

Document de travail n° 14

Rapport - Environnement

NOPOLU-Agri

Outil de spatialisation des pressions de l'agriculture

Méthodologie et résultats pour les surplus d'azote et les émissions des gaz à effet de serre

Campagne 2010-2011

Ce Document de travail est composé du rapport d'étude réalisé par Sylvain Doublet (Solagro) et Guillaume Le Gall (Poÿry) pour le compte du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE).

L'étude et son rapport ont été encadrés par un comité de pilotage regroupant le SOeS, SSP, DEB, Seeidd, DGPAAT, Inra, Dreal, Draaf, Agence Bio, Citepa, Onema, agences de l'Eau, Ademe, Unifa, Institut de l'élevage.

Seule l'introduction pages 6 et 7 a été rédigée par le SOeS.

Le responsable du suivi au MEDDE est Bouchaïb Snoubra (SOeS).

Un « Chiffres & statistiques » et des résultats détaillés complètent la parution de ce Document de travail en septembre 2013.

Sommaire

Introduction	6
1. Contexte et historique.....	8
1.1 Éléments de contexte.....	8
1.2 Estimation, intégration des émissions polluantes : le volet agricole.....	9
1.2.1 La plateforme logicielle : NOPOLU-Agri.....	9
1.2.2 Le volet agricole : NOPOLU-Agri.....	9
1.2.2.1 Mise en place	9
1.2.2.2 Les améliorations pour la période 2006-2011	9
2. Méthodologie	10
2.1 Surplus et bilans azotés	10
2.1.1 Définition du surplus	10
2.1.2 Hypothèses retenues.....	11
2.2 Émissions de gaz à effet de serre (GES).....	12
2.2.1 Cycle de l'azote et émissions de gaz à effet de serre (GES)	12
2.2.2 Les autres postes d'émissions de gaz à effet de serre (GES)	14
2.3 Changements d'échelle de calcul et de restitution.....	14
2.3.1 Fonctionnalités.....	14
2.3.2 Méthode de désagrégation – restitution à l'échelle de sortie	14
2.3.2.1 Principe.....	14
2.3.2.2 Ventilation sur les entités CORINE Land Cover.....	14
2.3.2.3 Passage à l'échelle de sortie.....	15
3. Les activités	19
3.1 La surface agricole utile (SAU)	19
3.1.1 Définition	19
3.1.2 Les surfaces en 2010	20
3.1.3 Les rendements des cultures.....	23
3.2 Cheptel.....	24
3.2.1 Définition	24
3.2.2 Cheptel 2010.....	25
4. Les postes du solde Azote : les entrées	26
4.1 Les quantités d'azote organique produites par le cheptel bovin.....	26
4.1.1 Problématique.....	26
4.1.2 Méthodologie	26
4.1.2.1 Introduction	26
4.1.2.2 Les simulations.....	27
4.1.2.3 Résultats.....	28
4.1.3 Analyse des résultats.....	28
4.1.3.1 Le choix de la pâture	28
4.1.3.2 Méthode de calculs.....	29
4.1.3.3 Résultats.....	30
4.1.4 Mise en pratique dans NOPOLU-Agri	30

4.1.4.1	Adaptation aux catégories bovines de NOPOLU-Agri	30
4.1.4.2	Répartition bâtiment/pâture	32
4.2	Les quantités d'azote produites par le cheptel (hors cheptel bovin).....	33
4.2.1	Porcins	33
4.2.2	Ovins	34
4.2.3	Caprins.....	34
4.2.4	Équins	35
4.2.5	Volailles - Lapins.....	35
4.3	Les quantités d'azote produites par le cheptel (récapitulatif)	37
4.4	Les quantités d'azote minéral apportées aux cultures.....	38
4.4.1	Méthodologie	38
4.5	La déposition atmosphérique.....	41
4.6	La fixation symbiotique	42
4.7	Les postes d'entrée d'azote non pris en compte	44
5.	Les postes du solde Azote : les sorties	45
5.1	Exportation par les prairies	45
5.2	Exportation par des cultures	46
5.3	Exportation par les résidus de cultures.....	48
5.4	Volatilisation de l'azote sous forme ammoniacale	48
5.4.1	La volatilisation de l'azote organique des déjections animales.....	48
5.4.2	La volatilisation de l'azote minéral.....	50
6.	La ventilation des déjections et la surface amendée en matière organique (Samo).....	51
6.1	La ventilation des déjections.....	51
6.2	Surface amendée en matière organique (Samo).....	59
6.2.1	La répartition de l'azote maîtrisable.....	59
6.2.2	La répartition de l'azote organique non-maîtrisable	59
7.	Les émissions de gaz à effet de serre (GES).....	61
7.1	Méthode	61
7.2	Les émissions de méthane (CH ₄)	63
7.2.1	Introduction	63
7.2.2	Le méthane de la fermentation entérique.....	63
7.2.3	Émissions de méthane par les déjections animales.....	65
7.2.3.1	Méthode de calcul	65
7.2.3.2	Les coefficients utilisés.....	66
7.2.4	Les rizières.....	68
7.3	Les émissions de protoxyde d'azote (N ₂ O).....	69
7.3.1	Introduction	69
7.3.2	Les émissions de protoxyde d'azote des élevages	69
7.3.3	Les émissions de protoxyde d'azote au sol et les émissions indirectes.....	71
7.3.3.1	Méthode.....	71
7.3.3.2	Les émissions lors de l'application de l'azote au sol.....	71
7.3.3.3	L'émission de N ₂ O par les résidus de culture	72
7.3.3.4	Émissions indirectes de N ₂ O	74

7.3.4	Émissions de N ₂ O lors de la fabrication des engrais minéraux.....	74
7.3.5	N-N ₂ O vers N ₂ O	75
7.4	Les émissions de dioxyde de carbone (CO ₂).....	76
7.4.1	Les émissions liées à la consommation de fioul.....	76
7.4.2	Les émissions de CO ₂ par chaulage des sols	76
7.4.2.1	Méthode.....	76
7.4.2.2	Spatialisation	76
7.4.2.3	Facteur d'émission	77
7.4.3	Émissions de CO ₂ lors de la fabrication des engrais minéraux.....	78
7.4.4	Émissions de CO ₂ dans les bâtiments d'élevage	80
7.5	Pouvoir de réchauffement global (PRG)	81
7.6	Les émissions de GES non prises en compte	81
8.	Résultats.....	82
8.1	Azote	82
8.1.1	Cheptel.....	82
8.1.1.1	Répartition de l'azote excrété	82
8.1.1.2	Quantification des pertes sous forme gazeuses de l'azote organique du cheptel (N ₂ , N ₂ O, NH ₃)	85
8.1.1.3	L'azote « racine »	86
8.1.1.4	Les émissions de méthane.....	86
8.1.2	Les cultures.....	87
8.1.2.1	L'azote minéral, organique, la fixation symbiotique et l'exportation	87
8.1.2.2	Les pertes d'azote sous forme gazeuses.....	89
8.1.3	Les surplus d'azote.....	89
8.1.3.1	Surplus global : 902 000 tonnes d'azote	89
8.1.3.2	Surplus par région	89
8.1.3.3	Surplus et bilan par culture.....	93
8.1.4	Carte : surplus d'azote exprimés en densité par hectare de SAU.....	94
8.2	Les émissions de GES.....	95
9.	Le modèle : conclusions et améliorations.....	99
9.1	Les évolutions 2006-2010.....	99
9.2	Validité des résultats azote et GES	99
9.3	Améliorations du modèle	100
10.	Liste des figures	102
11.	Liste des tableaux.....	103
12.	Lexique - Glossaire.....	105
	Bibliographie.....	107

Introduction

Avertissement

L'objet de NOPOLU est de spatialiser des pressions diffuses de l'agriculture, notamment pour évaluer des pratiques agricoles réelles ou hypothétiques, des impacts de politique publique. À cet effet, les paramètres en entrée d'outil peuvent être modulés par l'utilisateur sur un territoire donné.

Les résultats 2010 présentés ici sont donc étroitement liés aux choix effectués sur les données d'entrée (enquêtes, coefficients, dires d'expert) dans le cadre d'un comité de pilotage. Les résultats agrégés sur le territoire métropolitain ne constituent pas le rapportage officiel de la France auprès d'instances internationales, en particulier quant à celui du bilan azote effectué par le ministère de l'Agriculture à Eurostat, et ceux des émissions de gaz à effet de serre effectués par le ministère de l'Écologie.

Les exigences réglementaires concernant la qualité de l'eau sont nombreuses. Elles visent aussi bien la production d'eau potable que la préservation des milieux naturels aquatiques et concernent notamment les pratiques de culture et d'élevage. L'agriculture est le principal utilisateur d'azote et de produits phytosanitaires et un surplus d'azote peut être entraîné vers le milieu aquatique par ruissellement ou dans les sols par infiltration, en particulier lors des périodes de drainage (automne et hiver). La lutte contre l'eutrophisation passe donc notamment par la maîtrise des émissions de nitrates vers les eaux en complément de la réduction déjà en partie réalisée des apports de phosphore.

L'autre grand défi environnemental de l'adaptation des pratiques agricoles est de réduire sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et de faire face aux conséquences du changement climatique (température, disponibilité en eau...).

L'élaboration et le suivi de politiques et actions efficaces à l'échelon national et territorial de lutte contre la pollution azotée et le changement climatique nécessitent une caractérisation de ces deux types de pressions diffuses. Or la pression de l'agriculture sur l'environnement est encore insuffisamment évaluée à l'échelle nationale et les indicateurs locaux sont peu développés.

L'outil NOPOLU-Agri, développé à l'initiative du Service de l'observation et des statistiques (SOeS), vise à améliorer la connaissance des pressions liées aux activités agricoles et de l'état de l'environnement, et en permettre une restitution spatialisée. Il permet de calculer :

- le surplus d'azote spatialisé, valable pour l'année 2010-2011, sur un territoire administratif dont l'échelle peut varier de NUTS 4 à NUTS 1 et/ou environnementale (zones hydrologiques) ;
- les émissions GES : (CH₄, N₂O et CO₂) sont établies sur la base des principaux postes émetteurs au niveau de l'exploitation agricole mais aussi en prenant en compte certaines phases amont (ex : fabrication d'azote minéral et de chaux...).

La troisième version de NOPOLU-Agri¹, dont les résultats sont présentés dans le présent rapport, a été élaborée en étroite collaboration avec le Service de la statistique et de la prospective (SSP), avec un comité de pilotage : composé de : SOeS, DEB, Seeidd, DGPAAT, Inra, Dreal, Draaf, Agence Bio, Citepa, Onema, agences de l'Eau, Ademe, Unifa, Institut de l'élevage.

¹ Les principaux résultats de la deuxième version, portant sur la campagne 2006-2007 sont accessibles à <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1939/1186/analyse-spatiale-pressions-agricoles-surplus-dazote-gaz.html>

Selon les résultats 2010, l'activité agricole en France métropolitaine a engendré un surplus qui est estimé à 902 000 tonnes, soit 32 kg d'azote par hectare de SAU, avec des émissions de GES de l'ordre de 104 millions de tonnes en équivalent CO₂².

La production d'azote organique, disponible pour les cultures est estimée à 1,7 million de tonnes d'azote (pertes par volatilisation déduite : 447 000 tonnes) dont près de 80 % proviennent du cheptel bovin.

Hors fixation symbiotique (376 000 tonnes) et déposition atmosphérique (310 000 tonnes), les apports d'azote (organique et minéral) sur les cultures s'élèvent à près de 3,2 millions de tonnes (hors volatilisation minérale : 155 000 tonnes). Les « exportations », c'est-à-dire les prélèvements par les cultures, représentent 3,3 millions de tonnes.

L'outil NOPOLU-Agri

Cet outil intègre à une échelle territoriale fine toutes les données relatives à l'activité agricole. Dans la version de cette plateforme logicielle présentée dans ce rapport, sont utilisées les données du Recensement agricole 2010 (RA 2010), de l'enquête Pratiques culturales (2011) du SSP et de l'enquête Prairies du SCEES (1998), de la statistique Agricole annuelle, des livraisons d'engrais (Unifa) et les données annuelles de déposition atmosphérique, qui proviennent de l'European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) pour des mailles carrées de 50 km de côté.

L'estimation du risque de pollution azotée réalisée par le SOeS repose sur le calcul du bilan des apports et exports d'azote à la surface des sols agricoles. Ce calcul peut être réalisé à toute échelle administrative ou hydrographique grâce à une spatialisation des données agricoles *via* CORINE Land Cover. Les composantes qu'il est possible de prendre en compte sont les fertilisations minérale et organique, les dépôts atmosphériques, la fixation symbiotique, les pertes gazeuses par volatilisation et pour les exports, les prélèvements par les cultures et les prairies.

NOPOLU-Agri intègre aussi les derniers coefficients unitaires arrêtés par des centres d'expertise reconnus (Corpen, Institut de l'élevage, Inra, Giec, Citepa, Celac) ainsi que les valeurs retenues par l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables

² Le total des émissions calculé est comparable aux 102,9 Mteq CO₂, calculé par le Citepa pour l'agriculture et la sylviculture (format Secten - avril 2012), correspondant aux seules émissions directes des exploitations, hors UTCF (Utilisation des terres, leur changement et la forêt) et incluant également celles de CFC, PFC et SF₆.

1. Contexte et historique

1.1 **Éléments de contexte**

En plusieurs décennies, l'agriculture a fait des gains de productivité importants. Cette croissance, acquise par la concentration et la spécialisation des exploitations mais aussi par une augmentation de l'utilisation des intrants, s'est accompagnée de fortes pressions sur l'environnement. Il s'avère que les activités agricoles sont aujourd'hui la source prépondérante de pollution azotée dans les eaux, de pesticides dans l'eau et l'air et d'une part non négligeable des émissions de gaz à effet de serre.

Les différents acteurs ont pris conscience des impacts négatifs sur l'environnement de ces pratiques agricoles et la demande sociale en faveur d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement ne cesse de grandir. Cette exigence d'agriculture durable s'est particulièrement exprimée lors du Grenelle de l'environnement. Par ailleurs, les exigences réglementaires concernant la qualité de l'eau sont nombreuses et la Directive Cadre sur l'eau exige désormais l'atteinte du bon état des masses d'eau.

L'agriculture étant le principal utilisateur d'azote, de phosphore et de produits phytosanitaires, de nombreuses réglementations encadrent les pratiques de culture et d'élevage afin d'assurer la protection de l'eau. Le versement des aides de la PAC est désormais conditionné au respect des normes environnementales et de santé publique.

Avant même d'analyser les relations entre les pressions liées aux activités humaines et l'état de l'environnement, il est essentiel de connaître les émissions de matières polluantes. Mais, la **caractérisation des émissions diffuses de l'agriculture** est particulièrement difficile en raison de la complexité des phénomènes en jeu et de la dispersion des sources. Une sur-fertilisation ou une fertilisation azotée inadéquate est entraînée par ruissellement ou infiltration, en particulier quand les sols sont nus en hiver. Quant aux produits phytosanitaires, leur usage dépend fortement des conditions pédoclimatiques et des systèmes de production.

Les pratiques culturales influencent différents facteurs (carbone organique, aération, activité microbienne, etc.) contrôlant le devenir des substances et entraînant des effets multiples, parfois antagonistes, difficiles à évaluer globalement. Ainsi, la contamination des cours d'eau et des nappes peut être mise en relation avec les caractéristiques du milieu (type de sol, roche mère, etc.), les conditions climatiques (régime de précipitations, etc.) mais surtout avec les quantités et la nature des substances appliquées. Il est donc essentiel d'estimer les pressions exercées par les activités agricoles avant même de s'intéresser aux transferts.

Le SOeS a souhaité actualiser les évaluations de ces pressions pour le **paramètre Azote** qui avaient été réalisées en 2003 et 2006 à l'aide d'un logiciel appelé « NOPOLU-Agri » tout en modernisant l'outil, en le complétant par la prise en compte de certains processus non encore modélisés et en utilisant les sources d'information les plus récentes.

Par ailleurs, l'outil met à disposition de nombreux éléments d'information nécessaires au calcul de l'impact des activités agricoles sur les émissions de **gaz à effet de serre (GES)**.

1.2 Estimation, intégration des émissions polluantes : le volet agricole

1.2.1 La plateforme logicielle : NOPOLU system2

Les émissions polluantes vers l'eau se composent principalement de sources **agricoles, industrielles et urbaines**. Dans les trois cas, on trouve des apports non répertoriés (composés d'apports diffus au sens strict et d'apports considérés comme diffus) et des apports répertoriés, véhiculés par des émissaires avec ou sans épuration. Le calcul exact et comparable des diverses émissions, ventilées par source et en fonction des vecteurs d'émission, est une demande de plus en plus fréquente des autorités demandant le rapportage des émissions.

C'est également une nécessité pour comprendre les mécanismes de pollution des eaux et l'efficacité des politiques de lutte contre la pollution.

La **plateforme logicielle** NOPOLU system2, a été créée pour répondre à ces nouveaux besoins en intégrant et spatialisant les activités polluantes d'origine agricole, industrielle et urbaine.

NOPOLU-Agri a notamment été utilisé dans les projets européens EuroHARP, GreenDairy, GEOLAND et par le SOeS. Comme il intègre, en plus de l'agriculture, les rejets d'azote directs en rivières des industries et des activités urbaines, il est ainsi possible d'évaluer la part de l'azote agricole dans les rejets totaux ponctuels et diffus à l'aide du module « Émissions Intégrées ».

1.2.2 Le volet agricole : NOPOLU-Agri

1.2.2.1 Mise en place

NOPOLU-Agri, module spécialisé de la plateforme logicielle NOPOLU system2, est une méthode de calculs et de ventilation des **surplus d'azote** d'un territoire qui a été développée en partenariat avec le SOeS par PÖYRY avec l'aide de SOLAGRO.

Cette méthode permet de faire un état des lieux à une échelle spatiale administrative (de type NUTS 4 : échelle cantonale) ou hydrologique (zone hydrologique au sens BD Carthage) du surplus d'azote sur la SAU. Cette évaluation peut se faire de façon globale ou par type de culture. Les résultats sont tabulés et des fonctions d'export et de cartographie automatique des résultats à l'échelle choisie sont implémentées dans l'outil.

NOPOLU-Agri est un modèle statistique qui intègre notamment les données du RA 2010 (NUTS 5), de l'enquête Pratiques Culturelles du SSP (2011) et de l'enquête Prairies du SCEES (1998). La ventilation des données statistiques est effectuée en utilisant CORINE Land Cover 2006 et les résultats peuvent être présentés avec un découpage administratif ou environnemental (ex. zones hydrologiques). Le principal résultat est un **surplus d'azote spatialisé valable pour l'année 2010-2011**, pour un territoire dont l'échelle peut varier de NUTS 4 à NUTS 1.

1.2.2.2 Les améliorations pour la période 2006 - 2011

Les objectifs de développement de NOPOLU-Agri sont les suivants :

- Réaliser un **surplus azote à l'échelle NUTS 2** conformément aux standards de l'Agence Européenne de l'Environnement.
- Incorporer dans le modèle les nouvelles données disponibles sur l'utilisation du territoire, la définition de l'espace agricole et l'utilisation des intrants pour obtenir un **surplus azote sur la période 2010 – 2011**.
- **Mettre à jour les coefficients et la méthodologie** utilisée dans la version actuelle (calcul du solde azoté – émissions de GES).

Ce document décrit de manière exhaustive, les éléments de méthodologie de l'outil NOPOLU-Agri, en intégrant les améliorations décrites ci-dessus.

2. Méthodologie

2.1 Surplus et bilans azotés

2.1.1 Définition du surplus

Le surplus correspond au résultat positif de la différence entre les entrées et les sorties, sur une surface agricole, d'un élément fertilisant à une échelle définie. Cette définition est analogue à celle proposée par le **CORPEN** dans l'évaluation du bilan d'azote à l'échelle de l'exploitation, qui a été adaptée et utilisée largement en agriculture (notamment par le Service de la Statistique et de la Prospective du Ministère de l'Agriculture – SSP ex SCEES). Dans NOPOLU-Agri, les postes d'entrées et de sorties pris en compte pour le calcul des surplus d'azote sont :

- Les **entrées** : effluents d'élevage, engrais minéraux, engrais organiques et matières organiques issues de déchets, fixation symbiotique, déposition atmosphérique ;
- Les **sorties** : exportation par les cultures, exportation par les prairies, émissions d'ammoniac et de gaz azotés vers l'atmosphère³.

Le surplus correspond donc à la quantité maximale d'élément excédentaire sur une surface agricole donnée qui risque d'être transférée vers le milieu aquatique (le transfert vers l'air sous forme de NH₃, N₂O et N₂, étant déjà comptabilisé comme une sortie), sous l'hypothèse d'un stock d'azote du sol constant.

NOPOLU-Agri permet de calculer des surplus pour des échelles variant du niveau cantonal et/ou de la zone hydrologique, au niveau national ; et de les décliner par culture.

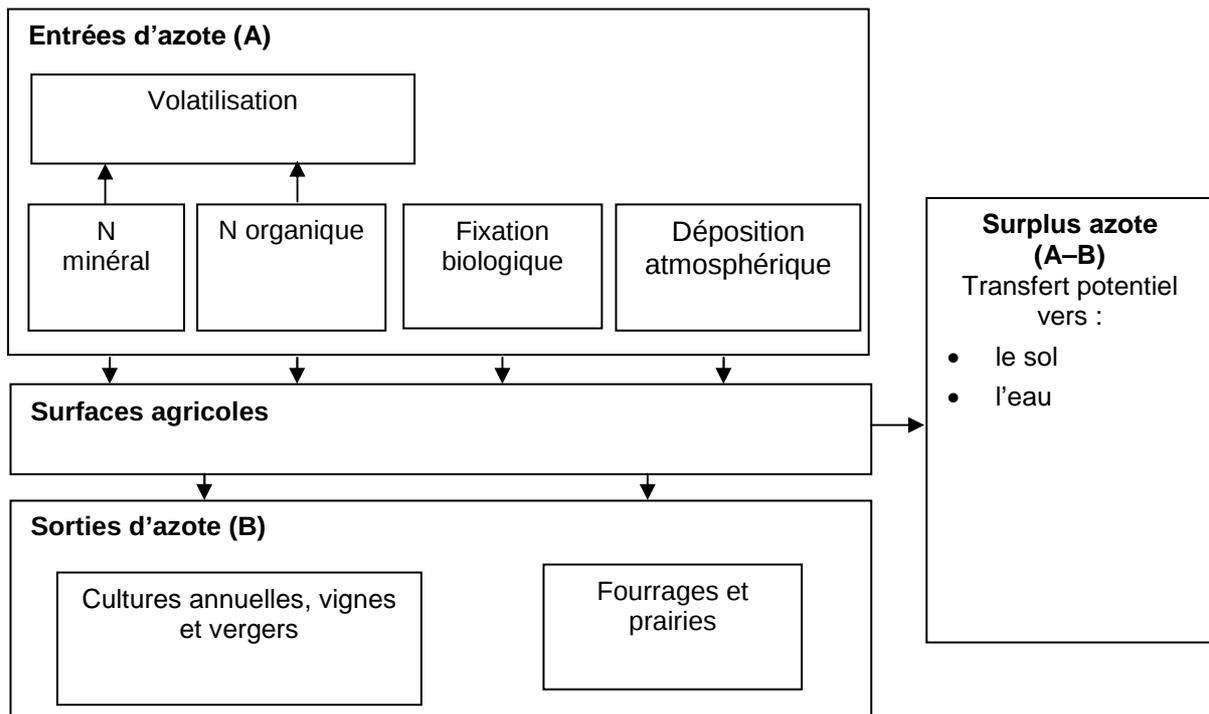


Figure 1 : Principaux éléments pris en compte dans le calcul du surplus d'azote

³ La déposition atmosphérique n'a jusqu'ici pas été prise en compte dans l'évaluation proposée par le CORPEN qui considèrerait qu'elle devait s'équilibrer avec la dénitrification et la volatilisation de l'azote épandu.

Lorsque les calculs aboutissent à une valeur négative, le surplus sera considéré comme nul de façon à éviter des phénomènes de compensation dans l'agrégation des évaluations sur des territoires importants.

Note : La méthode de calcul du **bilan global** est identique à celle du surplus à une exception près : on ne tient pas compte de la déposition atmosphérique dans les entrées d'éléments sur les surfaces agricoles. L'intérêt de suivre aussi la valeur de cet indicateur est qu'il est lié aux seules statistiques agricoles. Il n'est pas soumis aux aléas des estimations des dépositions atmosphériques.

2.1.2 Hypothèses retenues

Les hypothèses retenues par le CORPEN sont :

- Les pratiques agricoles sont supposées pertinentes (date des apports, doses d'engrais conformes aux préconisations, etc.) ;
- Le stock de matière organique du sol est supposé constant : la minéralisation de l'azote organique du sol est compensée par la réorganisation de l'azote minéral ;
- La minéralisation lors du retournement des prairies n'est pas prise en compte.

Par rapport à la méthodologie de base (CORPEN 1988), des postes du bilan d'azote ont été ajoutés ou modifiés dans NOPOLU-Agri :

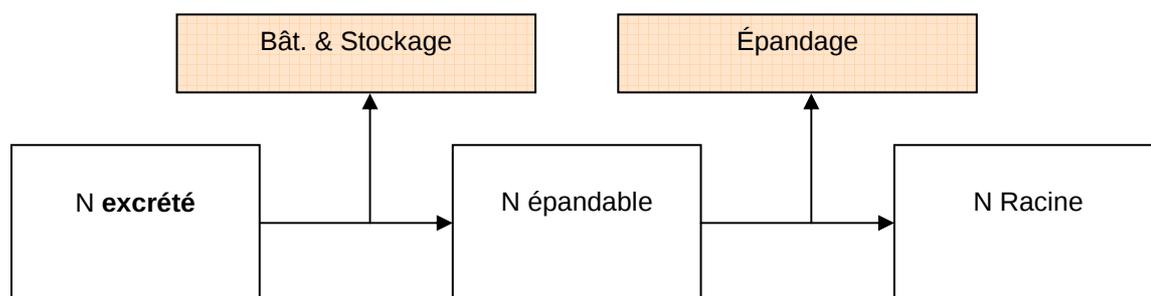
- La fixation d'azote symbiotique apparaît comme une entrée du bilan et les exportations d'azote des sols par les légumineuses récoltées apparaissent comme une sortie du bilan ;
- La déposition atmosphérique de l'azote ammoniacal est comptabilisée comme une entrée du bilan ;
- Les émissions de composés gazeux au champ sont comptabilisées.

Azote organique des troupeaux : la notion d'azote excrété

L'objectif est de faire apparaître l'ensemble des flux d'azote et de les quantifier. Cela suppose pour chaque source d'azote de travailler et d'identifier les **quantités émises à la source**. Pour certains postes du bilan CORPEN, cette démarche est complexe. Pour l'azote organique contenu dans les déjections animales cela suppose d'introduire la notion d'azote excrété.

On entend par **azote excrété**, les quantités que l'on retrouve dans les urines ou dans les bouses avant qu'il n'y ait eu de perte par volatilisation, ruissellement ou lessivage. La notion d'**azote « épandable »** intègre des pertes par volatilisation lors de l'émission au bâtiment et au stockage. La notion d'**azote « racine »** prend en compte les pertes par volatilisation au champ (lors de l'épandage ou lorsque les déjections sont émises lors du pâturage).

Bâtiments d'élevage



Pâturage

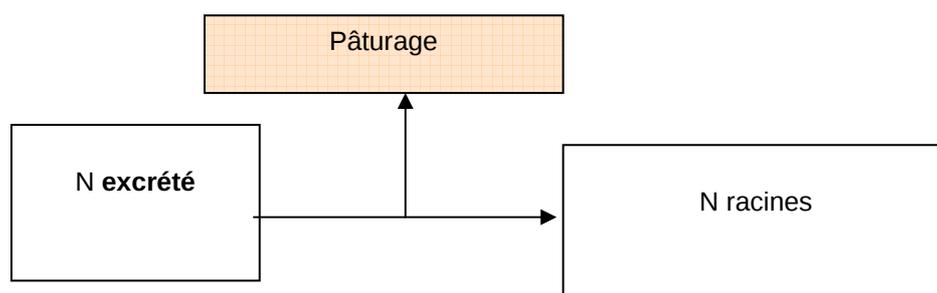


Figure 2 : Description des flux et des postes de volatilisation de l'azote entre l'azote excrété par le cheptel et l'azote « racine »

Il est important de raisonner au niveau de l'azote excrété pour pouvoir par la suite ventiler des quantités d'azote tout en gardant la maîtrise des coefficients d'abattement et donc des flux vers l'air, l'eau et le sol. La prise en compte des gaz à effet de serre dans cette mise à jour de NOPOLU-Agri, nécessite également de raisonner par rapport aux quantités émises à la source (Cf. paragraphe ci-dessous).

2.2 Emissions de gaz à effet de serre (GES)

2.2.1 Cycle de l'azote et émissions de gaz à effet de serre (GES)

Tout au long du cycle de l'azote, lors du passage d'une forme d'azote à une autre (minéralisation, nitrification, etc.), une fraction se volatilise soit sous forme d'ammoniac (NH₃), de protoxyde d'azote (N₂O) ou d'azote atmosphérique (N₂). Parmi ces trois gaz, seul le protoxyde d'azote est un GES. Les émissions de N₂O, sont soit directes (liées à la quantité d'azote mise en jeu sous une forme organique ou minérale) soit indirectes (une proportion de l'azote en surplus ou une proportion de l'azote volatilisé sous forme d'ammoniac). La figure ci-dessous détaille des flux d'azote comptabilisés dans NOPOLU-Agri.

