbagers dont la part de maïs dans la SFP est inférieure à 10% ;
- Les systèmes mixtes herbe/maïs dont la part de maïs dans la SFP varie de 10 à 30 % ;
- Les systèmes « maïs » où la part de cette culture fourragère occupe plus de 30% de la SFP, mais laisse toutefois de la place aux surfaces herbagères.

Les systèmes en agriculture biologique ont été exclus de l'analyse.

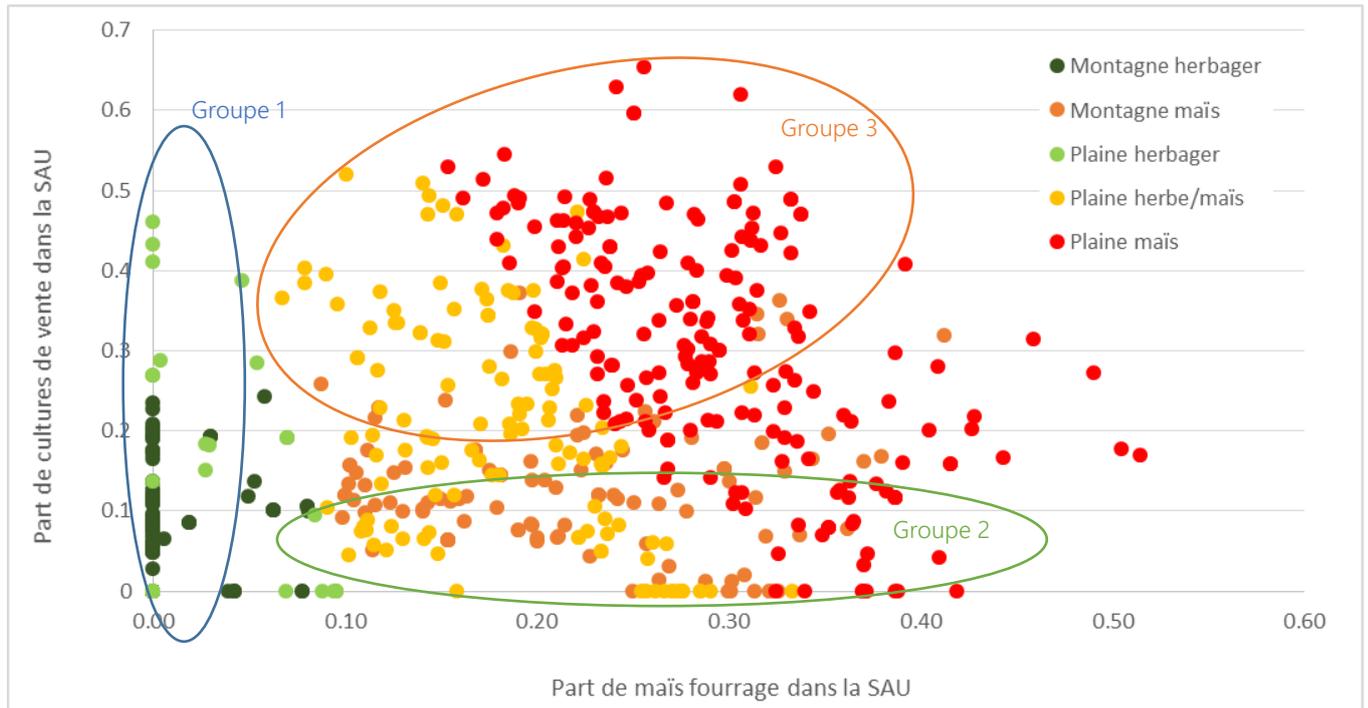
4.1.2 LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉLEVAGES LAITIERS

Comme évoqué précédemment et rappelé dans le tableau n°28, les cinq systèmes fourragers étudiés se différencient principalement par la structure de leur SFP, et notamment la part consacrée à la culture de maïs fourrager. En moyenne, en zone de plaine, la part de prairies dans les systèmes maïs est de 57% alors que dans les systèmes « Maïs-Herbe » elle est de 77% et de 97% dans les systèmes « Herbe ». Les systèmes de montagne et piémonts herbagers ont une SFP essentiellement constituée de prairies.

La part de cultures de vente est plus importante dans les systèmes où la place du maïs est marquée. Cependant, comme le reflète le graphique suivant, aucun lien direct marqué ne semble relier la part de cultures de vente et la part de cultures fourragères annuelles. Ceci peut toutefois amener quelques renseignements quant à la gestion des rotations sur les exploitations concernées :

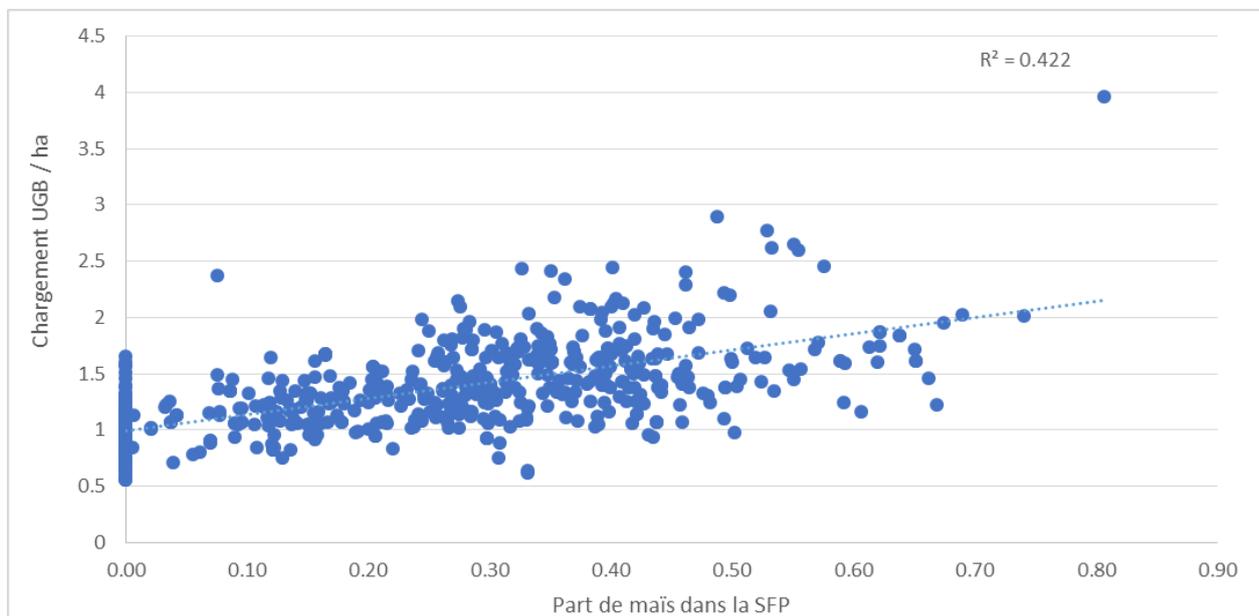
- Les surfaces en culture de vente peuvent être gérées de façon déconnectée par rapport aux surfaces fourragères et n'entrent pas, ou que très peu en rotation avec ces dernières, notamment pour les systèmes herbagers de montagne ou de plaine (groupe 1 sur le graphe).
- Dans les exploitations où les surfaces en culture de vente sont nulles, le maïs est probablement exclusivement mené en monoculture (groupe 2 sur le graphe).
- Un troisième groupe intègre tout un éventail de situations pour lesquelles il est difficile de tirer des conclusions quant à la gestion des rotations.

Figure 14 – Evolution de la part de cultures de vente selon la part de maïs ensilage dans la SAU, données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013



Le chargement animal et l'intensification de la production sont également des éléments qui caractérisent les différents systèmes fourragers. Ce chargement croît avec l'augmentation de la part de maïs dans la SAU. Les systèmes à orientation maïs présentent ainsi en moyenne les chargements les plus importants, comparativement aux systèmes herbagers.

Figure 15 – Evolution du chargement en UGB/ha selon la part de maïs ensilage dans la SFP, données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013



De même, la production de lait par ha de SFP est d'autant plus marquée que le chargement est important, quels que soient les systèmes d'élevage concernés (figure 16). Un gradient « d'intensification » se dévoile naturellement selon ces systèmes. Les systèmes herbagers de plaine ou de montagne sont les moins intensifs, alors que les systèmes à plus de 30% de maïs dans la SFP présentent chargement et production par ha de SFP en moyenne les plus élevés.

Figure 16 – Evolution de la production laitière par ha de SFP selon le chargement, données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

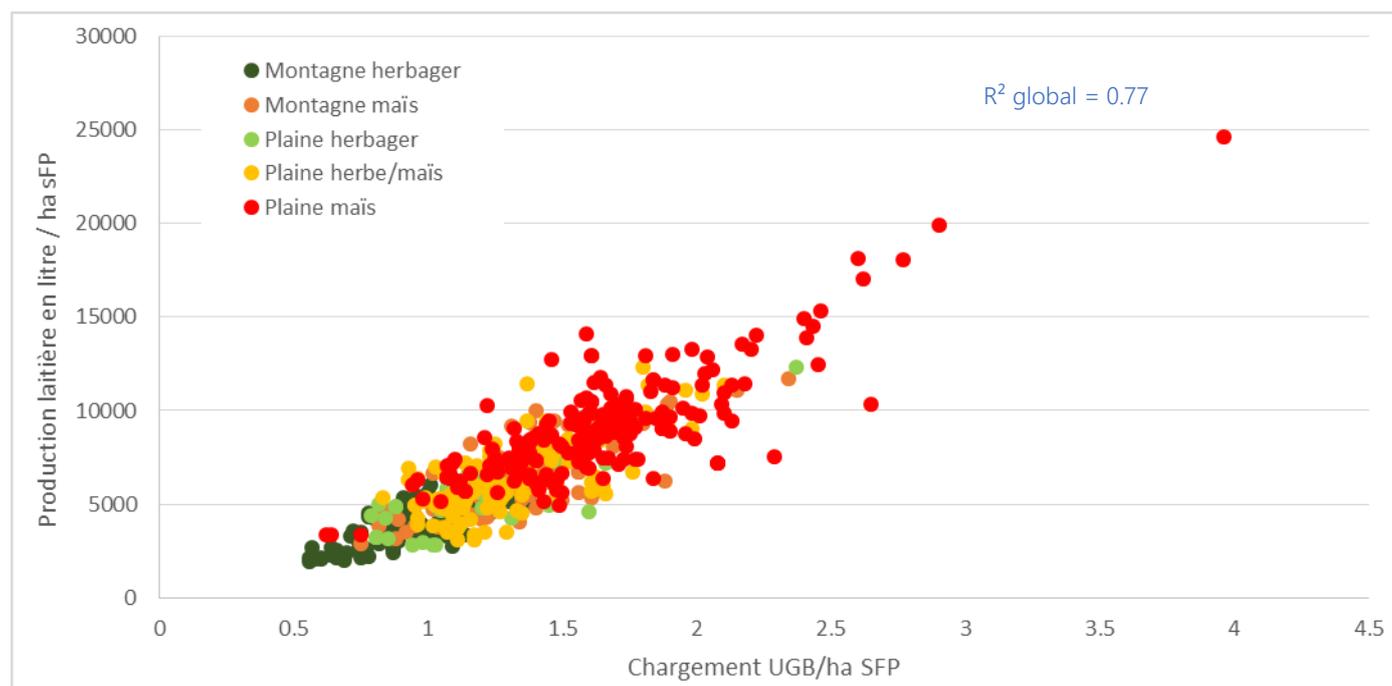


Tableau 28 – Caractéristiques techniques des exploitations spécialisées lait par système de production – données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

	Montagne Herbager	Montagne maïs	Plaine herbager	Plaine maïs-herbe	Plaine maïs +	Total général
Part de la SFP / SAU (%)	94%	87%	89%	79%	70%	82%
Part des cultures de vente sur SAU	6%	13%	11%	21%	30%	18%
Part de la surface en herbe / SFP	99%	75%	97%	77%	57%	76%
Part de maïs /SFP	1%	25%	3%	23%	43%	24%
Chargement UGB/ha	0.96	1.35	1.20	1.30	1.64	1.33
Lait produit l/VL	6 319	7 296	6 669	7 282	7 935	7 237
Lait produit l/ha SFBL	4 007	6 725	5 481	6 380	9 056	6 708
Part fourrages conservés/fourrages totaux	59%	77%	56%	75%	89%	75%
Autonomie fourragère massique (%)	95%	97%	93%	96%	97%	96%
Quantité de concentrés kg /VL	1 576	1 806	1 484	1 392	1 701	1 613
Quantité de concentrés g/litre de lait	246	249	222	187	211	221
Age moyen au premier vêlage (mois)	32.1	30.4	30.8	29.7	28.8	30.2
Intervalle vêlage/vêlage moyen (jours)	393	425	433	410	419	413
Taux de renouvellement %	29.7%	30.4%	28.6%	32.8%	33.2%	31.5%

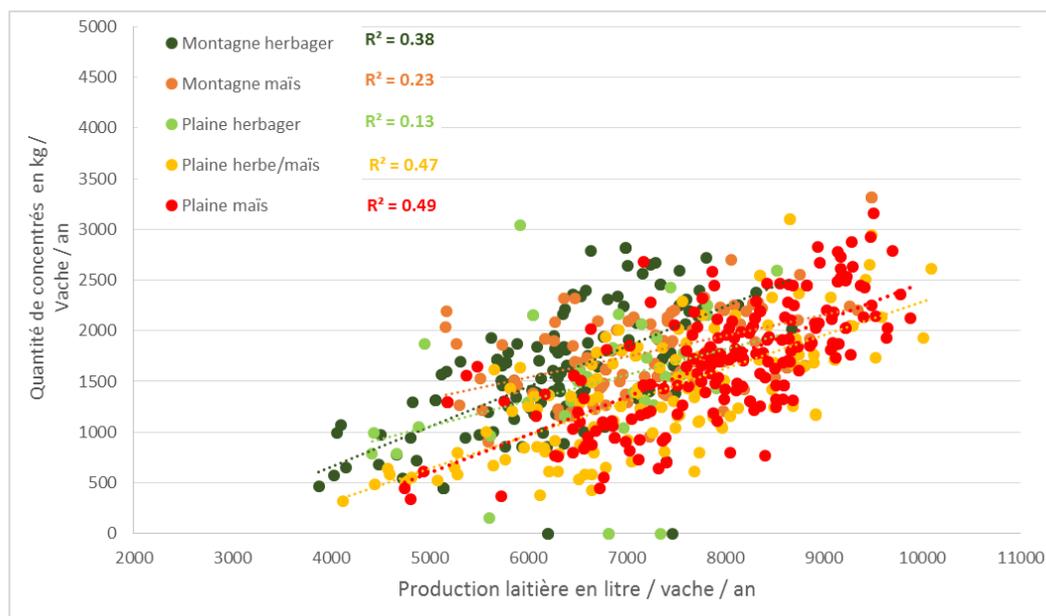
La production de lait par vache permet de définir un niveau d'intensification à l'animal. Ce sont les systèmes maïs de plaine qui affichent en moyenne la plus forte production de lait par vache, alors que les systèmes herbagers de plaine et de montagne sont les moins « productifs ».

En parallèle, les systèmes de montagne sont les plus consommateurs de concentrés, notamment pour pallier de plus faibles ressources fourragères que les systèmes de plaine, notamment lorsque cette consommation est ramenée au litre de lait. Les systèmes de plaine mixtes maïs/prairies sont les moins consommateurs de concentrés (par vache et par litre de lait).

Comme le présente le graphique ci-dessous, la production de lait par vache est assez bien corrélée avec la quantité de concentrés, notamment pour les systèmes de plaine herbe/maïs et maïs.

Cependant, pour des mêmes niveaux de production laitière, la quantité de concentrés distribués peut varier du simple au double, laissant présager une efficacité moindre de l'utilisation de l'azote à l'échelle de l'animal et donc des pertes plus importantes à l'échelle de l'exploitation.

Figure 17 – Lien entre production de lait et quantité de concentrés distribués par vache, données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013



L'autonomie alimentaire, qui peut être définie comme l'équilibre entre les besoins du troupeau et toutes les ressources disponibles ou cultivables sur l'exploitation, est exprimée ici selon un indicateur d'autonomie massique. Les quantités de fourrages produits, achetés et consommés sont exprimés en kg de MS par UGB par an. L'autonomie revient à définir la part de fourrages produits et utilisés sur l'exploitation par rapport aux fourrages totaux consommés. Ainsi, l'autonomie massique moyenne pour chacun des 5 systèmes décrits est élevée et ne varie que de quelques % entre ces systèmes : elle dépasse 93% et atteint 96% en moyenne.

Dans les élevages de plaine à plus de 30% de maïs dans la SFP, 94% des fourrages produits sur l'exploitation (maïs et herbe) sont récoltés. Cette part de fourrages récoltés et stockés décroît quand la part d'herbe dans la SAU augmente, reflétant l'évolution de la part d'herbe ingérée sur pied au pâturage.

La gestion du troupeau de vache laitière et du renouvellement diffère d'un système à l'autre. Ainsi, l'âge moyen au premier vêlage dans les systèmes herbagers de montagne est d'un peu plus de 32 mois, alors qu'il est inférieur à 29 mois dans les systèmes maïs de plaine, où les taux de renouvellement sont également les plus importants.

4.1.3 EFFICIENCE ÉCONOMIQUE DES SYSTÈMES LAITIERS

Les systèmes de plaine affichent une valeur ajoutée moyenne par UMO supérieure à 40 000 €, alors qu'elle est inférieure à 30 000 € pour les systèmes de montagne et piémonts. Dans ces zones, les charges de collecte sont assez lourdes et les signes de qualité ne génèrent pas assez de valeur ajoutée pour assurer un revenu proche de la moyenne nationale aux éleveurs.

Tableau 29 – Caractéristiques économiques des exploitations spécialisées lait par système de production – données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013

	Montagne Herbager	Montagne maïs	Plaine herbager	Plaine maïs-herbe	Plaine maïs +	Total général
Valeur ajoutée exploitation / UMO (€)	29 561	26 323	40 071	40 504	42 247	36 042
% EBE /PB	39.1%	32.7%	38.1%	33.4%	33.5%	34.9%
EBE hors MSA/UMO (€)	41 013	37 753	48 262	49 532	53 112	46 572
Cout de production hors charges supplétives Bovins lait (€/1000 l)	448	393	345	365	345	381
BLCP Coût de l'alimentation (€/1000 l)	117	119	95	93	106	107

Les systèmes de plaine dégagent un EBE moyen par UMO plus important que les systèmes de montagne. Toutefois, le rapport EBE/Produit brut des systèmes herbagers de montagne est le plus élevé parmi les 5 systèmes décrits et traduit donc la bonne efficacité économique des élevages herbagers de montagne.

Les coûts de production et d'alimentation sont également plus faibles en systèmes de plaine, quel que soit le système fourrager, ce qui est expliqué par des niveaux de production plus faible dans les systèmes de montagne. Les systèmes des plaine maïs/herbe semblent les plus efficaces pour la gestion des coûts d'alimentation.

4.1.4 SYSTEMES LAITIERS ET GESTION DE L'AZOTE

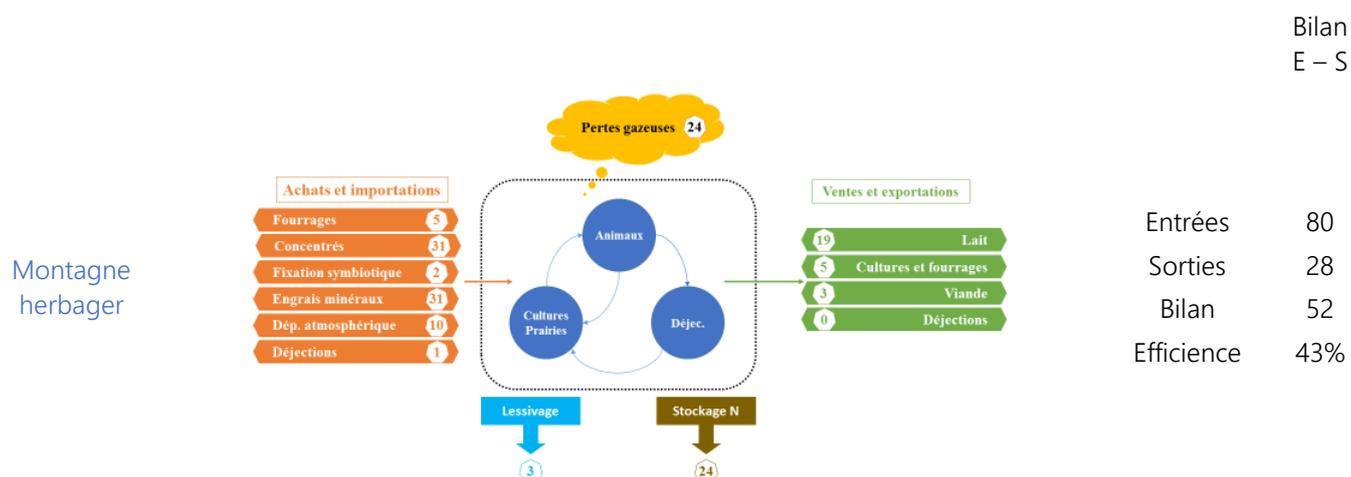
4.1.4.1 LES FLUX D'AZOTE EN ELEVAGE LAITIER

L'évaluation des flux d'azote à l'échelle des systèmes laitiers intègre leur diversité, depuis les systèmes herbagers de montagne présentant une faible part d'intrants azotés, aux systèmes plus intensifs de plaine dont une grande partie de la ration repose sur l'ensilage de maïs associé aux achats de compléments azotés (concentrés) et d'engrais minéraux. Ainsi, la charge azotée, les impacts et les options pour gérer les déjections produites sont en conséquence fortement variables.

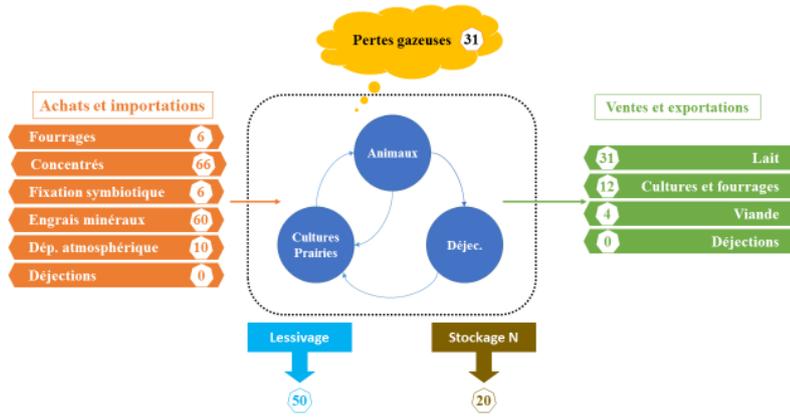
La figure 18 présente les données issues du traitement de la base de données Inosys-Réseau d'Élevage pour la période 2009-2013. Ces données illustrent cette variabilité des flux d'azote et des niveaux de surplus entre systèmes de production.

L'intensité de ces flux et l'origine de l'azote (concentrés et fourrages achetés, engrais minéraux, fixation symbiotique) sont variables entre chaque système, tout comme la distribution et la quantité des pertes (par émissions gazeuses et par lixiviation).

Figure 18 : Flux d'azote moyens (en kgN/ha SAU/an) et bilans d'azote par type de systèmes laitiers - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013

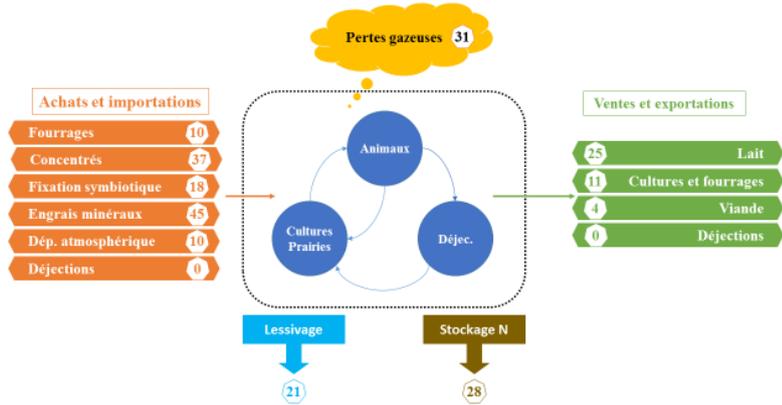


Montagne
maïs



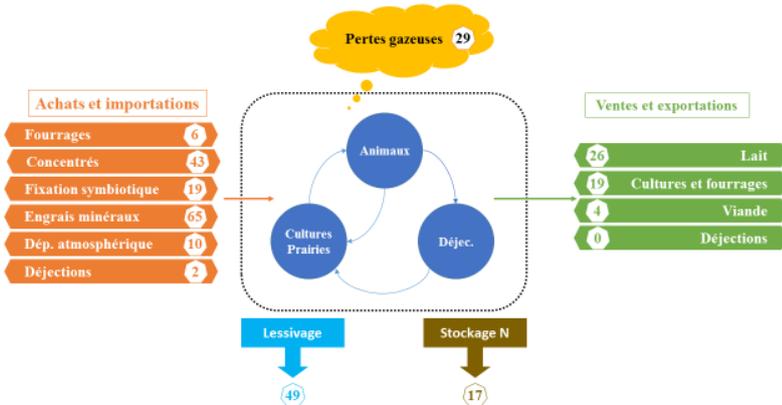
Entrées	147
Sorties	46
Bilan	101
Efficiency	35%

Plaine
herbager



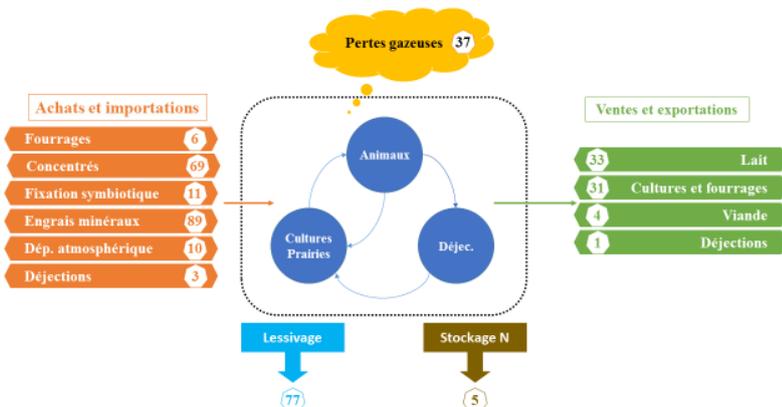
Entrées	120
Sorties	40
Bilan	80
Efficiency	39%

Plaine
maïs-herbe



Entrées	145
Sorties	49
Bilan	96
Efficiency	37%

Plaine
maïs



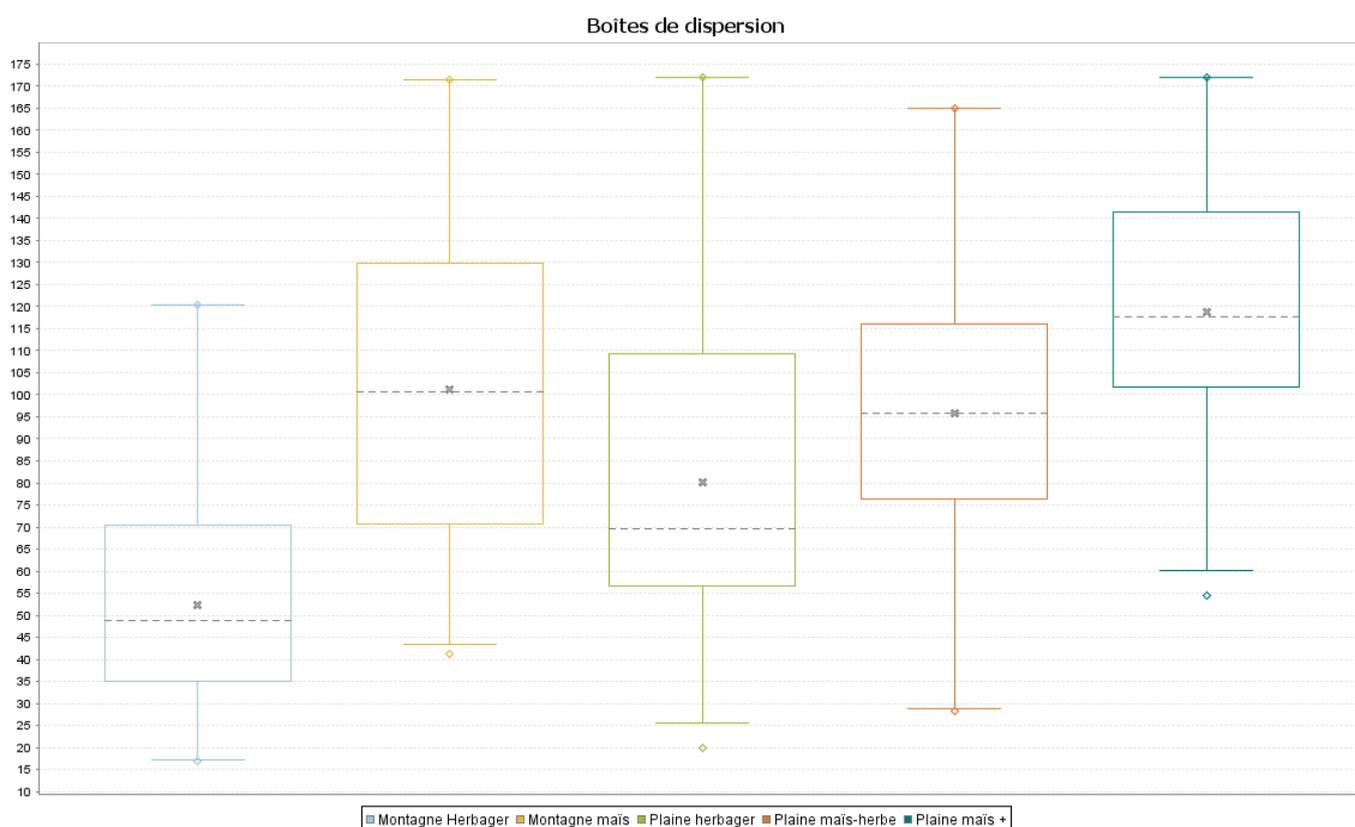
Entrées	188
Sorties	69
Bilan	119
Efficiency	39%

Les bilans E-S moyens obtenus pour chacun des systèmes laitiers sont du même ordre de grandeur que les bilans réalisés sur les systèmes expérimentaux présentés précédemment. D'une manière globale, les systèmes herbagers présentent des surplus d'azote très modérés comparativement aux systèmes à forte dominance de maïs, principalement du fait d'une part plus importante de l'azote importée sur l'exploitation et malgré des niveaux d'exportations plus importants.

Cette diversité entre système est bien marquée. Elle est également présente au sein de chacun de ces systèmes d'élevage. Le graphique ci-dessous met effectivement en évidence la grande variabilité des surplus d'azote à l'échelle de l'exploitation (bilan apparent intégrant fixation symbiotique et déposition atmosphérique) au sein de chacun des 5 systèmes d'élevage.

Ce constat laisse ainsi présager toute l'étendue des pratiques de gestion de l'azote (gestion de l'alimentation, du pâturage, des déjections, de la fertilisation) au sein de chaque système. L'intérêt est de pouvoir analyser et comparer au sein de chacun de ces systèmes les exploitations présentant les surplus les plus modérés comparativement aux situations où les pertes sont importantes.

Figure 19 : Boîte de dispersion - bilans d'azote par type de systèmes laitiers - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013 (min-max, médiane, moyenne et 25 et 75ème percentile)



4.1.4.2 LIEN ENTRE INDICATEURS DE PRATIQUES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Une analyse en composante principale a été réalisée sur le jeu de données en intégrant quelques indicateurs de pratiques, environnementaux et économiques pour en analyser les corrélations. Comme attendu, cette analyse montre clairement que les surplus d'azote à l'ha, et donc les risques de pertes sous forme gazeuse et par lixiviation, s'accroissent avec le chargement animal, la quantité de lait produit à l'ha, et les entrées d'azote sur l'exploitation (engrais minéraux et concentrés).

Le graphique et la matrice des corrélations issue de cette analyse proposés ci-dessous permettent en effet de caractériser ces informations.

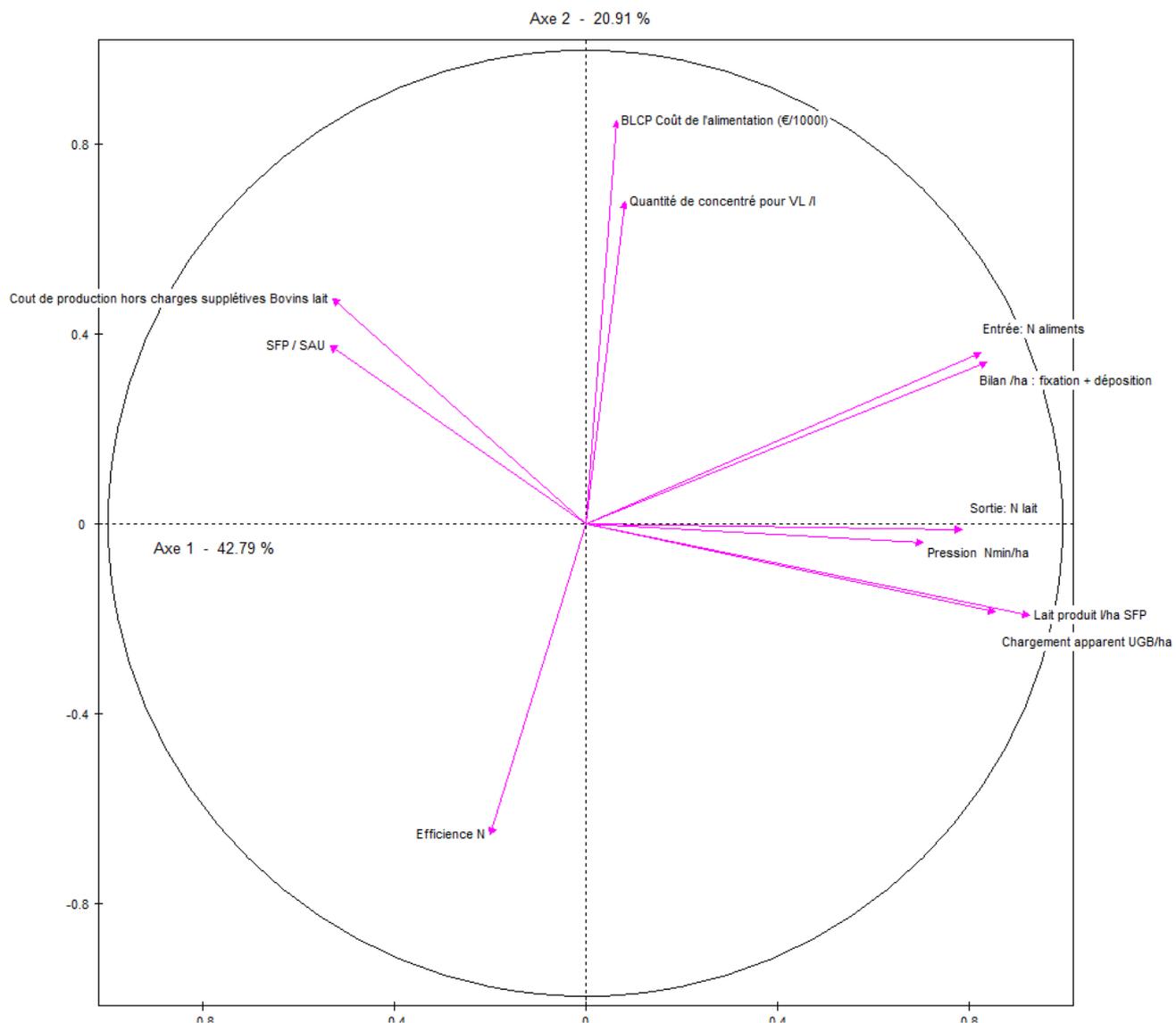
Nous retrouvons bien la corrélation entre le niveau de chargement et la production de lait par ha. Plus le système est intensif, ce qui se traduit par des entrées importantes d'aliments concentrés, et à moindre mesure par une fertilisation minérale accrue, plus le surplus d'azote tend à croître. Cependant, du fait d'une certaine dilution par le litrage produit, les coûts de production ont une propension à décroître.

Par ailleurs, et comme attendu, l'augmentation de coûts alimentaires est associée à une consommation de concentrés accrue (exprimée en g/l). Ce niveau de consommation n'a toutefois aucun lien direct avec les indicateurs environnementaux.

Tableau 30 : Matrice des corrélations entre indicateurs de pratiques, environnementaux et économiques

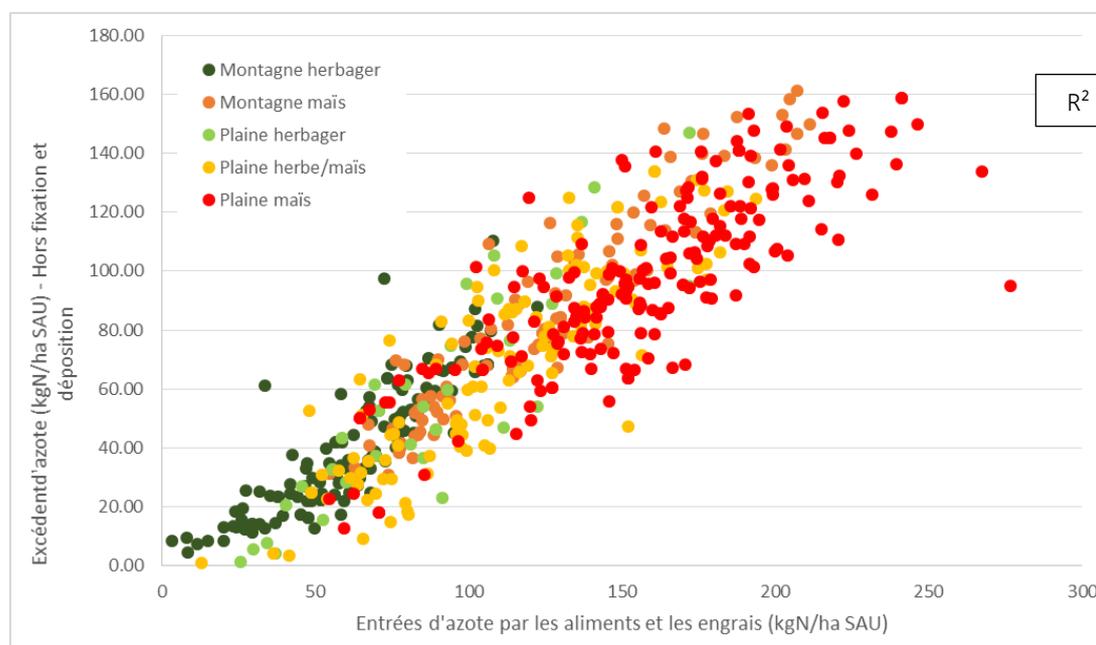
	Lait produit (l/ha SFP)	Quantité de conc. (g/l)	SFP / SAU (%)	Chgt apparent (UGB/ha)	Cout de prod (€/1000l)	Coût alim. (€/1000l)	Bilan /ha (kgN/ha)	Efficience N (%)	Pression Nmin (kgN/ha)	Entrées aliments (kgN/ha)	Sortie lait (kgN/ha)
Lait produit (l/ha SFP)	1.00										
Quantité de concentré (g/l)	0.00	1.00									
SFP / SAU (%)	-0.57	0.02	1.00								
Chargement apparent (UGB/ha)	0.88	-0.04	-0.45	1.00							
Cout de prod (€/1000l)	-0.49	0.22	0.38	-0.38	1.00						
Coût alim (€/1000l)	-0.06	0.56	0.14	-0.09	0.39	1.00					
Bilan N /ha (kgN/ha)	0.62	0.12	-0.31	0.57	-0.31	0.25	1.00				
Efficience N (%)	0.05	-0.18	-0.21	0.02	-0.01	-0.39	-0.61	1.00			
Pression Nmin (kgN/ha)	0.56	0.03	-0.65	0.49	-0.34	0.08	0.68	-0.16	1.00		
Entrées aliments (kgN/ha)	0.74	0.35	-0.20	0.65	-0.24	0.32	0.75	-0.28	0.37	1.00	
Sortie lait (kgN/ha)	0.79	-0.01	-0.05	0.72	-0.40	-0.01	0.59	-0.05	0.29	0.76	1.00

Figure 20 : Graphique plan factoriel des variables actives issues de l'ACP



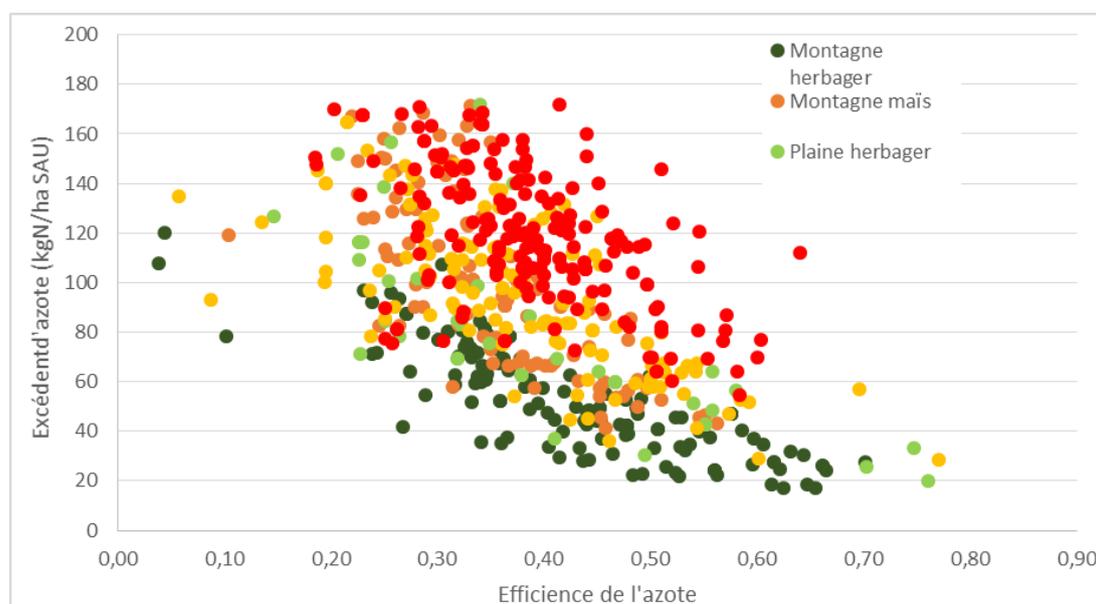
La figure suivante exprime le lien entre ces entrées azotées et le surplus de l'azote, quel que soit le système d'élevage considéré. Plus ces entrées sont importantes, plus le surplus est élevé. Néanmoins, pour des mêmes niveaux d'entrées, le surplus peut également varier, traduisant une efficacité de l'azote à l'échelle de l'exploitation plus ou moins prononcée.

Figure 21 : Relation entre l'excédent d'azote des exploitations laitières et les quantités d'azote entrant par les engrais et les concentrés - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013



Un regard spécifique a porté sur l'efficacité de l'azote qui présente comme seule corrélation le surplus de l'azote.

Figure 22 : Relation entre l'excédent d'azote des exploitations laitières et l'efficacité de l'azote - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013



La tendance globale est que pour chacun des systèmes, plus l'efficacité est importante, plus le surplus a tendance à décroître. Cependant, pour des mêmes niveaux d'efficacité, le surplus peut varier, traduisant des effets qui ne sont pas liés aux pratiques et autre indicateurs retenus, mais pouvant être l'expression des conditions liées au contexte de chacune des exploitations (climat, potentiel fourrager, potentiel de pousse de l'herbe, potentiel des animaux), difficilement « mesurables » à partir des données à disposition mais appréciables sur le terrain.

4.1.4.3 LES ELEVAGES LAITIERS DANS LE CONTEXTE EUROPEEN

Deux études européennes (projet Greendairy et projet Dairyman) ont comparé les systèmes laitiers des différentes régions de l'arc atlantique et de l'ouest de l'Europe. Elles ont souligné la diversité des pratiques, des structures d'exploitations et des contextes économiques et ont conduit toutes deux à la même conclusion : l'intensification de la production, traduite par des chargements élevés et une forte production de lait à l'ha, conduit à des bilans azotés importants (tableau n°31).

Dans les territoires du nord-ouest de l'Europe (Irlande, Irlande du Nord, Ecosse, Angleterre), le lait est produit en valorisant des surfaces en herbe très productives associées à des niveaux de fertilisation élevés. Les excédents d'azote sont en moyenne de 180 kgN/ha en Irlande et où la pression d'azote minérale peut atteindre 230 kg/ha mais où les concentrés alimentaires sont peu présents. Ce surplus dépasse les 250kg/ha en Irlande du Nord du fait d'apports plus importants en aliments achetés pour contrebalancer une productivité moindre l'herbe du fait du climat plus froid.

Les élevages laitiers intensifs des Pays-Bas et de la région flamande en Belgique présentent les niveaux de production les plus élevés, aussi bien à l'ha qu'à l'animal. Elles présentent toutefois un excédent du bilan apparent élevé qui avoisine en moyenne les 200kgN/ha, potentiellement perdus dans l'environnement. La réponse de l'intensification laitière aux Pays-Bas se traduit depuis quelques années par une dégradation de la qualité de l'eau, notamment dans les zones sableuses de l'est du Pays (voir le focus Pays-Bas ci-dessous).

Dans les pays du sud (Espagne, Portugal, Pays Basque), les systèmes laitiers sont caractérisés par une très forte intensification (jusqu'à 6 UGB par ha) et un maintien permanent des animaux en stabulation. La ration alimentaire des vaches est composée pour moitié par des concentrés. Les excédents d'azote dépassent généralement les 200kg/ha, mais peuvent atteindre des niveaux nettement plus élevés, jusqu'à 500kg/ha au Portugal.

Les systèmes rencontrés en France, quelle que soit la part de maïs dans la SFP, affiche ainsi en moyenne des excédents d'azote beaucoup plus modérés que leurs voisins européens. L'intensification y est beaucoup moins marquée et la consommation d'intrants plus limitée.

Tableau 31 : Caractéristiques des fermes pilotes des projets Greendairy et Dairyman et des excédents de N (Pflimlin A. et al, 2006 – Foray S. et Al, 2013)

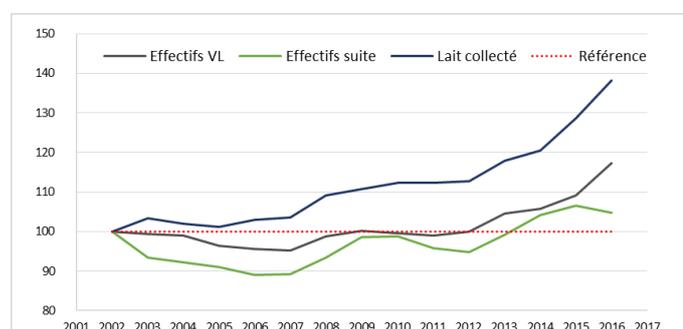
Région	Troupeau			Surfaces			Bilan N
	Nb VI	Lait (l/VI)	Concentrés (kg/VI)	SAU	Chargement	N minéral (kg/ha)	
Irlande	101	5 000	790	69	2.3	200	180
Irlande du Nord	149	7 200	2 240	104	2.1	170	250
Ecosse Sud-Ouest*	162	7 500	200	171	1.4	115	135
Angleterre Sud-Ouest*	156	6 700	1 500	97	2.2	235	265
Flandres	89	8 400	1 400	56	2.6	120	180
Pays-Bas	122	8 500	2 000	56	3	110	190
Pays Basque*	99	9 200	3 900	60	2.6	28	260
Galice*	71	8 500	3 700	33	3	135	350
Portugal Nord-Ouest*	86	8 200	3 200	22	5.9	210	500
Bretagne	68	7 000	900	84	1.5	40	95
Pays de la Loire	71	7 100	2 000	119	1.4	60	110

* données issues du projet Greendairy (2005), les autres proviennent du projet Dairyman (moyenne 2009 à 2012)

Depuis 2002, le cheptel laitier néerlandais a vu ses effectifs croître de plus de 17 % (+257 500 vaches). Mais c'est surtout le volume de lait collecté qui a fait un bond de +38% sur cette même période.

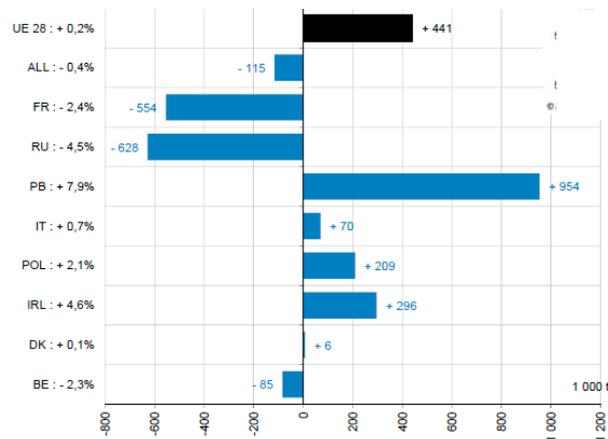
Cette dynamique a été accentuée ces 2 dernières années avec une hausse de 11,9% de la collecte de lait sur la première campagne après-quotas (2015/2016) accompagnée par des effectifs de vaches de plus en plus nombreux (+ 190 000 vaches entre fin 2013 et fin 2016).

Figure 23 : Evolution des effectifs laitiers et de la livraison de lait entre 2002 et 2016 (base 100 sur année de référence 2002)



Depuis la fin des quotas, la stratégie de production laitière des Pays-Bas, en particulier au premier semestre 2016, a très fortement contribué à la hausse de collecte européenne, déstabilisant le marché mondial avec comme réponse la crise laitière. Les Pays-Bas ont ainsi produit en 2016 quatre millions de tonnes de plus qu'en 2005 (progression de quasiment 1 million de tonnes par an sur 2015 et 2016), participant de ce fait à la surproduction européenne.

Figure 24 : Evolution de de la collecte laitière européenne en 2016 (cumul sur 11 mois) – Source : FranceAgrimer



L'une des conséquences du boom laitier néerlandais permis entre autre par l'accroissement des effectifs laitiers porte sur la production d'azote.