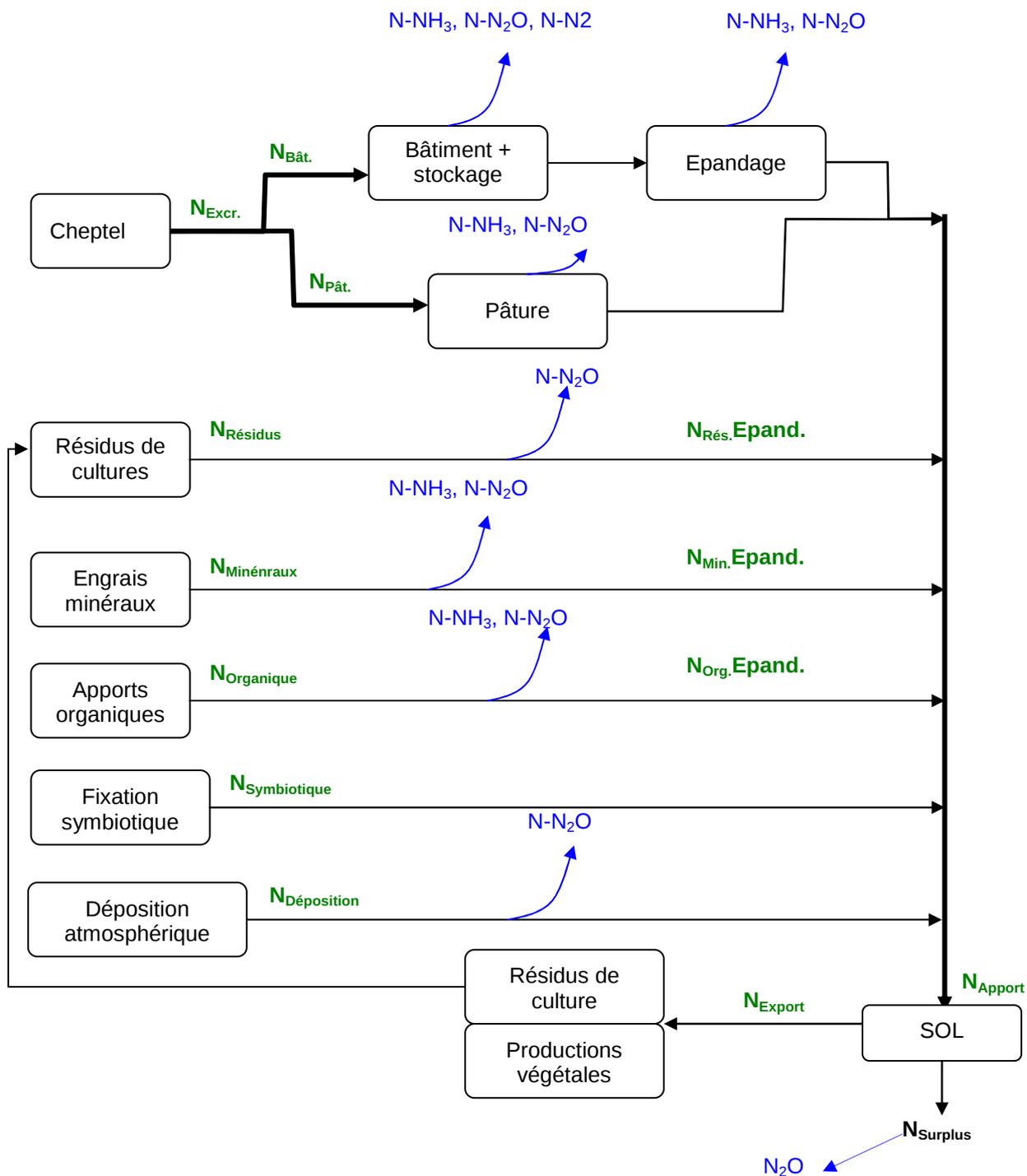


Figure 3 : Cycle de l'azote, volatilisation et GES

2.2.2 Les autres postes d'émissions de gaz à effet de serre (GES)

Parmi les activités prises en compte par NOPOLU-Agri, certaines sont directement liées à des émissions de GES. En plus des émissions de GES liées à l'azote, NOPOLU-Agri prend en compte les postes suivants :

- mobilisation du phosphore minéral,
- consommation d'énergie sur les parcelles (carburant, irrigation),
- consommation d'énergie dans les bâtiments d'élevage,
- émissions de méthane (entérique, bâtiment, culture).

2.3 Changements d'échelle de calcul et de restitution

2.3.1 Fonctionnalités

Le calcul du surplus d'azote a été programmé à l'origine par le SSP en restituant les résultats à l'échelle des données statistiques introduites (échelle départementale dans un premier temps, puis régionale). L'application des principes de calcul des surplus d'azote dans NOPOLU *Système 2* a permis une déclinaison des calculs en ajoutant un certain nombre de compléments :

- Passage de l'échelle administrative (celle à laquelle les données de base sont disponibles) à l'échelle des bassins versants.
- Possibilité de régler les constantes, variables d'exportation et coefficients techniques à des échelles géographiques indépendantes des échelles d'entrée des variables et de restitution. On peut par exemple entrer les s valeurs de recensement à l'échelle du canton, restituer à l'échelle du bassin versant et régler des variables d'ajustement à l'échelle des échelles départementales.
- Possibilité de sortir ou non des variables de contrôle, de manière systématique à une échelle administrative supérieure ou égale à l'échelle d'entrée (par exemple département si on a entré le recensement au canton) ou de manière optionnelle et détaillée par type de culture ou d'élevage, à n'importe quelle échelle de regroupement.
- Possibilité de cartographier les résultats.

2.3.2 Méthode de désagrégation – restitution à l'échelle de sortie

2.3.2.1 Principe

Cette étape permet de répartir les résultats obtenus suivant l'occupation du sol et à une échelle voulue. Cette ventilation se fait sur les entités CORINE *Land Cover* (CLC). La méthode consiste à :

- désagréger la donnée administrative sur une portion de territoire plus petite ou découpée autrement,
- puis réaffecter les résultats ainsi calculés sur des territoires désagrégés en fonction des cibles les plus pertinentes.

Cette ventilation de type "utilisation du sol en fonction du mode d'occupation du sol" est une approximation dans la mesure où il n'y a pas nécessairement bijection entre l'utilisation du sol et son mode d'occupation. Il existe toutefois une relation forte à l'échelle régionale.

En pratique, on a toutefois introduit la possibilité de limiter, par entité CORINE *Land Cover*, la proportion surface réellement fertilisable.

Le principe de calcul schématisé dans les sections suivantes considère les surfaces des entités CLC fertilisables à 100% (les apports peuvent être affectés sur la totalité des superficies, pour des raisons de commodité de présentation).

2.3.2.2 Ventilation sur les entités CORINE *Land Cover*

Chaque assolement est considéré être conduit sur une ou plusieurs modalités d'occupation des terres CORINE *Land Cover*. Les modalités de cette répartition peuvent être ajustées dans l'espace et le temps. Des valeurs par défaut sont disponibles à l'échelle nationale.

Dans les exemples suivants, on prendra le canton (équivalent à NUTS 4) comme unité administrative de base de connaissance des variables d'assolement.

Le principe de calcul pour la ventilation des cultures sur les surfaces CORINE *Land Cover* est simple. À chaque culture et pour tout niveau d'unité spatiale (NUTS 0 à NUTS 4), un type de répartition peut être affecté. Le niveau par défaut est pris en compte dans le cas où il n'y a pas de répartition particulière.

Ensuite pour chaque type CLC à l'échelle des entités de recensement (NUTS4), on calcule la somme des surfaces des entités CLC comprises dans ce type, les surfaces de chacune d'elles étant connues à l'échelle NUTS5, à partir du fichier HYDROSOL.

Pour Mémo, le fichier HYDROSOL est constitué des superficies des entités élémentaires résultant de l'intersection NUTS5 (plus petite unité administrative), Zone hydrologique (plus petite unité de bassin versant) & CLC pour une date donnée (ici 2006).

Si l'on prend l'exemple du canton 2925 (Pleyben), le maïs grain du canton 2925 est distribué sur les type CLC 211, 242, 243 (distribution par défaut). Ainsi, la surface CLC sur laquelle sont distribués les 2978,8 ha Maïs du canton 2625 est de 20014 ha, si on considère que 100% de la superficie de chacun des postes 211, 242 & 243 est affectable.

La répartition des superficies exprimée en ha se fait alors sur chaque type CLC au prorata de la surface de l'entité élémentaire CLC comme indiqué dans le ci-dessous.

Cette méthode de désagrégation spatiale permet de mieux répartir les assolements dans le cas où l'échelle de sortie est d'une autre nature que l'échelle du recensement.

CT	CM	NOM	Zone Hydro	CLC 211 ha	CLC 242 ha	CLC 243 ha	somme CLC 211+242+243 ha	Maïs D/06/a ha
2925	29016	BRASPARTS	J383	598	1 684	43	2 325	346.0
2925	29018	BRENNILIS	J361	2	19	-	21	3.1
2925	29018	BRENNILIS	J362	62	897	-	960	142.9
2925	29033	LE CLOITRE-PLEYBEN	J381	773	412	42	1 226	182.5
2925	29033	LE CLOITRE-PLEYBEN	J382	39	21	-	61	9.0
2925	29033	LE CLOITRE-PLEYBEN	J383	198	220	35	453	67.4
2925	29062	GOUEZEC	J382	1 614	798	85	2 497	371.7
2925	29115	LANNEDERN	J381	131	72	-	202	30.1
2925	29115	LANNEDERN	J383	562	293	129	984	146.5
2925	29123	LENNON	J381	781	263	35	1 080	160.7
2925	29123	LENNON	J382	717	230	-	947	141.0
2925	29141	LOQUEFFRET	J362	-	474	-	474	70.5
2925	29141	LOQUEFFRET	J381	22	199	95	315	46.9
2925	29141	LOQUEFFRET	J383	198	320	80	597	88.9
2925	29142	LOTHEY	J382	807	265	-	1 072	159.6
2925	29142	LOTHEY	J430	0	-	-	0	0.0
2925	29162	PLEYBEN	J382	2 986	748	23	3 757	559.1
2925	29162	PLEYBEN	J383	1 954	167	208	2 329	346.6
2925	29261	SAINT-RIVOAL	J362	-	1	-	1	0.1
2925	29261	SAINT-RIVOAL	J383	7	687	20	714	106.2
				11 451	7 768	795	20 014	2 978.8
							CLC Maïs	D_06_a

Figure 4 : Ventilation des superficies sur les entités CLC par canton pour le maïs pour le canton de Pleyben

Grâce à ce principe, pour chaque entité CORINE Land Cover concernée de chaque canton, les quantités d'azote apportées et exportées sont connues en différenciant celles ayant pour origine les élevages de celles d'origine culturale.

2.3.2.3 Passage à l'échelle de sortie

Selon l'échelle de sortie demandée lors du calcul, trois modes d'agrégation entre ces deux échelles sont possibles. Ces différentes modalités sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1. Modes de transition entre l'échelle d'entrée et l'échelle de sortie			
Mode	Échelle de sortie	Niveau	Cas particulier
❶	Administrative	Supérieur ou égal au niveau d'entrée	
❷	Administrative	Inférieur au niveau d'entrée (ex : canton [NUTs4] pour une entrée départementale [NUTs3])	Échelle de sortie : agrégat non hiérarchisé (ex : PRA) Échelle d'entrée autre que Communale (PRA % agrégation de communes)
❸	Hydrographique		

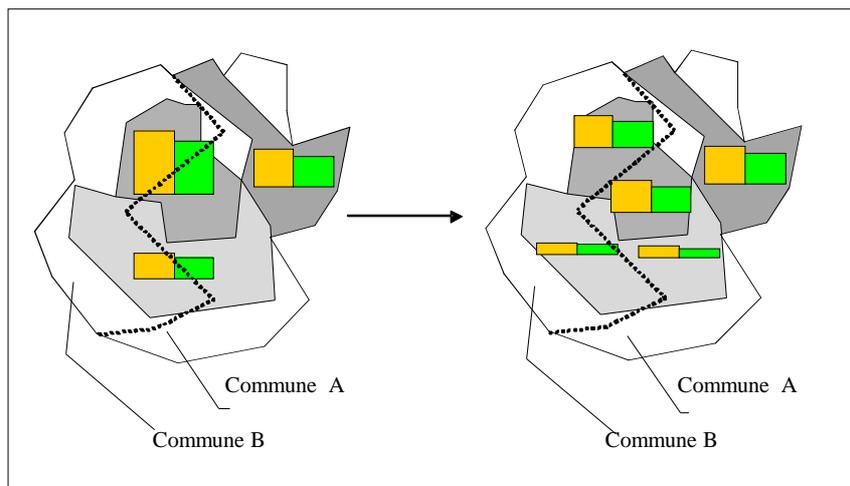
Les méthodes d'agrégation ou de désagrégation sont les suivantes :

Cas n°1 : C'est le cas le plus simple. Il correspond au cas où comme dans l'exemple, les données ont été rentrées à l'échelle cantonale et où les résultats sont demandés à l'échelle cantonale, départementale ou régionale. Le principe consiste donc à cumuler tout simplement les valeurs calculées précédemment et les quantités apportées et exportées de l'azote par code CORINE *Land Cover*. Dans le cas où l'échelle de sortie serait la même que celle d'entrée, aucune autre opération n'est nécessaire que celle décrite dans la section précédente.

Cas n°2 et 3 : Ces deux cas ont le point commun qu'il faille désagréger dans un premier temps les résultats du niveau d'entrée (par exemple cantonaux) au niveau communal. Le principe est de calculer pour chaque commune appartenant à un canton, les pourcentages respectifs représentés par chaque surface des entités CORINE *Land Cover* par rapport à la surface totale de cette même entité au niveau du canton. La méthode est alors d'appliquer ces taux à chaque quantité d'apport ou exportation.

Dans l'exemple considérons que le canton XXXX soit composé de deux communes A et B, que celles-ci aient des surfaces CLC 242 et 243 égales et que l'entité CLC 211 soit intégralement sur la commune A. Les apports et exportations affectés à chacune des deux premières entités CLC sont alors distribués de manière équivalente sur chacune des communes, tandis que ceux affectés sur l'entité 211 sont entièrement réaffectés à la commune A.

Désagrégation des apports et exportations par commune.



Pour le cas n°②, on retombe alors sur le cas n°①, à la différence près que l'échelle d'entrée intermédiaire devient communale. Pour le cas n°③, une étape supplémentaire est nécessaire. En effet, il faut permettre le passage d'une échelle administrative à une échelle hydrographique.

Dans un premier temps, on affecte les valeurs communales aux couples commune × zone hydrographique (fichier HYDROSOL). Par la même méthode que pour la désagrégation communale, les pourcentages respectifs de chaque unité CORINE Land Cover au sein d'un couple par rapport à la commune d'appartenance sont ensuite calculés et les valeurs sont ventilées proportionnellement à ces taux.

La seconde étape réside ensuite aux cumuls des apports et exportations par zone hydrographique en sommant toutes les valeurs des couples commune × zone hydrographique appartenant à une même zone hydrographique. Ce passage commun → zone hydrographique est schématisé dans la figure ci-contre, toujours pour le même exemple.

Passage de la ventilation par commune à celle par zone hydrographique

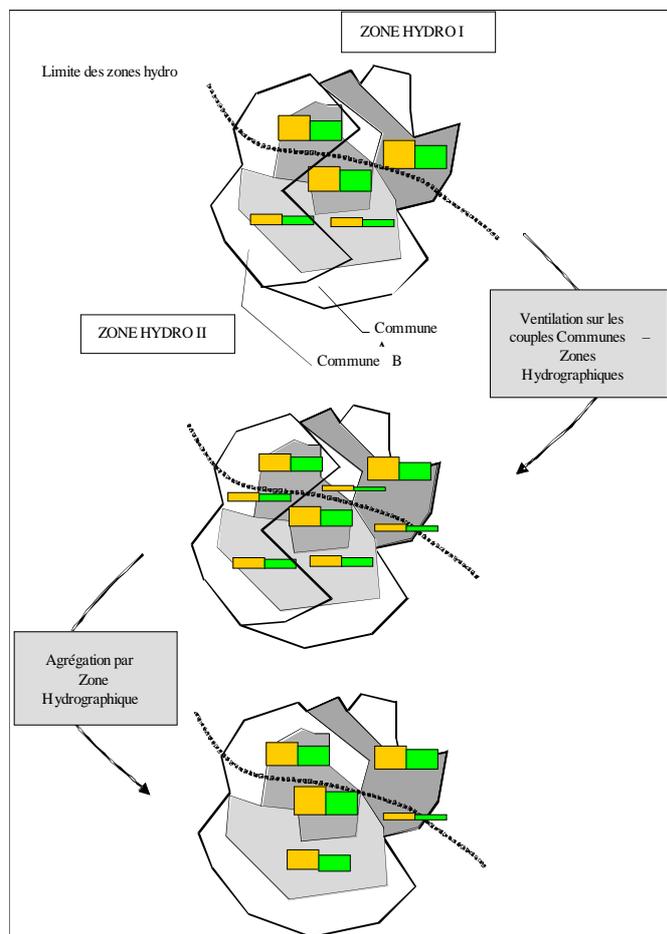


Figure 5 : Méthodes d'agrégation ou de désagrégation

On obtient ainsi, par zone hydrographique, niveau le plus bas des échelles hydrographiques les quantités apportées et exportées sur chaque entité CLC. Le cas de figure revient au cas n°① où si l'échelle de sortie choisie est différente des zones hydrographiques, il suffit de cumuler par entité CLC les résultats au niveau désiré.

Si l'on reprend l'exemple précédent du Maïs pour le canton 2925, on peut agréger les assolements du maïs pour les zones hydrologiques intersectées par ce canton selon le tableau ci-dessous. On remarque que la

répartition avec application du principe de désagrégation selon CLC donne des différences sensibles d'affectation de la SAU Maïs sur les zones hydrologiques par rapport à une simple répartition au prorata des surfaces.

Zone Hydro	somme CLC	part Maïs au prorata des superficies Zones hydro	Ecart	CLC 211 ha	CLC 242 ha	CLC 243 ha	somme 211+242+243 ha	part Maïs au prorata des superficies CLC 211, 242 & 243
J340	0.4	0						
J361	63.7	7	113%	2	19	-	21	3
J362	4 177.6	429	101%	62	1 372	-	1 434	213
J381	3 176.4	326	-22%	1 706	946	171	2 823	420
J382	10 305.3	1 057	-15%	6 163	2 062	109	8 334	1 240
J383	11 307.1	1 160	5%	3 517	3 370	514	7 402	1 102
J430	0.0	0		0	-	-	0	0
	29 030	2 979		11 451	7 768	795	20 014	2 979

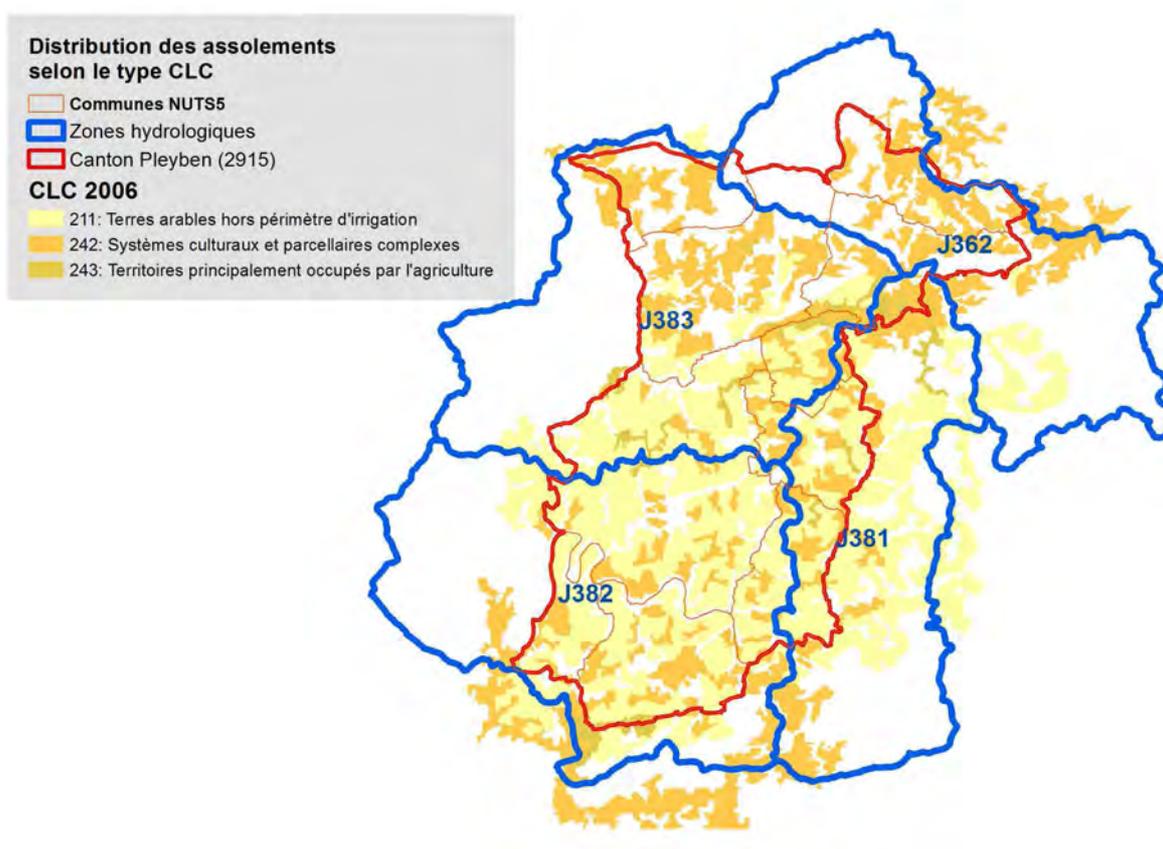


Figure 6 : Agrégation sur les zones hydrologiques postes CLC sur lesquels est distribués le Maïs pour le canton 2925

3. Les activités

3.1 La surface agricole utile (SAU)

3.1.1 Définition

Toutes les cultures annuelles, pluriannuelles et pérennes déclarées dans le recensement agricole ont été prises en compte (exception faite des jardins familiaux). Les bois et forêts des exploitations ainsi que les peupleraies sont inclus dans les calculs (les apports et les exportations sur ces surfaces sont considérés comme nuls). L'ensemble de ces cultures représente la surface agricole utile (SAU) sur laquelle les calculs de surplus sont effectués.

Tableau 2. Catégories de cultures de NOPOLU-Agri et leur correspondance dans le RA 2010

Code-Culture	Catégorie	Correspondance RA 2010
D/01	Blé tendre	Blé tendre
D/01/a	Triticale	Triticale
D/02	Blé dur	Blé dur
D/03	Seigle	Seigle
D/04	Orge et escourgeon	Orge et escourgeon
D/05	Avoine	Avoine
D/06	Maïs-grain et maïs-semence	Maïs-grain et maïs-semence
D/06 irri	Maïs-grain et maïs-semence irrigué	Maïs-grain et maïs-semence irrigué
D/07	Riz	Riz
D/08	Autres céréales	Autres céréales non mélangées, mélanges
D/08/a	Sorgho-grain	Sorgho-grain
D/09/a	Légumineuses pures (fourragères)	Féveroles (et fèves), Lupin doux
D/09/b	Légumes secs	Haricots secs, Lentilles, Pois secs
D/10	Pomme de terre	Plants certifiés, Dessus de plants, Féculerie, Primeurs ou nouvelles (commercialisées avant le 1/8), Demi-saison (récoltées avant maturité et commercialisées après le 1/8), Conservation
D/11	Betterave industrielle	Betterave industrielle
D/12	Plantes sarclées fourragères	Betteraves fourragères, Choux fourragers, Navets fourragers, Autres
D/13/a	Tabac	Tabac
D/13/b	Houblon	Houblon (en production)
D/13/d11	Colza	Colza d'hiver (et navette), Colza de printemps (et navette)
D/13/d12	Tournesol	Tournesol
D/13/d13	Soja	Soja
D/13/d14	Autres oléagineux	Lin oléagineux, Autres oléagineux
D/13/d2	Lavande	Lavandin, Lavande
D/13/d3	Autres cultures industrielles	Chicorée à café (racines), Autres cultures industrielles
D/13/e	Plantes textiles	Lin textile, Chanvre papier Autres plantes textiles
D/14/a	Légumes frais de plein champ destinés au marché du frais	Légumes frais de plein champ destinés au marché du frais
D/14/b	Légumes frais en plein air ou abris bas hors assolement	Légumes frais en plein air ou abris bas hors assolement
D/15	Légumes frais sous serre et sous abri haut	Légumes frais sous serre et sous abri haut
D/16	Fleurs et plantes	Fleurs et plantes ornementales en plein air ou sous abri bas

Code-Culture	Catégorie	Correspondance RA 2010
	ornementales en plein air ou sous abri bas	
D/17	Fleurs et plantes ornementales sous serre ou sous abri haut	Fleurs et plantes ornementales sous serre ou sous abri haut
D/18/a1	Prairies temporaires (graminées pures)	Ray-grass Italie, Autres graminées pures
D/18/a2	Mélanges de graminées et association de graminées-légumineuses	Mélanges de graminées et association de graminées-légumineuses
D/18/b1	Autres fourrages annuels	Ray-grass, Colza fourrager, Sorgho fourrage
D/18/b2	Prairies artificielles	Luzerne, Trèfle violet, Trèfle incarnat Autres légumineuses et mélanges de légumineuses
D/18/b3	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)
D/18/b4	Pois protéagineux	Pois protéagineux
D/21	Jachères (hors jachères productives)	Jachères
F/01	Prairies naturelles (y compris les surfaces collectives)	Prairies semées depuis 6 à 10 ans, Prairies naturelles ou semées depuis plus de 10 ans – y compris surfaces collectives
F/02	S.T.H. peu productives (y compris les surfaces collectives)	S.T.H. peu productives (parcours, landes, alpages) - y compris surfaces collectives
G/01/a	Fruits (zones tempérées)	Fruits (zones tempérées)
G/01/a1	Petits fruits	Petits fruits
G/01/a2	Pommes	Pommes
G/01/a3	Poires	Poires
G/01/a4	Autres fruits à pépins	Autres fruits à pépins
G/01/b	Fruits (zones tropicales)	Fruits (zones tropicales)
G/01/c	Noix et fruits secs	Noix et fruits secs
G/03	Olives	Olives
G/04/a	Vigne (sous signe officiel de qualité)	Vigne (sous signe officiel de qualité)
G/04/b	Autres vignes	Autres vignes
G/04/c	Raisin de table	Raisin de table
G/05	Pépinières	Pépinières
G/06/a	Peupleraies	Peupleraies
G/06/b	Bois et forêts	Bois et forêts

3.1.2 Les surfaces en 2010

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en utilisant les données du RA 2000 et 2010 à l'échelle cantonale.

Tableau 3. Les surfaces par culture en 2010 en hectare (source RA 2010)

Code-Culture NOPOLU-Agri	Catégorie	Surface 2010 (hectare)
D/01	Blé tendre	4 887 448
D/01/a	Triticale	377 530
D/02	Blé dur	497 534
D/03	Seigle	24 210
D/04	Orge et escourgeon	1 569 069

Code-Culture NOPOLU-Agri	Catégorie	Surface 2010 (hectare)
D/05	Avoine	76 728
D/06	Maïs-grain et maïs-semence	974 419
D/06 irri	Maïs-grain et maïs-semence irrigué	633 495
D/07	Riz	18 531
D/08	Autres céréales	64 445
D/08/a	Sorgho-grain	41 787
D/09/a	Légumineuses pures (fourragères)	151 107
D/09/b	Légumes secs	15 335
D/10	Pomme de terre	150 138
D/11	Betterave industrielle	380 411
D/12	Plantes sarclées fourragères	9 027
D/13/a	Tabac	46 145
D/13/b	Houblon	22 284
D/13/d11	Colza	1 455 725
D/13/d12	Tournesol	685 142
D/13/d13	Soja	35 170
D/13/d14	Autres oléagineux	44 725
D/13/d2	Lavande	59 817
D/13/d3	Autres cultures industrielles	5 301
D/13/e	Plantes textiles	502
D/14/a	Légumes frais de plein champ destinés au marché du frais	196 146
D/14/b	Légumes frais en plein air ou abris bas hors assolement	188 638
D/15	Légumes frais sous serre et sous abri haut	6 583
D/16	Fleurs et plantes ornementales en plein air ou sous abri bas	3 988
D/17	Fleurs et plantes ornementales sous serre ou sous abri haut	1 362
D/18/a1	Prairies temporaires (graminées pures)	532 253
D/18/a2	Mélanges de graminées et association de graminées-légumineuses	2 656 870
D/18/b1	Autres fourrages annuels	21 846
D/18/b2	Prairies artificielles	280 070
D/18/b3	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	1 379 317
D/18/b4	Pois protéagineux	232 276
D/21	Jachères (hors jachères productives)	621 316
F/01	Prairies naturelles (y compris les surfaces collectives)	6 309 125
F/02	S.T.H. peu productives (y compris les surfaces collectives)	2 015 004
G/01/a	Fruits (zones tempérées)	57 923
G/01/a1	Petits fruits	1 769
G/01/a2	Pommes	49 709
G/01/a3	Poires	5 325
G/01/a4	Autres fruits à pépins	4 597
G/01/b	Fruits (zones tropicales)	1 788
G/01/c	Noix et fruits secs	31 630
G/03	Olives	17 273
G/04/a	Vigne (sous signe officiel de qualité)	669 240

Code-Culture NOPOLU-Agri	Catégorie	Surface 2010 (hectare)
G/04/b	Autres vignes	104 337
G/04/c	Raisin de table	5 744
G/05	Pépinières	14 982
G/06/a	Peupleraies	23 161
G/06/b	Bois et forêts	881 310
Total	SAU y compris surfaces collectives et bois et forêts des exploitations	28 539 604

3.1.3 Les rendements des cultures

Les rendements des cultures proviennent de la statistique agricole annuelle (SAA 2010). Il s'agit de données départementales appliquées à l'échelle cantonale dans NOPOLU-Agri. Le tableau ci-dessous présente les rendements obtenus à l'échelle nationale pour les principales cultures de la SAU.