En l'espace de 15 ans, les mesures réglementaires portant sur la gestion des déjections se sont traduites par un doublement des quantités d'azote et de phosphore traitées et/ou redirigées vers un autre usage que l'agriculture néerlandaise (notamment issues de la filière porcine). Environ 40 millions de kg d'azote et 23 millions de kg de phosphore (P2O5) organiques ont été exportés hors du territoire des Pays-Bas en 2014 contre respectivement 23 millions et 14 millions de kg en 2002.

Tableau 32 : Historique des destinations de l'azote et du phosphore d'origine organique hors valorisation agricole aux Pays-Bas (millions de kg)

	2000-2003		2012-2014	
	N	P2O5	N	P2O5
Traitement + exportation	23	14	40	23
Traitement (élimination) ^a	4	3	21	9
Usage non agricole ^b	12	4	18	7
Total	39	21	79	39

a- Traitement dont le produit final n'est pas utilisé comme fertilisant (incinération)

b- Utilisation par des particuliers ou sur des zones naturelles

Les exportations se font majoritairement vers les pays voisins : 65 % des volumes vers l'Allemagne (des mémorandums sont signés avec les Länder de Rhénanie, du Nord Westphalie, de la Basse Saxe, ou de la Saxe Anhalt), 45% répartis de manière égale vers la Belgique (Flandre), et la France.

Il reste cependant une quantité non négligeable d'azote organique à valoriser sur les surfaces agricoles du pays, essentiellement issue de la filière laitière pour qui le traitement des effluents représente un coût encore trop important aujourd'hui pour un déploiement conséquent.

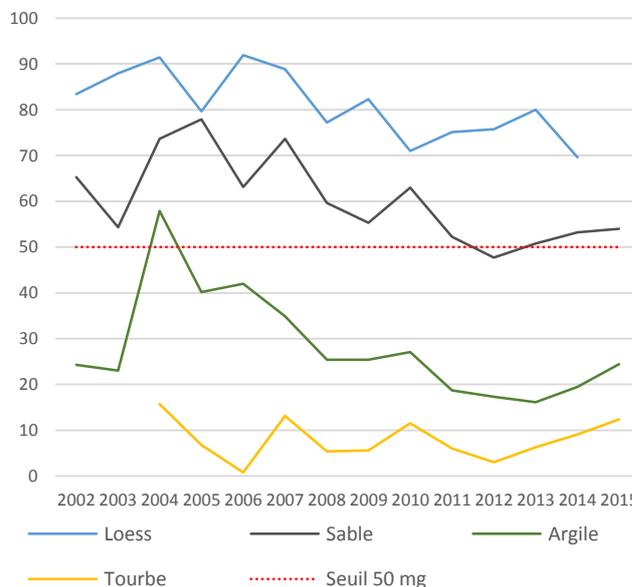
Ainsi, il est possible de mettre en perspective la localisation des élevages laitiers dans les différentes zones du pays basées sur la typologie des sols et leur sensibilité au lessivage de l'azote, la démographie croissante des vaches laitières et l'évolution de la teneur en nitrates du réseau de surveillance de la qualité des eaux des Pays-Bas.

Figure 25 : Les types de sols rencontrés aux Pays-Bas



	Fermes laitières	Polycult.	Hors-sol	Autres
Z. sableuse	46%	16%	14%	24%
Z. argileuse	35%	39%	11%	15%
Z. tourbeuse	77%	-	-	23%
Z. loessiques	28%	33%	22%	17%

Figure 26 : Evolution des teneurs en nitrate dans l'eau lixiviée entre 2002 et 2015 par type de sol (mg/l)



La concentration moyenne en nitrates dans les régions sableuses a montré une diminution depuis 2010 pour passer sous la barre des 50mg/l en 2012, mais la tendance depuis s'est à nouveau inversée et la concentration seuil est à nouveau dépassée depuis 2014. Dans la zone sableuse du sud, la concentration moyenne en nitrates stagne depuis 2012 à une valeur de 75mg/l.

Les exploitations laitières présentes dans ces zones sableuses ont certes montré un réel progrès dans la gestion de l'azote (notamment entre 1992-1995 et 2008-2011). Toutefois, sur la période 2012-2015, 40% d'entre elles présentaient encore des concentrations moyennes en nitrates proches ou au-dessus de 50mg/l.

La concentration moyenne en nitrates dans la région de loess sur la période 2012-2015 était de 75 mg/l, toujours bien au-dessus de la norme de 50 mg/l. Aucun progrès n'a été constaté par rapport à la période précédente (2008-2011).

Dans les zones argileuses et tourbeuses, les concentrations en nitrates sont beaucoup plus faibles, en lien notamment avec les phénomènes de dénitrification de l'azote, notamment dans les zones tourbeuses.

Au final, la stratégie ultra-productive néerlandaise (19 000 litres de lait par ha de SAU), permise notamment par la possibilité de déroger à la limite des 170kg d'azote organique par ha fixée par la Directive Nitrates, n'est pas sans conséquences sur l'environnement et arrive aujourd'hui à ses limites.

4.1.5 ELEVAGES LAITIERS ET ZONES VULNÉRABLES

Comme il a été évoqué précédemment dans ce documents, les exploitations présentes dans le dispositif Inosys Réseaux d'Élevage ne sont pas représentatives de l'ensemble des exploitations françaises car généralement plus grandes et plus efficaces économiquement. Mais elles sont représentatives de la diversité des types de systèmes ruminants au niveau national.

L'analyse dédiée aux systèmes laitiers qui suit se veut être une bonne vitrine de la situation rencontrée en et hors zone vulnérable à l'échelle nationale.

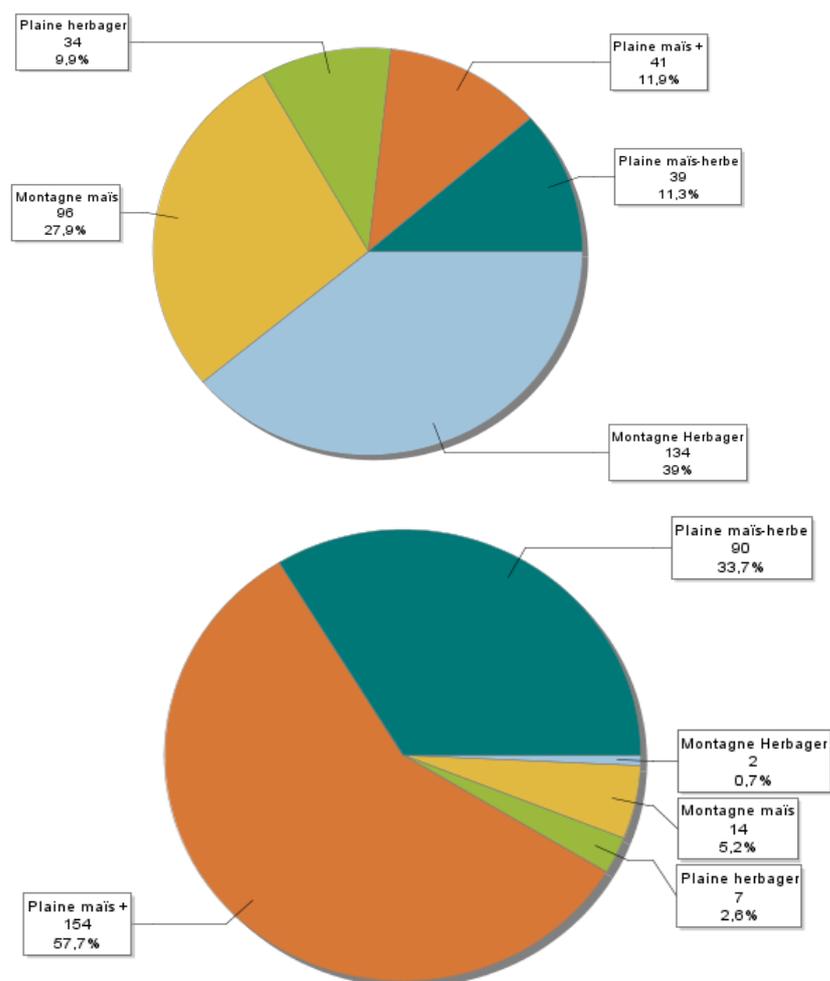
Les graphiques suivants permettent d'analyser la représentation de chaque type de systèmes laitiers suivi dans les réseaux d'élevage en et hors zone vulnérable.

La typologie des exploitations laitières présentes en zone vulnérable et hors zone vulnérable est différente, en lien avec l'occupation du sol et le contexte pédoclimatique et la définition même des zones vulnérables.

La zone vulnérable accueille principalement des exploitations de plaine, avec une part prépondérantes (58%) de systèmes à plus de 30% de maïs dans la SFP et environ un tiers de systèmes maïs/herbe.

Le territoire non concerné par la zone vulnérable accueille deux tiers d'exploitations de montagne et piémonts avec une dominance des systèmes herbagers et un tiers d'exploitations de plaine avec une partition équivalente des 3 systèmes fourragers « herbe » - « herbe/maïs » et « maïs ».

Figure 27 et Figure 28 – Répartition des systèmes laitiers de la base de données Inosys-Réseau d'Élevage hors zone vulnérable (graphe du haut) et en zone vulnérable (graphe du bas).



Cette répartition permet d'expliquer les indicateurs présentés ci-dessous pour la ferme moyenne « zone vulnérable et la ferme moyenne « hors zone vulnérable ». Cette ferme moyenne et les indicateurs associés sont le résultat de l'ensemble des données de structure, indicateurs techniques et environnementaux de l'ensemble des systèmes laitiers de chacune des 2 zones.

Tableau 33 : Caractéristiques de la ferme moyenne « Zone vulnérable » et de la ferme moyenne « Hors zone vulnérable » - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

	Zone vulnérable	Hors zone vulnérable
Total UGB	98	81
Surface Agricole Utile (ha)	94	85
Laït produit (l/VL)	7 588	6 965
Laït produit (l/ha SFP)	7 998	5 706
Quantité de concentré (kg/vache/an)	1 507	1 695
Quantité de concentré (g/l)	194	242
Part fourrages conservés/fourrages totaux (%)	82%	70%
Autonomie fourragère massique (%)	96%	96%
Cultures / SAU (%)	25%	13%
SFP / SAU (%)	75%	87%
Surface en herbe / SFP (%)	67%	84%
Maïs dans SFP (%)	33%	16%
Chargement apparent (UGB/ha)	1.5	1.2

L'élevage laitier moyen « zone vulnérable » se différencie ainsi par une structure plus importante en termes de nombre d'UGB et de surface exploitée, mais également par un niveau de production à l'ha et l'animal et un chargement plus prononcé, traduisant la présence de systèmes plus intensifs, répondant à la logique de la forte présence d'élevages de plaine à dominante maïs dans la ration évoquée précédemment.

Les quantités de concentrés utilisés y sont moins importantes, traduisant une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote à l'échelle de l'animal.

La part d'herbe ingérée au pâturage est plus faible (plus de fourrages stockés dans la ration), en lien avec la part de maïs dans la SFP qui est doublée par rapport à l'exploitation moyenne « hors zone vulnérable ».

Tableau 34 : Gestion de l'azote et indicateurs environnementaux de la ferme moyenne « Zone vulnérable » et de la ferme moyenne « Hors zone vulnérable » - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

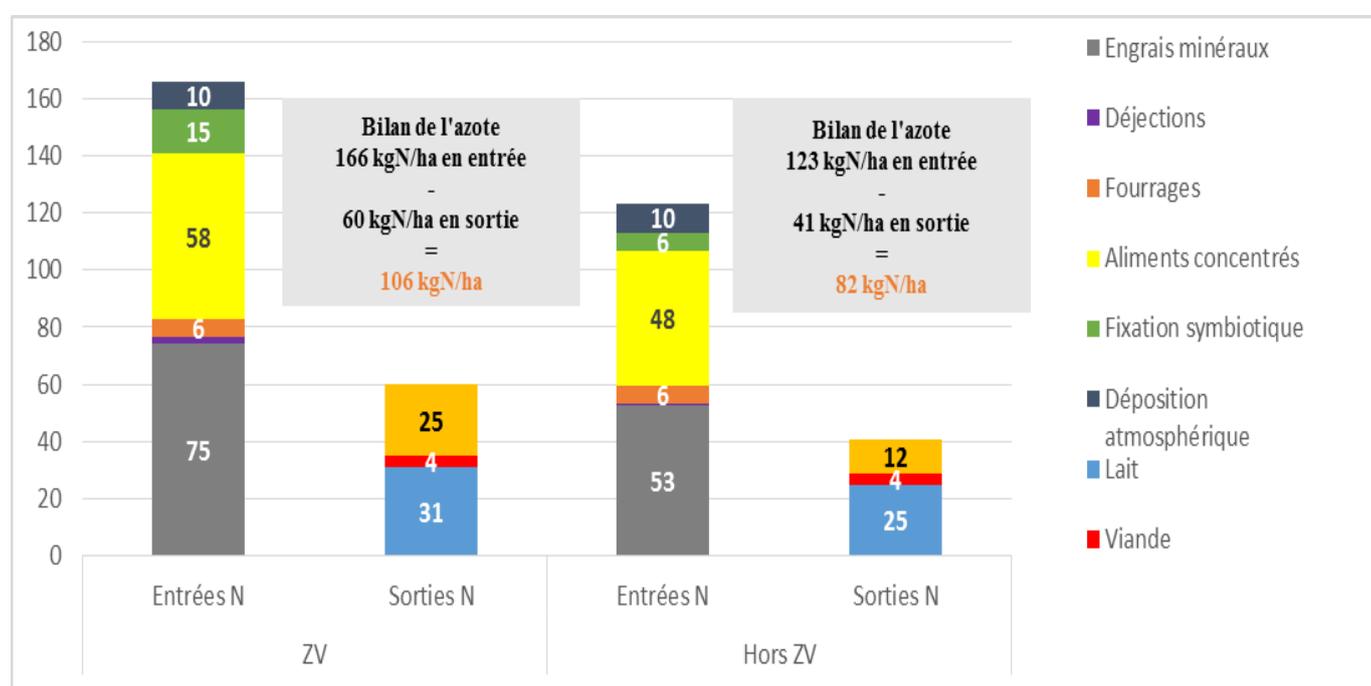
	Zone vulnérable	Hors zone vulnérable
Nmin herbe / ha	57	39
Nmin maïs/ha	65	55
Nmin cultures/ha	104	72
Pression Nmin/ha	75	53
Pression Norg/ha	104	92
Pression Ntotal / ha	179	145
BGA (KgN/ha)	29	10
Bilan /ha : N hors fixation	82	66
Bilan /ha : fixation + déposition	106	82
Stockage N en kgN/ha	11	31
Pertes gazeuses KgN / ha	34	29
Potentiel de lessivage	63	33
Efficacité N	39%	39%

La pression d'azote minérale totale est plus élevée pour l'élevage moyen « zone vulnérable », ce qui est expliqué par une fertilisation plus importante des prairies, du maïs et des cultures de vente et par la part respective de l'occupation de ces dernières dans la SAU. La pression d'azote organique est également légèrement plus élevée (+12kg/ha SAU). La combinaison des deux traduit ainsi une pression d'azote totale de 179kgN/ha en zone vulnérable contre 145 kgN/ha hors zone vulnérable.

La balance globale azotée est ainsi en moyenne de 29kg/ha pour la zone réglementée contre 10kg/ha pour la zone sans « contraintes ».

Le système plus intensif de la zone vulnérable conduit à un surplus d'azote à l'échelle globale de l'exploitation de 106 kgN/ha SAU en incluant la fixation symbiotique et la déposition atmosphérique, engendrant des pertes potentielles par lessivage plus marquées avec en moyenne 63kgN/ha. Ce potentiel de perte par lixiviation est quasiment divisé par deux dans l'élevage moyen « hors zone vulnérable ». Les pertes gazeuses sont sensiblement identiques dans les 2 cas.

Figure 29 – Postes du bilan apparent de l'azote pour les 2 élevages moyens – Postes exprimés en KGN/ha SAU - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013



Le niveau d'azote total importé sur l'élevage « Zone vulnérable » est de 166 kgN/ha SAU, soit 43 kg de plus que l'élevage « Hors zone vulnérable », ce qui est principalement dû au engrais minéraux achetés. Il est intéressant de noter que la fixation symbiotique y est plus marquée (les prairies permanentes hors zone vulnérable sont pauvrement pourvues de légumineuses).

L'élevage ZV étant plus productif et intégrant une part de cultures de vente non négligeable, les sorties d'azote (lait et cultures) sont donc plus importantes.

4.1.6 DESCRIPTION DES SYSTEMES OPTIMISES (PAR TYPE DE SYSTEME)

Pour chaque système d'élevage laitier, une comparaison entre les systèmes les plus performants et les moins performants sur la gestion globale de l'azote a été conduite. Le critère de performance repose sur le surplus d'azote à l'échelle de l'exploitation. Les 20% les plus performantes sont comparées aux 20% les moins performantes sur les différents indicateurs de structure, de pratiques, économiques et environnementaux afin de dégager les principales tendances.

Cette analyse n'a pu être conduite sur les systèmes de plaine herbagers dont le nombre est trop limité.

L'ensemble des informations est disponible dans le tableau n°35.

Les élevages laitiers de plaine à plus de 30% de maïs dans la SFP

Les élevages les plus performants sur le critère surplus de l'azote se situent principalement en zone vulnérable et affichent un surplus par ha d'environ 80kgN/ha contre 110 kgN/ha pour les moins performants. Ces élevages optimisés sont légèrement moins grands et moins intensifs, aussi bien à l'ha qu'à l'animal que les autres élevages. Ils dégagent cependant une valeur ajoutée par UMO sensiblement plus élevée et ont surtout un rapport EBE/PB supérieur, traduisant une bonne efficacité économique. L'utilisation de concentrés alimentaires semble bien maîtrisée à la vue des niveaux de production laitière, traduisant également un coût alimentaire faible comparativement à l'ensemble des systèmes.

L'azote minéral est utilisé de façon plus parcimonieuse, malgré une surface en cultures de vente plus prononcée. La BGA est ainsi plus faible, reflétant une bonne maîtrise de la fertilisation globale.

L'efficacité globale de l'azote à l'échelle de l'exploitation est de 45%, soit 13% de plus que les élevages les moins performants.

Les élevages laitiers de plaine avec 10 à 30% de maïs dans la SFP

Les élevages affichant un faible surplus d'azote (54 kgN/ha en moyenne) exploitent une SAU et un nombre d'UGB plus faibles que les élevages à fort bilan apparent de l'azote (138 kgN/ha). Toutefois, l'occupation du sol est équivalente, avec une seule petite différence concernant la part de maïs dans la SFP. Le chargement à l'ha est identique, mais la production par vache de 1000 litre supérieure dans les élevages les moins performants, permise par une consommation accrue de concentrés, conduit à une production plus importante à l'ha de SFP. La fertilisation minérale est également doublée par ha pour le second groupe (+48 kgN minéral / ha).

La valeur ajoutée est toutefois plus faible dans les élevages du haut de tableau, qui affichent également un coût de production plus élevé.

Les élevages de montagne et piémonts (herbagers et maïs)

Dans les 2 systèmes de montagne, les élevages performants sont moins productifs à l'animal et à la surface. L'intensification associée aux systèmes moins performants nécessite un fort recours aux concentrés alimentaires, mais également à la fertilisation minérale. Les coûts de production y sont cependant plus modérés.

Dans les deux systèmes, la bonne efficacité de l'utilisation de l'azote est l'un des paramètres qui ressort pour les élevages optimisés.

Tableau 35 : Comparaison entre les élevages laitiers spécialisés les plus et les moins performants sur la gestion globale de l'azote - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

	Plaine Maïs		Plaine Herbe/Maïs		Montagne Herbe		Montagne Maïs	
	Performant	Moins performant	Performant	Moins performant	Performant	Moins performant	Performant	Moins performant
% d'exploitation en zone vulnérable	89	78	77	53	0	0	9	4
Surface Agricole Utile (ha)	97	104	89	101	98	76	72	67
Nombre d'UGB	87	115	85	99	73	76	66	95
Lait produit l/VL	7361	8040	6771	7661	5519	6702	6688	7935
Lait produit l/ha SFP	8027	9521	5781	7037	2985	4709	5241	9030
Chargement apparent UGB/ha	1.53	1.70	1.31	1.33	0.82	1.03	1.13	1.68
Quantité de concentré pour VL /VL	1405	1864	1135	1800	926	2101	1526	1991
Quantité de concentré pour VL /l	185	231	163	234	166	313	229	254
Taux de renouvellement %	31	34	34	35	28	28	29	31
SFP / SAU	0.67	0.72	0.77	0.78	0.97	0.95	0.88	0.89
Culture sur SAU	0.33	0.28	0.23	0.22	0.03	0.05	0.12	0.11
Surface en herbe / SFP	0.58	0.56	0.80	0.75	0.99	0.98	0.80	0.68
Pression Nmin/ha	64	110	43	91	14	47	38	85
Bilan /ha : fixation + déposition	79	157	54	138	25	86	55	152
Potentiel de lessivage	45	108	12	92	0	11	10	92
Efficienc N	0.45	0.32	0.52	0.28	0.57	0.28	0.46	0.29
BGA (KgN/ha)	25	61	-11	48	-19	4	1	46
Valeur ajoutée exploitation / UMO	39921	38101	37612	40746	27417	24009	20768	22985
% EBE /PB	36	28	35	33	44	35	33	29
Cout de production hors charges supplétives Bovins lait	334	368	373	360	484	442	414	373
BLCP Coût de l'alimentation (€/1000l)	91	121	78	109	92	152	98	134

4.2 BOVINS VIANDE

4.2.1 LES SYSTEMES D'ÉLEVAGE BOVINS VIANDE ET LA GESTION DE L'AZOTE

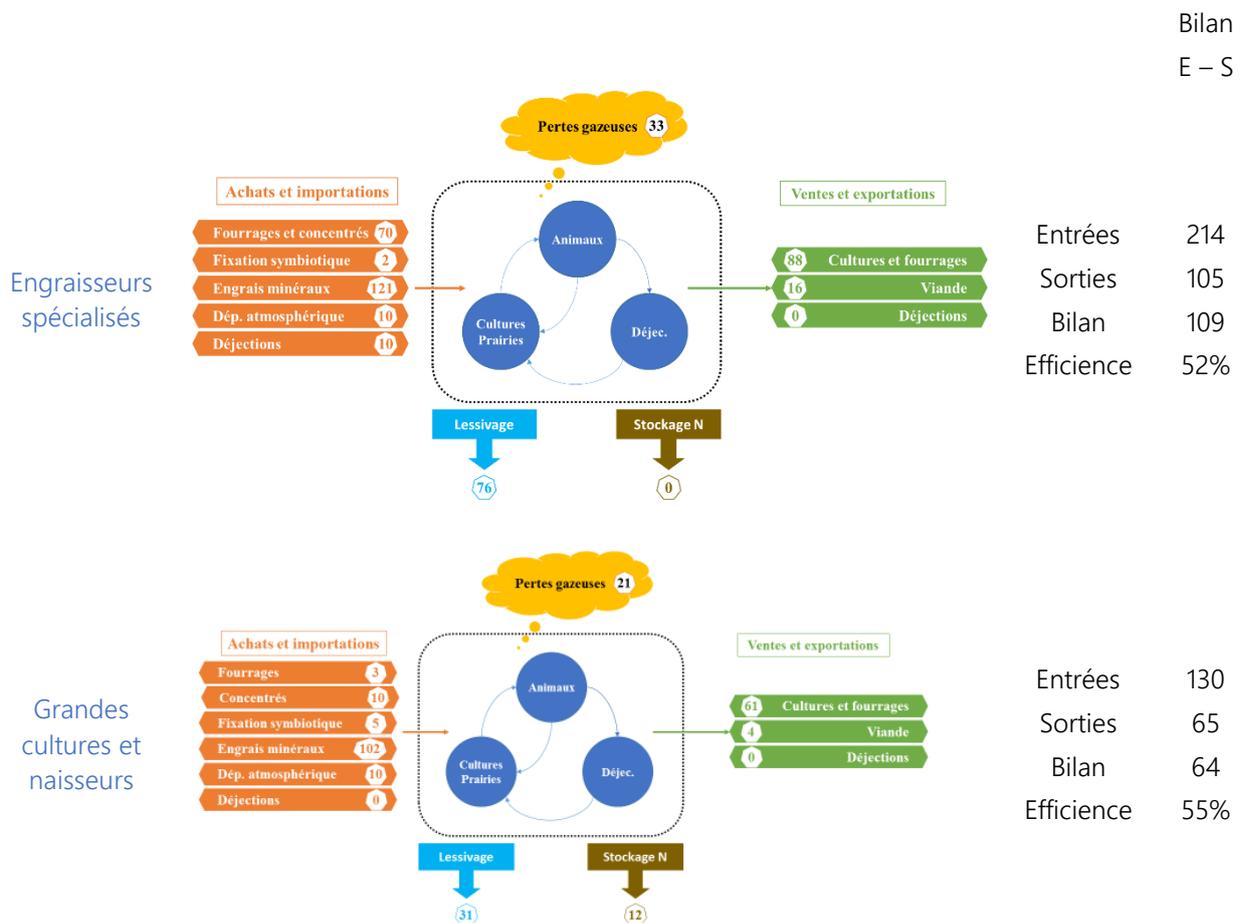
Les 8 grandes familles de systèmes viande, ont été présentés précédemment dans ce document et sont pour rappel :

- Elevages spécialisés naisseur-engraisseur du bassin de production allaitant
- Elevages spécialisés naisseur-engraisseur de la zone Ouest
- Systèmes spécialisés naisseur de la zone allaitante
- Systèmes naisseurs plus intensifs du Sud-Massif Central et de l'Ouest
- Systèmes en polyculture-élevage naisseurs engraisseurs
- Systèmes en polyculture-élevage naisseurs
- Elevages naisseurs engraisseurs de veaux sous la mère
- Systèmes engraisseurs

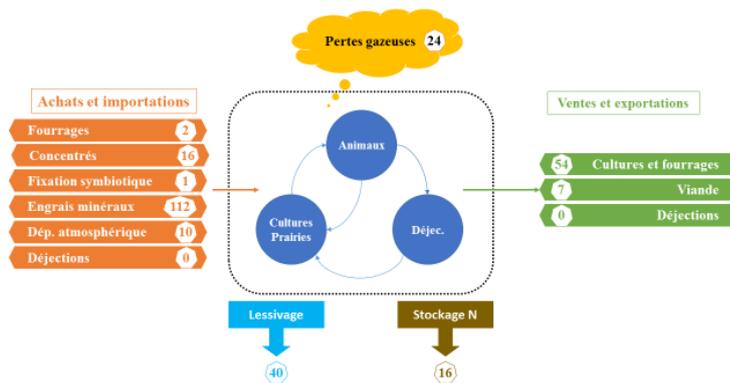
A l'image de l'analyse réalisée pour les systèmes laitiers, la figure 30 présente les données issues du traitement de la base de données Inosys-Réseau d'Élevage pour la période 2009-2013. Ces données illustrent la variabilité des flux d'azote et des niveaux de surplus entre systèmes de production.