**Tableau 4. Rendements exprimés en quintaux aux normes, à l'échelle nationale
(source : SAA 2010)**

Code-Culture NOPOLU-Agri	Catégorie	Rendements 2010 (qtx normes)
D/01	Blé tendre	72,5
D/01/a	Triticale	53,8
D/02	Blé dur	50,3
D/03	Seigle	51,4
D/04	Orge et escourgeon	63,8
D/05	Avoine	45,3
D/06	Maïs-grain et maïs-semence	78,2
D/06 irri	Maïs-grain et maïs-semence irrigué	104,3
D/07	Riz	53,0
D/08	Autres céréales	36,6
D/08/a	Sorgho-grain	55,1
D/09/a	Légumineuses pures (fourragères)	31,6
D/09/b	Légumes secs	16,5
D/10	Pomme de terre	421,7
D/11	Betterave industrielle	829,0
D/12	Plantes sarclées fourragères	369,0
D/13/a	Tabac	26,0
D/13/b	Houblon	13,6
D/13/d11	Colza	33,1
D/13/d12	Tournesol	23,6
D/13/d13	Soja	27,5
D/13/d14	Autres oléagineux	19,0
D/13/d2	Lavande	64,5
D/13/d3	Autres cultures industrielles	20,0
D/13/e	Plantes textiles	67,4
D/14	Légumes frais de plein champ destinés au marché du frais	225,8
D/18/a1	Prairies temporaires (graminées pures)	62,0
D/18/a2	Mélanges de graminées et association de graminées-légumineuses	62,0
D/18/b1	Autres fourrages annuels	70,0
D/18/b2	Prairies artificielles	82,6
D/18/b3	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	115,6
D/18/b4	Pois protéagineux	44,6
D/21	Jachères (hors jachères productives)	
F/01	Prairies naturelles (y compris les surfaces collectives)	49,4
F/02	S.T.H. peu productives (y compris les surfaces collectives)	11,6
G/01/a	Fruits (zones tempérées)	233,3
G/01/c	Noix et fruits secs	17,6
G/03	Olives	11,1

Code-Culture NOPOLU-Agri	Catégorie	Rendements 2010 (qtx normes)
G/04/a	Vigne (sous signe officiel de qualité)	77,5
G/04/c	Raisin de table	82,7

3.2 Cheptel

3.2.1 Définition

Tous les cheptels (bovins, équins, caprins, ovins, porcins, volailles, lapins) déclarés dans le recensement agricole ont été pris en compte. Il s'agit d'effectifs présents (ou par approximation le nombre de places) au jour de l'enquête. Ces données nécessitent pour certains animaux, dont la durée de présence est inférieure à un an, d'intégrer un facteur « bande », prenant en compte le fait qu'au cours de l'année plusieurs animaux occupent la même place d'élevage (Cf. détails des calculs dans les paragraphes suivants).

L'apiculture, l'aquaculture et l'élevage de coquillages ou de mollusques n'ont pas été pris en compte. C'est à partir des différents cheptels que sont calculées les quantités d'éléments disponibles dans les effluents d'élevage et appliqués sur les cultures. Les cheptels d'herbivores définissent la quantité d'éléments prélevés dans les prairies de fauche et les pâturages.

Tableau 5. Catégories de cheptels utilisées dans NOPOLU-Agri

Catégories	Code-cheptel NOPOLU-Agri	
EQUINS	J/01	
BOVINS		
+ Bovin de moins d'1 an	J/02	
▣ Bovin mâle	J/02/a	
▣ Bovin femelle	J/02/b	
▣ Veaux de boucherie	J/02/c	
+ Bovin d'1 an mais de moins de 2 ans, mâle	J/03	
+ Bovin d'1 an mais de moins de 2 ans, femelle	J/04	
+ Bovin de 2 ans et plus, mâle	J/05	
+ Bovin de 2 ans et plus, génisse	J/06	
+ Vaches laitières	J/07	
+ Autres vaches	J/08	
MOUTONS		
+ Brebis d'élevage	J/09/a	
+ Agneaux	J/09/b	
+ Agnelles de souche	J/09/c	
CHEVRES	J/10	
+ Chèvres d'élevage	J/10/a	
+ Chevreaux	J/10/b	
+ Chevrettes pour la souche	J/10/c	
PORCS, TOTAL		
+ Truie d'élevage pesant 50 kg et plus	J/12	
+ Engraissement	J/13	
+ Porcelets pesant moins de 20 kg	J/11	
VOLAILLES	Standard	Label
+ Poulets	J/14/1	J/14/2
+ Poules pondeuses	J/15	
▣ Poules pondeuses	J/15/a	
▣ Poulettes	J/15/b	
+ Autres volailles	J/16	J/16
▣ Canards (hors gavage)	J/16/a11	J/16/a12
▣ Canards (gavage)	J/16/a21	J/16/a22
▣ Dindes et dindons	J/16/b1	J/16/b2
▣ Oies	J/16/c1	J/16/c2
▣ Pigeons et cailles	J/16/d1	J/16/d2
▣ Pintades	J/16/e1	J/16/e2
Lapins	J/17	

3.2.2 Cheptel 2010

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en utilisant les données du RA 2010 à l'échelle cantonale.

Tableau 6. Effectifs par cheptel en 2010 à l'échelle de la France (source : RA 2010)

Code cheptel	Catégories	Effectifs (places)
J/01	Equins	421 086
J/02/a	Bovins mâles	1 991 418
J/02/b	Bovins femelles	2 700 725
J/02/c	Veaux de boucherie	847 332
J/03	Bovins d'1 an mais de moins de 2 ans, mâles	879 471
J/04	Bovins d'1 an mais de moins de 2 ans, femelles	2 451 492
J/05	Bovins de 2 ans et plus, mâles	455 208
J/06	Bovins de 2 ans et plus, génisses	2 195 841
J/07	Vaches laitières	3 698 632
J/08	Autres vaches	4 089 332
J/09/a	Brebis d'élevage	5 381 142
J/09/b	Autres moutons	3 669 149
J/09/c	Agnelles de souche	950 471
J/10/a	Chèvres d'élevage	826 618
J/10/b	Autres chèvres	594 302
J/10/c	Chevrettes pour la souche	214 956
J/11	Porcelets pesant moins de 20 kg	3 921 849
J/12	Truies d'élevage pesant 50 kg et plus	1 046 668
J/13	Autres porcs	8 502 746
J/14/1	Poulets / Standard	90 810 357
J/14/2	Poulets / Label AOC ou Bio	40 106 576
J/15/a	Poules pondeuses	39 233 851
J/15/b	Poulettes	10 826 322
J/16/a11	Canards à rôtir / Standard	10 353 346
J/16/a12	Canards à rôtir / Label AOC ou Bio	17 153
J/16/a21	Canards gavage / Standard	4 305 396
J/16/a22	Canards gavage / Label AOC ou Bio	7 665 780
J/16/b1	Dindes et dindons / Standard	14 975 092
J/16/b2	Dindes et dindons / Label AOC ou Bio	4 587 061
J/16/c1	Oies / Standard	298 626
J/16/d1	Pigeons et cailles / Standard	4 657 586
J/16/e1	Pintades / Standard	2 621 487
J/16/e2	Pintades / Label AOC ou Bio	4 359 101
J/17	Lapins - Femelles de reproduction	639 982

4. Les postes du solde Azote : les entrées

4.1 Les quantités d'azote organique produites par le cheptel bovin

4.1.1 Problématique

Les déjections animales tous cheptels confondus, représentent en France 297 800 ktMB/an (source : Biomasse Normandie 2002 – données en matière brute, paille comprise). Sur ce total, le cheptel bovin représente 82 % des déjections.

Devant l'enjeu que représentent ces déjections bovines, le CORPEN a mis à jour en 1999 et en 2001 des normes. Ces normes concernent d'une part les vaches laitières, les bovins en croissance ou à l'engraissement d'autre part.

Notre objectif a été d'adapter ces normes (adaptées aux exploitations agricoles) aux principes et aux échelles de calculs de NOPOLU-Agri.

Cela suppose :

- de diminuer le nombre de variables nécessaires ;
- de garder une part de variabilité pour adapter les coefficients de rejets azotés aux différents contextes agricoles ;
- de calculer des quantités d'azote **excrété** sur lesquelles on pourra affecter des coefficients d'abattement (pertes au stockage, à l'épandage, au sol).

Note : cette méthodologie de calcul des rejets est cohérente avec l'**Arrêté du 19 décembre 2011** relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole.

4.1.2 Méthodologie

4.1.2.1 Introduction

Les normes CORPEN font intervenir un grand nombre de paramètres :

- Régimes fourragers combinant maïs ensilage, ensilage d'herbe, foin et pâture ;
- Production laitière ;
- Poids vif ;
- Type d'animaux (lourd, léger, etc.) ;
- Mode de logement.

Cette approche adaptée à l'échelle d'une exploitation n'est pas compatible avec l'approche statistique de NOPOLU-Agri.

Nous avons donc procédé en plusieurs étapes pour tenir compte des modifications des normes CORPEN :

- Réalisation de simulations ;
- Choix des paramètres clés ;
- Comparaison avec d'autres approches.

4.1.2.2 Les simulations

Les simulations ont permis de voir comment évoluaient les quantités d'azote excrétées en fonction des paramètres du CORPEN, les hypothèses de calculs retenues sont décrites dans les paragraphes suivants.

a) Flux d'azote

Les publications du CORPEN pour les bovins fournissent des valeurs d'azote excrété par catégorie de bovin (lait, allaitant, en croissance, à engraissement) et par régime fourrager (foin, ensilage d'herbe, ensilage de maïs, pâture). Parmi les valeurs fournies, nous avons retenu celles présentées dans le tableau ci-après en fonction d'hypothèses explicitées (format, sevrage, abattage, niveau de production).

Pour les animaux en croissance et à l'engraissement, nous avons utilisé les formules proposées par le CORPEN faisant intervenir le poids vif moyen de l'animal.

Pour certains types et par souci de simplification, nous avons réalisé une moyenne permettant d'avoir un coefficient unique « herbe conservée » regroupant foin et ensilage d'herbe.

Tableau 7. Quantité d'azote excrété par mois (kg/type – source CORPEN)

Type	Maïs ensilage	Ensilage d'herbe	Foin	Pâture	Hypothèses retenues
Vache laitière	6,7	9,1	9,1	11,2	6 000 l/an
Vache allaitante 600 kg (PV) + veau	4	4,9	4,9	9,1	Format : léger ; Sevrage : 8 mois ; Veau : 280 kg (PV)
Vache allaitante 670 kg (PV) + veau	4,8	5,25	5,25	10,6	Format : moyen ; Sevrage : 8 mois ; Veau : 300 kg (PV)
Vache allaitante 740 kg (PV) + veau	5,7	5,55	5,55	12	Format : lourd ; Sevrage : 8 mois ; Veau : 320 kg (PV)
Croissance lait < 1an		2,9	2,3	3	Sevrage à 2 mois Poids vif moyen : 250 kg
Croissance lait 1 à 2 ans		3,8	2,9	4,8	Poids vif moyen : 400 kg
Croissance lait > 2 ans		4,1	3,2	5,4	Poids vif moyen : 450 kg
Croissance viande < 1an		3,2	2,5	3,6	Sevrage à 8 mois Poids vif moyen : 300 kg
Croissance viande 1 à 2 ans		4,1	3,2	5,4	Poids vif moyen : 450 kg
Croissance viande > 2 ans		4,6	3,6	6,5	Poids vif moyen : 550 kg
Engraissement < 1 an	2,5	3,3	3,3	2,8	Sevrage : 8 mois Poids vif moyen : 300 kg
Engraissement 1 à 2 ans	4,9	6,4	6,4	6,6	Poids vif moyen : 550 kg
Engraissement > 2 ans	5,8	7,7	7,7	8,1	Poids vif moyen : 650 kg
Réforme lait	7,1	9,4	9,4	10,6	Format moyen : 650 kg (PV en début d'engraissement)
Réforme viande	6,9	8,8	8,8	12	Format moyen : 670 kg (PV en début d'engraissement)
Veau de boucherie	1,2 (poudre de lait)				Abattu à 5 mois Poudre de lait

b) Régimes fourragers

Ces coefficients de flux d'azote mensuel excrété ont été par la suite utilisés dans une combinaison simple de régimes fourragers présentant 3 types d'aliments possibles : maïs ensilage, herbe conservée (foin ou ensilage d'herbe), pâture (herbe verte).

Tableau 8. Régimes fourragers simplifiés

Régimes fourragers					
Maïs ensilage (% ration)	Herbe conservée (% ration)				
	0%	25%	50%	75%	100%
0%		75%	50%	25%	0%
25%	75%	50%	25%	0%	
50%	50%	25%	0%		
75%	25%	0%			
100%	0%				
Herbe pâturée (% dans la ration)					

4.1.2.3 Résultats

Le croisement des flux par type de bovin et des régimes fourragers nous donne une première appréciation des flux annuels par type en fonction des hypothèses retenues.

Tableau 9. N excrété des vaches laitières 6 000 l/an (N kg/an) (Exemple de résultats)

N excrété /an/vache laitière	6 000	litres				minimum	80
Maïs ensilage (% ration)	Herbe conservée (% ration)					maximum	128
	0%	25%	50%	75%	100%	moyenne	106
0%		128	122	116	109	% pâture	
25%	121	115	108	102			75%
50%	107	101	95				50%
75%	94	88					25%
100%	80						0%
Herbe pâturée (1-%maïs-%herbe conservée)							

4.1.3 Analyse des résultats

4.1.3.1 Le choix de la pâture

L'objectif de cette analyse est de réduire le nombre de variables et d'obtenir une quantité d'azote excrété par type de bovin.

Le coefficient d'azote excrété lié à un régime basé exclusivement sur la pâture est supérieur à ceux liés au maïs ou à l'herbe conservée. Le pourcentage de pâture dans la ration est donc un facteur qui influencera fortement les flux annuels d'azote par type de bovin.

De plus, nous disposons de données permettant de préciser le temps de pâture par **région** sur l'ensemble du territoire. Ce temps de pâture est estimé par différence avec le temps de stabulation pour chaque région. Ce temps de stabulation tient compte des périodes mixtes où les animaux pâturent le jour et rentrent la nuit.

Note : cette donnée concernant le temps de pâture ne permet pas de faire la différence entre les périodes où les animaux se nourrissent exclusivement d'herbe verte et les périodes où ils reçoivent un complément de ration fourragère à l'extérieur. Par conséquent le temps de pâture que nous importons dans NOPOLU-Agri est une valeur maximale.

4.1.3.2 Méthode de calculs

a) Valeurs moyennes

Dans un premier temps, nous avons calculé un flux d'azote annuel moyen en fonction des durées de pâture. Chaque valeur correspond pour un pourcentage de pâture donné à la moyenne des différentes combinaisons possibles prenant en compte les 2 autres fourrages possibles. Le tableau ci-dessous présente les résultats de cette approche pour les 3 types de fourrages considérés.

Tableau 10.N excrété des vaches laitières 6 000 l/an (N kg/an), valeurs moyennes pour un pourcentage de fourrage donné (exemple de résultats)

		Valeur moyenne		
		Herbe pâturée	Ensilage maïs	Herbe conservée
100%			80	109
75%		125	91	109
50%		115	101	108
25%		105	111	108
0%		95	119	101
A	39,6			
B	94,8			

b) Régression linéaire

Sur la base de ces résultats, nous avons établi des équations (régressions linéaires : $y = Ax + B$), permettant d'estimer par type de bovin, le flux annuel d'N excrété en fonction du taux de pâture.

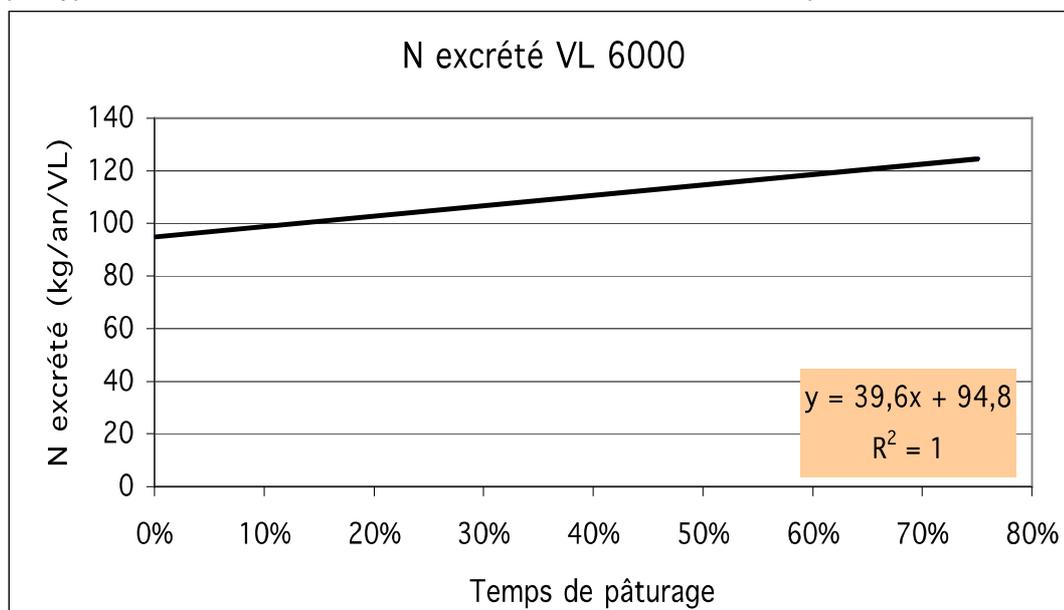


Figure 7 : N excrété par vache laitière (6 000 l/an) en fonction du % de pâture dans la ration

4.1.3.3 Résultats

Les résultats obtenus nous donnent pour chaque catégorie de bovin (catégories CORPEN), les coefficients A et B de la régression linéaire définissant la quantité annuelle d'azote excrété en fonction du temps de pâturage. Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats et donne les valeurs obtenues en fonction des durées de pâturage moyenne observées en France pour les troupeaux laitiers (46 %) et allaitants (60 %).

Tableau 11. Synthèse des résultats (coefficients A et B et valeurs moyennes)

Catégories bovin - CORPEN	A	B	% pâture	N excrété
	N excrété = A * %pâture + B			
Vache laitière 6000 l/an+veau	40	95	46%	113
Vache allaitante + veau (format léger-600 kg)	56	53	60%	87
Vache allaitante + veau (format moyen-670 kg)	67	60	60%	100
Vache allaitante + veau (format lourd-740 kg)	76	68	60%	113
Réforme lait	28	99	46%	112
Réforme viande	50	94	60%	124
Engraissement < 1 an	0	12	60%	11
Croissance viande < 1 an	3	11	60%	13
Croissance lait <1 an	5	26	46%	28
Veaux de boucherie	-	-		6
Engraissement 1 < < 2 ans	12	68	60%	75
Croissance lait 1 < < 2 ans	17	40	60%	50
Croissance viande 1 < < 2 ans	21	43	60%	56
Engraissement > 2 ans	17	81	60%	91
Croissance lait > 2 ans	21	43	46%	53
Croissance viande > 2 ans	29	50	60%	67

Les pourcentages de pâture présentés dans le tableau ci-dessus sont des moyennes nationales pondérées qui seront régionalisées (Cf. paragraphe ci-dessous : La ventilation des déjections et SGDA).

4.1.4 Mise en pratique dans NOPOLU-Agri

4.1.4.1 Adaptation aux catégories bovines de NOPOLU-Agri

Dans NOPOLU-Agri, les bovins sont renseignés selon la nomenclature utilisée dans le RA 2000. Il faut alors faire correspondre les catégories du CORPEN avec celles du RA 2000.

Le tableau ci-dessous présente :

- Les coefficients (A et B) des régressions linéaires à utiliser dans NOPOLU-Agri;
- Les valeurs obtenues pour des temps de pâturage moyens (kg N excrété /an) ;
- Les hypothèses retenues pour passer de la nomenclature CORPEN à celle du RA 2000.

Tableau 12.Synthèse des résultats pour les bovins

Catégories bovin - NOPOLU-Agri	A	B	% pâture	N excrété	Correspondances CORPEN
	N excrété = A * %pâture + B				
Vache laitière + veau 6000 l/an y.c. réformes	40	95	46%	113	+ 5 % par tranche de 1000 l
Vache allaitante + veau y.c. réformes	67	60	60%	100	format moyen 670 kg
male < 1 an	0	12	51%	12	engraissement < 1 an
femelles < 1 an	4	18	51%	20	moyenne croissance lait-viande < 1 an
Veaux de boucherie	-	-		6	Idem
male 1 < < 2 ans	12	68	51%	74	engraissement 1 < < 2 ans
femelle 1 < < 2 ans	19	42	51%	52	moyenne croissance lait-viande 1 < < 2 ans
male > 2 ans	17	81	60%	91	engraissement > 2 ans
femelle > 2 ans	25	47	51%	60	moyenne croissance lait-viande > 2 ans

Note : Pour les vaches laitières, les quantités d'azote excrétées varient linéairement dans le même sens que la production laitière au rythme de 5 % par tranche de 1000 kg de lait de part et d'autre du niveau de base de 6 000 kg (source CORPEN 1999). Dans NOPOLU-Agri, nous avons tenu compte de la variabilité départementale des niveaux de production laitiers (source : Agreste SAA 2010).

4.1.4.2 Répartition bâtiment / pâture

Le calcul de la quantité d'azote excrétée lors du pâturage est le suivant (pour les animaux de plus de 1 an) :
 $N \text{ pât.} = 12 * \text{Coef.pât.} * \% \text{ pât.}$

Ou :

- % pât. est le temps passé à l'extérieur ;
- Coef.pât. est le coefficient de rejet d'azote correspondant à la pâture par animal en kg N/mois.

Le calcul de la quantité d'azote excrétée récupérée dans les bâtiments est le suivant :

$$N \text{ bât} = N \text{ tot.} - N \text{ pât.}$$

Ou :

- N pât. est le temps passé à l'extérieur ;
- N tot. est la quantité totale d'azote excrété par animal et par an

Catégories bovin - NOPOLU-Agri	Coef. N pâture	% pâture	N pâture	N bâtiment	% N pâture/Ntot	% N bât. /Ntot
	$N \text{ pât.} = 12 * \% \text{ pât.} * \text{Coef.pât.} \ \& \ N \text{ bât.} = N \text{ Tot.} - N \text{ pât.}$					
Vache laitière 6000 l/an y.c. réformes	11,2	46%	42	71	37%	63%
Vache allaitante + veau y.c. réformes	10,6	60%	76	24	76%	24%
male < 1 an	2,8	60%	6	6	48%	52%
femelles < 1 an	3,3	51%	12	8	59%	41%
Veaux de boucherie			0	6	0%	100%
male 1 < < 2 ans	6,6	60%	40	34	54%	46%
femelle 1 < < 2 ans	5,1	51%	31	21	60%	40%
male > 2 ans	8,1	60%	59	33	64%	36%
femelle > 2 ans	6,0	51%	36	23	61%	39%

Tableau 13. Répartition des déjections (kg/an) - synthèse des résultats pour les bovins à l'échelle nationale (données ajustées aux échelles administratives inférieures en faisant varier le temps de pâture)

Note : Pour les vaches laitières, on considère que 15 % des déjections émises lors des périodes de pâturage sont récupérées lors de la traite.

4.2 Les quantités d'azote produites par le cheptel (hors cheptel bovin)

4.2.1 Porcins

L'estimation de la quantité d'azote excrétée par les porcs repose sur les travaux du CORPEN (Estimation des rejets d'azote - phosphore – potassium – cuivre et zinc des porcs – 2003). Trois catégories ont été retenues :

- Porcelets en post-sevrage : regroupant les animaux de moins de 20 kg ;
- Porcs à l'engraissement : regroupant les animaux de plus de 20 kg, les réformes et les verrats ;
- Truies-mères : regroupant les mères en production et les jeunes truies de 50 kg et plus (non saillies ou en première gestation).

Tableau 14. Les hypothèses retenues (source : CORPEN, 2003)

Catégories	Bandes par an	Porcelets/an	N Effluents standard (kg N / animal)	N Effluents biphasé (kg N / animal)
Porcelets en post-sevrage	6,5	-	0,44	0,40
Porcs à l'engraissement	3	-	3,25	2,70
Truies-mères	-	18	17,5	14,5

Pour répartir les animaux selon le mode d'alimentation, on utilise les données de la région Bretagne (Gac et al. 2006) :

- Alimentation standard : 43 %
- Alimentation biphasé : 57 %

Les effectifs de NOPOLU-Agri sont des données par place et non par animal. Il faut donc convertir des quantités d'azote présentes dans les effluents et par animal (et par type d'alimentation), en quantités d'azote excrétées par place et par an. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau 15. Synthèse des résultats porcins utilisés dans NOPOLU-Agri

Catégories	N Effluents (kg N / animal)	N excrété (kg/animal)	N effluents (kg/place)	N excrété (kg/place)
Porcelet en post-sevrage	0,40	0,59	2,6	3,83
Porcs à l'engraissement	2,83	4,12	8,49	12,36
Truies-mères	15,21	22,38	15,21	22,38

Ces résultats tiennent compte des conditions d'élevages suivantes :

- Truies-mères : 1 200 kg d'aliment/truie/an, aliment unique contenant 16,5 % de protéines ;
- Engraissement : gain de poids vif de 80 kg, une teneur en muscle de 56 % à l'abattage, aliment unique contenant 17,5 % de protéines ;
- Post-sevrage : gain de poids vif de 20 kg, teneur moyenne en protéines de 19,2 % (21 % en premier âge et 19 % en deuxième âge).

4.2.2 Ovins

L'estimation de la quantité d'azote excrétée par les ovins repose sur les travaux du CORPEN (Bilan d'azote à l'exploitation – 1988) et sur les données du SCEES (Note technique concernant le calcul des UGB et des rejets azotés organiques à partir des données du RA 2000).

3 catégories ont été retenues :

- Brebis-mères : regroupant les mères et les réformes des troupeaux lait et viande ;
- Agnelles pour la reproduction ;
- Autres ovins : regroupant les agneaux (et les béliers).

La quantité d'azote contenue dans les effluents correspond à la quantité d'azote excrétée sur laquelle le CORPEN tient compte d'une perte sous forme de gaz lors de l'émission et du stockage (**30 %**) et une perte de **10 %** lors du pâturage.

Tableau 16. Synthèse des résultats ovins utilisés dans NOPOLU-Agri

Catégorie	N effluents (kg/place)	N excrété (kg/place)
Brebis-mères	10	14,04
Agnelles	5	7,02
Agneaux	2,16	2,6

* Pour les agneaux, on tient compte d'une production annuelle de 1,3 agneaux par place et un rejet d'azote dans les effluents de 1,5 kg/animal

4.2.3 Caprins

L'estimation de la quantité d'azote excrétée par les ovins repose sur les travaux du CORPEN (Bilan d'azote à l'exploitation – 1988) et sur les données du SCEES (Note technique concernant le calcul des UGB et des rejets azotés organiques à partir des données du RA 2000).

3 catégories ont été retenues :

- Chèvres-mères : regroupant les mères et les réformes des troupeaux lait et viande ;
- Chevrettes pour la reproduction ;
- Autres caprins : regroupant les chevreaux et les boucs.

La quantité d'azote contenue dans les effluents correspond à la quantité d'azote excrétée sur laquelle le CORPEN tient compte d'une perte sous forme de gaz lors de l'émission et du stockage (**30 %**) et une perte de **10 %** lors du pâturage.

Tableau 17. Synthèse des résultats caprins utilisés dans NOPOLU-Agri

Catégorie	N effluents (kg/place)	N excrété (kg/place)
Chèvres-mères	10	14,04
Chevrette	5	7,02
Autres	2,16	2,6

4.2.4 Équins

L'estimation de la quantité d'azote excrétée par les équins repose sur les données du SCEES (Note technique concernant le calcul des UGB et des rejets azotés organiques à partir des données du RA 2000).

Nous n'avons retenu qu'une seule catégorie, qui regroupe donc :

- Chevaux de selles ;
- Chevaux lourds ;
- Anes, bardots, mulets.

On tiendra compte d'une perte par volatilisation de **30 %** de l'azote au cours de la collecte et du stockage. Au pâturage, on prendra en compte une perte par volatilisation de **10 %**.

Tableau 18.Synthèse des résultats pour les équins

Catégorie	N effluents (kg/animal)	N excrété (kg/animal)
Equins	44	57

4.2.5 Volailles – Lapins

L'estimation de la quantité d'azote excrétée par les volailles et les lapins repose sur les travaux du CORPEN (Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium – calcium – cuivre – zinc, 2006).

9 catégories ont été retenues :

- Poules pondeuses : regroupant les poules d'œufs à couvrir et d'œufs consommation ;
- Poulettes ;
- Poulets de chair ;
- Canards (à rôtir, à gaver) ;
- Dindes et dindons ;
- Oies ;
- Pintades ;
- Cailles d'élevage : regroupant les cailles et les pigeons ;
- Lapins.