Mis à part les systèmes engraisseurs spécialisés qui intègrent également des surfaces en cultures de vente importantes et présentent des risques de lixiviation les plus élevés, les autres systèmes viande affichent des bilans azotés très modérés et des risques de pertes vers l'environnement faibles à modérés.

Figure 30 : Flux d'azote moyens (en kgN/ha SAU/an) et bilans d'azote par type de systèmes viande - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013

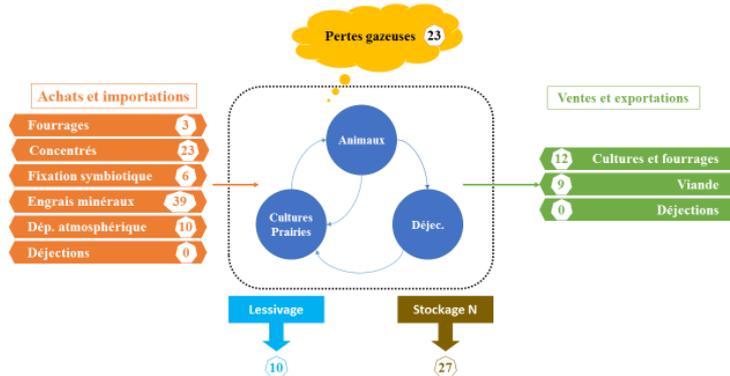


Grandes cultures et naisseurs engraisseurs



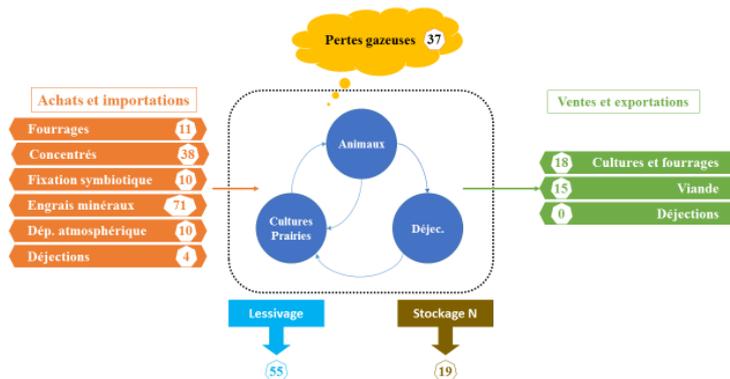
Entrées	141
Sorties	61
Bilan	80
Efficience	47%

Naisseurs engraisseurs spécialisés bassin allaitant



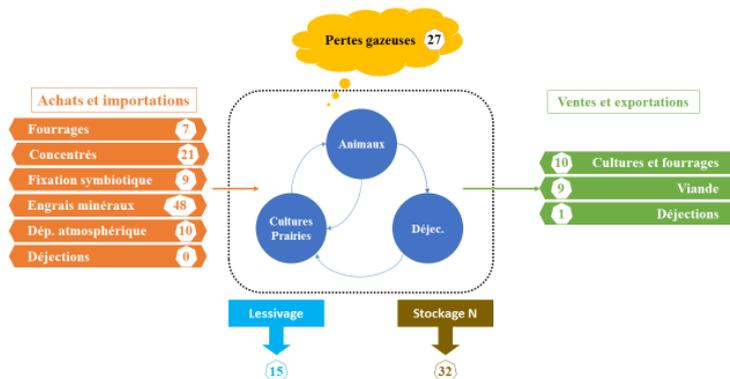
Entrées	81
Sorties	21
Bilan	60
Efficience	33%

Naisseurs engraisseurs spécialisés de l'Ouest



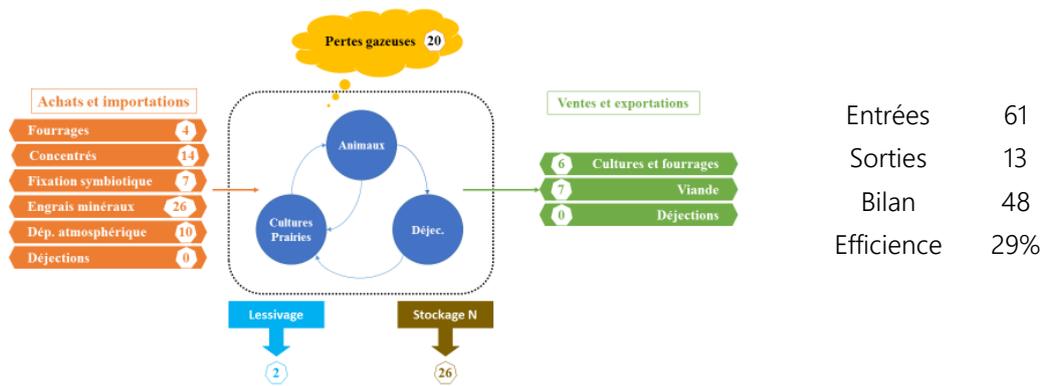
Entrées	144
Sorties	33
Bilan	111
Efficience	25%

Naisseurs spécialisés intensifs

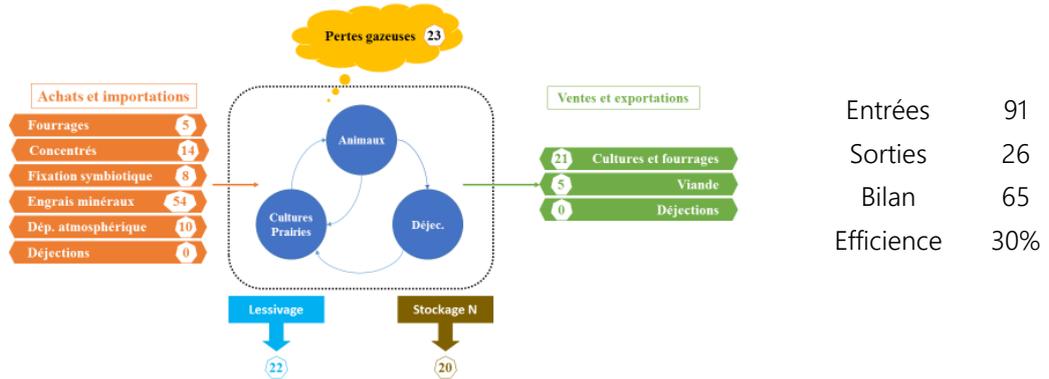


Entrées	95
Sorties	20
Bilan	75
Efficience	26%

Naisseurs
Spécialisés
Zone
allaitante



Veaux sous la
mère

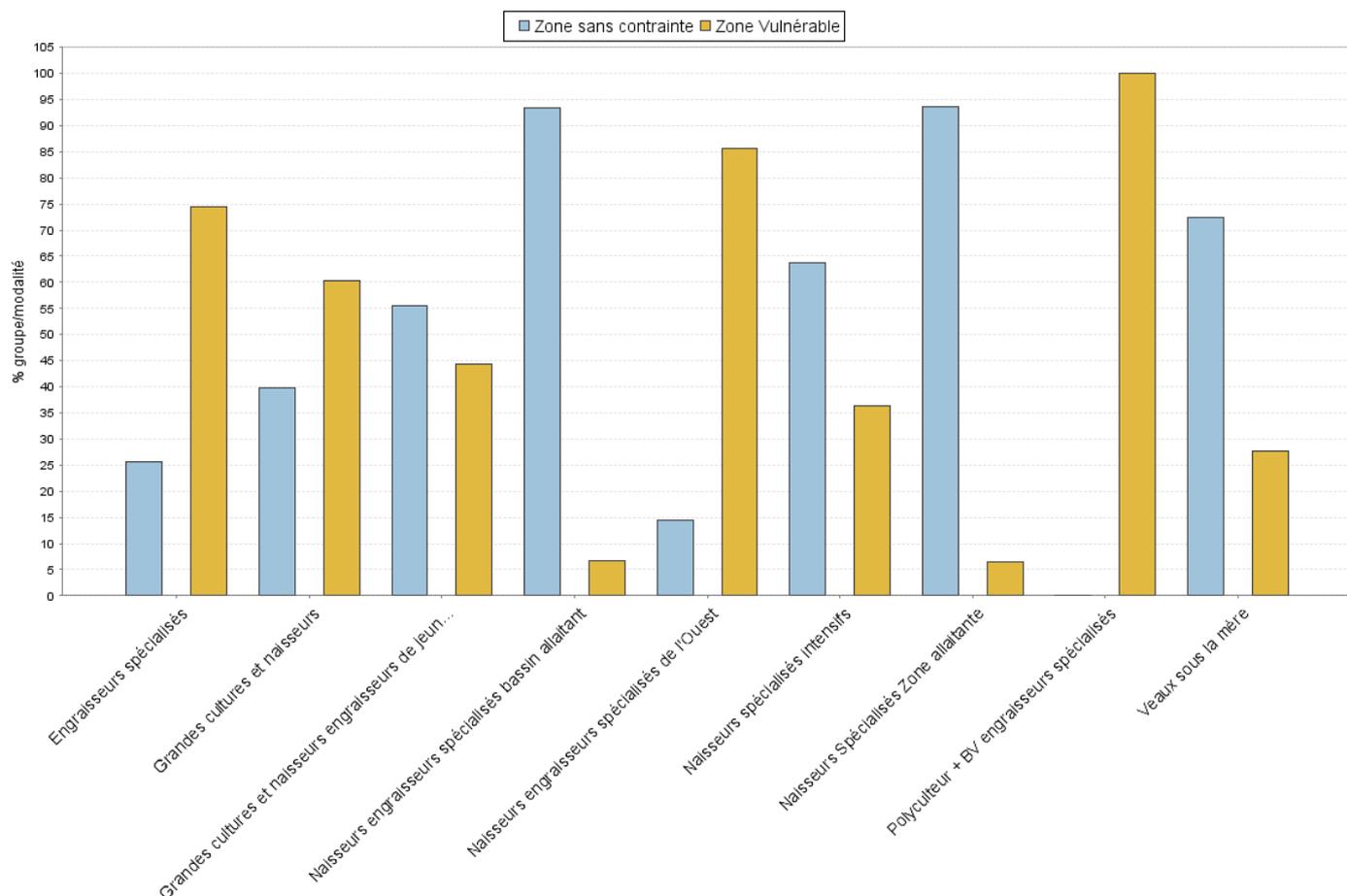


Sur l'ensemble des élevages spécialisés, comme il a été observé sur les fermes expérimentales, l'efficacité de l'azote est très faible, en lien avec le faible taux de conversion de l'azote à l'échelle de l'animal qui avoisine en moyenne les 17% pour la vache allaitante et 19 % pour le jeune bovin viande (Peyraud et al., 2013).

Dans ces élevages spécialisés, l'azote minéral constitue le principal poste d'entrée au niveau de l'azote, alors que les achats d'aliment (fourrages et concentrés) sont assez faibles, hormis les systèmes naisseurs engraisseurs de l'ouest et les engraisseurs.

Comme présenté dans le graphique suivant, le territoire hors zone vulnérable est principalement caractérisé par des élevages naisseurs spécialisés (la majeure partie de la zone allaitante est hors zone vulnérable), alors que la zone vulnérable accueille majoritairement les systèmes grandes cultures et naisseurs, ainsi qu'une partie des naisseurs-engrailleurs de l'ouest.

Figure 31 : Typologie des systèmes hors et en zone vulnérable - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013



La réponse de cette répartition des systèmes d'élevage de bovins viande sur le plan environnementale est un bilan apparent de l'azote plus marqué en zone vulnérable (84 kgN/ha contre 58 kgN/ha hors zone vulnérable) et des pertes potentielles par lessivage plus importantes (différentiel de + 27 kgN/ha en zone vulnérable), en lien avec des systèmes plus consommateurs d'intrants azotés et notamment d'engrais minéraux.

Tableau 36 : Moyenne des indicateurs liés à l'azote dans les élevages de bovins viande hors zone et en zone vulnérable - données Inosys Réseau d'Élevage, 2009-2013

	Hors zone vulnérable	En zone vulnérable
Bilan /ha : fixation + déposition (kgN/ha)	58	84
Stockage N en kgN/ha	23	16
Pertes gazeuses KgN / ha	22	27
Potentiel de lessivage (kgN/ha)	13	40
Efficience N (%)	35%	41%
Pression Nmin/ha	50	89
Pression Norg/ha	73	78
Pression Ntotal / ha	124	168

5 EVOLUTION DES SYSTEMES LAITIERS ENTRE 2000 ET 2010

5.1 EVOLUTION DES STRUCTURES LAITIÈRES

5.1.1 ACCROISSEMENT DE LA TAILLE DES ELEVAGES AU DETRIMENT DE LEUR NOMBRE

Entre l'instauration des quotas laitiers en 1984 et leur suppression en avril 2015, le nombre d'exploitations laitières a fortement diminué (-84%) pour passer de 427 000 à environ 68 000. Pour autant, la référence laitière nationale a vu une progression d'environ 9% entre les campagnes 2004/2005 et 2014/2015. Cette réduction du nombre d'exploitations détentrices d'un quota laitier et cette augmentation de la production laitière sont synonymes d'un changement des structures laitières et notamment de leur agrandissement. Ainsi, entre les 2 recensements agricoles de 2000 et 2010, la surface des exploitations laitières a augmenté en moyenne de 36% (44% pour les élevages situés en plaine), et la référence laitière par élevage de plus de 65%, traduisant l'accroissement de la taille moyenne du cheptel par élevage (+40%). (Sources : FranceAgrimer, Agreste).

Cette évolution constatée à l'échelle nationale est également retrouvée à l'échelle du dispositif Inosys-Réseau d'Élevage. En effet, l'analyse des structures laitières spécialisée entre les périodes 2004-2004 et 2009-2013 montre cette même évolution des structures de production.

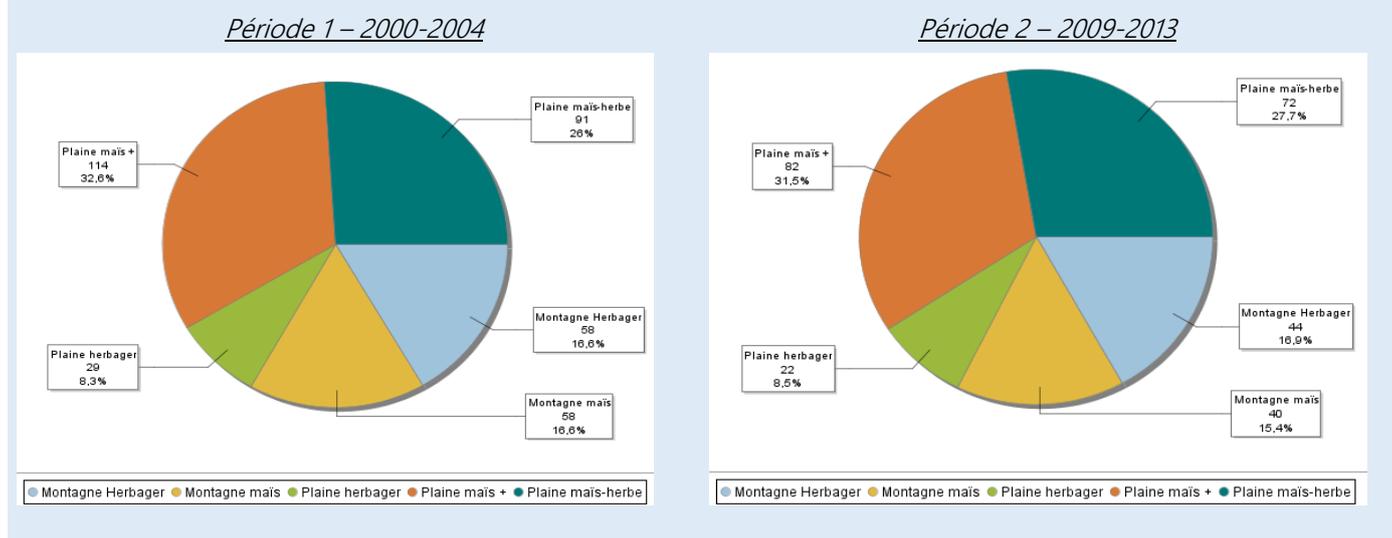
L'analyse de la base de données Inosys-Réseaux d'élevage a porté sur l'ensemble des élevages laitiers, sans atelier de cultures de vente prépondérant, suivis au cours de ces 2 périodes pour lesquels le nombre d'UGB lait représentait plus de 80% des UGB totaux présents sur chaque exploitation.

Les exploitations disposant d'un atelier hors-sol, ovin, caprin ou équin ont été écartées.

Pour chacune des 2 périodes, une moyenne des différents indicateurs techniques et environnementaux a été réalisée pour chaque exploitation afin de s'affranchir d'un effet année.

La représentativité de chaque système laitier (montagne herbager, montagne maïs, plaine herbager, plaine herbe/maïs et plaine maïs) pour les 2 périodes est comparable comme présenté dans les 2 graphiques ci-dessous.

Figure 32 et Figure 33 : Part de chaque système laitier au cours des 2 périodes de suivi - - données Inosys Réseau d'Élevage, 2000-2004 et 2009-2013



Comme le montrent les tableaux suivants, l'évolution constatée sur le jeu de données Inosys par système d'élevage laitier est du même ordre de grandeur que celle constatée à l'échelle nationale d'après les 2 recensements agricoles de 2000 et 2010.

En effet, d'après les données Agreste, l'évolution de la SAU moyenne des élevages laitiers nationaux est passée de 70 ha en 2000 à 95 ha en 2010, soit une augmentation de 36%. Cette même évolution est constatée sur la base de données Inosys Réseaux d'Élevage, avec une augmentation de 32%, la SAU passant de 71 ha à 94 ha en moyenne.

Les mêmes tendances d'évolution sont observées pour le nombre de vaches laitières présentes par exploitation, avec un accroissement de 40 % entre les recensements de 2000 et 2010, alors que le taux observé sur la base de données Inosys affiche une valeur de 32%. Cette évolution est sensiblement moins marquée mais à mettre en lien à la taille moyenne des élevages présents dans le réseau, plus élevée que la ferme moyenne laitière française.

Ainsi, la ferme laitière moyenne du réseau Inosys était constituée d'un troupeau de 46 vaches en 2000 (35 vaches dans le cadre du recensement), et de 61 vaches en 2010 (49 vaches d'après les données Agreste de 2010).

Cette différence en termes de taille de troupeau explique les écarts observés entre les références laitières moyennes observées entre les données du recensement et du réseau Inosys. En 2010, la ferme moyenne française présente une référence de 323 000 litres de lait, contre 443 000 dans le réseau Inosys. Dans les 2 cas, l'augmentation entre les périodes 2000 et 2010 est d'environ 130 000 litres par exploitation.

Tableau 37 : Taille et productivité apparente des élevages laitiers – Sources : SSP – Agreste – Recensements agricoles 2000 et 2010 – Traitement Institut de l'Elevage

Année	SAU moyenne (ha)	Nombre moyen de vaches laitières	Référence laitière (1000 l)
2000	70	35	193
2010	95	49	323
Evolution	+36%	+40%	67%

Tableau 38 : Evolution de la taille des élevages laitiers entre 2000-2004 et 2009-2013 - données Inosys Réseau d'Elevage

		SAU moyenne (ha)	Nombre de vaches laitières	Référence laitière (l)
Période 2000-2004	Montagne herbager	66	39	226 778
	Montagne maïs	60	39	256 576
	Plaine herbager	83	49	269 451
	Plaine maïs/herbe	80	50	332 974
	Plaine maïs	70	51	363 898
	Moyenne	71	46	307 525
Période 2009-2013	Montagne herbager	92	51	331 074
	Montagne maïs	85	55	394 029
	Plaine herbager	106	62	389 766
	Plaine maïs/herbe	90	60	425 425
	Plaine maïs	99	71	557367
	Moyenne	94	61	443 223
Evolution en % entre les 2 périodes	Montagne herbager	39%	33%	46%
	Montagne maïs	43%	40%	54%
	Plaine herbager	27%	27%	45%
	Plaine maïs/herbe	13%	20%	28%
	Plaine maïs	40%	40%	53%
	Moyenne	32%	32%	44%

5.1.2 AUGMENTATION DE LA PRODUCTION A L'ECHELLE DE L'ANIMAL

A l'échelle nationale, le nombre de vaches laitières a baissé de près de 16% entre 2000 et 2014 (4 424 milliers de tête en 2000 contre 3 725 milliers en 2014), induisant avec les informations précédentes et l'augmentation de la référence laitière globale une augmentation de la production moyenne de lait par vache (tableau n°39). (Source GEB, Institut de l'Élevage).

Tableau 39 : Les rendements laitiers moyens (lait produit) – Sources ; GEB – Institut de l'Élevage

Année	Lait produit par vache (l/an)
1998	4 875
2010	6 232
Evolution	+28%

Les élevages suivis dans le cadre des réseaux d'élevage sont plus productifs à l'animal que la moyenne nationale (tableau n°40) quelles que soient les périodes de suivi considérées. Néanmoins, le gain de productivité par vache entre les 2 périodes analysées est de 9%, contre 28 % à l'échelle de la France, et assez homogène entre les différents systèmes de production.

Tableau 40 : Evolution de la production laitière par vache (l) entre 2000-2004 et 2009-2013 - données Inosys Réseau d'Élevage

		Lait produit l/VL
Période 2000-2004	Montagne herbager	5 854
	Montagne maïs	6 633
	Plaine herbager	5 650
	Plaine maïs/herbe	6 683
	Plaine maïs	7 142
	Moyenne	6 601
Période 2009-2013	Montagne herbager	6 447
	Montagne maïs	7 206
	Plaine herbager	6 300
	Plaine maïs/herbe	7 212
	Plaine maïs	7 819
	Moyenne	7 196
Evolution moyenne	Montagne herbager	10%
	Montagne maïs	9%
	Plaine herbager	11%
	Plaine maïs/herbe	8%
	Plaine maïs	9%
	Moyenne	9%

Comment cette augmentation de la productivité par vache a-t-elle été permise ? A-t-elle été accompagnée d'une intensification des systèmes de production ?

Pour répondre à ces questions, et en se basant sur les exploitations laitières suivies dans le dispositif Inosys-réseau d'élevage, un regard a porté sur l'évolution de la consommation de concentrés alimentaires, mais également sur la progression de la production de lait par ha de SFP et du chargement animal.

Cette analyse a été menée dans un premier temps sur tous les systèmes laitiers confondus, puis s'est intéressée spécifiquement aux 5 systèmes de production (du Montagne herbager au système de plaine avec plus de 30 % de maïs dans la SFP). Quelques tests statistiques ont été réalisés pour se rendre compte de la significativité ou non des différences observées entre les 2 périodes.

Le tableau suivant rend compte de l'augmentation générale de la production de lait par ha de SFP, mais également de l'utilisation accrue de concentrés, qu'elle soit exprimée en kg par vache et par an ou en g par litre de lait produit. En parallèle, le chargement par ha de SFP n'a pas vu de changement.

Tableau 41 : Evolution de la consommation de concentrés, de la production de lait par ha de SFP et du chargement entre 2000-2004 et 2009-2013 en élevages laitiers - données Inosys Réseau d'Élevage

Indicateurs	Moyenne période 1	Moyenne période 2	P value
Concentrés kg/vache/an	1 388	1 590	< 0.01
Concentrés g/l lait	211	220	< 0.03
Production de lait l/ha SFP	6 070	6 504	< 0.05
Chargement UGB/ha SFP	1.42	1.37	NS

NB : lorsqu'elle est indiquée, la p value précise si les indicateurs sont significativement différents entre les 2 périodes

Ces quelques indicateurs et les informations présentées précédemment montrent bien que l'augmentation de la production laitière globale s'est traduite par une intensification de la productivité par animal, notamment par le biais d'une utilisation accrue de concentrés alimentaires.