Tableau 19.Synthèse des résultats volailles-lapins - Standard

Catégorie	N excrété (kg/animal)	Nombre de bandes par an	N excrété (kg/place)
Poules	0,713	1	0,71
Poulettes	0,136	2,3	0,31
Poulets	0,051	6,15	0,31
Canards	0,296	3,6	1,1
Canards gavage	0,118	19	2,2
Dindes	0,143	2,6	0,37
Oies	0,408	3,5	1,43
Pintades	0,087	3,63	0,32
Cailles	0,025	5,9	0,15
Lapins			0,97

Tableau 20.Synthèse des résultats volailles-lapins – Label

Catégorie	N excrété (kg/animal)	Nombre de bandes par an	N excrété (kg/place)
Poules	0,713	1	0,71
Poulettes	0,136	2,3	0,31
Poulets	0,118	3,25	0,38
Canards	0,296	3,6	1,1
Canards gavage	0,118	19	2,2
Dindes	0,166	2,1	0,37
Oies	0,408	3,5	1,43
Pintades	0,143	2,5	0,36
Cailles	0,025	5,9	0,15
Lapins			0,97

4.3 Les quantités d'azote produites par le cheptel (récapitulatif)

Tableau 21. Les quantités d'azote excrétées par catégorie de cheptel et par place

Code cheptel	Catégories	Rejet N par place (kg/an)
J/01	Equins	57
J/02/a	Bovins mâles	12
J/02/b	Bovins femelles	20
J/02/c	Veaux de boucherie	6,3
J/03	Bovins d'1 an mais de moins de 2 ans, mâles	76
J/04	Bovins d'1 an mais de moins de 2 ans, femelles	53
J/05	Bovins de 2 ans et plus, mâles	91
J/06	Bovins de 2 ans et plus, génisses	61
J/07	Vaches laitières	118
J/08	Autres vaches	105
J/09/a	Brebis d'élevage	14
J/09/b	Autres moutons	7
J/09/c	Agnelles de souche	2
J/10/a	Chèvres d'élevage	14
J/10/b	Autres chèvres	7
J/10/c	Chevrettes pour la souche	14
J/11	Porcelets pesant moins de 20 kg	3,8
J/12	Truies d'élevage pesant 50 kg et plus	22,4
J/13	Autres porcs	12,4
J/14/1	Poulets / Standard	0,314
J/14/2	Poulets / Label AOC ou Bio	0,384
J/15/a	Poules pondeuses	0,713
J/15/b	Poulettes	0,313
J/16/a11	Canards à rôtir / Standard	1,1
J/16/a12	Canards à rôtir / Label AOC ou Bio	1,1
J/16/a21	Canards gavage / Standard	2,2
J/16/a22	Canards gavage / Label AOC ou Bio	2,2
J/16/b1	Dindes et dindons / Standard	0,372
J/16/b2	Dindes et dindons / Label AOC ou Bio	0,349
J/16/c1	Oies / Standard	1,428
J/16/c2	Oies / Label AOC ou Bio	1,428
J/16/d1	Pigeons et cailles / Standard	0,148
J/16/d2	Pigeons et cailles / Label AOC ou Bio	0,148
J/16/e1	Pintades / Standard	0,316
J/16/e2	Pintades / Label AOC ou Bio	0,358
J/17	Lapins - Femelles de reproduction	5,264

4.4 Les quantités d'azote minéral apportées aux cultures

4.4.1 Méthodologie

L'objectif fixé est de définir une quantité (par défaut) d'azote minéral par culture à l'échelle régionale. Cette quantité doit être statistiquement viable. Les valeurs définies seront ensuite appliquées aux échelles départementales (au prorata des rendements) et cantonales (valeur départementale).

Les principaux intrants (engrais et produits phytosanitaires) agricoles sont traités par l'enquête du SSP sur les pratiques culturales. Cette enquête a eu lieu en 1994, 2001, 2006, 2011. La précédente version de NOPOLU-Agri avait utilisé les résultats de 2006. Les résultats de l'enquête de 2011 ont été utilisés pour cette version. Cette enquête 2011, sur les pratiques culturales, concerne les principales cultures annuelles les prairies et la vigne.

Les 12 cultures enquêtées : blé dur, blé tendre, orge, maïs, colza, tournesol, pois, betterave, pomme de terre, prairies temporaires, prairies permanentes intensives et jachères.

Cette enquête permet d'extraire à une échelle régionale (ou départementale dans certains cas) et par culture :

- Le pourcentage de surfaces recevant de l'azote minéral et/ou organique,
- La pression d'azote minérale sur les parcelles ne recevant pas d'azote organique,
- La pression d'azote minéral sur les parcelles recevant de la matière organique.

Le calcul de la quantité d'azote minéral par culture et par région se fait en 5 étapes (Cf. Schéma ci-dessous) :

- Définition de la surface ne recevant pas d'azote,
- Définition de la surface recevant seulement de l'azote minéral,
- Définition de la surface recevant de l'azote sous forme minérale et organique,
- Définition de la pression d'azote minéral sur la part de SAU ne recevant pas de matière organique,
- Définition de la pression d'azote minérale sur la part de SAU recevant également de la matière organique : calcul d'un coefficient de modulation de pression azotée minérale des surfaces ne recevant pas de matière organique.

Les valeurs régionales sont ensuite appliquées à l'échelle départementale. Pour une culture donnée, les livraisons d'azote à l'échelle départementale sont calculées en utilisant les données régionales et en les adaptant en fonction des rendements départementaux.

Note :

- Pour les grandes cultures non-couvertes par l'enquête sur les pratiques culturales, on utilisera les valeurs, parmi les valeurs fournies par l'enquête, les plus proches (ex. : pour la fertilisation de l'avoine, on utilisera le ratio quantité d'azote/unité de rendement du blé tendre ; ce ratio sera ensuite multiplié par le rendement de l'avoine)
- Pour les prairies naturelles peu productives (dont les estives) et les parcours on considèrera que les apports d'azote minéral sont nuls.
- Pour le maraîchage et l'arboriculture, il n'y a pas de données statistiques récentes permettant d'évaluer les quantités d'engrais minéraux et les apports de matières organiques. Ce sont donc des données bibliographiques ou des avis d'experts qui seront utilisés pour définir les quantités d'azote appliquées.

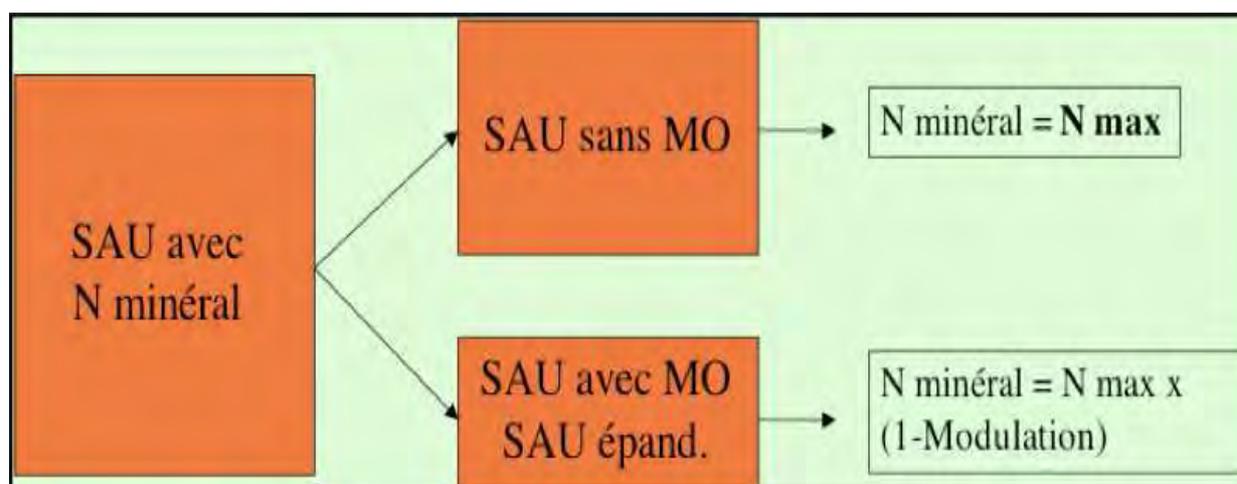


Figure 8 : Méthode de calcul de la pression d'azote minéral pour les surfaces avec ou sans matière organique

Le tableau ci-dessous présente les coefficients utilisés pour l'ensemble des cultures de NOPOLU-Agri, pour la répartition de l'azote minéral. Ces coefficients sont extraits de l'enquête sur les pratiques culturales à l'échelle régionale.

Tableau 22. Coefficients utilisés pour la répartition de l'azote minéral échelle France métropolitaine (source : SSP – Enquête sur les pratiques culturales 2011)

Code culture	Part des surfaces ne recevant pas d'azote	Part des surfaces recevant de l'azote minéral	Part des surfaces ne recevant que de l'azote minéral	Part des surfaces recevant de la l'azote minérale et organique	Dose Nmin sur les surfaces recevant que de l'azote minéral	Dose Nmin sur les surfaces recevant de l'azote min. et de l'azote organique
D/01	1%	98%	87%	10%	161	127
D/01/a	4%	91%	63%	28%	107	86
D/02	5%	95%	91%	4%	175	155
D/03	2%	98%	95%	3%	114	90
D/04	1%	98%	86%	12%	133	109
D/05	2%	98%	95%	3%	100	79
D/06	2%	89%	58%	31%	153	101
D/06 irri	1%	95%	71%	24%	195	157
D/07	2%	98%	95%	3%	117	93
D/08	2%	98%	95%	3%	81	64
D/08/a	2%	98%	95%	3%	122	97
D/09/a	100%	0%	0%	0%	-	-
D/09/b	100%	0%	0%	0%	-	-
D/10	0%	96%	64%	31%	161	129
D/11	0%	97%	44%	53%	122	90
D/12	0%	-	100%	0%	94	-
D/13/a	0%	-	100%	0%	110	-
D/13/b	0%	-	100%	0%	36	-
D/13/d11	1%	99%	67%	32%	169	154
D/13/d12	17%	72%	67%	5%	56	42
D/13/d13	100%	0%	0%	0%	-	-

Code culture	Part des surfaces ne recevant pas d'azote	Part des surfaces recevant de l'azote minéral	Part des surfaces ne recevant que de l'azote minéral	Part des surfaces recevant de la l'azote minérale et organique	Dose Nmin sur les surfaces recevant que de l'azote minéral	Dose Nmin sur les surfaces recevant de l'azote min. et de l'azote organique
D/13/d14	0%	-	100%	0%	71	-
D/13/d2	0%	-	100%	0%	68	-
D/13/d3	0%	-	100%	0%	29	-
D/13/e	0%	-	100%	0%	97	-
D/14/a	0%	-	100%	0%	96	-
D/16	0%	-	100%	0%	-	-
D/17	0%	-	100%	0%	-	-
D/18/a1	27%	59%	35%	23%	67	61
D/18/a2	27%	59%	35%	23%	67	61
D/18/b1	4%	84%	14%	69%	56	42
D/18/b2	100%	0%	0%	0%	-	-
D/18/b3	4%	84%	14%	69%	93	69
D/18/b4	90%	2%	2%	0%	37	-
F/01	47%	39%	29%	11%	53	41
F/02	0%	0%	0%	0%	-	-
G/01/a	0%	-	100%	0%	40	-
G/01/c	0%	-	100%	0%	20	-
G/03/a	-	-	100%	-	20	-
G/03/b	-	-	100%	-	20	-
G/04/a	0%	-	100%	0%	15	-
G/04/c	0%	-	100%	0%	15	-

4.5 La déposition atmosphérique

La déposition atmosphérique (d'ammoniac) est calculée à partir des données de 2010 du modèle EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) dont l'objet est le suivi des polluants atmosphériques se déplaçant sur de longues distances. EMEP fournit des résultats de déposition (en mg/m²/an soit kg N/m²) pour des mailles carrées de 50 km de côté (Cf. Cartes ci-dessous). Ces données sont adaptées pour fournir une quantité d'azote par hectare et par canton (variant de 0 à 20 kg/ha/an sur la France).

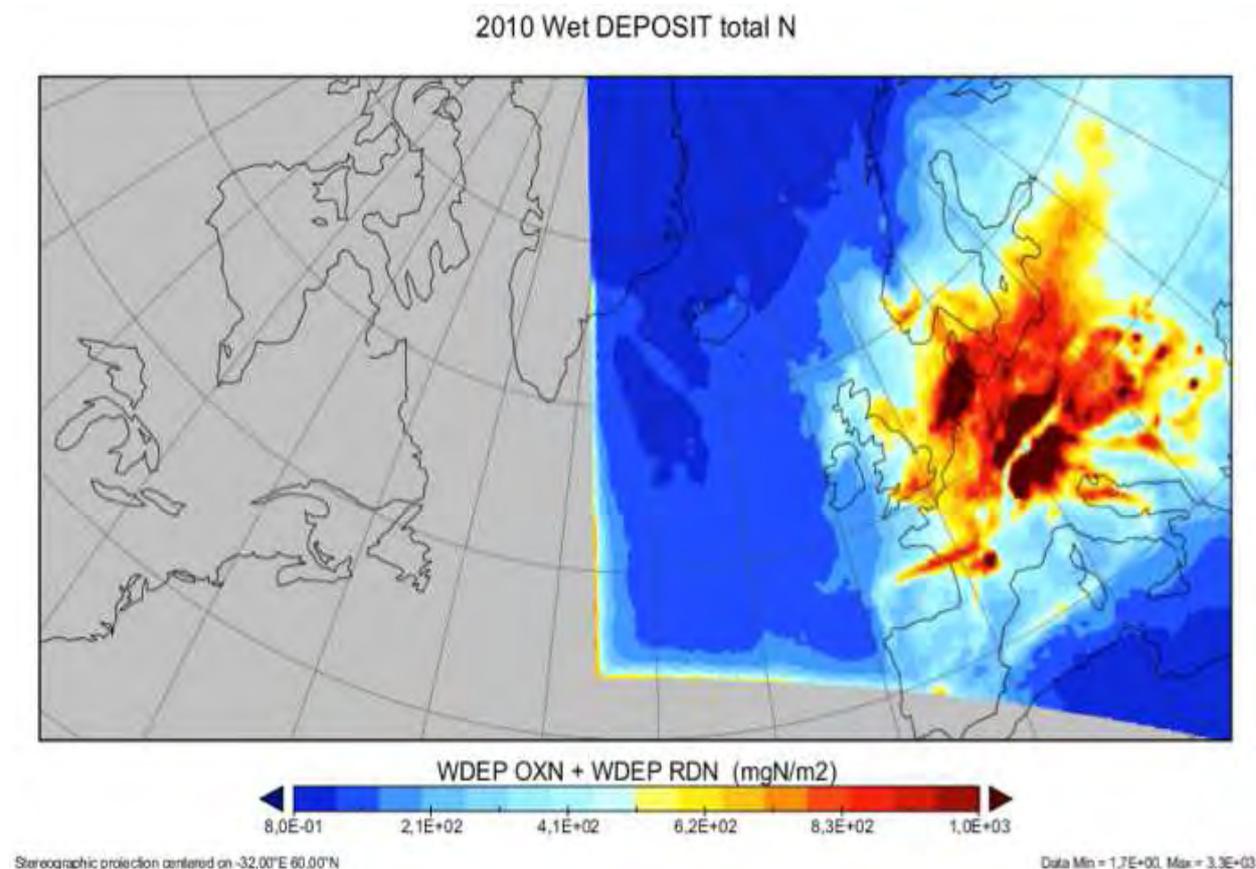


Figure 9 : Déposition d'azote atmosphérique en France en 2010 (source : EMEP, 2010)

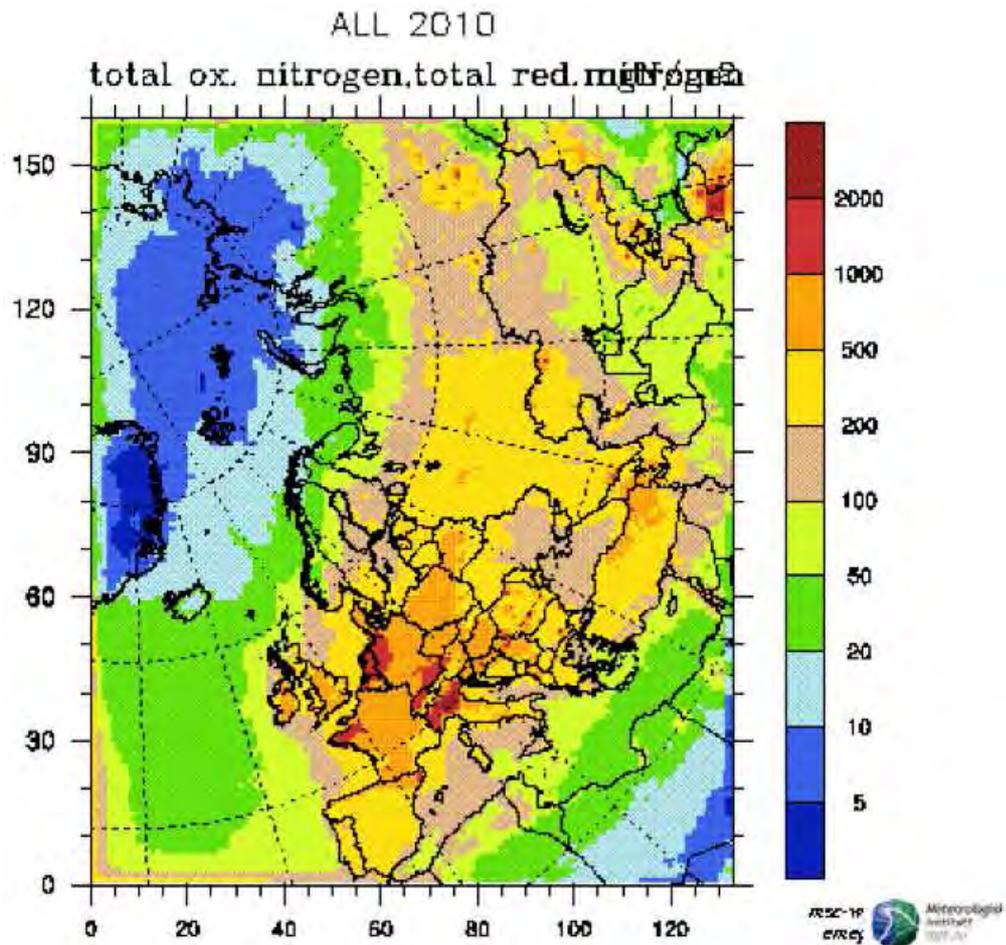


Figure 10 : Déposition totale N (mg N/m²) pour 2010 sur l'Europe (source http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/)

4.6 La fixation symbiotique

La quantité d'azote fixée par les légumineuses est considérée comme un pourcentage de la quantité d'azote exportée par les cultures. Ce pourcentage est appelé « taux de fixation ». L'azote exporté est le produit du rendement par la teneur en azote des grains, de l'herbe, des tubercules, etc.

La fixation symbiotique pour une culture donnée est égale à :

$$\text{Fixation} = \text{teneur en azote (kg/TMS)} \times \text{Rendement (TMS/ha)} \times \text{surface (ha)} \times \% \text{ légumineuses} \times \text{Taux de fixation}$$

Pour les surfaces semées en légumineuse pure (luzerne, féveroles, pois, etc.), le calcul de la quantité d'azote fixée repose uniquement sur le choix du pourcentage à appliquer à la quantité d'azote exportée. Ce coefficient était de 100 % dans la précédente version de NOPOLU-Agri (conformément à la méthode utilisée autrefois par le SCEES). Le SCEES préconise aujourd'hui d'utiliser un coefficient de fixation de 50 %. Les experts du CORPEN (groupe « Légumineuses ») estiment qu'un coefficient de 70 % serait plus proche de la réalité, en valeur moyenne.

Pour les prairies, la quantité d'azote fixée dépend de la proportion de légumineuses (pour les cultures semées en mélange - prairies graminées-légumineuses - et pour les prairies naturelles). La valeur par défaut de pourcentage de légumineuses dans les prairies sont de 50 % pour les prairies en mélange et de 21 % pour les prairies naturelles (source : « enquête prairies », 1998). Selon les experts du groupe « légumineuse » du CORPEN, ces chiffres sont trop importants et devraient être ramenés autour de 30 % pour les prairies en mélange et de 15 % pour les prairies naturelles. D'autre part, pour les prairies, la teneur en azote des « légumineuses » est de **39 kg/tMS**.

Note : Les prairies représentant plus de 7 millions d'hectares, le choix des coefficients a une influence importante sur le calcul du surplus. **Par défaut nous appliquerons les coefficients les plus probables : taux de fixation : 70 % ; pourcentage de légumineuses dans les prairies naturelles 15 %, dans les prairies mélangées 30%**. Ces coefficients restent modifiables facilement (scénarios).

Tableau 23. Coefficients utilisés pour calculer la fixation symbiotique de l'azote - échelle France métropolitaine

Code culture	Part de légumineuse dans les cultures (%)	Fixation symbiotique (kg N/ha)
D/01	0%	-
D/01/a	0%	-
D/02	0%	-
D/03	0%	-
D/04	0%	-
D/05	0%	-
D/06	0%	-
D/06 irri	0%	-
D/07	0%	-
D/08	0%	-
D/08/a	0%	-
D/09/a	100%	79
D/09/b	100%	44
D/10	0%	-
D/11	0%	-
D/12	0%	-
D/13/a	0%	-
D/13/b	0%	-
D/13/d11	0%	-
D/13/d12	0%	-
D/13/d13	100%	109
D/13/d14	0%	-
D/13/d2	0%	-
D/13/d3	0%	-
D/13/e	0%	-
D/14/a	0%	-
D/16	0%	-
D/17	0%	-
D/18/a1	0%	-
D/18/a2	30%	38
D/18/b1	0%	-
D/18/b2	100%	225
D/18/b3	0%	-
D/18/b4	100%	102
F/01	15%	14
F/02	15%	3
G/01/a	0%	-
G/01/c	0%	-
G/03/a	0%	-
G/03/b	0%	-
G/04/a	0%	-
G/04/c	0%	-

4.7 Les postes d'entrée d'azote non pris en compte

Les postes non pris en compte en 2010 (par manque de données – la plate forme NOPOLU-Agri pouvant prendre en compte les postes ci-dessous) sont :

- L'irrigation,
- Les apports de matières organiques exogènes (boues de STEP, etc.),
- Les transferts de paille,
- Les transferts d'effluents d'élevage d'un canton à l'autre,
- L'abattement de l'azote des effluents d'élevage par des traitements mécano-biologiques (stations de nitrification-dénitrification, etc.).

5. Les postes du solde Azote : les sorties

5.1 Exportation par les prairies

La complexité dans le calcul des exportations d'azote par les prairies est de tenir compte du fait qu'une partie de la production n'est pas récoltée (exportée) et ne doit donc pas apparaître dans les bilans. Il s'agit de la part non récoltée des prairies naturelles et des surfaces collectives pâturées.

Pour limiter cet écueil, on compare sur un territoire donné la production de fourrages (en TMS/an), aux besoins des animaux.

Dans un second temps, si :

- La consommation est supérieure ou égale à la production, alors l'exportation par les prairies est égale à :

$$E = \text{surface} \times \text{rdt.} \times \text{quantité unitaire}$$

- La consommation est inférieure à la production, alors l'exportation par les prairies est égale à :

$$E = \text{surfaces prioritaires} \times \text{rdt.} \times \text{quantité unitaire}$$

Les besoins des animaux en fourrage sont estimés pour un territoire donné (en tMS/an), en multipliant le cheptel par ses besoins (Cf. tableau ci-dessous).

Les besoins des troupeaux en fourrages sont couverts d'abord par les fourrages annuels (ex. : maïs fourrage), puis par les prairies artificielles et temporaires et enfin par les prairies naturelles et les surfaces collectives pâturées.

Les fourrages effectivement récoltés et/ou pâturés sont alors multipliés par un coefficient d'exportation d'azote exprimé en kilogramme par unité de rendement (Cf. tableau ci-dessous).

Pour les prairies, les coefficients d'exportation d'azote sont de 25 kg/tMS pour les graminées et 39 kg/tMS pour les légumineuses. Pour les prairies où les deux familles sont présentes (prairies naturelles et prairies temporaires mélangées), le coefficient d'exportation d'azote varie en fonction de la part des légumineuses.

Tableau 24. Coefficients d'exportation d'azote des fourrages (en kg/tMS) et pourcentage de légumineuses pris en compte

Catégories de fourrages	Coefficients d'exportation d'azote N kg/tMS	Pourcentage de légumineuses
Fourrages graminées pures (ray grass, mélanges)	25	0%
Fourrage mélanges graminées -légumineuses	29	30%
Autres fourrages annuels hors légumineuse	35	0%
Prairies artificielles (légumineuses pures)	39	100%
Maïs fourrage	13	0%
Pois protéagineux	33	100%
Prairies naturelles	27	15%
Surfaces collectives (land, parcours, estives)	27	15%

**Tableau 25. Consommation de fourrages et équivalences UGB alimentation grossière
(source : SCEES, 2005)**

Catégorie	UGB alimentation grossière	Besoins fourrages (TMS/animal)
Vaches laitières	1	5,2
Vaches allaitantes	0,85	4,42
Mâles > 2 ans	0,9	4,68
Femelles > 2 ans	0,8	4,16
Mâles 1 < < 2 ans	0,6	3,2
Femelles 1 < < 2 ans	0,6	3,12
Mâles < 1 an	0,44	2,29
Femelles < 1 an	0,32	1,66
Veaux de boucherie	0	0
Brebis-mères	0,15	0,78
Agnelles	0,09	0,47
Autres	0,04	0,55
Chèvre mères	0,17	0,88
Chevrettes	0,09	0,47
Autres	0,03	0,16
Équins	0,8	4,68

5.2 Exportation par des cultures

Les exportations d'azote par les cultures sont égales au produit du rendement par un coefficient d'exportation d'azote (correspondant à la quantité d'azote dans le grain). Les rendements utilisés par défaut et par culture à l'échelle départementale, sont une moyenne des années 2005, 2006 et 2007. Ces données sont issues de la statistique agricole annuelle (source : Agreste). Les coefficients d'exportation par défaut sont issus de données bibliographiques (Cf. Tableau ci-dessous).

Tableau 26. Coefficients d'exportation d'azote des cultures par défaut (en kg/quintal)

Code culture	Catégorie	Exportation d'azote par les cultures (kg N/ql aux normes)
D/01	Blé tendre	1,9
D/01/a	Triticale	1,9
D/02	Blé dur	2,1
D/03	Seigle	1,4
D/04	Orge et escourgeon	1,5
D/05	Avoine	1,9
D/06	Maïs-grain et maïs-semence	1,4
D/06 irri	Maïs-grain et maïs-semence irrigué	1,4
D/07	Riz	1,4
D/08	Autres céréales	1,9
D/08/a	Sorgho-grain	2
D/09/a	Légumineuses pures (fourragères)	3,55
D/09/b	Légumes secs	3,8
D/10	Pomme de terre	0,35
D/11	Betterave industrielle	0,31
D/12	Plantes sarclées fourragères	0,24
D/13/a	Tabac	4
D/13/b	Houblon	2,5
D/13/d11	Colza	3,5

Code culture	Catégorie	Exportation d'azote par les cultures (kg N/ql aux normes)
D/13/d12	Tournesol	1,9
D/13/d13	Soja	5,65
D/13/d14	Autres oléagineux	3,5
D/13/d2	Lavande	1
D/13/d3	Autres cultures industrielles	1,35
D/13/e	Plantes textiles	1,35
D/14/a	Légumes frais de plein champ destinés au marché du frais	0,4
D/16		1
D/17		1
D/18/a1	Prairies temporaires (graminées pures)	2,5
D/18/a2	Mélanges de graminées et association de graminées-légumineuses	2,92
D/18/b1	Autres fourrages annuels	1,5
D/18/b2	Prairies artificielles	3,9
D/18/b3	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	1,25
D/18/b4	Pois protéagineux	3,25
F/01	Prairies naturelles (y compris les surfaces collectives)	2,71
F/02	S.T.H. peu productives (y compris les surfaces collectives)	2,71
G/01/a	Fruits (zones tempérées)	0,05
G/01/c	Noix et fruits secs	0,05
G/03	Olives	0,05
G/04/a	Vigne (sous signe officiel de qualité)	0,05
G/04/c	Raisin de table	0,05

5.3 Exportation par les résidus de cultures

L'exportation par les résidus de cultures n'est pas prise en compte, par défaut.

5.4 Volatilisation de l'azote sous forme ammoniacale

5.4.1 La volatilisation de l'azote organique des déjections animales

La volatilisation d'ammoniac a lieu en permanence entre la production d'azote organique et sa valorisation par les végétaux. Les émissions ne sont pas constantes et varient du point de vue théorique en fonction de paramètres comme le pH, la température, la surface d'échange gaz/liquide, et la vitesse de renouvellement de l'air à l'interface. D'un point de vue « pratique », la volatilisation d'ammoniac engrais de ferme dépend de divers facteurs, tels que (CORPEN 2006) :

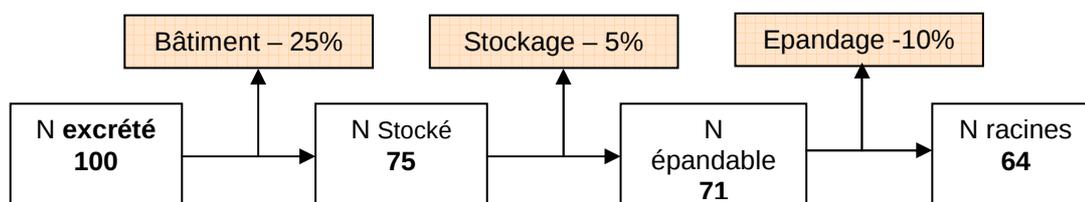
- Les caractéristiques des engrais (un lisier de porc, de teneur en NH_4^+ plus élevée, émet 2 à 3 fois plus d'ammoniac qu'un lisier bovin),
- La conduite de l'élevage, qui détermine le temps passé par les animaux à l'intérieur ou en pâturage particulièrement pour le cheptel bovin,
- La configuration du bâtiment (type de sol, ventilation, type et fréquence d'évacuation des engrais), qui définit le type des engrais (fumier/lisier),
- Le système de stockage au bâtiment et à l'extérieur (préfosse, fosse extérieure couverte ou non),
- Pour l'épandage, des propriétés du sol, tel que le pH, la teneur en calcium, la teneur en eau, le pouvoir tampon ou la porosité, de la méthode et la dose d'épandage des engrais,
- Des conditions météorologiques et saisonnières.