Le chargement par ha de SFP n'a pas vu de modification répondant logiquement à l'évolution conjointe du nombre d'animaux et de la surface exploitée par élevage.

Il est cependant intéressant de constater que ces évolutions n'ont pas été tout à fait identiques au sein même des systèmes d'élevage (tableau n°42). En effet, aucune différence significative n'est constatée pour les 4 indicateurs dans les systèmes herbagers de montagne et piémonts. L'augmentation de la production laitière affichée pour ce système fourrager s'est traduite par une légère augmentation (non significative statistiquement) de la quantité annuelle de concentrés distribués aux vaches.

La production de lait par ha de SFP dans les systèmes maïs de montagne est restée stable. L'emploi de concentrés a augmenté significativement (par vache et par litre de lait produit), expliquant les 9% supplémentaires de production de lait par vache.

Pour les 2 systèmes de plaine à plus de 10% de maïs dans la SFP, la distribution de concentrés par vache a augmenté significativement, mais ne s'est pas traduite par une augmentation significative par litre de lait produit.

La progression de la productivité de lait à l'ha de SFP n'est quant à elle significative que pour le système herbe/maïs.

Enfin, le chargement n'a vu aucune modification significative entre les 2 périodes de suivi, quels que soient les systèmes laitiers étudiés.

Tableau 42 : Evolution de la consommation de concentrés, de la production de lait par ha de SFP et du chargement entre 2000-2004 et 2009-2013 par systèmes d'élevage laitier - données Inosys Réseau d'Elevage - données Inosys Réseau d'Elevage

Indicateurs		Montagne herbager	Montagne maïs	Plaine herbager	Plaine herbe/maïs	Plaine maïs
Concentrés kg/vache/an	Période 1	1 532	1 498	1 282	1 206	1 432
	Période 2	1 647	1 821	1 467	1 381	1 663
	P value	NS	< 0.01	NS	< 0.03	< 0.01
Concentrés g/l lait	Période 1	261	226	224	179	200
	Période 2	254	253	227	190	211
	P value	NS	< 0.02	NS	NS	NS
Production de lait l/ha SFP	Période 1	4 016	5 809	4 112	5 724	8 023
	Période 2	4 062	5 961	4 800	6 333	8 688
	P value	NS	NS	NS	< 0.03	NS
Chargement UGB/ha SFP	Période 1	1.04	1.31	1.21	1.41	1.72
	Période 2	0.97	1.25	1.23	1.39	1.68
	P value	NS	NS	NS	NS	NS

5.2 INCIDENCE DES EVOLUTIONS SUR LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT

5.2.1 LE BILAN APPARENT DE L'AZOTE

Avec l'agrandissement des structures laitières et l'évolution de la productivité des vaches permise par l'augmentation de l'utilisation des concentrés alimentaires, une incidence pourrait-être attendue sur le bilan global de l'azote.

La comparaison entre les bilans apparents de l'azote de chaque système et l'ensemble des élevages laitiers sur les deux périodes de suivi permet d'évaluer cette incidence. Le bilan apparent de l'azote utilisé ne comptabilise pas la fixation symbiotique et la déposition atmosphérique.

Les informations présentées dans le tableau suivant montrent une tendance globale à la baisse du surplus azoté au sein de chacun des systèmes d'élevages, sauf pour les systèmes herbe/maïs, mais également d'un point de vue plus général. Cette tendance à la baisse n'est toutefois pas significative d'un point de vue statistique (comparaison de moyenne). Il est intéressant de noter qu'il y a globalement un resserrement des bilans entre les 2 périodes. (Tableau n°43).

Tableau 43 : Evolution de l'excédent du bilan apparent de l'azote (hors fixation et déposition atmosphérique) dans les élevages laitiers entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Moyenne période 1 (kgN/ha)	Moyenne période 2 (kgN/ha)	P value
Tous systèmes	74	71	NS
Montagne herbager	48	45	NS
Montagne maïs	77	73	NS
Plaine herbager	56	48	NS
Plaine maïs/herbe	69	72	NS
Plaine maïs	94	90	NS

En conclusion, l'agrandissement des structures laitières et l'intensification de la productivité par vache n'ont pas été accompagnés par une dégradation du bilan apparent de l'azote et donc d'un accroissement des surplus azotés.

Les différents postes du bilan apparent de l'azote sont proposés dans le tableau suivant.

Tableau 44 : Les postes du bilan apparent de l'azote en kgN/ha de SAU (hors fixation et déposition atmosphérique) dans les élevages laitiers entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

Périodes	Montagne herbager		Montagne maïs		Plaine herbager		Plaine herbe/maïs		Plaine maïs		Tous systèmes confondus	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Engrais min	41	35	67	53	53	41	68	66	88	84	68	62
Concentrés	29	32	45	57	29	39	39	46	58	69	44	52
Fourrages	4	5	5	5	6	8	4	6	4	6	4	6
Déjections	0	1	0	2	1	1	5	4	9	3	4	3
Total entrées	75	73	117	116	89	88	116	123	158	161	121	123
Lait	18	19	24	27	19	22	23	26	29	32	24	27
Viande	3	3	5	5	5	6	5	5	6	6	5	5
Cultures	5	5	10	11	9	11	18	19	29	31	17	18
Fourrages	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Déjection	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Total sorties	27	29	41	43	33	40	47	51	64	71	47	51
Bilan	48	45	77	73	56	48	69	72	94	90	74	71

L'analyse des différents postes du bilan apparent de l'azote reprécise l'évolution de la part de concentrés achetés sur l'exploitation (ici exprimée en kg d'azote par ha de SAU), mais également un maintien (systèmes maïs et système herbe/maïs de plaine), voire une réduction de l'utilisation d'engrais minéraux azotés (systèmes herbagers de montagne et de plaine et système montagne maïs). Ainsi, les entrées azotées sur ces élevages laitiers n'ont pas évolué.

Les sorties d'azote ont légèrement augmenté, notamment via le lait (3 kgN/ha de SAU en moyenne).

5.2.2 UNE AMELIORATION DE LA GESTION DE LA FERTILISATION DANS LES SYSTEMES LAITIERS SPECIALISES

Le poste « engrais minéraux » dans les entrées du bilan de l'azote vu ci-dessus montre une réduction globale de l'utilisation d'azote sous forme minérale. Cette réduction a été permise par une amélioration de la gestion globale de la fertilisation comme le confirme les balances globales azotées décrites dans le tableau n°45.

Tableau 45 : Balance Globale Azotée en kgN/ha de SAU dans les élevages laitiers entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Période 1	Période 2	Réduction
Montagne herbager	-4	-6	38%
Montagne maïs	22	14	39%
Plaine herbager	0	-15	97%
Plaine herbe/maïs	23	20	10%
Plaine maïs	48	32	32%
Tous systèmes confondus	25	16	36%

La fertilisation minérale des prairies a été fortement réduite entre les 2 périodes de suivi, comme le montre le tableau n°46, certainement en lien avec une meilleure prise en compte de l'azote fixée par les légumineuses et l'évolution des prescriptions liées au pilotage de la fertilisation.

Tableau 46 : Utilisation de l'azote sous forme minérale pour les 3 principales cultures (herbe-maïs-cultures de vente) en kgN/ha dans les élevages laitiers entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Élevage 2000-2004 et 2009-2013

	Herbe		Maïs		Cultures de vente	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
Montagne herbager	39	31	3	17	42	52
Montagne maïs	58	39	95	72	77	88
Plaine herbager	43	29	32	25	64	67
Plaine herbe/maïs	58	49	71	70	95	101
Plaine maïs	85	64	78	69	96	117
Tous systèmes confondus	62	47	63	57	81	93

Il est intéressant de noter également la réduction de la fertilisation minérale sur maïs, notamment dans les systèmes maïs de montagne et de plaine.

Seules les cultures de vente montrent une augmentation de cette fertilisation minérale, quels que soient les systèmes laitiers. Cette augmentation de la fertilisation est cependant à mettre en relation avec l'augmentation des rendements entre les 2 périodes de suivi. Cette évolution des rendements observés induit une augmentation des besoins en azote pour les cultures concernées, couverts en grande partie par des apports complémentaires en engrais minéral, notamment pour les céréales, en référence avec le calcul de dose d'apport d'azote basé sur la méthode du bilan du COMIFER.

Tableau 47 : Evolution des rendements des cultures de vente dans les élevages laitiers entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Élevage 2000-2004 et 2009-2013

	Rendements moyens période 1 (q/ha)	Rendements moyens période 2 (qt/ha)	Evolution	Besoins complémentaires en N des cultures (kgN/ha)
Avoine d'hiver	38	43	13.9%	11
Blé tendre	62	63	1.5%	3
Colza	24	33	37.0%	58
Maïs grain	81	88	8.4%	16
Orge hiver	56	57	3.3%	5
Triticale	45	50	12.5%	15

La pression d'azote organique, déterminée à partir des références réglementaires de rejets azotés établi dans le dernier programme d'action nitrate nationale, a été calculée sur les exploitations de la base de données Inosys-Réseau d'Élevage pour les 2 périodes de suivi.

L'évolution de cette pression organique est très peu marquée pour chacun des systèmes. Seul les systèmes de plaine à plus de 30% de maïs dans la SFP voient une baisse de 10 kg d'azote organique par ha de SAU.

La pression d'azote totale, qui fait le cumul entre l'azote organique produit par les animaux et l'azote minéral, affiche une réduction d'une dizaine de kg/ha de SAU en moyenne, hormis les systèmes herbe/maïs de plaine où cette baisse est beaucoup moins marquée (tableau n°48).

Tableau 48 : Pression d'azote minérale, organique et totale en kgN/ha dans les élevages laitiers entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Élevage 2000-2004 et 2009-2013

	N minéral (kgN/ha SAU)		N organique (kgN/ha SAU)		N total (min + org) (kgN/ha SAU)	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
Montagne herbager	41	35	86	82	127	117
Montagne maïs	67	53	102	98	168	151
Plaine herbager	53	41	95	96	147	137
Plaine herbe/maïs	68	66	104	103	172	169
Plaine maïs	88	84	118	108	205	191
Tous systèmes confondus	68	62	104	100	173	162

5.3 EVOLUTION DE LA SITUATION DANS LES ZONES VULNERABLES HISTORIQUES ENTRE 2000 ET 2010

5.3.1 PMPOA II ET PROGRAMMES D' ACTIONS NITRATES

Comme il a été présenté dans les parties précédentes, une amélioration de la gestion de la fertilisation a été observée sur l'ensemble des systèmes laitiers, quelle que soit la localisation des élevages sur le territoire national et tout porte à croire que le même constat est prévisible dans les élevages situés dans les zones vulnérables historiques de l'Ouest de la France, soit dans les Régions Bretagne, Pays-de-la-Loire et Normandie.

En effet, les programmes d'action nitrates qui se sont succédés entre 2000 et 2013 avaient comme principal objectif une amélioration de la gestion de l'azote via :

- La réduction de la pression d'azote d'origine organique, notamment dans les Zones en Excédent Structurel (ZES) avec un seuil fixé à 170kgN / ha SAU ;
- La couverture des sols pendant la période hivernale pour limiter les risques de lessivage ;
- L'amélioration de la gestion de la fertilisation par la mise en place d'un plan prévisionnel de fumure annuel ainsi que l'enregistrement des apports azotés dans un cahier d'épandage.

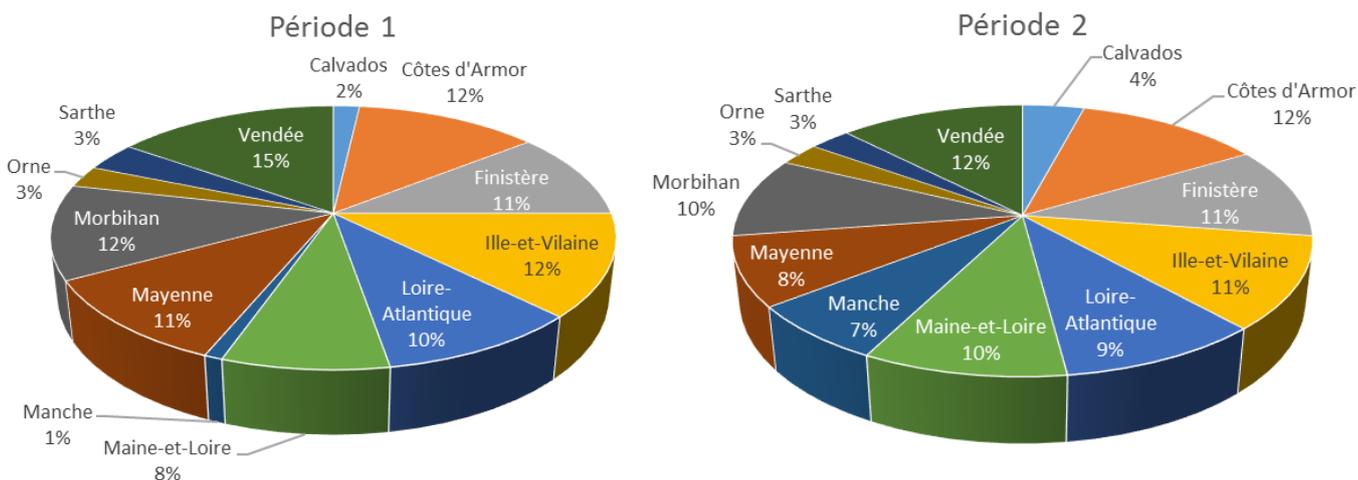
De plus, en 2002, le second programme de maîtrise de la pollution d'origine agricole (PMPOA 2) permettait aux éleveurs qui le souhaitaient de recourir à des aides pour mettre en conformité leur exploitation au regard de la gestion des effluents issus de leur élevage et qui s'engageaient à adopter des pratiques culturales conformes aux exigences environnementales et agronomiques de la réglementation. A l'échelle nationale, 53 000 élevages ont adhéré à ce programme, dont 27 100 exploitations laitières.

5.3.2 LES ELEVAGES ET LES DEPARTEMENTS CONCERNES

Pour analyser la réponse aux programmes d'action sur la gestion des effluents et des pratiques agronomiques, une analyse a été menée sur les systèmes laitiers spécialisés de plaine des régions concernées (hors exploitations en agriculture biologique).

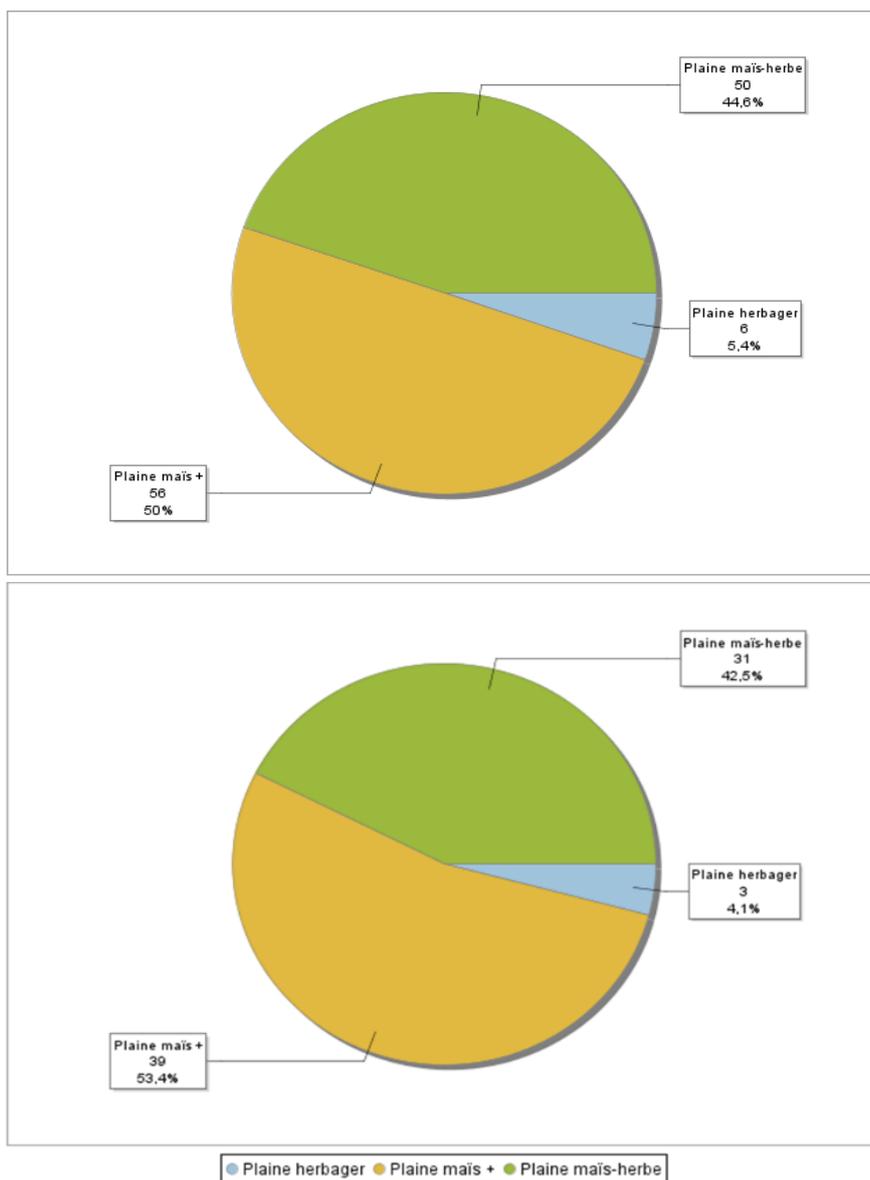
Les figures suivantes permettent de caractériser la localisation de ces élevages par département, ainsi que la représentation de chaque système d'élevage pour les 2 périodes concernées. Cette répartition est homogène entre la campagne de suivi 2000-2004 et 2009-2013.

Figure 34 et Figure 35 : Répartition des élevages laitiers spécialisés localisés en zone vulnérable par département au cours des 2 périodes de suivi - - données Inosys Réseau d'Elevage, 2000-2004 et 2009-2013



Pour chaque période, la part de chaque système laitier de plaine est proposée dans les 2 figures suivantes.

Figure 36 et Figure 37 : Part de chaque système laitier de l'Ouest situé dans la zone vulnérable au cours des 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage, 2000-2004 (graphe du haut) et 2009-2013 (graphe du bas)



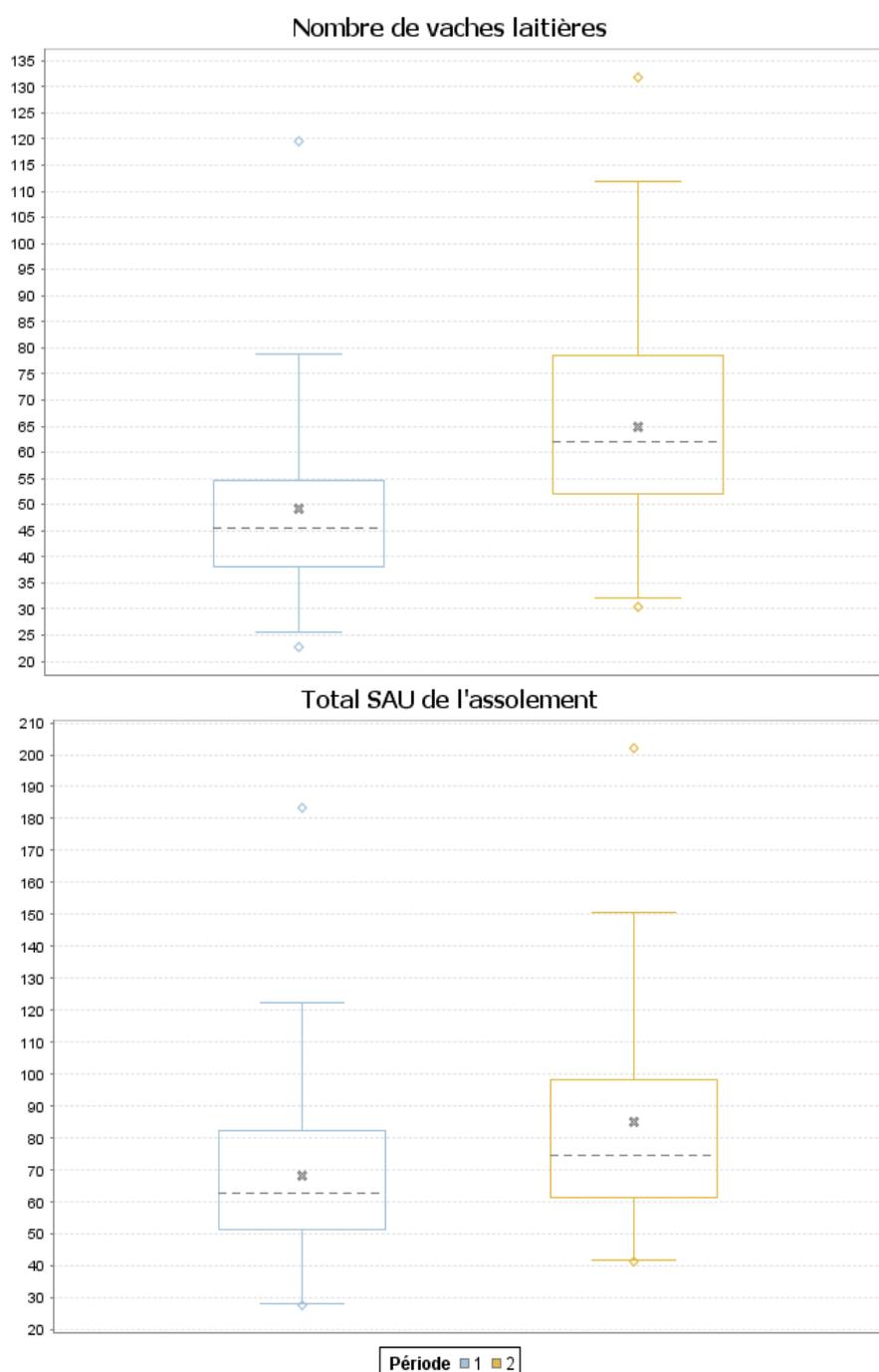
La répartition de ces systèmes (herbager – 10 à 30 % de maïs dans la SFP - >30% de maïs dans la SFP) est similaire entre les 2 périodes de suivi.

Il est intéressant de noter que les systèmes herbagers sont très peu représentés du fait du choix d'écarter de l'analyse les élevages en agriculture biologique.

5.3.3 RETOUR SUR L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES LAITIERS SPÉCIALISÉS DES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST

La trajectoire des systèmes laitiers spécialisés de l'Ouest a suivi la même évolution que l'ensemble des élevages laitiers français : augmentation de la taille de l'élevage en nombre d'UGB, mais également en surfaces exploitées. Le nombre de vaches laitières est passé en moyenne à 65 têtes par élevage sur la période 2009-2013, contre 49 en 2000-2004. La SAU est passée quant à elle de 68ha à 85ha avec une part de la SFP sensiblement équivalente entre les 2 périodes.

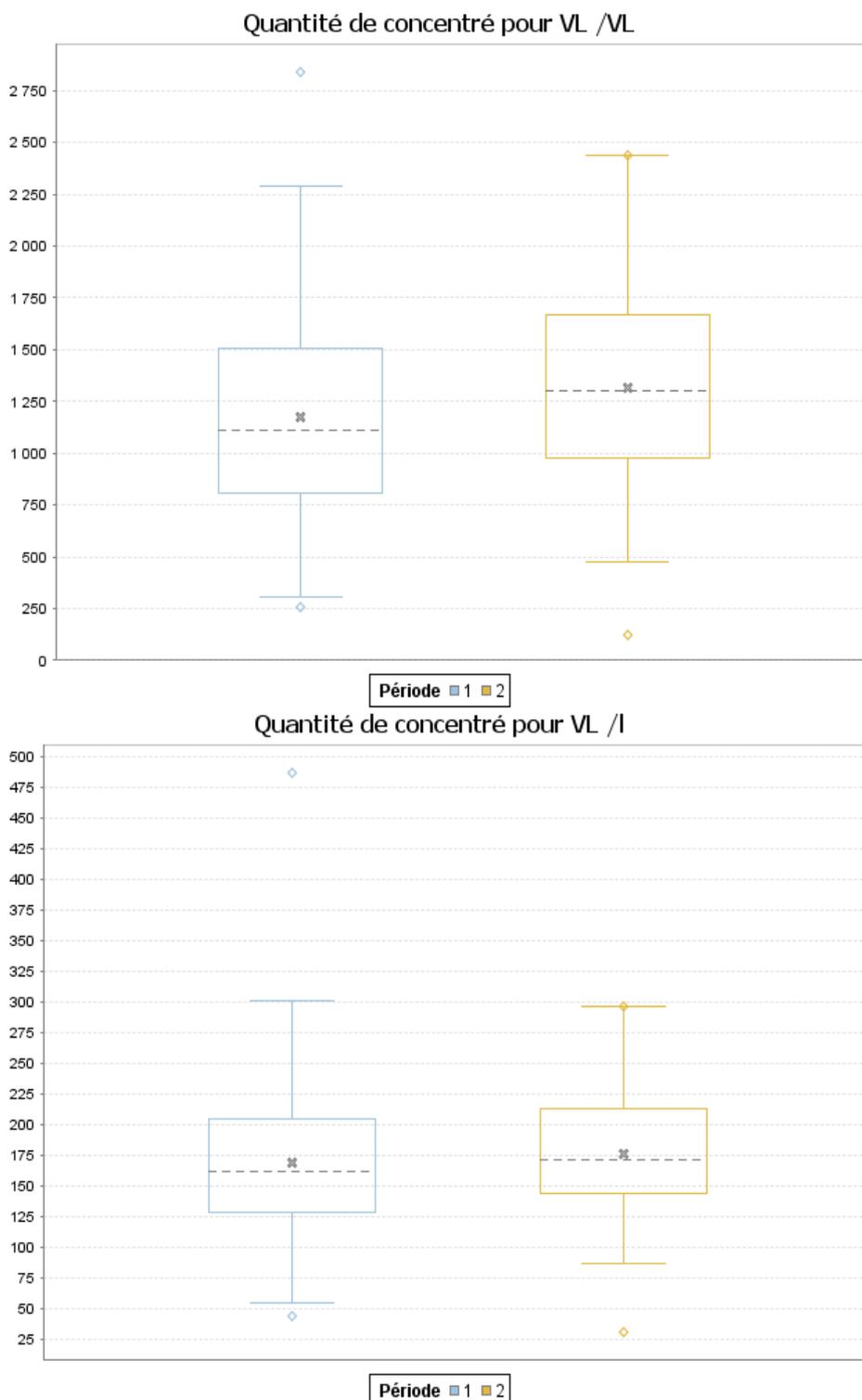
Figure 38 et Figure 39 : Evolution des effectifs de vaches laitières et de la SAU dans les systèmes laitiers de l'Ouest situés en zone vulnérable entre les 2 périodes de suivi - - données Inosys Réseau d'Élevage, 2000-2004 et 2009-2013



Ces tendances sont identiques entre les systèmes à 10-30 % de maïs dans la SFP et les systèmes à plus de 30% de maïs dans la SFP.

La production de lait par vache a sensiblement évolué (+491 litres en moyenne), notamment dans les élevages à plus de 30% de maïs dans la SFP (+692 litres). Cet accroissement s'est fait par une augmentation de la quantité de concentrés distribués (+12% en moyenne par vache), qui reste toutefois maîtrisée lorsqu'elle est ramenée au litre de lait produit (+4%).

Figure 40 et Figure 41 : Evolution de la consommation de concentrés alimentaires dans les systèmes laitiers de l'Ouest situés en zone vulnérable entre les 2 périodes de suivi - - données Inosys Réseau d'Elevage, 2000-2004 et 2009-2013 (figure du haut : kg/vache/an, figure du bas : g/l lait



5.3.4 LE BILAN APPARENT DE L'AZOTE DANS LES ELEVAGES SPECIALISES LAIT DE L'OUEST DEPUIS 2000

Le tableau suivant dresse le bilan des évolutions en zone vulnérable entre les 2 périodes étudiées, pour l'ensemble des élevages laitiers spécialisés et par type de système laitier.

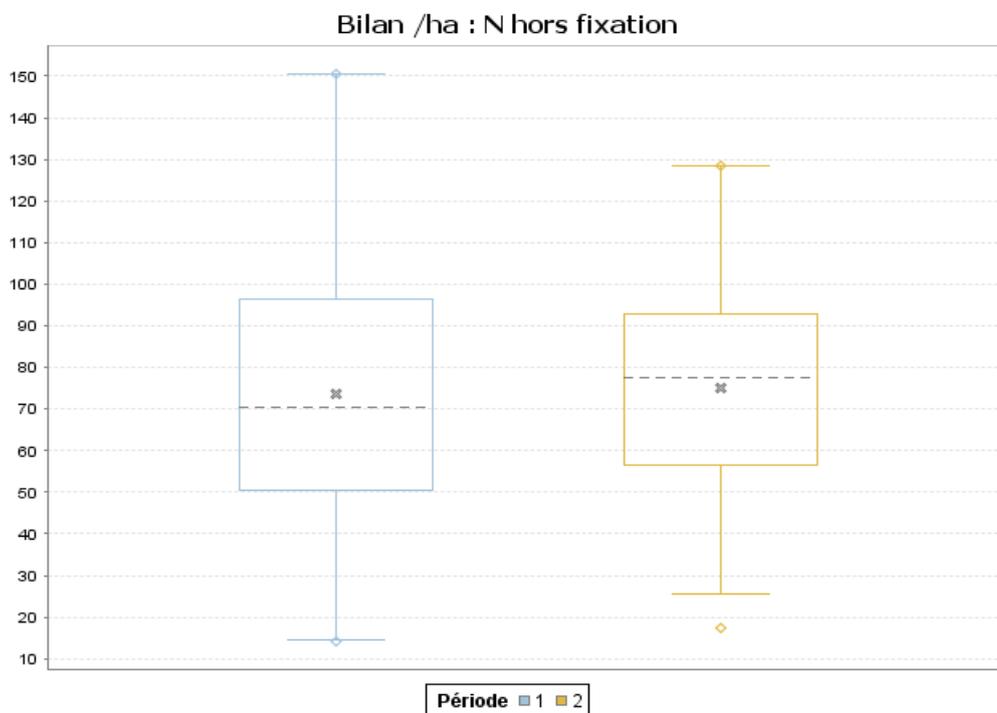
Tableau 49 : Evolutions des principales caractéristiques structurelles, de pratiques et environnementales des élevages spécialisés lait dans les zones vulnérables de l'Ouest de la France entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Ensemble des exploitations		Entre 10 et 30 % de maïs dans la SFP		Plus de 30 % de maïs dans la SFP	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
Nb d'exploitations analysées	112	73	50	31	56	39
Nb de vaches laitières	49	65	46	63	51	68
SAU totale (ha)	68	85	66	82	69	89
SFP/SAU (%)	76	79	82	85	70	74
Maïs/SFP (%)	29	31	21	23	38	38
Chargement (UGB/ha SFP)	1.56	1.55	1.45	1.45	1.68	1.64
Laït produit (l/VL/an)	6 847	7 338	6 702	6 912	7 137	7 829
Laït produit (l/ha SFP)	6 890	7 432	6 008	6 473	7 923	8 376
Concentrés (kg/VL/an)	1 173	1 313	1 100	1 197	1 271	1 435
Concentré (g/l)	169	176	162	173	176	181
Pression N minéral (kgN/ha SAU)	66	63	60	53	74	75
Dont kgNmin/ha herbe	67	57	57	48	78	67
Dont kgNmin par /ha maïs	38	36	35	34	40	39
Dont kgNmin / ha cult. vente	89	99	91	86	91	114
Pression N organique (kgN/ha SAU)	121	119	116	122	128	117
Pression Nmin + Norg (kgN/ha SAU)	187	183	176	175	201	192
Exportations par les cultures et les fourrages (kgN/ha SAU)	158	163	155	160	161	163
Sols nus en hiver (%)	4,7	0,8	3.6	1.2	6.2	0.5
BGA (KgN/ha SAU)	29	20	21	15	40	29
Bilan apparent N (kgN/ha SAU)	74	75	66	68	83	84

Comme le montre le tableau précédent, le bilan apparent (hors fixation et hors déposition atmosphérique) de l'azote n'évolue pas entre les 2 périodes.

En revanche, la gamme de variabilité est moins marquée lors de la seconde période d'analyse et exprime un resserrement de la valeur de ces bilans (écart-type moins marqué) et une amélioration de la gestion de l'azote (figure 42).

Figure 42 : Evolution du bilan apparent de l'azote (hors fixation et déposition atmosphérique) dans les systèmes laitiers de l'Ouest situés en zone vulnérable entre les 2 périodes de suivi - - données Inosys Réseau d'Elevage, 2000-2004 et 2009-2013 (kgN/ha SAU)



Le bilan sol-culture exprimé par la BGA présente une différence statistiquement significative entre les 2 périodes. La réduction est de 9kg d'azote par ha de SAU sur l'ensemble des systèmes laitiers.

Cette réduction est expliquée en partie par une légère diminution générale de la pression en azote totale (organique + minéral) de 4 kg/ha de SAU et une augmentation de 5 kg en moyenne des exportations par les cultures.

Dans les systèmes herbe-maïs, l'augmentation de la pression d'azote organique (+6kg/ha) s'est traduite par une réduction de la pression en azote minérale (-7kg/ha SAU).

Dans les systèmes maïs, la pression en azote organique a quant à elle diminué (-9kgN/ha SAU) et la pression en azote minéral est restée constante. Comme présenté dans le tableau n°47, la réduction des importations de déjections (fumier et/ou lisier) produits sur d'autres exploitations et faisant l'objet de conventions d'épandage peut expliquer en partie cette baisse de la pression organique. Ce recul des importations de déjections est probablement dû à l'évolution des références de rejet des vaches laitières définies dans l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérable.

La fertilisation minérale azotée des prairies a été réduite d'une dizaine de kg en l'espace de 10 ans, et celle du maïs s'est maintenue au même niveau. Les cultures de vente reçoivent en moyenne 10 kg d'azote sous forme minéral de plus en lien avec l'augmentation des rendements de ces cultures entre les 2 périodes de suivi, augmentation décrite à l'échelle nationale précédemment dans ce document et retrouvée à l'échelle des systèmes laitiers situés dans la zone vulnérable ici étudiée.

Tableau 50 : Evolution des rendements des cultures de vente dans les élevages laitiers de la zone vulnérable de l'Ouest entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Rendements moyens période 1 (qt/ha)	Rendements moyens période 2 (qt/ha)	Evolution	Besoins complémentaires en N des cultures (kgN/ha)
Avoine d'hiver	41	50	22.7%	20
Blé tendre	68	69	0.4%	1
Colza	17	32	90.4%	35
Maïs grain	79	81	2.9%	6
Orge hiver	51	62	20.6%	27
Triticale	53	57	8.3%	8

L'évolution de la gestion de la fertilisation et la réduction de la BGA sur les 10 dernières années sont très probablement liées à une meilleure prise en compte des besoins de cultures et des différents postes de fourniture d'azote, notamment pour les prairies et sont la réponse des mesures mises en place en zone vulnérable pour tout ce qui concerne le pilotage de la fertilisation azotée.

Il est également important de noter que sur les 2 périodes étudiées, la pression en azote organique déterminée d'après les références de rejets établies dans le dernier programme d'Action Directive Nitrate, est largement inférieure aux 170 kgN par ha.

Tableau 51 : Les postes du bilan apparent de l'azote (hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique) dans les élevages spécialisés lait des zones vulnérables de l'Ouest de la France entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

En kg N / ha SAU	Tous systèmes		Systèmes maïs > 30 % de la SFP		Systèmes herbe-maïs	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
Entrée N aliments concentrés	48	60	56	68	41	50
Entrée N fertilisation minérale	66	64	74	75	60	53
Entrée N déjections importées	12	8	17	5	9	10
Entrée N fourrages	4	5	3	4	4	7
TOTAL ENTREE	131	136	149	152	114	120
Sortie N Cultures	22	21	29	27	16	15
Sortie N Fourrages	1	1	1	0	1	0
Sortie N Paille	0	0	1	1	0	0
Sortie N lait	27	31	29	33	26	29
Sortie N viande	6	8	7	8	6	7
Sortie N déjections	0	0	0	0	0	0
TOTAL SORTIES	57	61	66	69	49	52
BILAN	74	75	83	84	66	68

5.3.5 LA COUVERTURE DES SOLS EN HIVER

Le quatrième plan de la directive Nitrates, entré en vigueur le 1er juillet 2009 avait comme mesure phare la couverture végétale de 100 % des sols en hiver dans les zones vulnérables. L'objectif de cette mesure était de piéger les nitrates en automne pour éviter leur lessivage en hiver et ainsi préserver la qualité des eaux superficielles et souterraines. Pour y parvenir, une grande partie des départements concernés par la zone vulnérable s'était fixée des objectifs avec un échéancier spécifique. Pour beaucoup, il s'agissait d'atteindre 70 % des sols couverts en 2009, 80 % en 2010 pour arriver à 90 % en 2011 et 100 % en 2012.

De plus, cette mesure était déjà rendue obligatoire par le second programme d'action nitrate (2001-2005) dans les bassins versants associés à des prises d'eau potable qui présentaient un problème de pollution par les nitrates (zones d'actions complémentaires, ZAC).

Comme le montre le tableau n°51, environ 95 % des sols exploités par les élevages laitiers spécialisés étaient déjà couverts en 2000-2004. Lors de la seconde période analysée (2009-2013), moins de 1% des sols restait nu durant l'hiver.

Tableau 52 : Couverture des sols en hiver dans les élevages spécialisés lait des zones vulnérables de l'Ouest de la France entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Tous systèmes		Systèmes maïs > 30 % de la SFP		Systèmes herbe-maïs	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
Sols nus en hiver (%)	4,7	0,8	3.6	1.2	6.2	0.5

5.3.6 CONSOMMATION DE PHOSPHORE SOUS FORME D'ENGRAIS MINERAL

La fertilisation minérale en phosphore a vu une nette réduction au cours de ces 10 dernières années. Alors que la pression minérale en kgP₂O₅ / ha était de 12 kg en moyenne entre 2000 et 2004, elle est passée à 8 kg en moyenne entre 2009 et 2013.

Cette tendance observée est à associer aux données de l'UNIFA concernant les importations d'engrais minéraux en France. Les quantités de P₂O₅ importées dans les régions Bretagne, Pays-de-la-Loire et Basse-Normandie ont été sommées et moyennées sur les périodes 2000 à 2004 et 2009 à 2013 et rapportées sur la SAU cumulée des 3 régions (tableau n°53).

Tableau 53 : Pression en phosphore minéral (kgP₂O₅ / ha) dans les élevages spécialisés lait des zones vulnérables de l'Ouest de la France et comparaison avec les données UNIFA entre les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Période 1	Période 2	Evolution
Tous systèmes laitiers spécialisés	12	8	-33%
Systèmes maïs > 30 % de la SFP	14	9	-36%
Systèmes herbe-maïs	11	7	-36%
Région Ouest d'après données UNIFA	15	9	-40%

La fertilisation en phosphore d'origine minérale assez faible sur les cultures de céréales, peu à moyennement exigeantes pour cet élément. Les besoins sont généralement couverts par le phosphore disponible dans le sol (sous réserve de la disponibilité du phosphore dans ce sol), par les apports organiques réalisés sur la parcelle les années précédentes, notamment dans le cas où la céréale est présente dans une rotation où figure le maïs (apports de phosphore sous forme organique et minéral sur celui-ci).

Tableau 54 : Apports en phosphore minéral (kgP₂O₅ / ha) par type de cultures dans les élevages spécialisés lait des zones vulnérables de l'Ouest de la France pour les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Elevage 2000-2004 et 2009-2013

	Tous systèmes		Systèmes maïs > 30 % de la SFP		Systèmes herbe-maïs	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 1	Période 2	Période 1
P ₂ O ₅ min /ha herbe	5	2	5	2	6	2
P ₂ O ₅ min/ha cult.vente	8	6	9	6	8	5
P ₂ O ₅ min/ha maïs	31	20	34	23	32	19

Les apports sur maïs ont quant à eux baissé de plus d'une dizaine de kg entre les 2 périodes, en lien avec la réduction de l'emploi des engrais starter binaire NP.

Au final, le bilan apparent du phosphore par ha de SAU a été fortement réduit entre les 2 périodes, notamment dans les systèmes maïs, fort consommateurs en 2000 de phosphore minéral et importateurs de déjections.

Tableau 55 : Bilan apparent du phosphore dans les élevages spécialisés lait des zones vulnérables de l'Ouest de la France pour les 2 périodes de suivi - données Inosys Réseau d'Élevage 2000-2004 et 2009-2013

En kg P ₂ O ₅ / ha SAU	Tous systèmes		Systèmes maïs > 30 % de la SFP		Systèmes herbe-maïs	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
Entrée P ₂ O ₅ aliments concentrés	22	26	26	30	19	21
Entrée P ₂ O ₅ fertilisation minérale	12	8	14	9	11	7
Entrée: P ₂ O ₅ fourrages	2	2	1	2	2	3
Entrée: P ₂ O ₅ déjections importées	11	6	14	4	8	9
TOTAL ENTREE	47	42	56	46	40	39
Sortie P ₂ O ₅ lait	11	12	12	13	10	12
Sortie P ₂ O ₅ végétaux	12	11	15	15	9	8
Sortie P ₂ O ₅ viande	4	5	4	5	4	5
Sortie P ₂ O ₅ déjections	0	0	0	0	0	0
TOTAL SORTIES	27	29	31	32	23	24
BILAN	21	14	25	13	18	15

5.3.7 LA REPONSE SUR L'EVOLUTION DE LA QUALITE DES EAUX EN ZONE VULNERABLE

L'amélioration de la gestion de la fertilisation sur l'ensemble des systèmes laitiers nationaux est également visible dans les élevages situés dans les zones vulnérables historiques de l'Ouest de la France. Elle est accompagnée par une amélioration des pratiques agronomiques en réponse aux exigences réglementaires telles que la couverture des sols en hiver, mais également par une meilleure gestion du stockage des déjections induite par les PMPOA I et II.

Il reste toutefois à analyser l'incidence de cette évolution des pratiques sur la qualité de l'eau.

Les exigences de la Directive Nitrates imposent un programme de surveillance de la concentration des eaux en nitrates sur l'ensemble du territoire français.

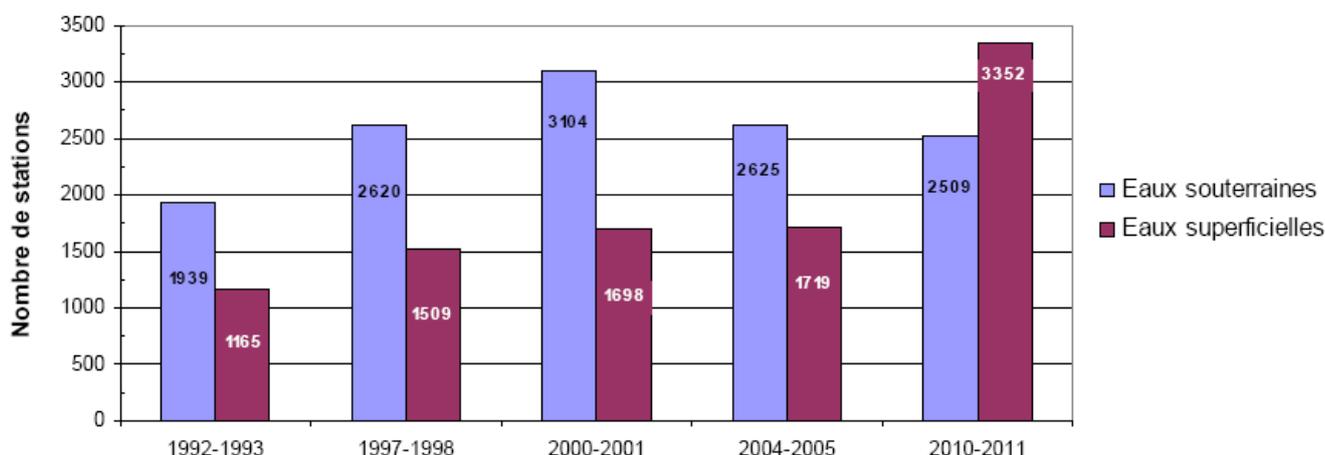
Les campagnes de surveillance des concentrations en nitrates dans les eaux douces sont réalisées dans un intervalle d'au moins quatre ans pour évaluer les effets des programmes d'actions mis en œuvre et réexaminer, au cas échéant, la délimitation des zones vulnérables.

Cinq campagnes de surveillance d'analyses ont été réalisées sur le réseau :

- du 1^{er} septembre 1992 au 31 août 1993,
- du 1^{er} septembre 1997 au 31 août 1998,
- du 1^{er} octobre 2000 au 30 septembre 2001,
- du 1^{er} octobre 2004 au 30 septembre 2005,
- du 1^{er} octobre 2010 au 30 septembre 2011

Le réseau de surveillance de la concentration en nitrates pour la campagne 2010-2011 en France (figure 43) est constitué de 5 861 stations de mesure avec 43 % en eaux souterraines (nappes phréatiques peu profondes, nappes phréatiques profondes, nappes captives) et 57 % en eaux superficielles (rivières, eaux côtières, estuaires et lagunes, lacs).

Figure 43 : Evolution du nombre de stations au cours des cinq campagnes

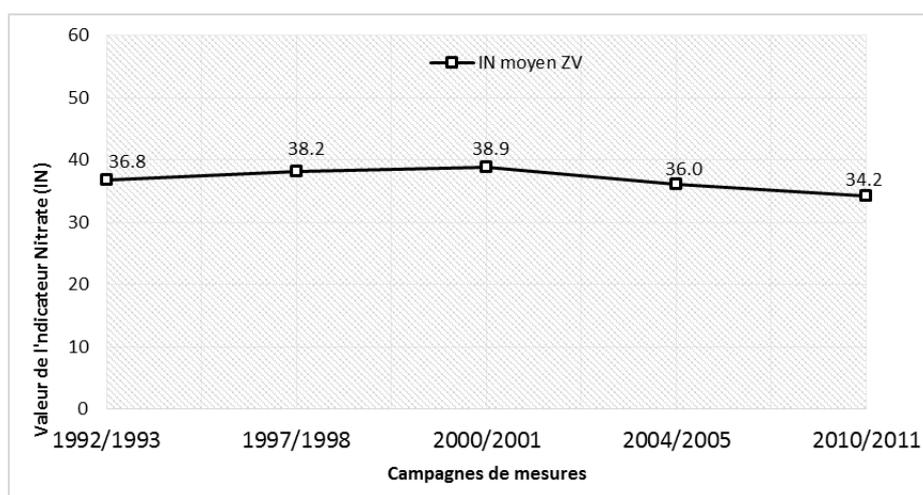


Une récente étude réalisée par l'Institut de l'Élevage (Contribution de l'élevage d'herbivores à l'amélioration de la teneur en nitrates de l'eau en France, 2017, Vincent Manneville, en cours de publication), s'est appuyée sur ce réseau de surveillance et sur les campagnes de suivi associées pour construire un indicateur nitrates basé sur des méthodes statistiques spécialisées robustes, intégrant et regroupant les teneurs en nitrates des eaux superficielles et des eaux souterraines pour chaque canton. Pour chaque canton, une valeur de l'indicateur nitrates est calculée à partir des teneurs en nitrates transformées en teneur équivalente nitrates eaux souterraines de toutes les stations situées sur le bassin hydrographique ou se situe le canton considéré.

L'évolution de cet indicateur nitrates (sans unité spécifique) calculé sur la campagne 2010-2011 et la campagne 1997-1998 permet de juger la dynamique d'évolution de la qualité des eaux.

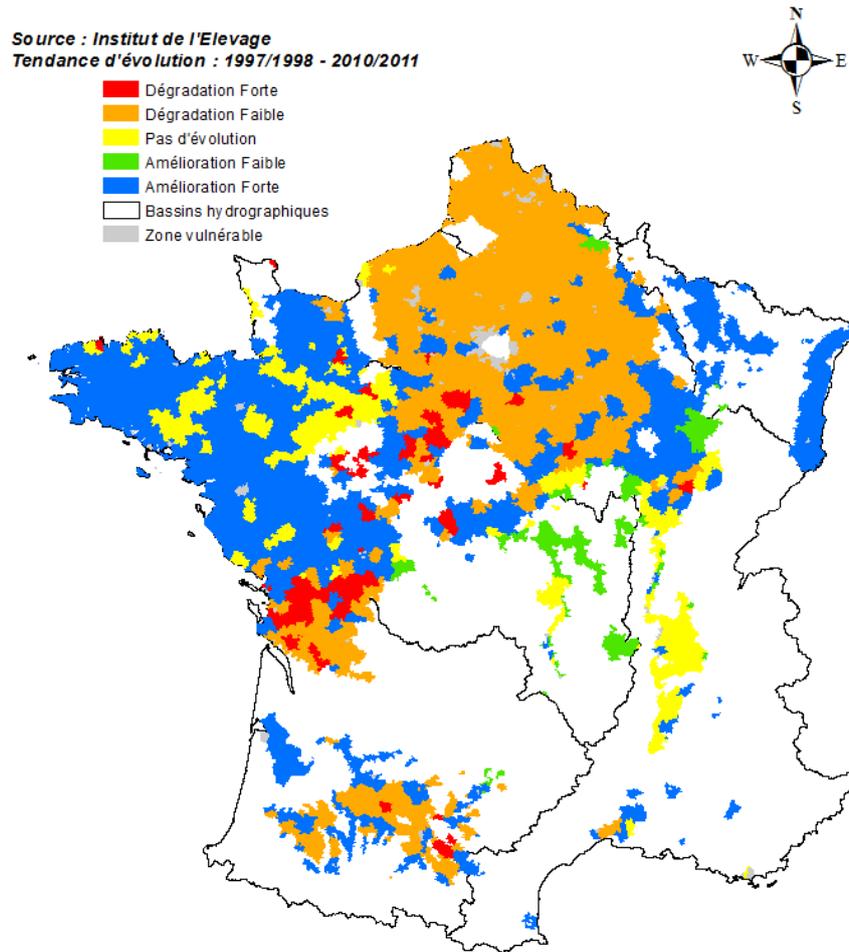
L'Indicateur Nitrates (IN) moyen sur l'ensemble de la zone vulnérable (figure 44) délimitée en 2012 est égal à 34,2 d'IN pour la période 2010-2011. Sur l'ensemble de la zone vulnérable délimitée en 2012, cet indicateur augmente lors des campagnes 1997/1998 et 2000/2001 où il atteint un pic, pour diminuer ensuite sur les campagnes 2004/2005 et 2010/2011.