Dans NOPOLU-Agri, les variations dans les quantités d'ammoniac émises tiennent compte :

- de la répartition pâture / bâtiment,
- du type de déjection (Cf. SGDA),
- des différentes étapes entre l'excrétion d'azote (N excrété) et son absorption par les végétaux (N racines) : bâtiment / pâture – stockage – épandage

Le schéma et le tableau ci-dessous explicitent les coefficients de volatilisation utilisés par défaut dans NOPOLU-Agri.

Bâtiments d'élevage



Pâturage

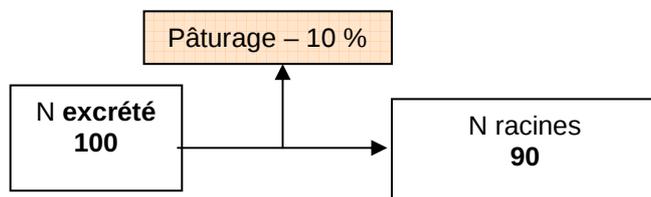


Figure 11 : Exemple de flux d'azote et de perte par volatilisation d'ammoniac pour un fumier de bovin (note : ces flux n'intègrent pas les autres pertes gazeuses N_2O et N_2)

Tableau 27. Emissions ammoniac par cheptel, en fonction du poste (pâturage, bâtiment, stockage, épandage) et du SDGA (lisier, fiente, fumier-litière, fumier-autres) en pourcentage de N-NH₃ (source : CORPEN)

Catégories	Équins	Vaches laitières	Vaches nourrices	Ovins	Caprins	Porcins	Volailles	Lapins
Pâturage&parcours N-NH₃ (%Nexcrete_Pat.)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	60%	60%
Bâtiment lisier N- N-NH₃ (%Nexcrete_Bat.)	30%	30%	30%	30%	30%	30%	50%	60%
Bâtiment fumier-litière N-NH₃ (%Nexcrete_Bat.)	25%	25%	25%	25%	25%	24%	30%	60%
Bâtiment fumier-autres N- N-NH₃ (%Nexcrete_Bat.)	25%	25%	25%	25%	25%	24%	30%	60%
Bâtiment fiente N-NH₃ (%Nexcrete_Bat.)							30%	60%
Stockage lisier N- N-NH₃ (%Nstockage)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	20%	0%
Stockage fumier-litière N-NH₃ (%Nstockage)	5%	5%	5%	5%	5%	0%	15%	0%
Stockage fumier-autres N- N-NH₃ (%Nstockage)	5%	5%	5%	5%	5%	0%	15%	0%
Stockage fiente N- N-NH₃ (%Nstockage)							30%	0%
Épandage lisier N- N-NH₃ (%Nepandable)	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Épandage fumier-litière N-NH₃ (%Nepandable)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Épandage fumier-autre N-NH₃ (%Nepandable)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Épandage fiente N-NH₃ (%Nepandable)							10%	10%

Note : les coefficients de volatilisation sont appliqués à l'azote organique excrété, **déduction faite des abattements des étapes précédentes**. Ces abattements sont le fait de la volatilisation d'ammoniac mais également des pertes gazeuses sous forme de N₂O et de N₂. Ces dernières sont décrites dans le chapitre consacré aux émissions de GES.

5.4.2 La volatilisation de l'azote minéral

Les facteurs influençant la volatilisation d'ammoniac à partir de l'application des engrais minéraux sont principalement, la forme de l'engrais (les pertes sont généralement supérieures pour les engrais liquides), le type de sol et le taux d'humidité.

Dans NOPOLU-Agri seule, la forme de l'engrais est prise en compte (Cf. Tableau ci-dessous) à une échelle régionale. Cela signifie que par défaut, un coefficient de volatilisation unique est calculé en fonction des types de fertilisants utilisés et au prorata de leurs quantités (Cf. tableaux ci-dessous). Les données régionales sont issues des publications de l'UNIFA (Les livraisons de fertilisants minéraux en France métropolitaine – Campagne 2005-2006), et sont utilisées par défaut aux échelles administratives inférieures.

Tableau 28. Les émissions d'ammoniac des sols suite à l'épandage de fertilisants minéraux (EMEP-Corinair dans CORPEN, 2006)

Type de fertilisant	Emissions N-NH ₃ (% N épandu)
Ammonitrates	2%
Solutions	8%
Urée	15%
Autres	2%
Composés NK, NPK	2%

Tableau 29. Quantités régionales d'azote minéral (par type de fertilisants) livrée pour la campagne 2005-2006 et les coefficients régionaux de volatilisation de l'azote minéral exprimé en pourcentage de d'azote épandu (UNIFA, 2006)

Code région	Ammonitrates	Solutions	Urée	autre	Composés NK, NPK	Total (t/an)	Volatilisation (% N épandu)
11	32 034	8 145	5 755	950	7 533	54 417	4,3%
21	47 891	174 977	24 610	5 516	13 271	266 265	7,1%
22	71 442	73 671	5 828	2 990	14 320	168 251	5,1%
23	23 872	36 356	1 947	1 786	16 587	80 548	5,0%
24	100 589	85 899	29 956	4 922	35 162	256 528	5,5%
25	39 063	11 806	5 662	3 320	14 755	74 606	3,9%
26	54 995	25 625	2 303	3 277	10 158	96 358	3,9%
31	59 757	9 625	1 144	3 724	12 752	87 002	2,8%
41	35 230	58 982	8 275	2 802	10 861	116 150	6,0%
42	15 584	1 646	9 398	1 850	7 238	35 716	5,7%
43	17 692	935	3 614	1 004	5 912	29 157	3,8%
52	84 392	13 135	10 559	6 169	26 988	141 243	3,5%
53	75 506	2 465	8 036	4 504	21 290	111 801	3,1%
54	78 025	40 432	40 330	3 882	21 505	184 174	6,2%
72	20 554	12 345	50 182	27 078	23 108	133 267	7,5%
73	61 862	3 848	40 743	8 934	20 285	135 672	6,1%
74	9 363	98	627	877	7 576	18 541	2,5%
82	39 077	290	9 479	5 942	11 948	66 736	3,9%
83	27 449	2 047	3 484	2 868	14 501	50 349	3,1%
91	18 062	932	5 232	1 099	6 120	31 445	4,3%
93	10 565	38	3 866	1 431	5 602	21 502	4,3%
94			74		103	177	7,4%
France	924 490	586 987	286 011	94 925	313 477	2 205 890	5,3%

6. La ventilation des déjections et la surface amendée en matière organique (SAMO)

6.1 La ventilation des déjections

L'azote excrété produit sur les exploitations agricoles est ventilé dans un premier temps entre les bâtiments et la pâture. Cette estimation de la durée de présence des animaux dans les bâtiments est réalisée à partir du rapport entre l'azote organique rejeté dans les bâtiments et l'azote organique total produit sur l'exploitation.

Dans un second temps, l'azote excrété dans les bâtiments entre les différents systèmes de gestion des déjections animales (SGDA). Les SGDA suivants ont été retenus :

- Pâturage
- Fumier de litière
- Lisier
- Mixte (bâtiments avec aire de couchage paillée et couloir de raclage)
- Cages (volailles)
- Litière paillée (volailles)
- Caillebotis (porcins)
- Litières paillées et sciures (porcins)

Ces SGDA ont des coefficients de volatilisation d'ammoniac et des facteurs d'émission de GES (N₂O, CH₄) distincts (ou adaptables).

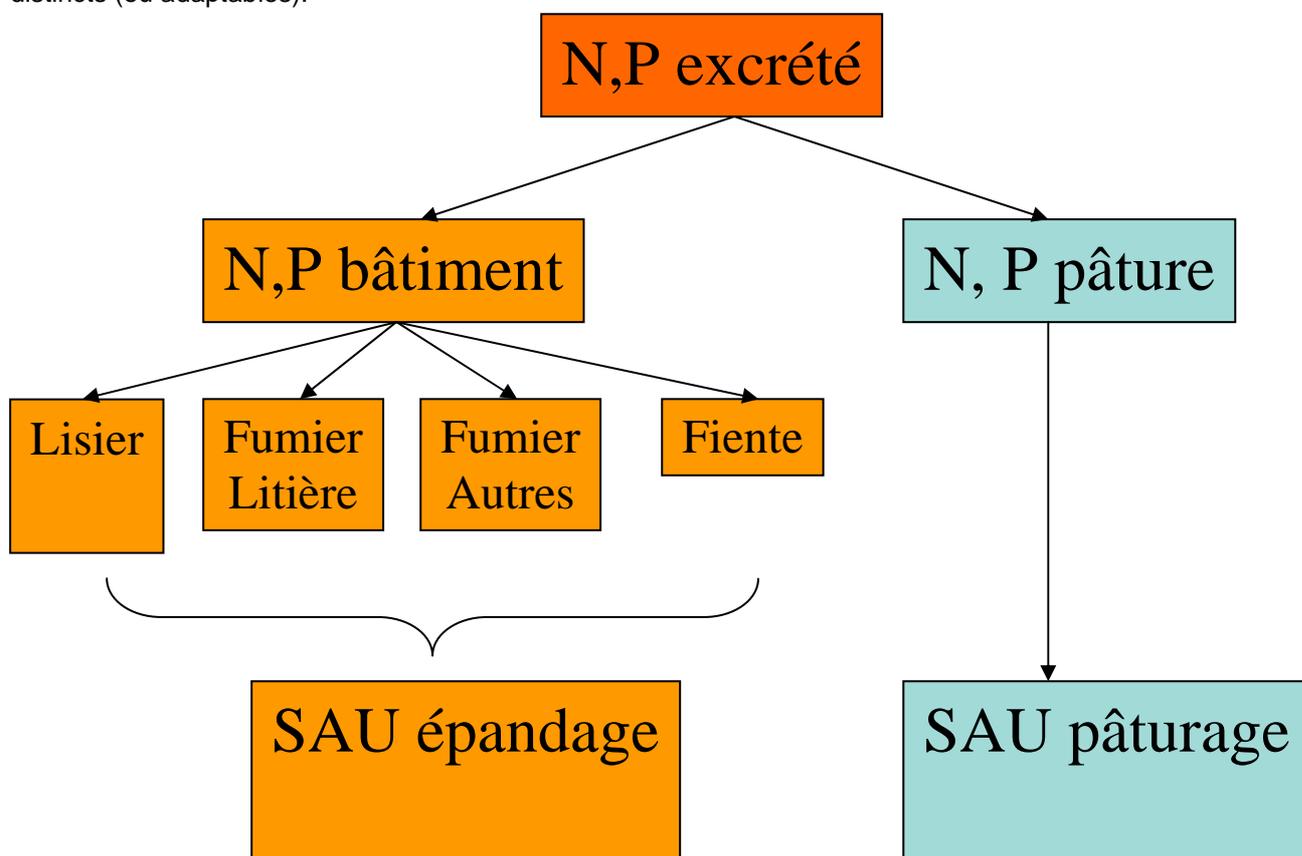


Figure 12 : Ventilation de l'azote excrété par les animaux

La SAU recevant de la matière organique (**SAU épand.**) est définie de manière statistique à l'échelle régionale pour les cultures présentes dans l'enquête sur les pratiques culturales de 2011 du SSP, soit à dire d'experts. Les surfaces pâturées (**SAU pât.**) sont définies à l'échelle nationale (les prairies naturelles, les estives et surfaces collectives et les prairies temporaires).

Le travail (de répartition des cheptels par type de SGDA) a été réalisé en utilisant le RA 2010 (données « capacités de l'élevage ») à l'échelle cantonale. Les tableaux ci-dessous présentent les résultats à l'échelle régionale et nationale.

Tableau 30. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâture) et par région administrative pour les bovins laits (mères) et bovins viande (mères) – code NOPOLU-Agri j/07 et J/08

Code région	Nombre de places fumier	Nombre de places lisier	Nombre de places mixte
11	84%	2%	2%
21	91%	7%	3%
22	87%	7%	6%
23	84%	5%	12%
24	94%	2%	3%
25	73%	16%	11%
26	96%	2%	2%
31	87%	7%	6%
41	90%	8%	3%
42	77%	18%	6%
43	81%	10%	9%
52	88%	6%	6%
53	77%	10%	13%
54	91%	5%	4%
72	89%	8%	3%
73	90%	6%	4%
74	96%	2%	2%
82	79%	12%	10%
83	80%	15%	4%
91	63%	32%	4%
93	87%	6%	1%
94	96%	0%	0%
France	85%	8%	6%

Tableau 31. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâture) et par région administrative pour les bovins laits (engraissement) et bovins viande (engraissement) - code NOPOLU-Agri j/05 et J/06

Code région	Nombre de places fumier	Nombre de places lisier	Nombre de places mixte
11	83%	9%	0%
21	92%	2%	1%
22	96%	2%	2%
23	97%	1%	2%
24	75%	1%	1%
25	93%	4%	3%
26	96%	3%	0%
31	96%	2%	1%
41	98%	1%	1%
42	86%	12%	2%
43	91%	3%	2%
52	94%	4%	2%
53	87%	10%	3%
54	99%	1%	1%
72	71%	28%	1%
73	88%	10%	1%
74	98%	1%	1%
82	93%	4%	2%
83	89%	9%	2%
91	76%	19%	3%
93	91%	1%	0%
94	73%	27%	0%
France	92%	5%	2%

Tableau 32. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâture) et par région administrative pour les bovins laits (élevage) et bovins viande (élevage) - code NOPOLU-Agri j/03 et J/04

Code région	Nombre de places fumier	Nombre de places lisier	Nombre de places mixte
11	89%	0%	0%
21	98%	1%	1%
22	96%	2%	2%
23	97%	1%	2%
24	96%	2%	2%
25	87%	8%	5%
26	98%	2%	1%
31	95%	3%	2%
41	97%	2%	1%
42	83%	13%	4%
43	92%	4%	3%
52	94%	3%	3%
53	91%	4%	4%
54	96%	2%	2%
72	85%	11%	3%
73	87%	11%	2%
74	96%	2%	2%
82	88%	7%	5%
83	87%	11%	2%
91	69%	27%	2%
93	92%	5%	1%
94	86%	0%	0%
France	92%	5%	3%

Tableau 33. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâture) et par région administrative pour les veaux de boucherie – code NOPOLU-Agri J/02/C

Code région	Nombre de places fumier	Nombre de places lisier	Nombre de places mixte
11	67%	4%	0%
21	62%	38%	0%
22	24%	54%	0%
23	14%	58%	0%
24	39%	56%	0%
25	15%	72%	1%
26	65%	14%	0%
31	37%	44%	5%
41	42%	33%	0%
42	66%	13%	6%
43	67%	5%	0%
52	13%	81%	1%
53	13%	86%	1%
54	32%	51%	0%
72	38%	60%	1%
73	27%	57%	0%
74	37%	62%	1%
82	72%	19%	3%
83	40%	46%	1%
91	76%	5%	0%
93	77%	19%	0%
94	78%	10%	0%
France	30%	62%	1%

Tableau 34. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâture) et par région administrative pour les porcs (post-sevrage / engraissement / truie) – code NOPOLU-Agri J/11, J/12 et j/13

Code région	Engrais. / caillebotis	Engrais. / litière	Post sevrage / caillebotis	Post sevrage / litière	Truie / caillebotis	Post sevrage / litière
11	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21	88%	10%	86%	7%	70%	8%
22	88%	12%	93%	7%	87%	12%
23	86%	13%	88%	12%	87%	12%
24	80%	20%	87%	12%	81%	11%
25	90%	9%	89%	11%	79%	19%
26	82%	17%	77%	23%	75%	15%
31	89%	10%	93%	7%	81%	17%
41	77%	22%	82%	17%	79%	19%
42	78%	21%	90%	10%	81%	19%
43	90%	9%	87%	8%	66%	9%
52	86%	12%	84%	15%	78%	20%
53	96%	4%	96%	4%	93%	6%
54	88%	10%	86%	13%	82%	11%
72	80%	7%	86%	8%	76%	5%
73	85%	10%	88%	10%	88%	6%
74	83%	14%	81%	18%	81%	10%
82	78%	17%	87%	10%	85%	8%
83	82%	13%	84%	12%	87%	7%
91	72%	14%	87%	5%	80%	3%
93	36%	5%	37%	5%	55%	17%
94	0%	13%	0%	18%	2%	30%
France	91%	7%	91%	7%	87%	10%

Tableau 35. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâture) et par région administrative pour les poules pondeuses et poulettes – code NOPOLU-Agri J/15/a et J/15/b

Code région	Places cages	Places litières
11	50%	30%
21	44%	56%
22	89%	11%
23	71%	29%
24	88%	12%
25	45%	55%
26	28%	72%
31	56%	44%
41	80%	20%
42	63%	37%
43	17%	37%
52	50%	50%
53	50%	50%
54	54%	46%
72	43%	51%
73	44%	56%
74	25%	75%
82	68%	28%
83	84%	11%
91	51%	49%
93	73%	27%
94	0%	0%
France	54%	45%

Tableau 36. Temps de pâturage (exprimée en %) par région administrative et par catégorie de cheptel

Code région	Vaches laitières et génisses	Vaches allaitantes et mâles	Bovins élevages 1 à 2 ans	Bovins élevages moins de 1 an	Equins	Ovins	Caprins
Code cheptel	J/07 - J/06	J/08 – J/03	J/04 – J/05	J/02/a - J/02/b	J/01	J/09/a - J/09/c	J/10/a – J/10/c
11	37%	54%	50%	35%	66%	52%	1%
21	50%	58%	55%	44%	59%	57%	30%
22	48%	55%	52%	34%	61%	56%	40%
23	56%	62%	59%	41%	76%	66%	49%
24	48%	67%	62%	52%	75%	73%	13%
25	62%	76%	66%	42%	82%	82%	66%
26	50%	64%	66%	58%	77%	66%	32%
31	52%	55%	51%	29%	53%	54%	44%
41	49%	57%	53%	37%	62%	65%	51%
42	33%	50%	37%	25%	62%	65%	44%
43	55%	61%	56%	38%	75%	69%	41%
52	59%	70%	62%	40%	82%	78%	4%
53	71%	76%	64%	32%	79%	74%	13%
54	35%	68%	56%	45%	78%	85%	1%
72	49%	68%	50%	32%	76%	82%	20%
73	49%	66%	53%	34%	80%	67%	18%
74	64%	73%	68%	68%	82%	75%	20%
82	57%	66%	59%	43%	79%	68%	43%
83	54%	64%	60%	49%	75%	66%	28%
91	49%	62%	57%	43%	73%	69%	72%
93	44%	69%	64%	51%	68%	69%	68%
94		93%	89%	87%	84%	95%	94%
France	57%	67%	60%	44%	76%	72%	20%

6.2 Surface amendée en matière organique (SAMO)

6.2.1 La répartition de l'azote maîtrisable

Les données de l'enquête sur les pratiques culturales permettent de définir pour les principales cultures du territoire, la part des surfaces recevant de l'azote organique maîtrisable (fumier/lisier/fiente) à l'échelle régionale (ex. : 75 % des surfaces en maïs ensilage de la région Midi-Pyrénées reçoit du fumier ou du lisier). Ces données par défaut sont ensuite reportées à l'échelle départementale et cantonale. La surface recevant de la matière organique (SAMO) d'un canton est calculée en faisant la somme des SAMO pour chaque culture du canton.

L'azote organique disponible est alors réparti de manière homogène sur la SAMO (Cf. schéma ci-dessous).

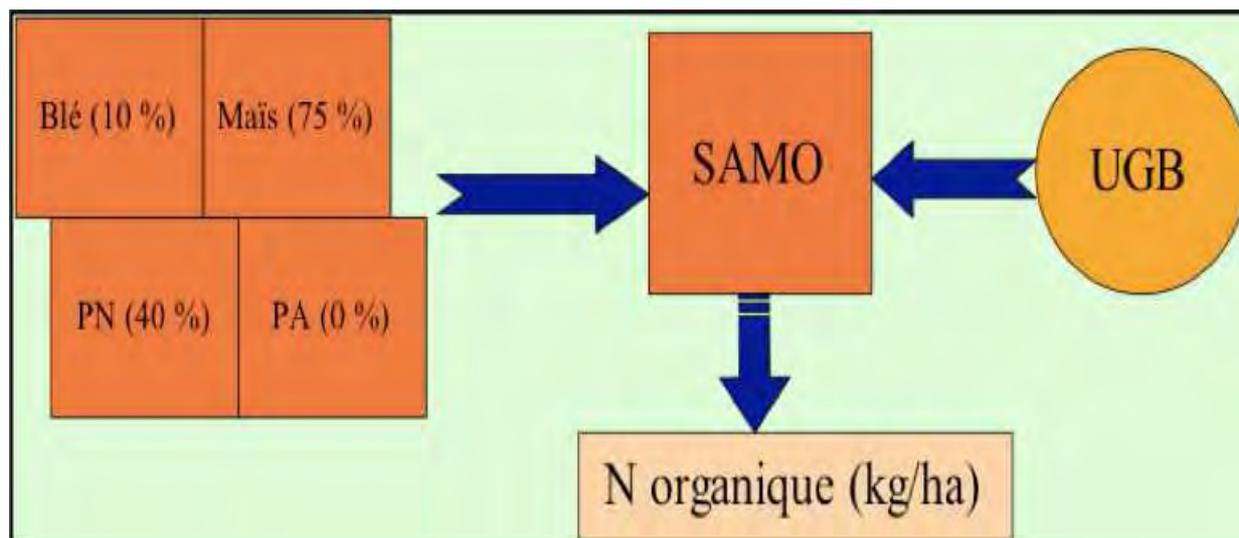


Figure 13 : Méthode de répartition de l'azote organique maîtrisable sur la SAMO

6.2.2 La répartition de l'azote organique non-maîtrisable

L'azote organique produit sur un canton et émis lors de la **pâturage** (Cf. quantification dans les chapitres ci-dessus) est réparti de manière homogène sur les cultures suivantes :

- Les prairies naturelles ;
- les prairies temporaires.

Note : la répartition de l'azote organique est homogène sur la SAMO, sauf pour les surfaces collectives et estives, où pour éviter les excédents d'azote organique (théoriquement impossible sur ces surfaces qui ne sont que pâturées), la quantité d'azote apportée lors de la pâture est égale à celle présent dans les fourrages consommés. Sur ces surfaces, 1/3 de la production est considérée comme consommée.

Les coefficients de répartition de l'azote organique des effluents d'élevage sur la SAU

Le tableau ci-dessous définit, pour les catégories de culture de NOPOLU-Agri :

- Celles susceptibles d'être pâturées ;
- Celles susceptibles de recevoir des effluents d'élevage maîtrisable ;
- Le pourcentage de la surface recevant de la matière organique (SAMO) maîtrisable (données calculées à l'échelle régionale à partir de l'enquête sur les pratiques culturales 2006 et appliquées par défaut aux échelles administratives inférieures).

Tableau 37. Les coefficients de répartition de l'azote organique (pâturage, épandage, SAMO en %)

Code culture	Pâturage (0 = "non" ou 1= "oui")	Epandage de matière organique (0 = "non" ou 1= "oui")	Surfaces recevant N organique maîtrisable (%)
D/01	0	1	12%
D/01/a	0	1	32%
D/02	0	1	4%
D/03	0	1	3%
D/04	0	1	13%
D/05	0	1	3%
D/06	0	1	40%
D/06 irri	0	1	28%
D/07	0	1	3%
D/08	0	1	3%
D/08/a	0	1	3%
D/09/a	0	0	0%
D/09/b	0	0	0%
D/10	0	1	35%
D/11	0	1	56%
D/12	0	1	0%
D/13/a	0	1	0%
D/13/b	0	1	0%
D/13/d11	0	1	33%
D/13/d12	0	1	16%
D/13/d13	0	0	0%
D/13/d14	0	1	0%
D/13/d2	0	1	0%
D/13/d3	0	1	0%
D/13/e	0	1	0%
D/14/a	0	1	0%
D/16	0	1	0%
D/17	0	1	0%
D/18/a1	1	1	38%
D/18/a2	1	0	38%
D/18/b1	1	1	82%
D/18/b2	0	0	0%
D/18/b3	0	1	82%
D/18/b4	0	0	8%
F/01	1	1	25%
F/02	1	0	0%
G/01/a	0	1	0%
G/01/c	0	1	0%
G/03/a	0	1	0%
G/03/b	0	1	0%
G/04/a	0	1	0%
G/04/c	0	1	0%

7. Les émissions de gaz à effet de serre (GES)

7.1 Méthode

La plupart des informations nécessaires aux calculs des émissions sont déjà utilisées dans la partie concernant le calcul du surplus « azote ». Il s'agit alors, à partir des mêmes activités (nombre d'animaux et SAU) et des mêmes données (livraison d'azote minéral, l'azote organique des bâtiments et de la pâture...), d'appliquer des jeux de coefficients permettant de faire apparaître des quantités de gaz à effet de serre. Ces coefficients sont appelés « **facteurs d'émissions** » pour les GES.

Les émissions de GES prises en compte sont :

- Le **méthane** (CH₄) : fermentation entérique et gestion des déjections (y compris pâture), rizières ;
- Le **protoxyde d'azote** (N₂O) : déjections animales, excédents d'azote, sols (engrais et résidus de cultures), ammoniac volatilisé, la fabrication des engrais azotés ;
- Le **dioxyde de carbone** (CO₂) : énergie utilisée sur les parcelles (fioul tracteur, irrigation), énergie en bâtiment d'élevage (chauffage, électricité spécifique), décarbonatation des calcaires et dolomies, fabrication des engrais azotés.

Le calcul des émissions de CH₄ et de CO₂ nécessite de travailler sur le cycle du carbone, notamment en élevage ; et donc d'intégrer de nouvelles équations (exemple : la matière organique ingérée et excrétée par les différents cheptels).

Le schéma ci-après présente les principaux postes d'émissions des GES (directement ou indirectement), pris en compte dans NOPOLU-Agri.

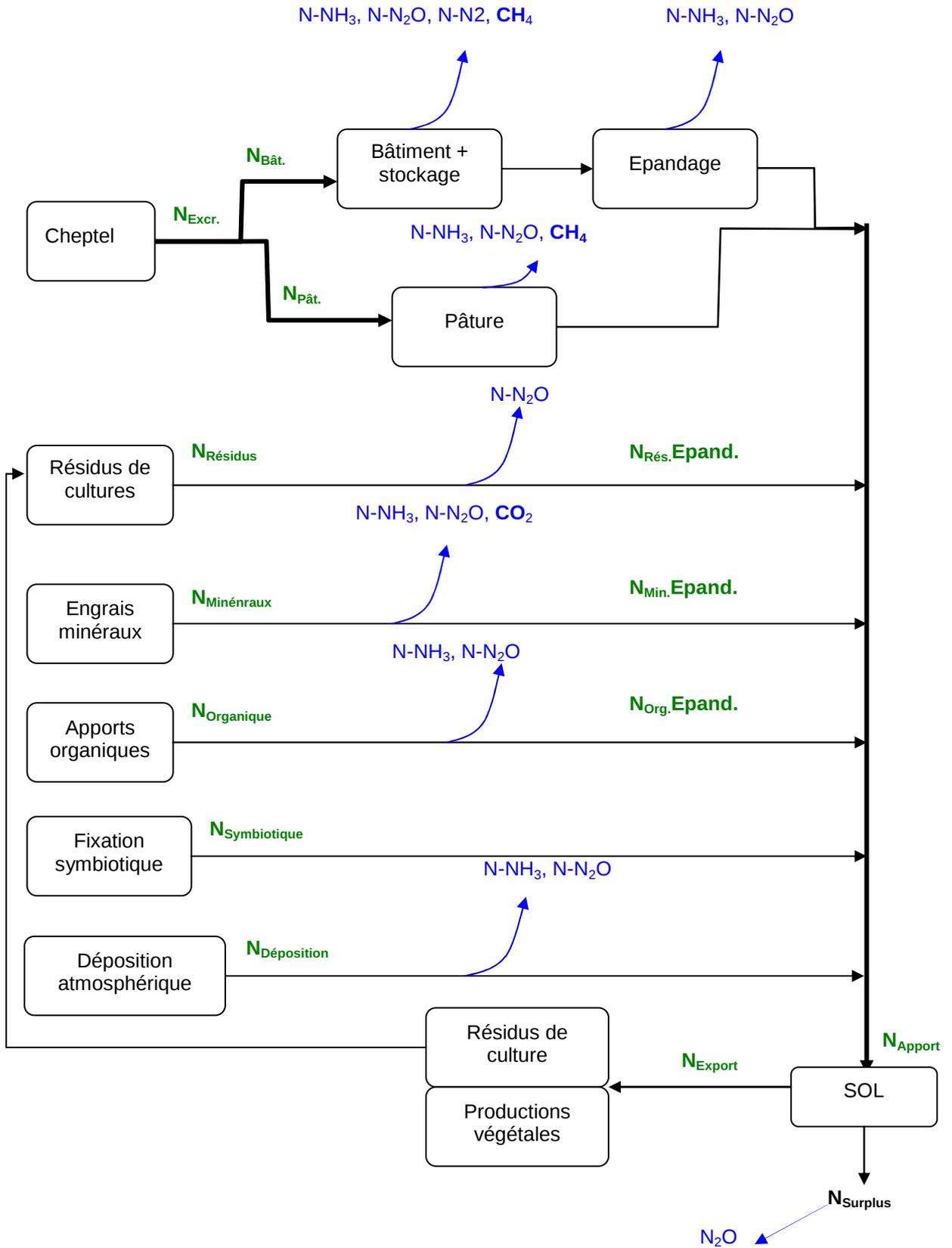


Figure 14 : Les principaux postes d'émissions des gaz à effet de serre de NOPOLU-Agri

7.2 Les émissions de méthane (CH₄)

7.2.1 Introduction

Dans NOPOLU-Agri, 3 sources de méthane sont comptabilisées :

- Le méthane de la fermentation entérique des différents cheptels ;
- Le méthane des déjections d'élevage (lors de la pâture ou dans les bâtiments) ;
- Le méthane provenant des rizières.