Figure 44 : Evolution de l'Indicateur Nitrates (IN) en fonction des campagnes de mesures (source : Idele, Vincent Manneville, Etude Nitrates CNE)



En comparant la dynamique de l'évolution de cet indicateur entre les campagnes 1997-1998 et 2010-2011, on constate sur l'ensemble de la zone vulnérable 2012 une amélioration de la qualité des eaux (figure 45). Cette amélioration est principalement située dans le Grand Ouest pour partie en Bretagne, Pays-de-la-Loire et Basse-Normandie, zones où l'élevage herbivore, et notamment laitier, est fortement présent.

Figure 45 : Dynamique d'évolution de l'IN en ZV sur les campagnes 1997-1998/2010-2011 ((source : Idele, Vincent Manneville, Etude Nitrates CNE)



Au final, il semble bien que l'amélioration de la gestion de l'azote dans les systèmes laitiers de l'Ouest ait contribué à cette évolution positive de la qualité des eaux.

L'analyse des informations issues de la base nationale Inosys Réseaux d'élevage ainsi que les suivis réalisés sur les fermes expérimentales ont permis de réaliser une photographie de la situation des élevages bovins lait et bovins viande français quant à la gestion de l'azote en lien avec les caractéristiques des différents systèmes de production rencontrés dont la diversité est avant tout conditionnée par les ressources fourragères locales et la possibilité ou non d'exploiter des surfaces en cultures de vente et plus globalement en cultures assolées.

La zone qui regroupe le Massif Central, les Alpes, la Bourgogne et le Limousin est ainsi caractérisée par une surface fourragère principalement constituée de prairies (95% de la SFP) occupant 85% de la SAU exploitées par les herbivores. Elle est essentiellement composée d'élevages de bovins viande, notamment de type naisseur extensif et naisseur engraisseur, peu consommateurs d'engrais minéraux et dont les excédents d'azote (bilan apparent) sont parmi les plus faibles au regard des autres systèmes d'élevage de bovins viande. Les élevages laitiers présents dans ces zones sont conduits à l'herbe pour la plupart, de manière extensive (faible chargement par ha) et sont assez autonomes en terme d'intrants azotés, notamment d'engrais minéraux ayant comme incidence un excédent d'azote de l'ordre de 50kg/ha et de très faibles risques de lessivage permis par la présence de prairies permanentes et le bon recyclage de l'azote sur l'ensemble du système.

La zone Ouest (Bretagne, Pays de la Loire, Basse Normandie) est composée à part égale d'exploitations bovins lait et bovins viandes, pouvant coupler leur atelier d'élevage avec des cultures de vente selon le potentiel des sols. Au sein de ces 2 filières de production, de nombreux systèmes sont retrouvés. Les élevages laitiers sont caractérisés selon la part de maïs dans la SFP qui conditionne la nécessité de recourir plus ou moins à des intrants azotés (concentrés alimentaires, engrais minéraux) pouvant faire varier les excédents azotés d'une soixantaine de kg par ha de SAU dans les systèmes herbagers à une centaine de kg pour les élevages ayant basé la ration des vaches laitières sur le maïs. Les élevages de bovins viande sont de type naisseur-engraisseur, et présentent comme caractéristiques de compter jusqu'à 70% de cultures de vente dans la SAU. Il s'agit d'élevages plutôt intensifs dont le bilan apparent de l'azote moyen peut avoisiner les 110 kg par ha.

La zone Sud-Ouest est caractérisée par une forte proportion de bovins viande qui représentent 50% des UGB présents, mais également par la forte présence des ovins (19% des UGB totaux). La SFP, qui occupe près de $\frac{3}{4}$ de la SAU, est majoritairement constituée de surfaces en herbe. En plaine, les vaches laitières sont rencontrées sur des exploitations combinant production laitières et cultures de vente et la part de maïs dans la SFP peut atteindre 45%. Leur bilan apparent de l'azote est de l'ordre de 90kgN/ha. Cette région est majoritairement caractérisée par les élevages naisseur-engraisseur de veaux sous la mère dont l'alimentation est basée sur l'herbe mais où la présence de cultures de vente peut atteindre 60% de la SAU. Leur bilan apparent de l'azote est en moyenne de 65kg/ha.

Les zones Centre-Nord et Est sont assez similaires d'un point de vue répartition des UGB bovins viande (moitié des UGB présents). La zone Est se démarque sur les ovins (12% des UGB contre 4% en zone Centre-Nord). Ces 2 zones affichent les parts de cultures dans les SAU les plus prononcées, pouvant expliquer une utilisation importante d'azote sous forme minérale en comparaison des autres régions (de 84kg Nminéral par ha dans l'Est à 92 kgN/ha en moyenne dans le Centre-Nord). Chez les laitiers, des élevages tout herbe sont rencontrés dans les zones herbagères (prairies permanentes). Conduits de manière extensive, ces élevages sont à l'origine d'un bilan apparent de l'azote d'environ 70kg, mais présentent un faible potentiel de lessivage de l'azote. Des systèmes plus intensifs, basés sur le maïs sont également décrits dans ces zones. Ils cultivent également des cultures de vente et affichent un excédent de 90 à 110 kg d'azote par ha. L'Est, et notamment l'Alsace, accueille une grande partie des élevages d'engraissement associés à des cultures de vente et dont le bilan apparent de l'azote est proche des 110 kg/ha.

Cette cartographie simplifiée des élevages herbivores en France montre bien la diversité des exploitations d'élevages pouvant être rencontrées, diversité en terme de structure d'exploitation, de conduite d'élevage, mais également de réponse environnementale. Mais cette diversité est également présente au sein de chacun de ces systèmes d'élevage laissant ainsi présager toute l'étendue des pratiques de gestion de l'azote (gestion de l'alimentation, du pâturage, des déjections, de la fertilisation) au sein de chaque système.

D'une manière générale, et quels que soient les systèmes d'élevage herbivores, les élevages optimisés d'un point de vue gestion de l'azote affichent une certaine autonomie d'un point de vue de gestion des intrants azotés et valorisent au maximum les fourrages produits sur l'exploitation permettant le recyclage de l'azote à l'intérieur du système de production.

L'optimisation des pratiques à l'intérieur de chaque mode de production offre une marge d'amélioration basée sur la réduction des entrées d'azote. Un juste équilibre peut être trouvé en adaptant au mieux la gestion de l'alimentation par rapport au besoin et au potentiel de production des animaux, mais également en maîtrisant la fertilisation azotée des cultures et des prairies.

Toutefois, le contexte pédoclimatique peut jouer sur certains paramètres tels que le potentiel fourrager, la fertilité des sols, induisant le recours accru aux importations d'azote.

Dans les élevages laitiers, l'intensification de la production à l'hectare peut conduire à des pertes accrues d'azote par voie gazeuse et par lixiviation et ne se traduit pas obligatoirement par une meilleure performance économique. Mais il est important de souligner que la majeure partie des élevages laitiers français sont basés sur des systèmes mixant cultures fourragères et prairies plutôt efficaces avec une empreinte environnementale modérée lorsqu'ils sont bien conduits. Ceci par comparaison aux systèmes laitiers très productifs à l'auge, rencontrés notamment aux Pays-Bas ou en Europe du Nord, qui commencent à montrer les limites de l'intensification sur l'environnement.

De plus, malgré l'agrandissement des structures laitières et l'intensification de la productivité par vache observée ces 10 dernières années, aucune dégradation du bilan apparent de l'azote des élevages laitiers n'a été observée.

Dans la zone vulnérable historique de l'Ouest de la France, l'amélioration de la gestion de la fertilisation sur l'ensemble des systèmes laitiers a été accompagnée par une amélioration des pratiques agronomiques en réponse aux exigences réglementaires telles que la couverture des sols en hiver, mais également par une meilleure gestion du stockage des déjections induite par les PMPOA I et II, contribuant ainsi à l'amélioration de la qualité l'eau aujourd'hui observée dans ces zones d'élevage.

Les efforts doivent être maintenus sur l'ensemble des élevages herbivores pour optimiser l'efficacité de l'utilisation de leurs ressources, notamment l'azote, et ainsi réduire les pertes vers l'environnement, mais également apporter une plus-value économique (réduction des coûts de production, des charges...). Les marges de progrès sont toujours possibles, mais plus réduites aujourd'hui du fait de l'évolution positive des pratiques au cours des 2 dernières décennies.

SOMMAIRE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 – REPARTITION REGIONALE DU CHEPTEL BOVIN REPRODUCTEUR AU 1 ^{ER} JANVIER 2016 (SOURCES : SPIE-BDNI ; TRAITEMENT INSTITUT DE L’ELEVAGE).....	7
TABLEAU 2 – LES PRINCIPALES REGIONS CAPRINES SELON LE NOMBRE D’EXPLOITATIONS ET EFFECTIFS (SOURCES : AGRESTE – ENQUETE CHEPTEL 2015 SUR 13 REGIONS ; TRAITEMENT INSTITUT DE L’ELEVAGE)	8
TABLEAU 3 – REPARTITION REGIONALE DU CHEPTEL REPRODUCTEUR OVIN FRANÇAIS EN NOVEMBRE 2015 (SOURCES : ASSP ENQUETE CHEPTEL 2015 ; GEB INSTITUT DE L’ELEVAGE)	8
TABLEAU 4 – INDICATEURS D’EMISSION DE GAZ AZOTES ET SOURCES DES REFERENCES.....	12
TABLEAU 5 – DESCRIPTION ET INDICATEURS TECHNIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ECONOMIQUES DES SYSTEMES D’ELEVAGE LAITIERS FRANÇAIS (HORS EXPLOITATION EN AGROBIOLOGIE) – DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013 (EN ITALIQUE, LES DONNEES CORRESPONDENT AU 1ER ET 9EME DECILE ; LES VALEURS DONNEES ENTRE PARENTHESES CORRESPONDENT A L’ECART-TYPE POUR L’INDICATEUR CONCERNE).....	15
TABLEAU 6 – INDICATEURS DE PRATIQUES DANS LES SYSTEMES VIANDE SPECIALISES (HORS SYSTEMES EN AGROBIOLOGIE) - DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013 ((EN ITALIQUE, LES DONNEES CORRESPONDENT AU 1ER ET 9EME DECILE ; LES VALEURS DONNEES ENTRE PARENTHESES CORRESPONDENT A L’ECART-TYPE POUR L’INDICATEUR CONCERNE).....	17
TABLEAU 7 – DESCRIPTION ET INDICATEURS TECHNIQUES, ENVIRONNEMENTAUX DES SYSTEMES D’ELEVAGE OVINS LAIT ET VIANDE (HORS EXPLOITATION EN AGROBIOLOGIE) – DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	19
TABLEAU 8 – CARACTERISTIQUES MOYENNES ET BILANS AZOTES DES GRANDES ZONES DE PRODUCTION HERBIVORES – DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013.....	20
TABLEAU 9 – CARACTERISTIQUES MOYENNES ET BILANS AZOTES DES ELEVAGES HERBIVORES DE LA ZONE VULNERABLE NATIONALE ET DE LA ZONE SANS CONTRAINTE ENVIRONNEMENTALE – DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	22
TABLEAU 10 - CARACTERISTIQUES DES 2 SYSTEMES D’ELEVAGE DE LA FERME DE TREVAREZ (MOYENNE 2013-2014)	25
TABLEAU 11 - CARACTERISTIQUES DE LA FERME DE DERVAL (MOYENNE 2010 A 2014)	26
TABLEAU 12 - CARACTERISTIQUES DES 2 SYSTEMES D’ELEVAGE DE LA FERME DE LA BLANCHE MAISON (MOYENNE 2011 A 2014).....	27
TABLEAU 13 - CARACTERISTIQUES DES 2 SYSTEMES D’ELEVAGE DE LA FERME DE MARCENAT (MOYENNE 2011 A 2012)	28
TABLEAU 14 – DESCRIPTIFS DES SYSTEMES LAITIERS SUIVIS SUR LES FERMES EXPERIMENTALES FRANÇAISES – DONNEES IDELE.....	29
TABLEAU 15 : REJETS D’AZOTE PAR VACHE LAITIERE ET PAR AN SUR LES 7 SYSTEMES LAITIERS EXPERIMENTAUX.....	30
TABLEAU 16 : BILAN DE L’AZOTE A L’ECHELLE DES 7 SYSTEMES LAITIERS EXPERIMENTAUX	31
TABLEAU 17 - ORIGINES ET VALEURS DES PERTES D’AZOTE SOUS FORME GAZEUSE SUR LA FERME DE DERVAL – MOYENNE DE 2010 A 2014	32
TABLEAU 18 – DESCRIPTIFS DES SYSTEMES LAITIERS SUIVIS SUR LES FERMES EXPERIMENTALES FRANÇAISES – DONNEES IDELE.....	33
TABLEAU 19 - CARACTERISTIQUES DU SYSTEME D’ELEVAGE DE THORIGNE-D’ANJOU (MOYENNE 2008 A 2012).....	34
TABLEAU 20: POSITIONNEMENT DE THORIGNE PAR RAPPORT AUX FERMES COMMERCIALES DU PROJET CEDABIO	35
TABLEAU 21 - CARACTERISTIQUES DU SYSTEME D’ELEVAGE DES ETABLIERES (MOYENNE 2003 A 2005)	36
TABLEAU 22 : BILAN APPARENT DE L’AZOTE SUR LA FERME DES ETABLIERES (MOYENNE 2003-2005), EN KG N/HA DE SAU.....	36
TABLEAU 23 - CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES D’ELEVAGE DE JALOGNY (MOYENNE 2011 A 2012)	37
TABLEAU 24 : BILAN DE L’AZOTE A L’ECHELLE DES 2 SYSTEMES D’ELEVAGE SUR LA FERME DE JALOGNY (MOYENNE 2010-2011).....	38
TABLEAU 25 : SUIVI DU LESSIVAGE SUR LA FERME EXPERIMENTALE DE DERVAL – RELIQUAT ENTREE HIVER, LAME DRAINANTE ET AZOTE LESSIVE – POUR LES ANNEES 2010 A 2014.....	38
TABLEAU 26 : HYPOTHESES DE LESSIVAGE ACCEPTABLE POUR UNE EAU QUI PERCOLE A 50 MG NO3/L (SOURCE : GROUPE N COMIFER – 2002)	39
TABLEAU 27 : CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES DE CULTURES SUR LA FERME EXPERIMENTALE DE DERVAL – PERIODE 2009-2015	40
TABLEAU 28 – CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EXPLOITATIONS SPECIALISEES LAIT PAR SYSTEME DE PRODUCTION – DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	44
TABLEAU 29 – CARACTERISTIQUES ECONOMIQUES DES EXPLOITATIONS SPECIALISEES LAIT PAR SYSTEME DE PRODUCTION – DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	46
TABLEAU 30 : MATRICE DES CORRELATIONS ENTRE INDICATEURS DE PRATIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ECONOMIQUES.....	49
TABLEAU 31 : CARACTERISTIQUES DES FERMES PILOTES DES PROJETS GREENDAIRY ET DAIRYMAN ET DES EXCEDENTS DE N (PFLIMLIN A. ET AL, 2006 – FORAY S. ET AL, 2013)	51
TABLEAU 32 : HISTORIQUE DES DESTINATIONS DE L’AZOTE ET DU PHOSPHORE D’ORIGINE ORGANIQUE HORS VALORISATION AGRICOLE AUX PAYS-BAS (MILLIONS DE KG).....	52
TABLEAU 33 : CARACTERISTIQUES DE LA FERME MOYENNE « ZONE VULNERABLE » ET DE LA FERME MOYENNE « HORS ZONE VULNERABLE » - DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	55
TABLEAU 34 : GESTION DE L’AZOTE ET INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX DE LA FERME MOYENNE « ZONE VULNERABLE » ET DE LA FERME MOYENNE « HORS ZONE VULNERABLE » - DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	55
TABLEAU 35 : COMPARAISON ENTRE LES ELEVAGES LAITIERS SPECIALISES LES PLUS ET LES MOINS PERFORMANTS SUR LA GESTION GLOBALE DE L’AZOTE - DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013	58
TABLEAU 36 : MOYENNE DES INDICATEURS LIES A L’AZOTE DANS LES ELEVAGES DE BOVINS VIANDE HORS ZONE ET EN ZONE VULNERABLE - DONNEES INOSYS RESEAU D’ELEVAGE, 2009-2013.....	62
TABLEAU 37 : TAILLE ET PRODUCTIVITE APPARENTE DES ELEVAGES LAITIERS – SOURCES ; SSP – AGRESTE – RECENSEMENTS AGRICOLES 2000 ET 2010 – TRAITEMENT INSTITUT DE L’ELEVAGE	64

TABLEAU 38 : ÉVOLUTION DE LA TAILLE DES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE 2000-2004 ET 2009-2013 - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE	64
TABLEAU 39 : LES RENDEMENTS LAITIERS MOYENS (LAIT PRODUIT) – SOURCES ; GEB – INSTITUT DE L'ÉLEVAGE.....	65
TABLEAU 40 : ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION LAITIÈRE PAR VACHE (L) ENTRE 2000-2004 ET 2009-2013 - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE	65
TABLEAU 41 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CONCENTRÉS, DE LA PRODUCTION DE LAIT PAR HA DE SPF ET DU CHARGEMENT ENTRE 2000-2004 ET 2009-2013 EN ÉLEVAGES LAITIERS - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE	66
TABLEAU 42 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CONCENTRÉS, DE LA PRODUCTION DE LAIT PAR HA DE SPF ET DU CHARGEMENT ENTRE 2000-2004 ET 2009-2013 PAR SYSTÈMES D'ÉLEVAGE LAITIÈRE - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE	67
TABLEAU 43 : ÉVOLUTION DE L'EXCÉDENT DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE (HORS FIXATION ET DÉPOSITION ATMOSPHÉRIQUE) DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	67
TABLEAU 44 : LES POSTES DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE EN KGN/HA DE SAU (HORS FIXATION ET DÉPOSITION ATMOSPHÉRIQUE) DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	68
TABLEAU 45 : BALANCE GLOBALE AZOTÉE EN KGN/HA DE SAU DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	68
TABLEAU 46 : UTILISATION DE L'AZOTE SOUS FORME MINÉRALE POUR LES 3 PRINCIPALES CULTURES (HERBE-MAÏS-CULTURES DE VENTE) EN KGN/HA DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	69
TABLEAU 47 : ÉVOLUTION DES RENDEMENTS DES CULTURES DE VENTE DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	69
TABLEAU 48 : PRESSION D'AZOTE MINÉRALE, ORGANIQUE ET TOTALE EN KGN/HA DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013.....	70
TABLEAU 49 : ÉVOLUTIONS DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES STRUCTURELLES, DE PRATIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DES ÉLEVAGES SPÉCIALISÉS LAIT DANS LES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST DE LA FRANCE ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013.....	74
TABLEAU 50 : ÉVOLUTION DES RENDEMENTS DES CULTURES DE VENTE DANS LES ÉLEVAGES LAITIERS DE LA ZONE VULNÉRABLE DE L'OUEST ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	76
TABLEAU 51 : LES POSTES DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE (HORS FIXATION SYMBIOTIQUE ET DÉPOSITION ATMOSPHÉRIQUE) DANS LES ÉLEVAGES SPÉCIALISÉS LAIT DES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST DE LA FRANCE ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013.....	76
TABLEAU 52 : COUVERTURE DES SOLS EN HIVER DANS LES ÉLEVAGES SPÉCIALISÉS LAIT DES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST DE LA FRANCE ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	77
TABLEAU 53 : PRESSION EN PHOSPHORE MINÉRAL (KGP2O5 / HA) DANS LES ÉLEVAGES SPÉCIALISÉS LAIT DES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST DE LA FRANCE ET COMPARAISON AVEC LES DONNEES UNIFA ENTRE LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	77
TABLEAU 54 : APPORTS EN PHOSPHORE MINÉRAL (KGP2O5 / HA) PAR TYPE DE CULTURES DANS LES ÉLEVAGES SPÉCIALISÉS LAIT DES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST DE LA FRANCE POUR LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	77
TABLEAU 55 : BILAN APPARENT DU PHOSPHORE DANS LES ÉLEVAGES SPÉCIALISÉS LAIT DES ZONES VULNÉRABLES DE L'OUEST DE LA FRANCE POUR LES 2 PÉRIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ÉLEVAGE 2000-2004 ET 2009-2013	78

SOMMAIRE DES FIGURES ET ILLUSTRATIONS :

FIGURE 1 - SCHEMA DU CYCLE DE L'AZOTE EN ELEVAGE DE RUMINANTS.....	9
FIGURE 2 – POSITIONNEMENT DE DIFFERENTES TYPOLOGIES D'INDICATEURS PAR RAPPORT A LA CHAINE CAUSALE INSPIREE DE BOSCKSTALLER (BOSCKSTALLER ET AL. 2008).	10
FIGURE 3 - SCHEMA DE LA BALANCE GLOBALE AZOTEE	10
FIGURE 4 - SCHEMA DU BILAN DES MINERAUX.....	11
FIGURE 6 – LES PERTES D'AZOTE PAR VOIE GAZEUSE SUR LA CHAINE DE GESTION DES DEJECTIONS	12
FIGURE 6 - REPARTITION PAR CLASSE ET PAR TYPES D'EXPLOITATION DU SOLDE DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE (KGN/HA SAU).....	22
FIGURE 7 - REPARTITION PAR CLASSE ET PAR TYPES D'EXPLOITATION DU SOLDE DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE (KGN/HA SAU).....	23
FIGURE 8 : PART D'AZOTE DES CONCENTRES DANS L'INGESTION D'AZOTE TOTALE ET NIVEAUX DE PRODUCTION LAITIERE	30
FIGURE 9 : CYCLE DE L'AZOTE A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION (KGN/HA) - MOYENNE DES ANNEES 2010 A 2014 SUR LA FERME EXPERIMENTALE DE DERVAL	32
FIGURES 10 ET 11 : BILAN APPARENT DE L'AZOTE AUX PORTES DE L'EXPLOITATION DE THORIGNE, VARIATIONS DES ENTREES ET SORTIES ET DEVENIR DE L'EXCEDENT	35
FIGURE 12 : RELATION ENTRE LE RELIQUAT DEBUT DRAINAGE ET L'AZOTE LESSIVE SUR LES PARCELLES EN MAÏS DE LA FERME EXPERIMENTAL DE DERVAL – ANNEES 2010 A 2014	39
FIGURE 14 : LESSIVAGE DE L'AZOTE DANS LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX LAITIERS SUIVIS EN FRANCE	40
FIGURE 14 – EVOLUTION DE LA PART DE CULTURES DE VENTE SELON LA PART DE MAÏS ENSILAGE DANS LA SAU, DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	43
FIGURE 15 – EVOLUTION DU CHARGEMENT EN UGB/HA SELON LA PART DE MAÏS ENSILAGE DANS LA SFP, DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	43
FIGURE 16 – EVOLUTION DE LA PRODUCTION LAITIERE PAR HA DE SFP SELON LE CHARGEMENT, DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013.....	44
FIGURE 17 – LIEN ENTRE PRODUCTION DE LAIT ET QUANTITE DE CONCENTRES DISTRIBUES PAR VACHE, DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	45
FIGURE 18 : FLUX D'AZOTE MOYENS (EN KGN/HA SAU/AN) ET BILANS D'AZOTE PAR TYPE DE SYSTEMES LAITIERS - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013.....	46
FIGURE 19 : BOITE DE DISPERSION - BILANS D'AZOTE PAR TYPE DE SYSTEMES LAITIERS - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013 (MIN-MAX, MEDIANE, MOYENNE ET 25 ET 75EME PERCENTILE)	48
FIGURE 20 : GRAPHIQUE PLAN FACTORIEL DES VARIABLES ACTIVES ISSUES DE L'ACP.....	49
FIGURE 21 : RELATION ENTRE L'EXCEDENT D'AZOTE DES EXPLOITATIONS LAITIERS ET LES QUANTITES D'AZOTE ENTRANT PAR LES ENGRAIS ET LES CONCENTRES - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	50
FIGURE 22 : RELATION ENTRE L'EXCEDENT D'AZOTE DES EXPLOITATIONS LAITIERS ET L'EFFICIENCE DE L'AZOTE - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	50
FIGURE 23 : EVOLUTION DES EFFECTIFS LAITIERS ET DE LA LIVRAISON DE LAIT ENTRE 2002 ET 2016 (BASE 100 SUR ANNEE DE REFERENCE 2002)	52
FIGURE 24 : EVOLUTION DE DE LA COLLECTE LAITIERE EUROPEENNE EN 2016 (CUMUL SUR 11 MOIS) – SOURCE : FRANCEAGRIMER	52
FIGURE 25 : LES TYPES DE SOLS RENCONTRES AUX PAYS-BAS	53
FIGURE 26 : EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATE DANS L'EAU LIXIVIEE ENTRE 2002 ET 2015 PAR TYPE DE SOL (MG/L).....	53
FIGURE 27 ET FIGURE 28 – REPARTITION DES SYSTEMES LAITIERS DE LA BASE DE DONNEES INOSYS-RESEAU D'ELEVAGE HORS ZONE VULNERABLE (GRAPHE DU HAUT) ET EN ZONE VULNERABLE (GRAPHE DU BAS).....	54
FIGURE 29 – POSTES DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE POUR LES 2 ELEVAGES MOYENS – POSTES EXPRIMES EN KGN/HA SAU - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	56
FIGURE 30 : FLUX D'AZOTE MOYENS (EN KGN/HA SAU/AN) ET BILANS D'AZOTE PAR TYPE DE SYSTEMES VIANDE - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013.....	59
FIGURE 29 : TYPOLOGIE DES SYSTEMES HORS ET EN ZONE VULNERABLE - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2009-2013	62
FIGURE 32 ET FIGURE 33 : PART DE CHAQUE SYSTEME LAITIER AU COURS DES 2 PERIODES DE SUIVI - - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2000-2004 ET 2009-2013	63
FIGURE 34 ET FIGURE 35 : REPARTITION DES ELEVAGES LAITIERS SPECIALISES LOCALISES EN ZONE VULNERABLE PAR DEPARTEMENT AU COURS DES 2 PERIODES DE SUIVI - - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2000-2004 ET 2009-2013.....	71
FIGURE 36 ET FIGURE 37 : PART DE CHAQUE SYSTEME LAITIER DE L'OUEST SITUE DANS LA ZONE VULNERABLE AU COURS DES 2 PERIODES DE SUIVI - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2000-2004 (GRAPHE DU HAUT) ET 2009-2013 (GRAPHE DU BAS).....	71
FIGURE 38 ET FIGURE 39 : EVOLUTION DES EFFECTIFS DE VACHES LAITIERS ET DE LA SAU DANS LES SYSTEMES LAITIERS DE L'OUEST SITUES EN ZONE VULNERABLE ENTRE LES 2 PERIODES DE SUIVI - - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2000-2004 ET 2009-2013	72
FIGURE 40 ET FIGURE 41 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CONCENTRES ALIMENTAIRES DANS LES SYSTEMES LAITIERS DE L'OUEST SITUES EN ZONE VULNERABLE ENTRE LES 2 PERIODES DE SUIVI - - DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2000-2004 ET 2009-2013 (FIGURE DU HAUT : KG/VACHE/AN, FIGURE DU BAS : G/L LAIT	73