Note : Les émissions de méthane par les sols ne seront pas prises en compte. Elles sont considérées comme négligeables aujourd'hui par la communauté scientifique.

7.2.2 Le méthane de la fermentation entérique

Les émissions de CH₄ sont déterminées au moyen de facteurs d'émissions relatifs à chaque espèce animale et selon leur mode d'alimentation. Pour les vaches laitières, on tiendra également compte du niveau de production.

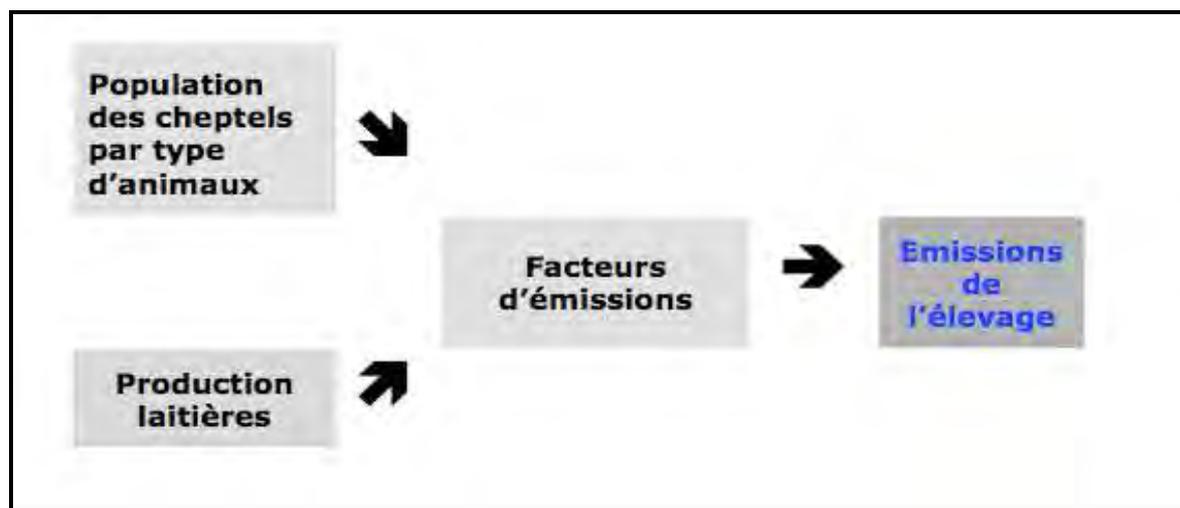


Figure 15 : Les émissions de méthane – Fermentation entérique des troupeaux

Les facteurs d'émission utilisés dans NOPOLU-Agri pour le calcul du méthane entérique, sont ceux proposés par l'INRA (Jouany et Vermorel, 2008). Le tableau ci-dessous présente les facteurs de l'INRA ainsi que ceux utilisés par l'IPCC. Les données de l'INRA ont été préférées à celle de l'IPCC, parce que partant des mêmes sources internationales, elles ont été adaptées au contexte de l'élevage français.

Ces coefficients sont à multiplier par l'effectif présent pour obtenir des quantités de méthane, à l'exception notable des vaches laitières. Pour ces dernières, l'INRA utilise une régression linéaire liant la production de méthane et la production de lait :

$$\text{CH}_4 \text{ (kg/an)} = 55,7(0,91) + 0,0098(0,0001) * \text{PL} \text{ (kg/an)}$$

- Avec : PL, la production annuelle de lait en kg (donnée par défaut dans NOPOLU-Agri à l'échelle départementale).

Tableau 38. Fermentation entérique des cheptels (en CH₄ kg/place) d'après INRA et IPCC

Libellé	CH₄_entérique (kg/place) INRA	CH₄_enterique (kg/place) IPCC-tier2
Equins total	20,7	18,0
Bovins <1 an mâles	25,95	47,8
Bovins <1 an femelles	24	34,7
Veaux de boucherie	0	0,0
Bovins 1<<2 ans mâles	51,65	65,1
Bovins 1<<2 ans femelle s	60,2	65,1
Bovins > 2 ans mâles	52,6	97,7
Bovins > 2 ans femelles	72,8	86,8
Vaches laitières	120,7*	108,5
Vaches nourrices	72	92,0
Brebis laitières et nourrices	12,7	8,5
Agnelles souches	8,4	5,5
Autres ovins	1,035	3,4
Chèvres mères	14,3	4,6
Chevrette pour la souche	5	2,1
Autres caprins		0,3
Porcelets post-sevrage < 20kg	0,26	0,5
Truies mères > 50 kg	3,02	2,1
Autres porcs	0,789	1,2
Poulets de chair	0,0	0,0
Poules pondeuses	0,1	0,0
Poulettes	0,0	0,0
Canards	0,1	0,0
Dindes et dindons	0,1	0,0
Oies	0,1	0,0
Pigeons et cailles	0,0	0,0
Pintades	0,0	0,0
Lapins	0,1	0,0

* fermentation entérique pour une vache laitière produisant 6 600 kg de lait par an

7.2.3 Émissions de méthane par les déjections animales

7.2.3.1 Méthode de calcul

D'après IPPC 2006 (IPCC Guidelines, 2006), les émissions de CH₄ dues aux déjections animales se calculent comme suit :

$$CH_{4DA}(i) = VSE(i) \cdot P_{CH_4}(i) \cdot 0,67 \cdot \sum_j [MCF_{SGDA}(i,j) \cdot \%SGDA(i,j)]$$

Avec :

- **CH_{4DA}(i)** = émission annuelle de méthane par les déjections des animaux i (en t CH₄/an)
- **VSE(i)** = quantité annuelle de matière organique excrétée par les animaux de la catégorie i (en t/an)
- **P_{CH₄}(i)** = facteur d'émission de méthane des déjections animales des animaux i (en 1 000 m³ CH₄ / t VS)
- **MCF_{SGDA}(i,j)** = facteur d'émission de méthane par le système des gestions des déjections j des animaux i (en t CH₄ / t MS)
- **%SGDA(i,j)** = part du système des gestions des déjections j pour les animaux i (en %)
- **i** = catégorie des animaux
- **j** = nature du système de gestion des déjections animales
- Le facteur 0,67 kg / m³ (ou 0,67 t/1 000 m³) est la densité du méthane.

La quantité annuelle de matière organique excrétée (VSE) par catégorie d'animal est fonction de la matière ingérée et des facteurs suivant :

- Sa digestibilité ;
- Son taux de matière minéral (pourcentage de cendre) ;
- La quantité de matière organique présente dans l'urine.

La quantité annuelle de matière organique excrétée (VSE) est donnée par l'équation suivante :

$$VSE(i) = MS_{ing}(i) \cdot \{ [1 - \% Digest(i)] + K_{Urine} \} \cdot [1 - \% Cendre(i)]$$

Avec :

- **VSE(i)** = quantité annuelle de matière organique excrétée par les animaux i (en t/an)
- **MS_{ing}(i)** = quantité annuelle de matière sèche ingérée par les animaux i (en t MS)
- **%Digest(i)** = taux de digestibilité de la matière sèche par l'animal i – (valeur par défaut recherchée dans la feuille B4)
- **% Cendre(i)** = taux de cendre dans la matière sèche excrétée de l'animal i – (valeur par défaut recherchée dans la feuille B4)
- **K_{Urine}(i)** : taux d'urine excrétée rapporté à la quantité de matière organique excrétée pour l'animal i (en %) – (valeur par défaut recherchée dans la feuille B4)
- **i** = catégorie des animaux

7.2.3.2 Les coefficients utilisés

a) Coefficients d'émission de méthane par les déjections animales

La capacité de production maximale de méthane des déjections animales ($P_{CH_4(i)}$) varie selon l'espèce et la ration alimentaire.

En l'absence de données nationales spécifiques, nous appliquerons les valeurs par défaut fournies par IPCC 2006 (IPCC Guidelines, 2006 - pp. 10.77 à 10.82) pour chaque catégorie d'animaux, valables en l'Europe de l'Ouest.

Les coefficients de référence, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

b) Taux de digestibilité et taux de cendre

L'IPCC 2006 indique le taux de digestibilité de l'alimentation (%Digest) et le taux de cendre de la matière sèche ingérée (%Cendre) selon l'espèce.

Les coefficients de référence sont présentés dans le tableau ci-dessous.

c) Taux d'urine

L'IPCC 2006 indique que généralement l'énergie contenue dans les excréments urinaires (k_{Urine}) représente 4 % de l'énergie de la ration alimentaire pour la plupart des ruminants. Elle se réduit à 2 % pour les porcs et les ruminants nourris avec plus de 85 % de grains.

Les coefficients de référence sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 39. Facteurs d'émission de méthane des déjections animales selon les animaux (IPCC Guidelines, 2006)

Catégorie	P_{CH_4}	Incertitude	%Digest	%Cendre	$k_{Urine(i)}$
Vaches laitières	0,24	± 15%	70%	8%	4%
Vaches allaitantes	0,18	± 15%	60%	8%	4%
Autres bovins	0,18	± 15%	60%	8%	4%
Ovins	0,19	± 15%	60%	8%	4%
Caprins	0,18	± 15%	60%	8%	4%
Porcins	0,45	± 15%	75%	2%	2%
Chevaux	0,30	± 15%	70%	4%	4%
Anes, mulets	0,33	± 15%	70%	4%	4%
Poulets à rôti	0,36	± 15%	75%	2%	-
Pintades	0,36	± 15%	75%	2% ^(*)	-
Canards	0,36	± 15%	75%	2%	-
Lapins	0,32	-			

Tableau 40. Ration alimentaire quotidienne par place dans les élevages (en kg de MS/place/jour) et temps de d'occupation des places d'élevage (jours/an)

Catégories	Ration alimentaire quotidienne (kgMS-ingérée/jour/place)	Temps de présence moyen (jours/an)
Equins total	5,96	365
Bovins < 1 an mâles	6,1	365
Bovins < 1 an femelles	4,4	365
Veaux de boucherie	0,0	365
Bovins 1 à 2 ans mâles	8,3	365
Bovins 1 à 2 ans femelles	8,3	365
Bovins > 2 ans mâles	12,4	365
Bovins > 2 ans femelles	11,0	365
Vaches laitières	13,8	365
Vaches nourrices	11,7	365
Brebis laitières et nourrices	1,1	365
Agnelles souches	0,701	365
Autres ovins (agneaux engraissement, autres)	0,6	267
Chèvres mères	0,76	365
Chevrettes pour la souche	0,35	365
Autres caprins	0,15	100
Porcelets post-sevrage < 20kg	0,7	335
Truies mères > 50 kg	2,9	365
Autres porcs	1,9	312
Poulets de chair	0,073	249
Pondeuses (poules et poulettes)	0,10	350
Poules pondeuses (œufs conso. et conv.)	0,10	350
Poulettes	0,0439	286
Canards	0,11	291
Dindes et dindons	0,15	302
Oies	0,19	326
Pigeons et cailles	0,017	244
Pintades	0,050	289
Lapins	0,12	365

d) Facteur de conversion du méthane

Le facteur de conversion du méthane de chaque système de gestion des déjections animales ($[MCF_{SDGA}(i,j)]$) varie selon la température. Nous avons adopté les valeurs de référence fournies par IPCC 2006 pour la température moyenne de 13°C (valeur la plus proche de la moyenne nationale donnée par Météo France). Les facteurs de conversion ci-dessous prennent en compte les émissions de méthane dans les bâtiments et au stockage.

Tableau 41. Facteurs d'émission de méthane retenus selon le système de gestion des déjections animales pour les bâtiments et le stockage (IPCC 2006)

Système de gestion des déjections animales	Equivalence dans NOPOLU-Agri	MCF_{SDGA}
Pâturage, paddock	Pâturage	1,0%
Lisier non brassé		14,0%
Lisier brassé		22,0%
Lisier (valeur moyenne entre lisier brassé et non brassé)	Lisier (toutes les catégories sauf porcins)	18 %
Fumier	Fumier-autres (toutes les catégories sauf volailles et lapins)	2,0%
Litière accumulée <1 mois		3,0%
Litière accumulée >1 mois	Fumier-litière (toutes catégories sauf volailles et lapins)	22,0%
Porcs sur caillebotis <1 mois		3,0%
Porcs sur caillebotis >1 mois	Lisier (porcins)	22,0%
Combustible de fiente		10,0%
Fiente		1,5%
Fumier de volailles		1,5%

Valeur donnée pour la température moyenne annuelle de 13°C (cf. table 10.17 in IPCC 2006)

7.2.4 Les rizières

Les émissions de méthane des rizières (Camargue) sont calculées en utilisant le coefficient proposé par l'IPCC : **240 kg** de méthane par hectare et par an.

7.3 Les émissions de protoxyde d'azote (N₂O)

7.3.1 Introduction

Le protoxyde d'azote est produit naturellement dans les sols par les processus de nitrification et de dénitrification. La nitrification est l'oxydation microbienne aérobie de l'ammonium en nitrate, et la dénitrification est la réduction microbienne anaérobie du nitrate en azote (N₂). Le protoxyde d'azote est un gaz intermédiaire dans l'ordre de réaction de la dénitrification et un sous-produit de la nitrification qui s'échappe des cellules microbiennes vers le sol et au final vers l'atmosphère. Un des principaux facteurs de contrôle de cette réaction est la disponibilité de N inorganique dans le sol.

La méthodologie IPCC 2006 estime les émissions de N₂O à partir des apports nets de N d'origine anthropique aux sols (par exemple, engrais chimiques ou organiques, fumiers, résidus de culture, boue d'épuration), ou de minéralisation de N dans la matière organique du sol après drainage/gestion des sols organiques (i.e. tourbières en France), ou changement d'utilisation du sol (par exemple, forêts/prairies converties en culture).

Dans NOPOLU-Agri, les sources de N₂O comptabilisées sont :

- Les émissions lors des différentes phases de stockage des déjections d'élevage ;
- Les émissions lors de l'épandage d'azote organique ou minéral sur les sols agricoles (y compris lors du pâturage) ;
- Les émissions sur les parcelles lors de la minéralisation de l'azote contenu dans les résidus de cultures ;
- Les émissions lors de la fabrication des engrais azotés ;
- Les émissions dites indirectes : une fraction de l'azote ammoniacal volatilisé et une fraction de l'azote lessivé.

7.3.2 Les émissions de protoxyde d'azote des élevages

Les émissions de protoxyde d'azote sont une fraction de l'azote organique excrété par les animaux variant selon les SGDA et la concentration en azote des effluents. Les tableaux ci-dessous présentent les différents facteurs d'émission utilisés. Dans les bâtiments d'élevage, on comptabilisera également un dégagement d'azote atmosphérique (N₂). Par défaut les émissions de N₂ sont égales à 5 fois celles de N₂O (Gac et al, 2006).

Tableau 42. Facteur d'émission (FE) de N-N₂O par rapport au N excrété au pâturage exprimé en pourcentage (IPCC Guideline, 2006)

Catégories	FE N-N ₂ O par rapport au N excrété
Bovin lait	2,0%
Bovins viande	2,0%
Caprins	1,0%
Ovins	1,0%
Porcins	2,0%
Volaille	2,0%
Equins	1,0%

Tableau 43. Facteurs d'émission (FE) de N- N₂O et de N-N₂ retenus selon le système de gestion des déjections animales pour les bâtiments et le stockage (IPCC Guideline, 2006 et CORPEN 2003)

Système de gestion des déjections animales	Equivalence dans NOPOLU-Agri	FE N-N₂O	FE N₂
Lisier non brassé		0,50 %	
Lisier brassé		0 %	
Lisier (valeur moyenne entre lisier brassé et non brassé)	Lisier (toutes les catégories sauf porcins)	0,25 %	1,25 %
Fumier	Fumier-autres (toutes les catégories sauf porcins, volailles et lapins)	0,50 %	2,50 %
Litière accumulée <1 mois		1,00 %	5,00 %
Litière accumulée >1 mois	Fumier-litière (toutes catégories sauf volailles et lapins)	1,00 %	5,00 %
Porcs sur caillebotis <1 mois		0,20 %	1,00%
Porcs sur caillebotis >1 mois	Lisier (porcins)	0,20 %	1,00 %
Fumier porcin	Fumier-litière et fumier-autres (porcins) – données CORPEN	4,00 %	29,00%
Fiente		0,10%	0,50 %
Fumier de volailles		0,10%	0,50 %

Valeur donnée pour la température moyenne annuelle de 13°C

7.3.3 Les émissions de protoxyde d'azote au sol et les émissions indirectes

7.3.3.1 Méthode

Comme précédemment, c'est la méthodologie IPCC de 2006 et ces facteurs d'émissions qui ont été appliqués à une exception près : les émissions indirectes de N₂O liées au lessivage de l'azote (cf. paragraphe ci-après). Le schéma ci-dessous présente les principaux flux d'azote et facteurs d'émissions pris en compte.

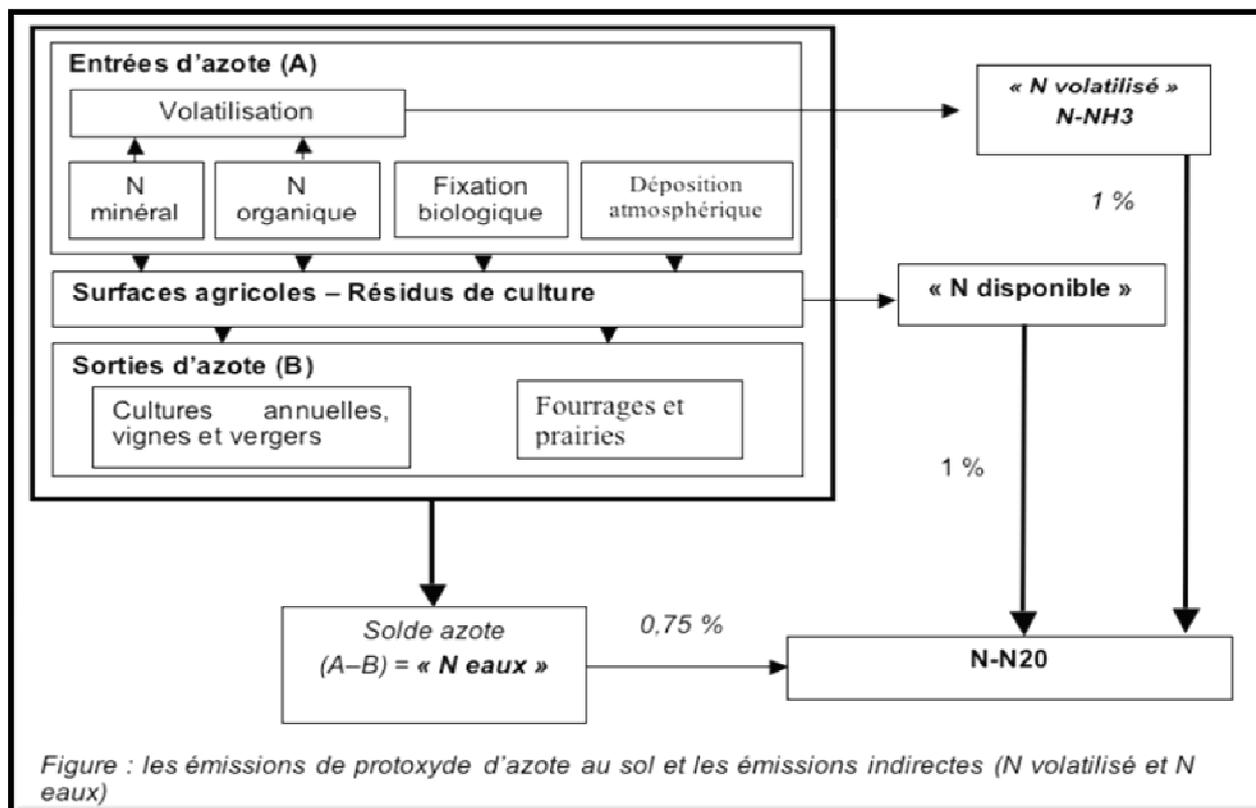


Figure : les émissions de protoxyde d'azote au sol et les émissions indirectes (N volatilisé et N eaux)

Figure 16 : Les émissions de protoxyde d'azote au sol et les émissions indirectes (N volatilisé et N eaux)

7.3.3.2 Les émissions lors de l'application de l'azote au sol

Lors de l'épandage de l'azote minéral, **1 % de la quantité totale appliquée** est émise sous forme de N- N₂O. Lors de l'épandage de l'azote organique, **1 % de l'azote « épandable »** est émise sous forme de N- N₂O. L'azote « épandable » correspond à l'azote excrété, déduction faite des pertes gazeuse (N-NH₃, N-N₂O, N₂) dans les bâtiments et lors du stockage.

7.3.3.3 L'émission de N₂O par les résidus de culture

a) Méthode

L'azote des résidus de culture (N_{RC}) se rapporte à la quantité de N dans des **résidus de culture de surface (RS : pailles et chaumes) et enfouis (RE : racines)**, y compris les cultures fixatrices d'azote (légumineuses), qui revient aux sols annuellement. Il inclut également le N des cultures fourragères (fixatrices ou pas d'azote) minéralisé lors du renouvellement des prairies et des cultures fourragères.

Les émissions annuelles de N₂O par les résidus de culture non récoltés sont calculées ainsi :

$$N - N_{2O_{RC-Sol}} = N_{RC-Sol} \cdot FE_{E_{pand}} N_{2O}$$

Avec :

- N-N_{2O_{RC-Sol}} : émission annuelle directe de N-N₂O par les résidus de culture (en t N-N₂O/an)
- N_{RC-Sol} = quantité annuelle d'azote apportée au sol par les résidus de culture (en surface et enfouis) et par le renouvellement des cultures fourragères et des prairies (en t N/an).

Pour obtenir ce terme, les quantités d'azote dans les résidus enfouis et les résidus de surface sont calculés comme suit :

$$N_{RS}(i) = RS(i) \cdot \%N_{RS}(i)$$

Avec :

- **N_{RS}(i)** = quantité annuelle d'azote des résidus de surface de la culture i (en t N/an)
- **RS(i)** : production de matière sèche des résidus de culture de surface de culture i (en t MS)
- **%N_{RS}(i)** : teneur en azote de matière sèche des résidus de surface de la culture i (en t N/t MS)
- **i** = catégorie de la culture

$$N_{RE}(i) = RE(i) \cdot \%N_{RE}(i)$$

Avec :

- **N_{RE}(i)** = quantité annuelle d'azote des résidus enfouis de la culture i (en t N/an)
- **RE(i)** : quantité de matière sèche des résidus enfouis pour la culture i (en t MS) - **%N_{RE}(i)** : teneur en azote de matière sèche des résidus enfouis de la culture i (en t N/t MS)
- **i** = nature de la culture

b) Coefficients de référence des quantités des résidus de culture

Les quantités de matière sèche des résidus de surface et des résidus enfouis sont calculées à partir du rendement de la culture. Il s'agit d'une régression linéaire pour les résidus de surface (**RS = a • Rdt + b**) et d'un pourcentage pour les résidus enfouis (**RE = %Rdt**). Le tableau ci-après présente les paramètres retenus (ainsi que le pourcentage d'azote dans les résidus) dans la méthodologie IPCC (version 2006), adaptés pour NOPOLU-Agri.

Tableau 44. Valeurs par défaut des estimations d'azote apporté aux sols par les résidus de culture (IPCC Guidelines, 2006 – valeurs adaptées)

	Coeff. des résidus de surface A	Coeff. des résidus de surface B	Part des résidus racinaires sur la biomasse aérienne	Teneur en azote dans les résidus de surface	Teneur en azote dans les résidus enfouis
D/01	1,09	0,52	0,24	0,70%	0,80%
D/01/a	1,09	0,88	0,22	0,60%	0,90%
D/02	1,09	0,88	0,22	0,60%	0,90%
D/03	1,09	0,88	0,22	0,50%	1,10%
D/04	0,98	0,59	0,22	0,70%	1,40%
D/05	0,91	0,89	0,25	0,70%	0,80%
D/06	1,03	0,61	0,22	0,60%	0,70%
D/06 irri	1,03	0,61	0,22	0,60%	0,70%
D/07	0,95	2,46	0,16	0,70%	0,00%
D/08	1,1	0,5	0,2	0,0	0,0
D/08/a	0,3	0	0,2	1,50%	1,40%
D/09/a	1,13	0,85	0,19	0,80%	0,80%
D/09/b	0,36	0,68	0	1,00%	1,00%
D/10	0,1	1,06	0,2	1,90%	1,40%
D/11	0,1	1,06	0,2	1,90%	1,40%
D/12	0,3	0	0,2	1,50%	1,20%
D/13	0	0	0	0,00%	0,00%
D/13/a	0	0	0	0,00%	0,00%
D/13/b	0	0	0	0,00%	0,00%
D/13/c	0	0	0	0,00%	0,00%
D/13/d11	2	0	0,2	1,50%	1,50%
D/13/d12	2	0	0,22	1,50%	1,50%
D/13/d13	0,93	1,35	0,19	0,80%	0,80%
D/13/d14	0	0	0	0,00%	0,00%
D/13/d2	0	0	0	0,00%	0,00%
D/18/a1	0,3	0	0,54	1,50%	1,20%
D/18/a2	0,3	0	0,8	2,50%	1,60%
D/18/b	0	0	0	0,00%	0,00%
D/18/b1	0,3	0	0,54	1,50%	1,20%
D/18/b2	0,29	0	0,4	2,70%	1,90%
D/18/b3	0,3	0	0,22	1,50%	1,20%
D/18/b4	1,13	0,85	0,19	0,80%	0,80%
F/01	0	0	0	1,50%	1,20%
F/02	0	0	0	1,50%	1,20%

Note : d'une manière générale, pour les prairies temporaires, la minéralisation de l'azote des résidus de culture, n'a lieu que lors de leur retournement. Dans le calcul des quantités de résidus, on tiendra compte que les prairies temporaires sont retournées en moyenne tous les 5 ans et les prairies artificielles tous les 3,5 ans. Les quantités de résidus produits seront alors divisées respectivement par 5 et 3,5 pour obtenir la fraction donnant lieu à une libération d'azote minéral (et donc de N₂O).

Les calculs précédemment décrits permettent d'aboutir à une quantité d'azote, contenue dans les résidus de cultures, qui va se minéraliser dans l'année. Sur cette quantité, on considèrera que **1% se volatilise sous forme de N-N₂O**.

7.3.3.4 Émissions indirectes de N₂O

Les émissions indirectes de N₂O sont calculées à partir de l'azote lessivé et de l'azote volatilisé sous forme d'ammoniac :

- **1 % de l'azote émis sous forme d'ammoniac** (suite à l'épandage d'engrais minéraux ou à la gestion des effluents organiques) se volatilise sous forme de N-N₂O ;
- **0,75 % de l'azote lessivé** se volatilise sous forme de N-N₂O ;

La différence méthodologique entre NOPOLU-Agri et IPCC 2006 réside dans le calcul de la quantité d'azote lessivée (à laquelle on applique un facteur d'émission de 0,75 %) :

- Pour NOPOLU-Agri, l'azote lessivé est le résultat d'un calcul de solde azoté spatialisé (cf. chapitre précédent)
- Pour IPCC 2006, l'azote lessivé correspond à 30 % de l'azote appliqué au sol.

7.3.4 Emissions de N₂O lors de la fabrication des engrais minéraux

Les émissions de N₂O lors de la fabrication, varient d'un engrais azoté à l'autre. On utilisera les facteurs d'émissions suivants :

- Ammonitrates : 0,01164 t N₂O /tN
- Solutions azotées : 0,00594 t N₂O /tN
- Urée : 0 t N₂O /tN
- Composés NK, NPK : 0,00594 t N₂O /tN

Note : FE sont exprimés en t N₂O et non en t de N- N₂O

On calculera avec ces coefficients un FE moyen à l'échelle régionale en fonction des types d'engrais livrés. Ce FE moyen sera ensuite multiplié par les quantités d'engrais livrées (exprimées en tonnes d'azote) pour obtenir des quantités de N₂O.

Tableau 45. Facteurs d'émissions de N₂O lors de la fabrication des engrais azotés, exprimés à l'échelle régionale en tonnes de N₂O par tonnes d'azote

Code région	Ammonitrates	Solutions	Urée	Autres	Composés NK, NPK	FE N₂O fab. (t N₂O/t N)
R11	32 034	8 145	5 755	950	7 533	0,00877
R21	47 891	174 977	24 610	5 516	13 271	0,00653
R22	71 442	73 671	5 828	2 990	14 320	0,00826
R23	23 872	36 356	1 947	1 786	16 587	0,00761
R24	100 589	85 899	29 956	4 922	35 162	0,00759
R25	39 063	11 806	5 662	3 320	14 755	0,00873
R26	54 995	25 625	2 303	3 277	10 158	0,00925
R31	59 757	9 625	1 144	3 724	12 752	0,01002
R41	35 230	58 982	8 275	2 802	10 861	0,00738
R42	15 584	1 646	9 398	1 850	7 238	0,00716
R43	17 692	935	3 614	1 004	5 912	0,00886
R52	84 392	13 135	10 559	6 169	26 988	0,00915
R53	75 506	2 465	8 036	4 504	21 290	0,00959
R54	78 025	40 432	40 330	3 882	21 505	0,00717
R72	20 554	12 345	50 182	27 078	23 108	0,00574
R73	61 862	3 848	40 743	8 934	20 285	0,00713
R74	9 363	98	627	877	7 576	0,00889
R82	39 077	290	9 479	5 942	11 948	0,00894
R83	27 449	2 047	3 484	2 868	14 501	0,00896
R91	18 062	932	5 232	1 099	6 120	0,00842
R93	10 565	38	3 866	1 431	5 602	0,00805
R94			74		103	0,00346
FR	924 490	586 987	286 011	94 925	313 477	0,00780

7.3.5 N-N₂O vers N₂O

La conversion de N- N₂O en N₂O est donnée par l'équation suivante :

$$N_2O = N - N_2O \cdot \frac{44}{28}$$

7.4 Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂)

7.4.1 Les émissions liées à la consommation de fioul

Les coefficients de consommation moyenne de fioul par ha pour le type de culture sont obtenus par le croisement des données du RICA et la synthèse 2006 des bilans PLANETE.

L'analyse des données du RICA (2005) donne les consommations moyennes par type d'OTEX (cf. tableau suivant) :

Tableau 46. Consommation moyenne annuelle de fioul carburant par type de culture

Catégorie de culture	Consommation moyenne de fioul en l/ha
Cultures annuelles, fourrages annuels	100
Viticulture	190
Arboriculture fruitière	190
Prairies naturelles	65
Prairies temporaires	65

La quantité totale de fioul consommée est obtenue en multipliant les surfaces par les consommations moyennes par hectare.

Les émissions de CO₂ sont au final obtenues en multipliant les litres de fioul consommés par un coefficient de conversion (avec amont-y compris la mise à disposition de l'énergie) : **0,0032 t CO₂ / litre de fioul**.

7.4.2 Les émissions de CO₂ par chaulage des sols

7.4.2.1 Méthode

Le chaulage permet de réduire l'acidité du sol et améliorer la croissance des plantes. Les matières premières utilisables sont (CELAC) : le carbonate de calcium (calcaire) d'origine naturelle CaCO₃, le carbonate de magnésium et/ou de calcium d'origine naturelle CaCO₃, MgCO₃ ou dolomie, les chaux calciques et/ou magnésiennes CaO, MgO chaux vives. Elles résultent de la cuisson des carbonates calciques et/ou magnésiens. Ca(OH)₂, Mg(OH)₂ chaux éteintes. Elles résultent de l'hydratation des chaux vives. Toutes les applications d'amendements minéraux basiques sont prises en compte dans NOPOLU-Agri :

- Amendements cuits : chaux calciques, chaux magnésiennes ;
- Amendements crus : carbonate de calcium, merl, sous-produits industriels, dolomie, calco-magnésiens ;
- Mixtes ;
- Mélange avec des engrais.

L'apport d'amendements minéraux basiques sous différentes formes entraîne des émissions de CO₂ :

- Lors de la fabrication des amendements (consommation d'énergie) ;
- Sous l'effet de la dissolution des chaux carbonatées et libère du bicarbonate (2HCO₃⁻) qui évolue en CO₂ et H₂O.

Les amendements crus sont les produits de chaulage dominant employés en agriculture (près de 80 %) ; et parmi eux, les amendements calcaires sont majoritaires. On utilisera donc par défaut, **les facteurs d'émissions de CO₂ du calcaire** pour les estimations de GES liées au chaulage.

7.4.2.2 Spatialisation

Le CELAC (comité d'étude et de liaison des amendements minéraux basiques) met en ligne :

- La quantité totale d'amendements basiques livrée annuellement et la répartition selon les types d'amendements ;
- La quantité totale livrée par région, exprimée en valeur neutralisante (VN) par hectare fertilisé (par défaut, on prendra la surface fertilisée égale à : SAU-STH).

Note : La valeur neutralisante est une mesure qui permet d'apprécier la capacité potentielle d'un amendement basique à neutraliser un sol. La valeur neutralisante s'exprime par un nombre entier, et est cohérente, pour les produits définis dans la norme NF U 44-001, avec la teneur en CaO qui sert de référence. La déclaration

de la valeur neutralisante est obligatoire pour tous les amendements minéraux basiques et les amendements-engrais.

7.4.2.3 Facteur d'émission

NOPOLU-Agri, prend en compte, les émissions de CO₂ lors de la fabrication du produit et après son application au sol.

D'après IPCC 2006, le facteur d'émission de CO₂ du calcaire (après application) est égal à la part de CO₂ dans le minéral, soit :

$$\bullet \text{CO}_{2_Calcaire-sol} = 44 / 100 = 0,44.$$

Pour le calcul des émissions lors de la fabrication, on utilisera également, par défaut, le facteur d'émission du calcaire :

$$\bullet \text{CO}_{2_Calcaire-fabrication} = 0,1519 \text{ t CO}_2 / \text{ t eq. CaO}$$

Note : Le calcul des émissions de CO₂ après épandage, suppose de connaître les quantités d'amendement brutes et les émissions ; le calcul des émissions de CO₂ lors de la fabrication suppose de connaître la valeur neutralisante. Les données du CELAC permettent de calculer une valeur neutralisante moyenne à l'échelle nationale. Cette VN appliquée aux quantités livrées par région permet de passer d'une quantité exprimée en équivalent CaO à une quantité brute.

Tableau 47. Quantités d'amendements basiques livrées en France en 2005, exprimées en tonnes brutes ou en tonnes équivalent CaO (source : CELAC)

Catégories	Livraison 2005 (t brutes)	VN par défaut	Livraison 2005 (t CaO)
Amendements cuits	245 829	70%	172 080
Amendements crus	2 142 112	50%	1 071 056
Amendements mixtes	204 150	47%	95 951
Amendements engrais	162 621	35%	56 917
Total	2 754 712	51%	1 396 004

Tableau 48. Livraisons d'amendement basique par région en 2010, exprimées en tonnes de valeur neutralisante par hectare fertilisé (source : CELAC) et en tonnes brutes par hectare fertilisé

Code région		Livraison 2010 (t VN /ha)	Livraison 2010 (t brutes /ha)
R11	Île-de-France	0,083	0,164
R21	Champagne-Ardenne	0,04	0,079
R22	Picardie	0,115	0,227
R23	Haute-Normandie	0,098	0,193
R24	Centre	0,039	0,077
R25	Basse-Normandie	0,074	0,146
R26	Bourgogne	0,035	0,069
R31	Nord-Pas-de-Calais	0,123	0,243
R41	Lorraine	0,018	0,036
R42	Alsace	0,012	0,024
R43	Franche-Comté	0,032	0,063
R52	Pays de la Loire	0,065	0,128
R53	Bretagne	0,118	0,233
R54	Poitou-Charentes	0,022	0,043
R72	Aquitaine	0,043	0,085
R73	Midi-Pyrénées	0,039	0,077
R74	Limousin	0,066	0,13
R82	Rhône-Alpes	0,039	0,077
R83	Auvergne	0,039	0,077
R91	Languedoc-Roussillon	0,01	0,02
R93	PACA	0	0
R94	Corse	0,002	0,004

7.4.3 Emissions de CO₂ lors de la fabrication des engrais minéraux

Les émissions de CO₂ lors de la fabrication, varient d'un engrais azoté à l'autre. Par simplification, on utilisera 2 facteurs d'émissions, qui seront appliqués à l'urée et aux autres engrais azotés :

- Ammonitrates : 2,5636 t CO₂/t N
- Solutions azotées : 2,5636 t CO₂/t N
- Urée : 3,634 t CO₂/t N
- Composés NK, NPK : 2,5636 t CO₂/t N

On calculera avec ces coefficients un FE moyen à l'échelle régionale en fonction des types d'engrais livrés. Ce FE moyen sera ensuite multiplié par les quantités d'engrais livrées (exprimées en tonnes d'azote) pour obtenir des quantités de CO₂.

Tableau 49. Facteurs d'émissions de CO₂ lors de la fabrication des engrais azotés, exprimés à l'échelle régionale en tonnes de CO₂ par tonnes de d'azote livré

Code région	Ammonitrates	Solutions	Urée	Autres	Composés NK, NPK	FE CO₂ fab. (t CO₂/t N)
R11	32 034	8 145	5 755	950	7 533	2,888
R21	47 891	174 977	24 610	5 516	13 271	3,180
R22	71 442	73 671	5 828	2 990	14 320	2,983
R23	23 872	36 356	1 947	1 786	16 587	3,071
R24	100 589	85 899	29 956	4 922	35 162	3,034
R25	39 063	11 806	5 662	3 320	14 755	2,905
R26	54 995	25 625	2 303	3 277	10 158	2,861
R31	59 757	9 625	1 144	3 724	12 752	2,766
R41	35 230	58 982	8 275	2 802	10 861	3,080
R42	15 584	1 646	9 398	1 850	7 238	3,027
R43	17 692	935	3 614	1 004	5 912	2,868
R52	84 392	13 135	10 559	6 169	26 988	2,852
R53	75 506	2 465	8 036	4 504	21 290	2,796
R54	78 025	40 432	40 330	3 882	21 505	3,044
R72	20 554	12 345	50 182	27 078	23 108	3,161
R73	61 862	3 848	40 743	8 934	20 285	3,015
R74	9 363	98	627	877	7 576	2,903
R82	39 077	290	9 479	5 942	11 948	2,850
R83	27 449	2 047	3 484	2 868	14 501	2,878
R91	18 062	932	5 232	1 099	6 120	2,906
R93	10 565	38	3 866	1 431	5 602	2,948
R94			74		103	3,437
FR	924 490	586 987	286 011	94 925	313 477	3,001

7.4.4 Emissions de CO₂ dans les bâtiments d'élevage

Dans les bâtiments d'élevage, les émissions de CO₂ sont liées aux consommations d'énergies :

- Fioul ;
- Electricité (utilisation spécifique) ;
- Chauffage (à partir de fioul, d'électricité, ou de propane).

Les consommations de fioul dans les bâtiments sont calculées pour les bovins à raison de :

- 0,12 litre par jour et par place** (catégorie vaches laitières)
- 0,08 litre par jour et par place** (catégorie vaches allaitantes).

Les consommations d'électricité dans les bâtiments sont calculées pour les bovins à raison de :

- 442 kWh par place et par an pour les vaches laitières ;**
- 93 kWh par place et par an pour les vaches allaitantes.**

Les consommations d'énergie pour le chauffage sont calculées pour les granivores. Elles sont exprimées en kWh par place et réparties entre différentes énergies : fioul, électricité et propane (cf. tableau ci-dessous) :

Tableau 50. Consommations d'énergie pour le chauffage et répartition par type d'énergie
(Source : Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments d'élevage, ADEME 2006/instituts techniques, 2007)

	Energie pour le chauffage des bâtiments d'élevage (kWh/place/an)	Répartition des consommations pour le chauffage (%)		
		Fioul	électricité	Propane
Truies	403	30%	70%	0%
Porcs charcutiers	25	14,0%	86,0%	
Volailles	3,15	7,4%	13,3%	79,3%

Les consommations d'énergies sont calculées en multipliant les coefficients ci-dessus par les effectifs présents.

Les émissions de CO₂, sont ensuite calculées en utilisant les facteurs d'émissions présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 51. Facteurs d'émissions de CO₂ des principales énergies utilisées dans les bâtiments d'élevage

Energies	Unité	Emissions de CO ₂ (t CO ₂ /U)
Fioul carburant	litre	0,0029
Electricité - Mix France	kWh	8,7E-05
Propane	kg	0,0032

Note : la conversion des kWh de propane ou de fioul en kg ou litres, s'effectue avec les coefficients ci-dessous

Propane	12,8	kWh/kg
Fioul	9,8	kWh/l

Dans NOPOLU-Agri, on utilisera des données synthétiques qui tiennent compte de toutes les énergies et de toutes les utilisations de l'énergie dans les bâtiments d'élevage. Le tableau ci-dessous présente les données utilisées dans NOPOLU-Agri pour calculer les émissions de CO₂ dans les bâtiments d'élevage.

Tableau 52. Facteurs d'émissions de CO₂ liés à la consommation d'énergie dans les bâtiments d'élevage

	Emissions de CO₂ (t CO₂/place/an)
Vaches laitières	0,165
Vaches nourrices	0,093
Truies	0,06
Porcs charcutiers	0,003
Volailles	0,0007

7.5 Pouvoir de Réchauffement Global - PRG

Le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de toutes les substances contribuant à l'accroissement de l'effet de serre.

Cet indicateur est exprimé en "équivalent CO₂" du fait que, par définition, l'effet de serre attribué au CO₂ est fixé à 1 et celui des autres substances relativement au CO₂.

L'indicateur est calculé sur la base d'un horizon fixé à 100 ans afin de tenir compte de la durée de séjour des différentes substances dans l'atmosphère.

Les PRG de ces différents gaz tels que définis par le GIEC sont ceux de 1995 :

- CO₂ = 1
- CH₄ = 25
- N₂O = 298

7.6 Les émissions de GES non prises en compte

Les postes d'émissions de GES (directes ou indirectes) non pris en compte dans NOPOLU-Agri sont :

- Les émissions liées aux consommations directes d'énergie sur les exploitations :
 - séchage et conservation ;
 - chauffage des serres ;
- Les émissions liées aux consommations indirectes d'énergie sur les exploitations :
 - alimentation du bétail importée (ex. : tourteaux de soja) ;
 - fabrication du matériel, des produits phytosanitaires, des bâtiments ;
- Les émissions (ou le stockage/déstockage) de CO₂ :
 - lors du changement d'usage des sols ;
 - lors de la mise en place de nouvelles pratiques agricoles (interculture, technique culturale sans labour) ;
 - lors de l'utilisation énergétique des résidus de cultures ;
- Les émissions lors du traitement des effluents d'élevage (compostage, dénitrification, méthanisation).

8. Résultats

8.1 Azote

8.1.1 Cheptel

8.1.1.1 Répartition de l'azote excrété

Le rejet brut d'azote par l'ensemble du cheptel est de 1,7 millions de tonnes d'azote dont près de 80 % proviennent du cheptel bovin, et près de 55 % sont excrétées lors du pâturage des animaux. Près de 65 % de l'azote dans les bâtiments d'élevage se retrouve sous la forme de fumier.

Tableau 53. Répartition des quantités d'azote excrétées par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage en fonction des SGDA, exprimée en tonnes d'azote par an

Cheptel	Rejet N (t/an)	Rejet N (% total)	Rejet pâture (tN/an)	Rejet bâtiment (tN/an)	Lisier (tN/an)	Fumier Litière (tN/an)	Fumier autre (tN/an)	Fiente (tN/an)
Equins	26 468	2%	20 177	6 201	-	6 201	-	-
Bovins	1 325 760	77%	863 133	448 921	30 554	386 518	31 849	-
Ovins	91 706	5%	59 095	32 351	-	32 351	-	-
Caprins	15 662	1%	2 692	12 958	-	12 958	-	-
Porcins	143 478	8%	-	143 567	131 431	10 515	1 621	-
Volailles	127 149	7%	-	141 127	41 259	55 536	29 667	14 665
Total	1 730 000	100%	945 000	786 000	203 000	504 000	63 000	15 000

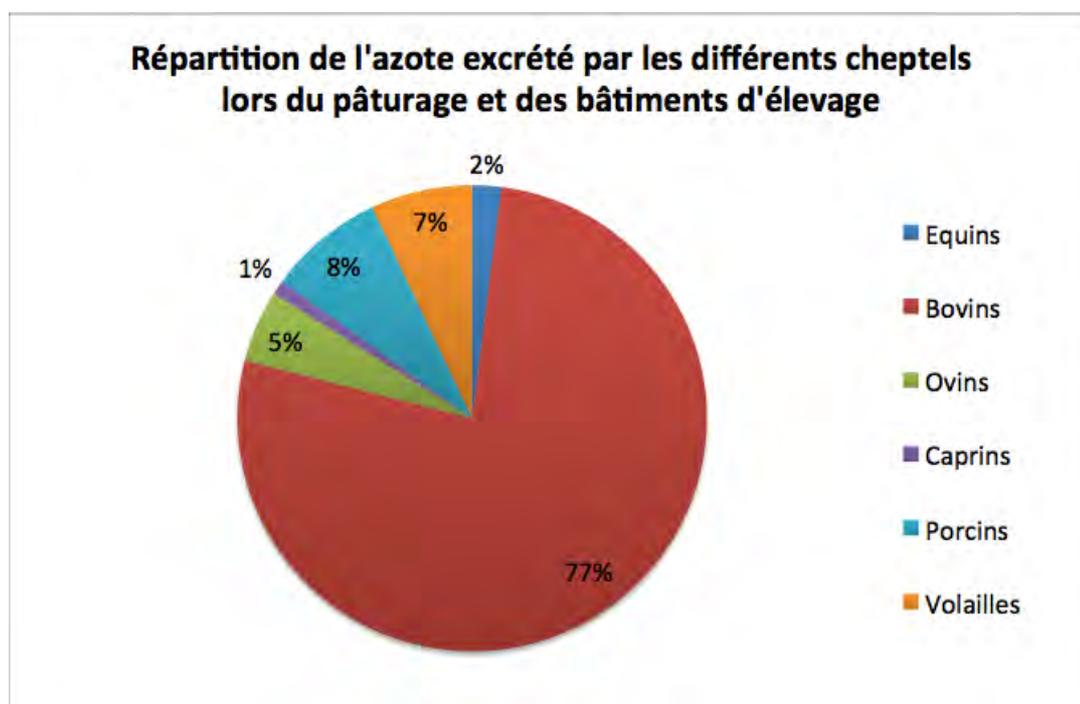


Figure 17 : Répartition de l'azote excrété par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage en fonction des SGDA, exprimée en tonnes par an

Tableau 54. Répartition des quantités d'azote excrétées par les différents cheptels (détail) lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage en fonction des SGDA, exprimée en tonnes d'azote par an

Cheptel	Rejet N (t/an)	Rejet N (% total)	Rejet pâture (tN/an)	Rejet bâtiment (tN/an)	Lisier (tN/an)	Fumier Litière (tN/an)	Fumier autre (tN/an)	Fiente (tN/an)
J/01	26 468	2%	20 177	6 201	-	6 201	-	-
Equins	26 468	2%	20 177	6 201	-	6 201	-	-
J/02/a	23 897	1%	9 744	13 997	543	12 861	594	-
J/02/b	53 284	3%	26 555	26 309	1 002	24 125	1 183	-
J/02/c	5 338	0%	-	5 332	3 066	1 754	512	-
J/03	66 898	4%	46 090	20 076	564	18 740	772	-
J/04	130 776	8%	88 192	41 186	1 552	37 780	1 854	-
J/05	41 586	2%	26 536	14 627	468	13 660	498	-
J/06	133 061	8%	84 646	47 060	1 762	43 657	1 641	-
J/07	442 397	26%	239 063	199 545	17 005	162 381	20 158	-
J/08	428 521	25%	342 308	80 789	4 593	71 560	4 637	-
Bovins	1 325 760	77%	863 133	448 921	30 554	386 518	31 849	-
J/09/a	75 551	4%	54 310	21 002	-	21 002	-	-
J/09/b	9 482	1%	-	9 482	-	9 482	-	-
J/09/c	6 672	0%	4 785	1 867	-	1 867	-	-
Ovins	91 706	5%	59 095	32 351	-	32 351	-	-
J/10/a	11 606	1%	2 455	9 140	-	9 140	-	-
J/10/b	2 547	0%	-	2 547	-	2 547	-	-
J/10/c	1 509	0%	237	1 271	-	1 271	-	-
Caprins	15 662	1%	2 692	12 958	-	12 958	-	-
J/11	14 933	1%	-	14 938	13 868	1 001	69	-
J/12	23 423	1%	-	23 442	20 784	2 267	391	-
J/13	105 122	6%	-	105 187	96 778	7 248	1 161	-
Porcins	143 478	8%	-	143 567	131 431	10 515	1 621	-
J/14/1	28 483	2%	-	28 483	-	28 483	-	-
J/14/2	15 381	1%	-	15 381	-	15 381	-	-
J/15/a	27 974	2%	-	41 952	-	-	27 974	13 978
J/15/b	3 386	0%	-	3 386	-	1 693	1 693	-
J/16/a11	11 033	1%	-	11 033	11 033	-	-	-
J/16/a12	18	0%	-	18	18	-	-	-
J/16/a21	9 653	1%	-	9 653	9 653	-	-	-
J/16/a22	17 187	1%	-	17 187	17 187	-	-	-
J/16/b1	5 568	0%	-	5 568	-	5 568	-	-
J/16/b2	1 599	0%	-	1 599	-	1 599	-	-
J/16/c1	426	0%	-	426	-	426	-	-
J/16/d1	687	0%	-	687	-	-	-	687
J/16/e1	828	0%	-	828	-	828	-	-
J/16/e2	1 558	0%	-	1 558	-	1 558	-	-
J/17	3 369	0%	-	3 369	3 369	-	-	-
Volailles	127 149	7%	-	141 127	41 259	55 536	29 667	14 665
Total	1 730 000	100%	945 000	786 000	203 000	504 000	63 000	15 000

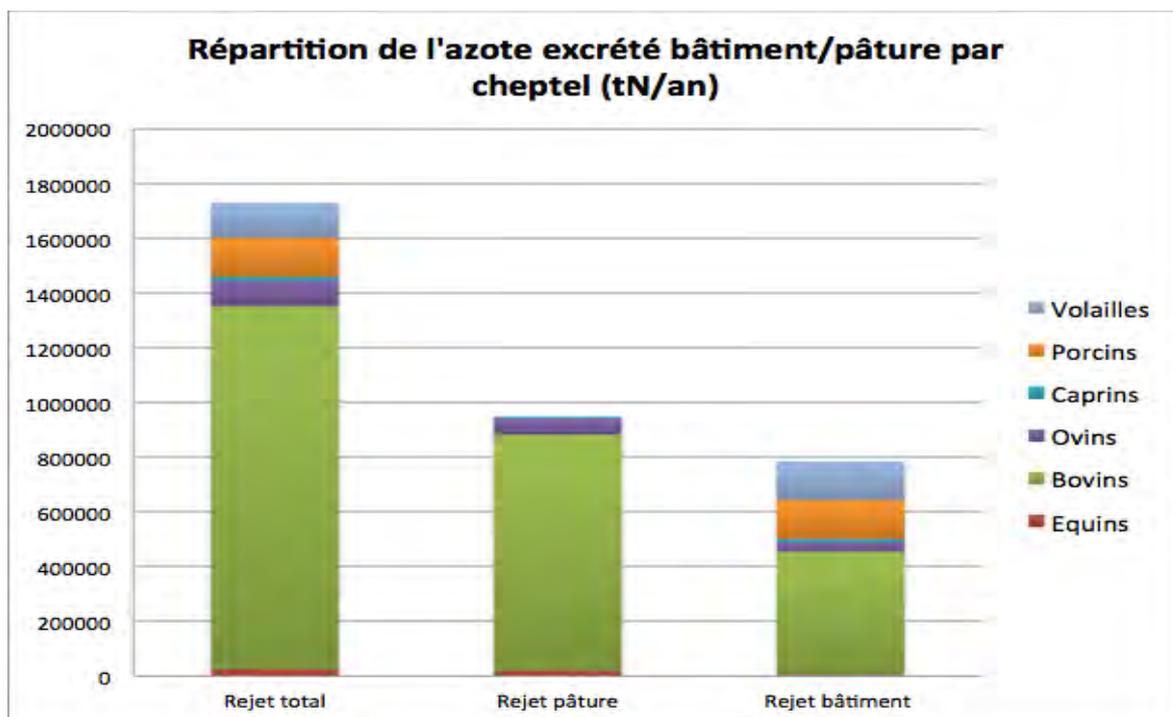


Figure 18 : Répartition de l'azote excréte par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage, exprimée en tonnes par an

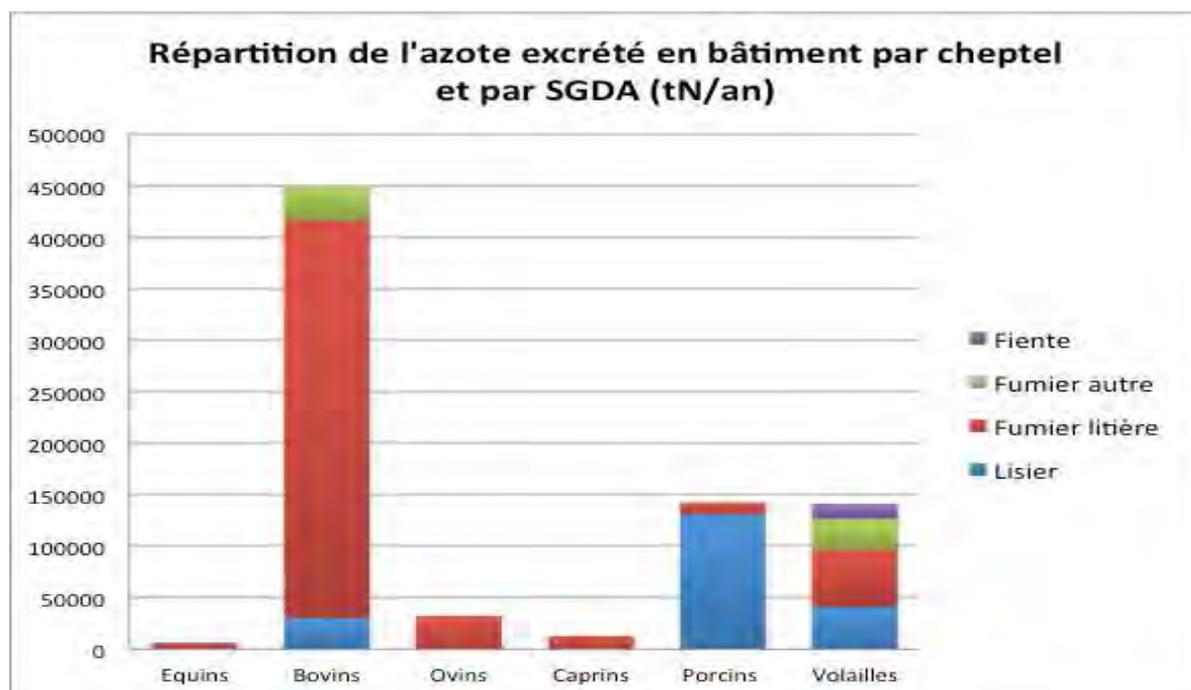


Figure 19 : Répartition des quantités d'azote excrétées par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage (en fonction des SGDA), exprimée en tonnes par an

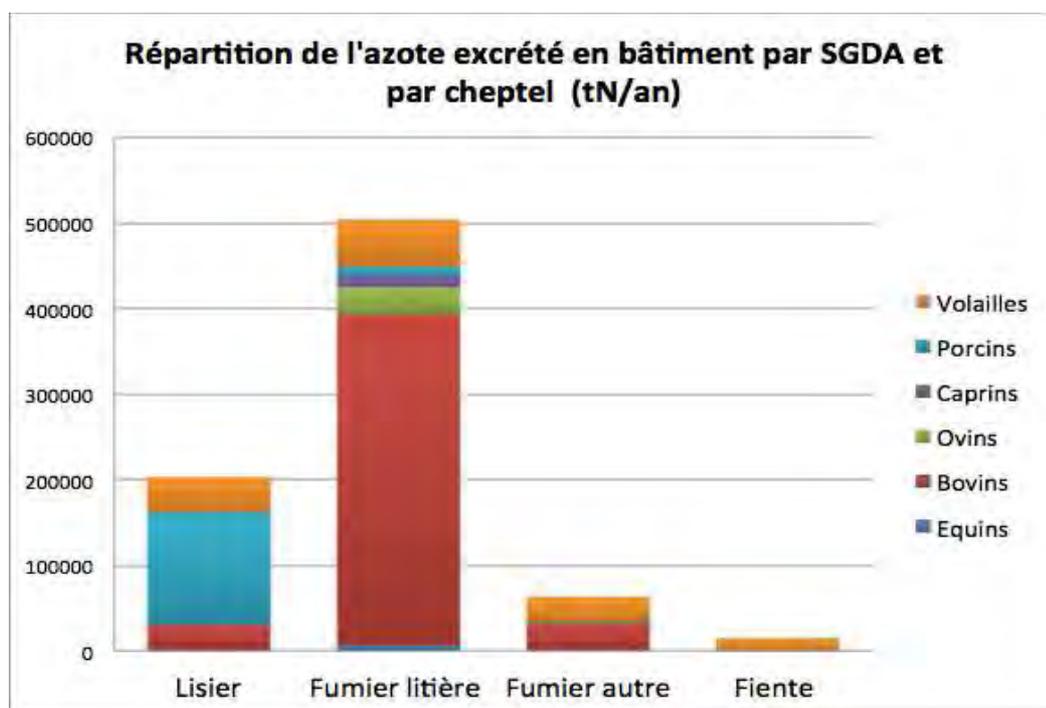


Figure 20 : Répartition des quantités l'azote excrétées par SGDA et par les différents cheptels dans les bâtiments d'élevage, exprimée en tonnes par an

8.1.1.2 Quantification des pertes sous forme gazeuses de l'azote organique du cheptel (N₂, N₂O, NH₃)

Près de **450 000** tonnes d'azote se volatilisent dont plus de 90 % sous forme d'ammoniac (dont 50 % en bâtiment d'élevage).