FIGURE 42 : EVOLUTION DU BILAN APPARENT DE L'AZOTE (HORS FIXATION ET DEPOSITION ATMOSPHERIQUE) DANS LES SYSTEMES LAITIERS DE L'OUEST SITUES EN ZONE VULNERABLE ENTRE LES 2 PERIODES DE SUIVI -- DONNEES INOSYS RESEAU D'ELEVAGE, 2000-2004 ET 2009-2013 (KGN/HA SAU)	75
FIGURE 43 : EVOLUTION DU NOMBRE DE STATIONS AU COURS DES CINQ CAMPAGNES.....	79
FIGURE 44 : EVOLUTION DE L'INDICATEUR NITRATE (IN) EN FONCTION DES CAMPAGNES DE MESURES (SOURCE : IDELE, VINCENT MANNEVILLE, ETUDE NITRATES CNE).....	79
FIGURE 45 : DYNAMIQUE D'EVOLUTION DE L'IN EN ZV SUR LES CAMPAGNES 1997-1998/2010-2011 ((SOURCE : IDELE, VINCENT MANNEVILLE, ETUDE NITRATES CNE).....	80

LISTE DES SIGLES

Liste des symboles chimiques :

N : Azote

N₂ : Diazote

N₂O : Protoxyde d'azote

NH³ : Ammoniac

NH₄⁺ : Ammonium

NO : Monoxyde d'azote

NO₂⁻ : Ion nitrite

NO₃⁻ : Ion nitrate

Liste des acronymes :

BGA : Balance Globale Azotée

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège A Nitrate

COMIFER : COMIté français de la FERtilisation raisonnée

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

IN : Indice nitrate

PB : Produit brut

PP : Prairie Permanente

PT : Prairie Temporaire

SAU : Surface Agricole Utile

SFP : Surface Fourragère Principale

STH : Surface Toujours en Herbe

UGB : Unité Gros Bovin

ZNV : Zone Non Vulnérable

ZV : Zone Vulnérable

BIBLIOGRAPHIE

- Agreste, 2010. Enquête sur la structure des exploitations agricoles 2013 et recensement agricole 2010.
- Boumans, L.J.M., Fraters, D., Van Drecht, G., 2005. Nitrate leaching in agriculture to upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands during the 1992-1995 period. *Environ. Monit. Assess.* 102: p 225-241.
- Brocard V., Belot P.E., Foray S., Perrot C., Rouillé B., 2015. High output farming systems in Europe : the French case, EGF 2015, 14p.
- Carton, O.T., Jarvis, S.C., 2001. N and P cycles in agriculture. In: De Clercq P, Gertsis A., Hofman G, Jarvis SC, Neeteson JJ & Sinabell F (Eds) *Nutrient Management Legislation in European Countries*, p 4-13.
- Chambaut H., Fiorelli J.L., Espagnol S., Foray S., Maignan S., Leterme P., 2015. Valoriser la complémentarité entre les cultures et l'élevage dans l'exploitation agricole pour améliorer l'efficacité environnementale. *Colloque 3R*, 4p.
- COMIFER, 2013. Teneurs en azote des organes végétaux récoltes pour les cultures de plein champ, les principaux fourrages et la vigne. *Tableau De Reference 2013*.
- CORPEN, 2006. Des indicateurs azote pour gérer des actions de maîtrise des pollutions à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et du territoire. *Fiche N° 13*.
- De Clercq, P., Gertsis, A.C., Hofman, G., Jarvis, S.C., Neeteson, J.J., Sinabell, F., (Eds.) 2001. *Nutrient Management Legislation in European Countries. The Netherlands, 2001, 347 p.*
- Dolle J.B., Foray S., Moreau S., Brocas C., 2015. Liens entre performances économiques et environnementales en élevage bovin lait. *Coll Résultats, Institut de l'Elevage*, 43p.
- Eveillard P., Foray S., Le Souder C., 2015. Progrès des pratiques de fertilisation organique et minérale dans un cadre réglementaire contraint. *Journées AFPP*, 9p.
- Foray S. et al, 2013. La durabilité des exploitations laitières du Nord-Ouest de l'Europe. *Colloque 3R*, 4p.
- Foray S., 2016. Réglementation environnementale : son application dans les principaux pays laitiers de l'UE. *Coll L'Essentiel, Institut de l'Elevage*, 10p.
- Foray S., 2017. Situation de la filière laitière aux Pays-Bas vis-à-vis du phosphore. *Coll fiches techniques. Institut de l'Elevage*, 6p.
- Foray S., Lorinquer E, 2014. Les évolutions dans l'application de la Directive Nitrates - Situation au 1er janvier 2014. *Coll L'Essentiel, Institut de l'Elevage*, 7p
- Godinot, O. 2014. Proposition de nouveaux indicateurs d'efficacité d'utilisation de l'azote à l'échelle du système de production agricole et du territoire. Thèse de doctorat en agronomie. Agrocampus-Ouest. Rennes. 135p.
- IDELE, Institut de l'élevage. 2014. *Plaquette INOSYS-Réseaux d'élevage : INOSYS-Réseaux d'élevage 2014-2020, une plateforme collective pour la connaissance et l'innovation dans les systèmes d'élevages herbivores*. 12p.
- IDELE, L'Institut de l'élevage. 2006. *Projet Green Dairy : rapport de synthèse. Interreg Espace Atlantique III B N°100*. 126p.
- J.-L. Peyraud, P. Cellier, (coord.), F. Aarts, F. Béline, C. Bockstaller, M. Bourblanc, L. Delaby, C. Donnars, J.Y. Dourmad, P. Dupraz, P. Durand, P. Faverdin, J.L. Fiorelli, C. Gaigné, A. Girard, F. Guillaume, P. Kuikman, A. Langlais, P. Le Goffe, S. Le Perchec, P. Lescoat, T. Morvan, C. Nicourt, V. Parnaudeau, J.L. Peyraud, O. Réchauchère, P. Rochette, F. Vertes, P. Veysset, 2012. *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France)*, 527 pages.
- Knoden D., Vertes F., Foray S., 2015. La fertilisation azotée des prairies selon la Directive Nitrates dans quelques régions d'Europe. *Journées AFPP*, 14p.
- Laurent F. 2006. *Les pollutions des ressources en eau par l'agriculture dans l'ouest de la France*. 5p.

- Manneville V., Le Gall A., Dollé J.B., Lucbert J. .2010.Efficacité du Plan de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole en France pour la reconquête de la qualité de l'eau en matière de nitrates. *Revue Fourrages* 204, 289-296
- Manneville V., Lequenne D., Le Gall A., Lucbert J., 2008. Evaluation du programme de maîtrise des pollutions agricole. Coll. Résultats. Institut de l'élevage 154 p.
- Moll, R.H., E.J. Kamprath, and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency to nitrogen utilization. *Agron. J.* 74: p562-564.
- Morel K., Farrie J.P., Renon J., Manneville V., Agabriel J., Devun J., 2015. Compromis production-environnement de deux systèmes bovins naisseurs herbagers aux stratégies fourragères et zootechniques contrastée. *Rencontres Recherches Ruminants*, 4p.
- ONEMA, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (Onema), 2012. Directive Nitrates : résultats de la surveillance. Participation du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) et de l'Office International de l'Eau. 12p.
- POSS R. 1993. La lixiviation, une cause majeure de l'acidification des sols. Fonds documentaire. Sixième réunion du groupe de réflexion sur l'étude du sol en relation avec l'alimentation des plantes (GRESSAP).
- Rieutort L., Ryschawy J., Doreau A., Guinot C.. 2014. Atlas de l'élevage herbivore en France, filières innovantes, territoires vivants. Edition autrement, collection Atlas/Monde. 96p.
- Simon J.C., Le Corre L., 1992. Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie, exemple de résultats. *Revue Fourrages* 129, p 79-94.
- Smaling, E.M.A., Oenema, O., Fresco, L.O., 1999. Nutrient Disequilibria in Agroecosystems: Concepts and Case-studies. CAB International, Wallingford, UK. Volume 51, P 541-549
- Spiess E., Prasuhn V. and Stauffer W., 2011. Influence de la fumure organique et minérale sur le lessivage des éléments nutritifs. *Recherche Agronomique Suisse* 2 (9): p376-381.
- Vertès F., Simon J.C., Giovann R, Grignani C., Corson M, Durand P, Peyraud JL. 2009. Flux de nitrate dans les élevages bovins et qualité de l'eau : variabilité des phénomènes et diversité des conditions. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France.* 94 (3), p6-7.

ANNEXE – CALCUL DES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

LA BALANCE GLOBALE AZOTEE

La balance globale azotée est exprimée en kg d'azote par ha de SAU. Ses modalités de calcul sont les suivantes :

$$\text{Solde BGA} = \frac{N_{\text{apports}} - N_{\text{exports}}}{\text{SAU}}$$

$$N_{\text{apports}} = N_{\text{min}} + N_{\text{org élevage}} + N_{\text{org autres}}$$

avec :

N_{min} : Quantité d'azote apportée sous forme d'engrais minéraux

$N_{\text{org élevage}}$: Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation

$N_{\text{org-autres}}$: Quantité d'azote apportée sous formes de fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage

$$N_{\text{org élevage}} = N_{\text{élevage}} + N_{\text{effluents importés}} - N_{\text{effluents exportés}}$$

avec :

N_e : Quantité d'azote organique produite par les animaux sur l'exploitation

$N_{\text{effluents importés}}$: Quantité d'azote issu des effluents d'élevage importés

$N_{\text{effluents exportés}}$: Quantité d'azote issu des effluents d'élevage exportés

Les quantités d'azote organique produites par les ruminants ont été calculées sur les bases des références de rejet établies dans le cadre du Programme d'Action National mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. Pour les vaches laitières, les références utilisées tiennent compte du niveau de production de lait par vache laitière.

Le temps de présence en bâtiment n'étant pas obligatoirement connu, les références utilisées se sont basées sur un temps de présence au pâturage de 4 à 7 mois induisant de niveaux de rejets de 92, 101 ou 111 kgN/vache laitière et par an.

$$N_{\text{export}} = N_{\text{export cultures}} + N_{\text{export prairies}}$$

avec :

$N_{\text{export cultures}}$: Quantité d'azote exportée par les cultures

$N_{\text{exp prairie}}$: Quantité d'azote exportée par les prairies

$$N_{\text{export cultures}} = \sum (\text{rendement}_{\text{cultures}} \times \text{surface}_{\text{cultures}} + \text{Teneur N organes récoltés}_{\text{cultures}})$$

Pour chaque exploitation présente dans la base de données, nous disposons de la surface en cultures de vente, ainsi que les rendements pour une grande partie des exploitations.

Pour les rendements non disponibles, un rendement moyen a été affecté par culture (selon la région d'appartenance de l'exploitation).

Pour le calcul des exportations de ces cultures (de vente ou fourragères), les références du COMIFER 2013 ont été retenues (paille non exportée).

$$N_{\text{export prairies}} = N_{\text{export fauche}} + N_{\text{export pâture}}$$

avec :

$N_{\text{export fauche}}$: Quantité d'azote exportée par l'herbe fauchée

$N_{\text{export pâture}}$: Quantité d'azote exportée par l'herbe pâturée

Comme pour les cultures fourragères annuelles, les références du COMIFER ont été appliquées pour l'herbe stockée (fauche, ensilage, enrubannage). Une valeur moyenne de 17,5 kgN/TMS a été appliquée pour le foin, n'ayant pas de précision concernant les caractéristiques de fauche (fauche précoce, tardive, regain).

Les quantités d'herbe valorisées au pâturage ont été estimées d'après le bilan fourrager tel que décrit par l'Institut de l'Élevage dans le cadre de la méthode DeXel en 2004.

$$N_{\text{export pâture}} = \text{Rendement}_{\text{prairie pâturée}} \times \text{Teneur } N_{\text{prairies}}$$

$$\text{Rendement}_{\text{prairie pâturée}} = \text{Besoins du troupeau}_{5 \text{ TMS/UGB}} - \text{Quantité de fourrages stockés consommés}$$

La consommation de fourrages stockés intègre 20 % de pertes par rapport au rendement au champ.

Une valeur moyenne de 27,5 kgN/TMS a été retenue pour les exportations des prairies pâturées (moyenne entre les prairies exploitées de manières intensive correspondant à un export de 30 kgN/TMS et les prairies plus extensives où la référence COMIFER est de 25 kgN/TMS).

LE BILAN APPARENT POUR EVALUER LE CYCLE DES ELEMENTS MINERAUX

Le bilan apparent de l'azote est exprimé en kg d'azote par ha de SAU. Ses modalités de calcul sont les suivantes :

$$\text{Bilan apparent de l'azote} = \frac{N_{\text{entrées}} - N_{\text{sorties}}}{\text{SAU}}$$

Où :

$$N_{\text{entrées}} = N_{\text{engrais min}} + N_{\text{engrais orga.}} + N_{\text{fourrages}} + N_{\text{alim.concentrés}} + N_{\text{animaux achetés}} + N_{\text{fixation symbiotique}} + N_{\text{déposition atmosphérique}}$$

$$N_{\text{engrais min}} = (\text{Quantité}_{\text{engrais achetés}} + \text{stock début} - \text{stock fin}) \times \text{teneur } N_{\text{engrais}}$$

$$N_{\text{engrais org}} = (\text{Quantité}_{\text{engrais achetés}} + \text{stock début} - \text{stock fin}) \times \text{teneur } N_{\text{engrais}}$$

$$N_{\text{fourrages}} = \sum (\text{Quantité}_{\text{fourrages achetés}} + \text{stock début} - \text{stock fin}) \times \text{teneur } N_{\text{fourrages}}$$

$$N_{\text{alim.concentrés}} = \sum (\text{Quantité}_{\text{concentrés}} + \text{stock début} - \text{stock fin}) \times \text{teneur } N_{\text{concentrés}}$$

$$N_{\text{animaux achetés}} = \sum (\text{Poids animaux} \times \text{Nombre} + \text{stock début} - \text{stock fin}) \times \text{teneur } N_{\text{prod animaux}}$$

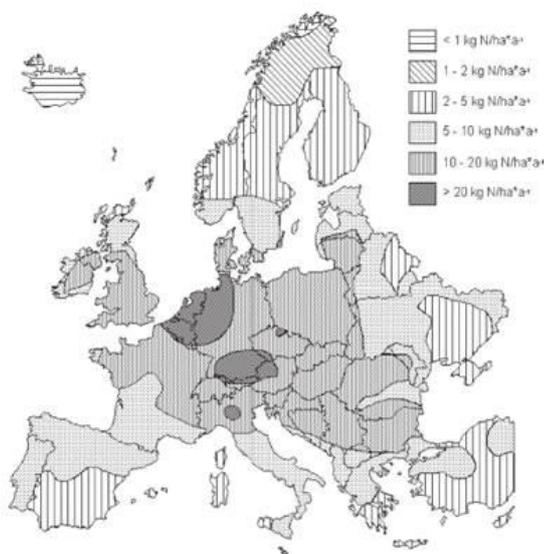
$$N_{\text{fixation symbiotique}} = \text{Surfaces}_{\text{prairies}} \times \text{rendement}_{\text{prairies}} \times k1 \times k2$$

Avec : $k1 = 35 = \text{quantité d'azote en kg fixé par les légumineuses /T MS}$

$k2 = 1.3 = \text{coefficient d'estimation de la fixation des parties souterraines}$

$N_{\text{déposition atmosphérique}} = 10 \text{ kgN/ha}$ (situation moyenne en France, cf figure 5).

Déposition totale d'azote en Europe en 1993 (Source : Brentrup and al. 2000)



La teneur en azote des différents types d'aliments ingérés sont issues des tables INRA 2007.

$$N_{\text{sorties}} = N_{\text{production animales vendues}} + N_{\text{productions végétales vendues}} + N_{\text{déjections animales exportées}}$$

$$N_{\text{productions animales vendues}} = N_{\text{lait vendu}} + N_{\text{viande vendue}}$$

$$N_{\text{lait vendu}} = \text{Volume lait livré (l)} \times \frac{\left(\frac{TP(\text{gl}^{-1})}{k}\right)}{1000}$$

$k = 0,95 * 6,38 \text{ g/kg}$ (en France), coefficient de conversion du TP en azote total

$$N_{\text{viande vendue}} = \sum (\text{Poids animaux} \times \text{Nombre}) \times \text{teneur } N_{\text{produits animaux}}$$

$$N_{\text{productions végétales vendues}} = \sum (\text{Quantités}_{\text{cultures et fourrages vendus}} \times \text{teneur } N_{\text{cultures et fourrages vendus}}$$

$$N_{\text{déjections animales exportées}} = \text{Quantité exportée}_{\text{fumier et lisier}} + \text{Teneur } N_{\text{fumier et lisier}}$$

L'EFFICIENCE DE L'AZOTE

L'efficacité de l'azote exprime le rapport entre les sorties et les entrées d'azote sur l'exploitation.

$$\text{Efficacité de l'azote} = \frac{N_{\text{sorties}}}{N_{\text{entrées}}}$$

LES EMISSIONS DE GAZ AZOTES

Calcul des émissions gazeuses azotées au pâturage :

Les calculs sont basés sur l'azote excrété au pâturage sous voie urinaire (2/3 de l'azote excrété) et voie fécale (1/3 de l'azote excrété), selon le temps de présence au pâturage des animaux.

$$NH_3_{\text{Pâturage}} = 0,12 \times \left(\frac{2}{3}\right) \times N_{\text{excrétéPâturage}} + 0,03 \times \left(\frac{1}{3}\right) \times N_{\text{excrétéPâturage}}$$

$$N_2O_{\text{Pâturage}} = \left(0,015 \times \left(\frac{2}{3}\right) \times N_{\text{excrétéPâturage}} + 0,004 \times \left(\frac{1}{3}\right) \times N_{\text{excrétéPâturage}}\right) \times 1,5$$

$$NO_{\text{Pâturage}} = 0,0018 \times N_{\text{excrétéPâturage}}$$

$$N_2_{\text{Pâturage}} = 3 \times N_2O_{\text{émisPâturage}}$$

Calcul des émissions gazeuses azotées au bâtiment :

Le calcul des émissions au bâtiment dans la base de données 2009-2013 prend en compte des données concernant le type de bâtiment et le type de déjections produites au bâtiment.

$$NH_4_{\text{Lisier}} = 0,5 \times N_{\text{excrétéBâtiment-Lisier}} \text{ (Corpen, 2013)}$$

$$NH_4_{\text{Fumier}} = 0,1 \times N_{\text{excrétéBâtiment-Fumier}} \text{ (Corpen, 2013)}$$

Où NH_4_{Lisier} et NH_4_{Fumier} correspondent à la quantité d'ammonium contenu dans le lisier et le fumier.

$$NH_3_{\text{Bâtiment-Lisier}} = 0,2 \times NNH_4_{\text{Lisier}}$$

$$NH_3_{\text{Bâtiment-Fumier}} = 0,19 \times NNH_4_{\text{Fumier}}$$

$$NO_{\text{Bâtiment}} = 0,0018 \times N_{\text{excrétéBâtiment}}$$

$$N_2O_{\text{litière accumulée}} = 0,4518 \times Nb \text{ UGB} \times Nb \text{ jours en bâtiment} \times \% \text{ de tps de présence}$$

$$N_2O_{\text{aire raclée}} = 0,00056 \times Nb \text{ UGB} \times Nb \text{ jours en bâtiment} \times \% \text{ de tps de présence}$$

$$N_2O_{\text{caillebotis}} = 0,3055 \times Nb \text{ UGB} \times Nb \text{ jours en bâtiment} \times \% \text{ de tps de présence}$$

$$N_2 = 3 \times (N_2O_{\text{Bâtiment}})$$

Calcul des émissions gazeuses azotées au stockage :

Le calcul des émissions au stockage prend en compte des données concernant le type de stockage et le type de déjections produites au bâtiment.

$$N_{\text{Stocké}} = N_{\text{excrétéBâtiment}} - \text{Pertés Gazeuses}_{\text{Bâtiment}}$$

$$NH_3_{\text{Stockage}} = 0,2 \times NNH_4_{\text{Stocké-Lisier}} + 0,27 \times NH_4_{\text{Stocké-Fumier}}$$

$$NO_{Stockage} = 0,0018 X (N_{Stocké-Lisier} + N_{Stocké-Fumier})$$

$$N_2O_{Stockage} = 0,003 X N_{Stocké-Fumier}$$

$$N_2_{Stockage} = 3 X N_2O_{Stockage}$$

Calcul des émissions gazeuses azotées à l'épandage :

$$N_{Ependu} = N_{Stocké} - Pertes Gazeuses_{Stockage}$$

$$NH_3_{Ependage} = 0,55 X NNH4_{Ependu-Lisier} + 0,79 X NNH4_{Ependu-Fumier bovin} + 0,9 X NNH4_{Ependu-Fumier ovin} \\ + 0,81 X NNH4_{Ependu-Fumier porcs} + 0,4 X NNH4_{Ependu-lisier porcs} \\ + 0,03 X kgN Engrais Minéral$$

$$N_2O_{Ependage} = 0,01 X N_{Ependu-Lisier} + 0,01 X N_{Ependu-Fumier}$$

$$NO_{Ependage} = 0,18 X N_{Ependu}$$

$$N_2_{Ependage} = 3 X N_2O_{Ependage}$$

Le cumul des pertes azotées est exprimé en kgN/ha.

Collection
Résultats

Edité par :
l'Institut de l'Élevage
149 rue de Bercy
75595 Paris Cedex 12
www.idele.fr
Novembre 2017

Dépôt légal :
4e trimestre 2017
© Tous droits réservés
à l'Institut de l'Élevage
Réf. 00 17 304 015
ISSN 1773-4738



Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevages herbivores.

Evaluation et amélioration de l'efficacité de l'azote, réduction des transferts vers les milieux aquatiques

L'analyse des informations issues de la base nationale Inosys Réseaux d'élevage ainsi que les suivis réalisés sur les fermes expérimentales ont permis de réaliser une photographie de la situation des élevages bovins lait et bovins viande français quant à la gestion de l'azote en lien avec les caractéristiques des différents systèmes de production rencontrés.

Cette cartographie des élevages herbivores en France reflète la diversité des exploitations d'élevages, et montre que quels que soient les systèmes rencontrés, l'optimisation des pratiques de chaque mode de production offre une marge d'amélioration basée sur la réduction des entrées d'azote. Un juste équilibre peut être trouvé en adaptant au mieux la gestion de l'alimentation par rapport au besoin et au potentiel de production des animaux, mais également en maîtrisant la fertilisation azotée des cultures et des prairies.

D'une manière générale, les élevages optimisés d'un point de vue gestion de l'azote affichent une bonne autonomie et valorisent au maximum les fourrages produits sur l'exploitation, permettant le recyclage de l'azote à l'intérieur du système de production et la réduction des pertes azotées vers l'environnement. Ils contribuent ainsi à l'amélioration de la qualité l'eau aujourd'hui observée dans les zones d'élevage d'herbivores.

Avec le soutien financier de :

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Contacts :

sylvain.foray@idele.fr

Novembre 2017

Réf. 0017 304 015

ISSN 1773-4738

www.idele.fr