Tableau 55. Pertes gazeuses totales provenant de l'azote organique du cheptel (N-N₂, N-N₂O, NH₃), exprimées par catégorie de SGDA (en tonnes par an)

Volatilisation	Poste	Quantités (tN/an)
N-N ₂	Bâtiment élevage	3 520
	Epandage	-
	Pâturage	-
	Stockage	-
	sous-total	3 520
N- N ₂ O	Bâtiment élevage	5 567
	Epandage	5 233
	Pâturage	18 360
	Stockage	-
	sous-total	29 160
N-NH ₃	Bâtiment élevage	213 333
	Epandage	65 308
	Pâturage	95 914
	Stockage	39 421
	sous-total	413 975
Total		447 000

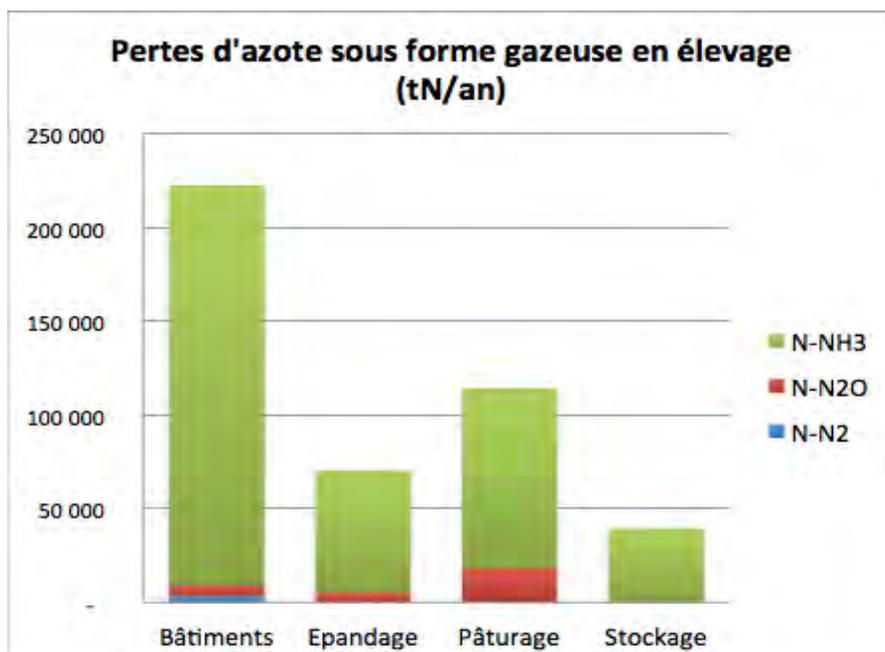


Figure 21 : Pertes gazeuses totales provenant de l'azote organique du cheptel (N-N₂, N-N₂O, NH₃), exprimées par catégorie de SGDA (en tonnes par an)

8.1.1.3 L'azote « racine »

Déduction faite des pertes sous forme gazeuses, 75 % de l'azote excrété est disponible pour la nutrition azotée des plantes.

Tableau 56. Quantification de l'azote « racine » (N_{racine} = N excrété – N_{volatilisé}) par cheptel, exprimée en tonnes par an.

Cheptel	N excrété	N volatilisé	N racine	N racine
Equins	26 468	4 551	21 918	83%
Bovins	1 325 760	276 246	1 049 514	79%
Ovins	91 706	18 637	73 068	80%
Caprins	15 662	5 148	10 514	67%
Porcins	143 478	65 141	78 337	55%
Volailles	127 149	76 926	50 223	39%
Total	1 730 000	447 000	1 283 000	74%

8.1.1.4 Les émissions de méthane

Les émissions de méthane s'élèvent à 46 millions de tonnes équivalent CO₂. La fermentation entérique (essentiellement issue du cheptel bovin) représente plus de 70 % des émissions totales de méthane.

Tableau 57. Quantification des émissions de méthane exprimées en tonnes d'équivalent CO₂ par an.

Postes	Méthane (kteq. CO ₂ /an)
Bâtiment élevage	11 741
Pâturage	494
Fermentation entérique	33 782
Riziculture	111
Total	46 128

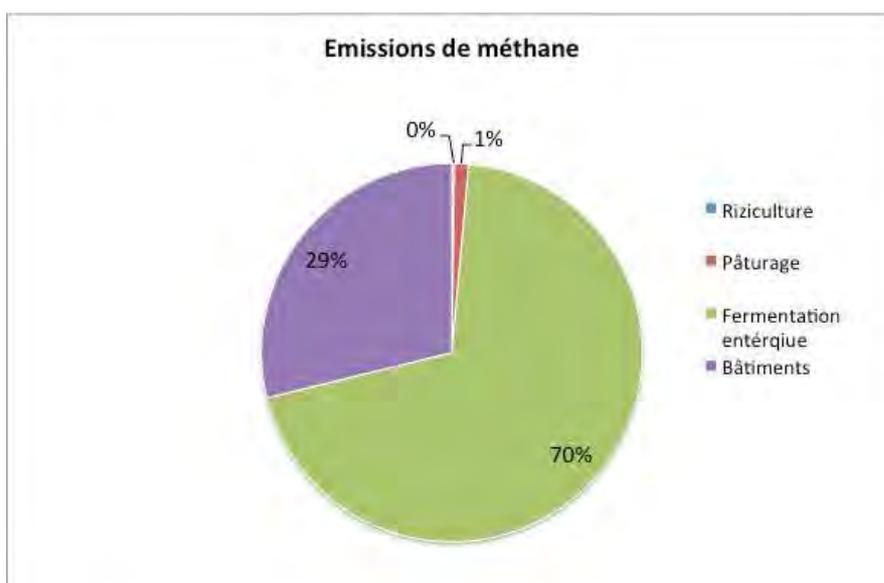


Figure 22 : Répartition des émissions de méthane exprimées en pourcentage

8.1.2 Les cultures

8.1.2.1 L'azote minéral, organique, la fixation symbiotique et l'exportation

Hors fixation symbiotique et déposition atmosphérique, les apports d'azote (organique et minéral) sur les cultures s'élèvent à près de 3,2 millions de tonnes par an (soit 124 unités par hectare). Les exportations représentent 3,3 millions de tonnes par an (soit 116 unités par hectare).

Tableau 58. Les quantités d'azote minéral, organique, symbiotique et exportés par catégorie de culture, exprimées en tonnes par an et en kilogrammes par hectare

Code culture	Surface (k ha)	Fertilisation organique (t N/an)	Fertilisation minérale net (t N/an)	Fertilisation minérale + organique (t N/an)	Fixation symbiotique (t/an)	Pression (kg N/ha)	Exportation (t N/an)	Exportation (kg N/ha)
D/01	4 887	36 432	698 518	734 950	-	150	672 784	138
D/01/a	378	9 011	32 627	41 638	-	110	38 538	102
D/02	498	815	78 381	79 196	-	159	52 553	106
D/03	24	47	2 546	2 592	-	107	1 746	72
D/04	1 569	12 054	182 027	194 081	-	124	150 186	96
D/05	77	186	7 150	7 336	-	96	6 660	87
D/06/a	974	31 369	108 990	140 359	-	144	107 505	110
D/06/b	633	10 041	105 571	115 613	-	182	92 322	146
D/07	19	47	2 006	2 052	-	111	1 374	74
D/08	64	152	4 732	4 884	-	76	4 415	69
D/08/a	42	78	4 662	4 740	-	113	4 628	111
D/09/a	151	-	-	-	11 939	79	17 056	113
D/09/b	15	-	-	-	667	44	954	62
D/10	150	3 426	19 854	23 280	-	155	22 271	148
D/11	380	6 596	37 215	43 811	-	115	98 300	258
D/12	9	-	744	744	-	82	740	82
D/13/a	46	-	4 538	4 538	-	98	4 589	99
D/13/b	22	-	757	757	-	34	759	34
D/13/d11	1 456	23 450	216 289	239 739	-	165	167 646	115
D/13/d12	685	5 042	25 071	30 113	-	44	30 747	45
D/13/d13	35	-	-	-	3 167	90	4 524	129
D/13/d14	45	-	3 057	3 057	-	68	3 064	69
D/13/d2	60	-	3 858	3 858	-	65	3 889	65
D/13/d3	5	-	141	141	-	27	143	27
D/13/e	1	-	45	45	-	90	46	91
D/14/a	196	-	17 954	17 954	-	92	17 967	92
D/14/b	189	-	-	-	-	-	-	-
D/15	7	-	-	-	-	-	-	-
D/16	4	-	-	-	-	-	-	-
D/17	1	-	-	-	-	-	-	-
D/18/a1	532	73 293	22 276	95 569	-	180	79 761	150
D/18/a2	2 657	330 178	98 113	428 290	136 002	212	484 892	183
D/18/b1	22	1 226	761	1 987	-	91	2 294	105
D/18/b2	280	-	-	-	62 920	225	89 885	321
D/18/b3	1 379	105 548	78 400	183 948	-	133	198 713	144
D/18/b4	232	663	181	844	23 729	106	33 898	146
D/21	621	-	-	-	-	-	-	-
F/01	6 309	592 407	115 178	707 586	128 039	132	847 339	134
F/02	2 015	41 200	-	41 200	9 807	25	64 902	32
G/01/a	58	-	3 329	3 329	-	57	569	10
G/01/a1	2	-	-	-	-0	-0	-0	-0
G/01/a2	50	-	-	-	-0	-0	-0	-0
G/01/a3	5	-	-	-	-0	-0	-0	-0
G/01/a4	5	-	-	-	-0	-0	-0	-0
G/01/b	2	-	-	-	-	-	-	-
G/01/c	32	-	2 076	2 076	-	66	30	1
G/03	17	-	-	-	-	-	-	-
G/04/a	669	-	10 334	10 334	-	15	2 446	4
G/04/b	104	-	-	-	-	-	-	-
G/04/c	6	-	166	166	-	29	24	4
G/05	15	-	-	-	-	-	-	-
G/06/a	23	-	-	-	-	-	-	-
G/06/b	881	-	-	-	-	-	-	-
Total	28 540	1 283 000	1 888 000	3 171 000	376 270	124	3 310 156	116

8.1.2.2 Les pertes d'azote sous forme gazeuses

Les pertes d'azote sous forme gazeuses sur les parcelles s'élèvent à 155 000 tonnes par an, dont les 2/3 sous forme d'ammoniac.

Tableau 59. Les pertes d'azote sous formes gazeuses (N-N₂O, N-NH₃), exprimées en tonnes d'azote par an

Poste	Pertes d'azote (tN- N ₂ O/an et tN- NH ₃ /an)
N- N ₂ O	
engrais synthétique application	20 100
engrais synthétique fabrication	12 094
lessivage surplus Azote	5 348
résidus culture racines & chaumes	6 784
résidus culture surface	8 184
Sous-total	52 511
N-NH ₃	
engrais synthétique application	102 318
Sous-total	102 318
Total	155 000

8.1.3 Les surplus d'azote

8.1.3.1 Surplus global : 902 000 tonnes d'azote

Pour la campagne 2010/2011 le surplus d'azote pour la France métropolitaine s'élève à **902 000 tonnes, soit 32 kg N/ha SAU**. La figure ci-dessous présente les chiffres clés du solde « azote » pour la campagne 2010/2011.

Les flux d'azote en milliers de tonnes:

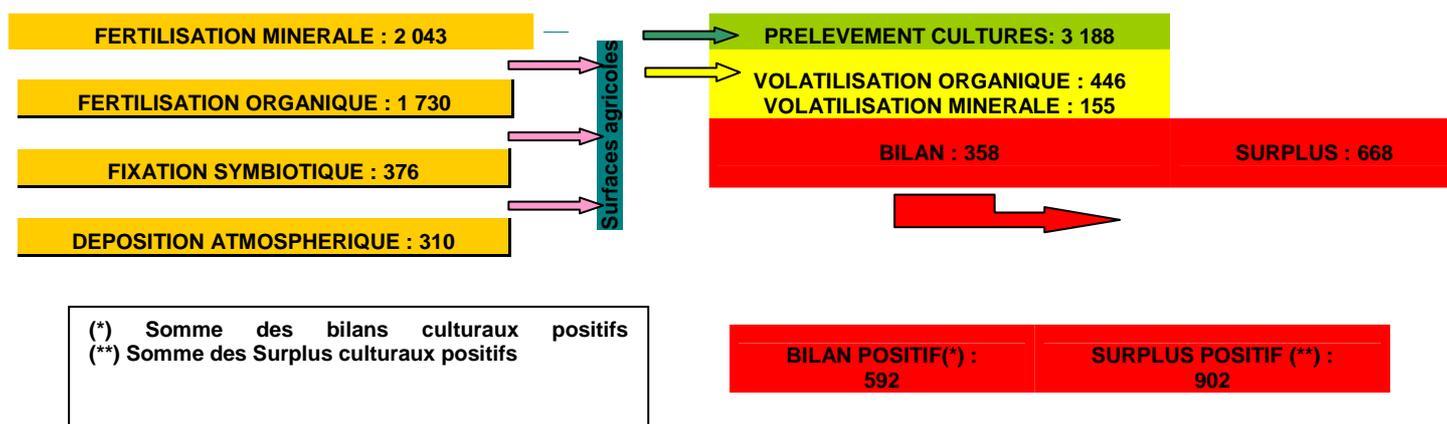


Figure 23 : Les chiffres clés du calcul du bilan et du surplus d'azote, exprimés en milliers de tonnes

8.1.3.2 Surplus par région

Le graphique et le tableau ci-dessous présente les résultats de bilans et de surplus d'azote par région administrative.

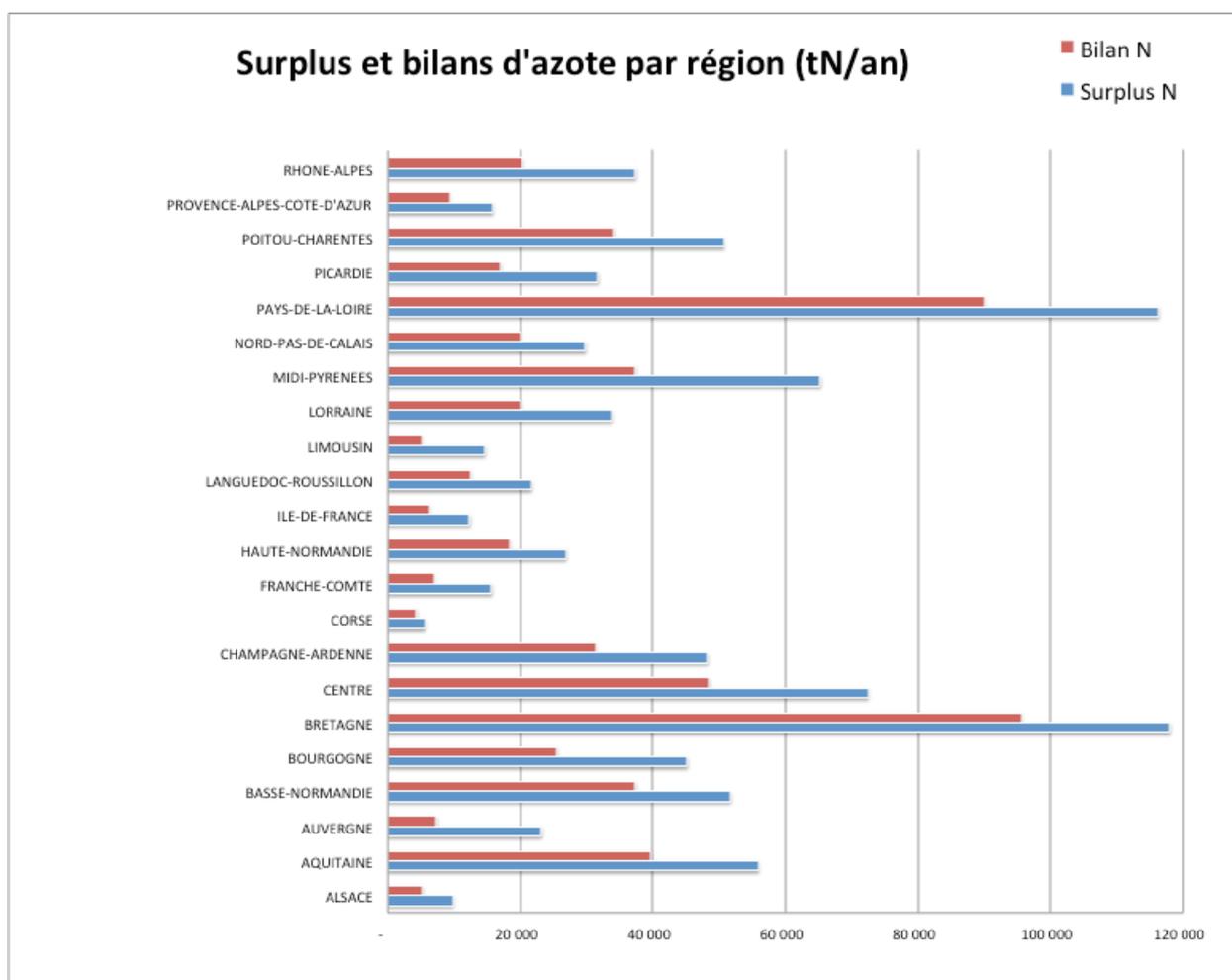


Figure 24 : Répartition du surplus d'azote par région administrative, exprimé en tonne par an

Tableau 60. Répartition de principaux postes du calcul du surplus d'azote par région administrative, exprimée en tonnes d'azote

	Surface (kha)	N minéral (tN/an)	Fixation symbiotique (tN/an)	N organique (tN/ha)	N pâturage (tN/ha)	Exportation (tN/an)
ALSACE	339	35 788	3 077	4 736	4 608	47 923
AQUITAINE	1 648	103 142	15 169	20 582	38 600	139 879
AUVERGNE	1 500	47 772	31 383	24 720	69 443	186 371
BASSE-NORMANDIE	1 216	75 328	17 708	27 840	72 607	162 462
BOURGOGNE	1 764	124 587	28 568	17 063	56 298	233 812
BRETAGNE	1 706	98 310	24 139	96 627	92 160	224 043
CENTRE	2 360	254 353	17 199	12 023	27 866	261 146
CHAMPAGNE- ARDENNE	1 535	176 113	30 046	11 304	21 862	223 067
CORSE	177	780	1 459	470	6 174	5 963
FRANCHE-COMTE	669	36 376	13 570	11 486	23 186	96 175
HAUTE-NORMANDIE	773	87 789	8 157	11 262	24 514	113 980
ILE-DE-FRANCE	562	73 395	4 799	722	1 021	78 314
LANGUEDOC- ROUSSILLON	1 050	21 702	5 734	4 041	11 406	35 100
LIMOUSIN	898	19 848	21 171	11 946	58 639	115 843
LORRAINE	1 136	104 941	15 657	17 926	33 780	165 730
MIDI-PYRENEES	2 701	140 866	38 505	29 185	65 378	261 016
NORD-PAS-DE- CALAIS	834	97 074	6 732	17 794	23 233	130 905
PAYS-DE-LA-LOIRE	2 116	131 339	26 477	61 489	106 921	239 022
PICARDIE	1 337	164 339	13 155	11 598	18 307	205 897
POITOU- CHARENTES	1 754	136 008	16 636	20 706	34 864	172 122
PROVENCE-ALPES- COTE-D'AZUR	879	16 550	9 069	3 442	8 308	37 436
RHONE-ALPES	1 586	63 565	27 860	21 676	45 449	173 951
Total	28 540	2 010 000*	376 000	439 000	845 000	3 310 000

* valeur brute avant abattement (volatilisation N-NH₃)

Tableau 61. Répartition des bilans et surplus d'azote par région administrative, exprimée en tonnes d'azote et en densité (kg/ha SAU)

	Surface (kha)	Surplus (tN/an)	Surplus positif (%)	Surplus (kgN/ha SAU)	Bilan Positif (tN/an)	Bilan (kgN/ha SAU)
ALSACE	339	9 858	1%	29	5 188	15
AQUITAINE	1 648	55 933	6%	34	39 703	24
AUVERGNE	1 500	23 220	3%	15	7 380	5
BASSE-NORMANDIE	1 216	51 737	6%	43	37 365	31
BOURGOGNE	1 764	45 168	5%	26	25 562	14
BRETAGNE	1 706	117 999	13%	69	95 650	56
CENTRE	2 360	72 491	8%	31	48 509	21
CHAMPAGNE-ARDENNE	1 535	48 228	5%	31	31 336	20
CORSE	177	5 606	1%	32	4 309	24
FRANCHE-COMTE	669	15 654	2%	23	6 966	10
HAUTE-NORMANDIE	773	26 899	3%	35	18 364	24
ILE-DE-FRANCE	562	12 382	1%	22	6 289	11
LANGUEDOC-ROUSSILLON	1 048	21 678	2%	21	12 459	12
LIMOUSIN	898	14 639	2%	16	5 073	6
LORRAINE	1 136	33 738	4%	30	20 072	18
MIDI-PYRENEES	2 701	65 309	7%	24	37 392	14
NORD-PAS-DE-CALAIS	834	29 827	3%	36	20 009	24
PAYS-DE-LA-LOIRE	2 116	116 307	13%	55	89 966	43
PICARDIE	1 337	31 723	4%	24	16 997	13
POITOU-CHARENTES	1 754	50 709	6%	29	34 131	19
PACA	879	15 795	2%	18	9 313	11
RHONE-ALPES	1 586	37 414	4%	24	20 283	13
France	28 536	902 000	100%	32	592 000	21

8.1.3.3 Surplus et bilan par culture

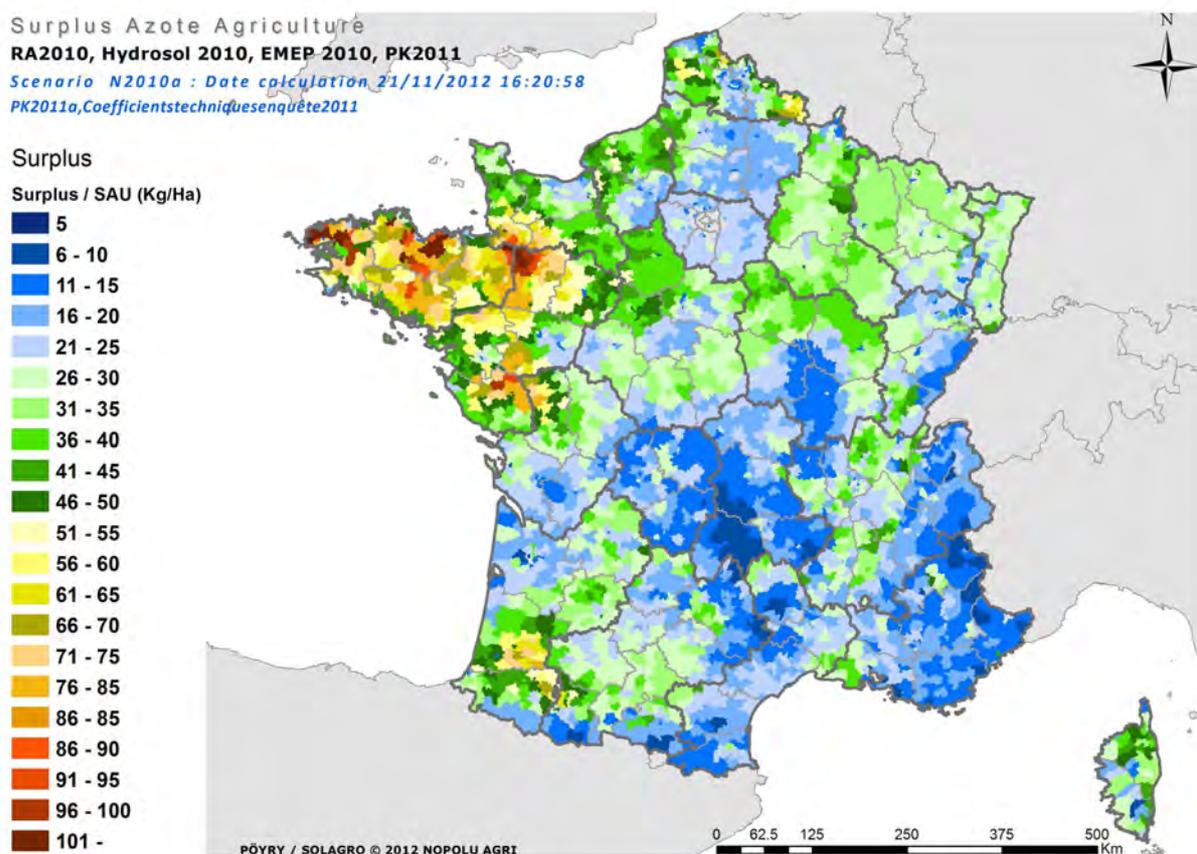
Le graphique et le tableau ci-dessous présentent les résultats de bilans et de surplus d'azote par culture.

Tableau 62. Bilan et surplus d'azote des principales cultures annuelles, exprimés en tonnes d'azote et en densité (kg/ha SAU)

	Surface (kha)	Surplus (tN/an)	Surplus (kgN/ha)	Densité (tN/an)	Densité (kgN/ha)
D/01	4 887	118 589	24	64 361	13
D/01/a	378	8 519	23	4 214	11
D/02	498	31 568	63	26 643	54
D/03	24	1 102	46	846	35
D/04	1 569	60 944	39	43 895	28
D/05	77	1 534	20	676	9
D/06/a	974	45 085	46	33 720	35
D/06/b	633	30 535	48	23 877	38
D/07	19	839	45	678	37
D/08	64	1 190	18	469	7
D/08/a	42	544	13	112	3
D/09/a	151	1 670	11	-	-
D/09/b	15	151	10	-	-
D/10	150	3 776	25	2 116	14
D/11	380	4 179	11	10	0
D/12	9	109	12	6	1
D/13/a	46	508	11	12	0
D/13/b	22	240	11	3	0
D/13/d11	1 456	87 985	60	72 156	50
D/13/d12	685	8 879	13	1 927	3
D/13/d13	35	317	9	-	-
D/13/d14	45	503	11	19	0
D/13/d2	60	662	11	7	0
D/13/d3	5	58	11	0	0
D/13/e	1	7	14	0	0
D/14/a	196	2 192	11	123	1
D/14/b	189	1 996	11	-	-
D/15	7	63	10	-	-
D/16	4	40	10	-	-
D/17	1	14	10	-	-
D/18/a1	532	29 976	56	23 867	45
D/18/a2	2 657	142 296	54	112 004	42
D/18/b1	22	380	17	158	7
D/18/b2	280	2 857	10	-	-
D/18/b3	1 379	31 742	23	15 063	11
D/18/b4	232	2 486	11	-	-
D/21	621	6 448	10	-	-
F/01	6 309	223 491	35	152 538	24
F/02	2 015	17 861	9	-	-
G/01/a	58	3 296	57	2 760	48

G/01/a1	2	20	11	-	-
G/01/a2	50	520	10	-	-
G/01/a3	5	50	9	-	-
G/01/a4	5	44	10	-	-
G/01/b	2	15	8	-	-
G/01/c	32	2 362	75	2 046	65
G/03	17	147	9	-	-
G/04/a	669	14 180	21	7 888	12
G/04/b	104	898	9	-	-
G/04/c	6	192	33	143	25
G/05	15	153	10	-	-
G/06/a	23	252	11	-	-
G/06/b	881	8 901	10	-	-
Total	28 540	902 000	32	592 000	21

8.1.4 Carte : Surplus d'azote exprimés en densité par hectare de SAU



8.2 Les émissions de GES

Les émissions de GES s'élèvent à 104 millions de tonnes par an, dont 44% sous forme de méthane, 39% sous forme de N₂O et 17% sous forme de CO₂. Les graphiques et les tableaux ci-après, présentent les résultats par poste d'émission, par type de GES et par région administrative.

Tableau 63. Répartition des émissions de GES par poste, exprimée en tonnes brutes et en tonnes équivalent CO₂

Postes	Type de GES	Quantités (téq. CO ₂)	Quantités (%)
Bâtiment d'élevage	CO ₂	1 419 321	1%
Bâtiment d'élevage	CH ₄	11 741 289	11%
Bâtiment d'élevage	N ₂ O	2 607 063	3%
Calcaire-Dolomie / Application	CO ₂	896 661	1%
Calcaire-Dolomie / Fabrication	CO ₂	157 871	0%
Riziculture	CH ₄	111 184	0%
Epandage azote minéral.	N ₂ O	9 412 380	9%
Fabrication azote minéral / N ₂ O	N ₂ O	5 663 429	5%
Fabrication azote minéral / CO ₂	CO ₂	7 566 518	7%
Epandage azote organique	N ₂ O	2 450 468	2%
Fermentation entérique	CH ₄	33 781 929	32%
Emission N ₂ O / N-NH ₃	N ₂ O	2 417 728	2%
Emission N ₂ O / Lessivage	N ₂ O	2 504 476	2%
Pâturage	CH ₄	493 842	0%
Pâturage	N ₂ O	8 597 492	8%
Résidus cultures / Racines	N ₂ O	3 177 002	3%
Résidus cultures / Surface	N ₂ O	3 832 676	4%
Tracteurs - automoteurs	CO ₂	7 067 736	7%
Irrigation	CO ₂	106 208	0%
Total	Eq. CO₂	104 005 276	

Tableau 64. Répartition des émissions par type de GES, exprimées en tonnes brutes et en tonnes équivalent CO₂

Type de GES	Quantités (téq.CO ₂)	Quantités (%)
CO ₂	17 214 316	17%
CH ₄	46 128 245	44%
N ₂ O	40 662 715	39%
Total	104 005 276	

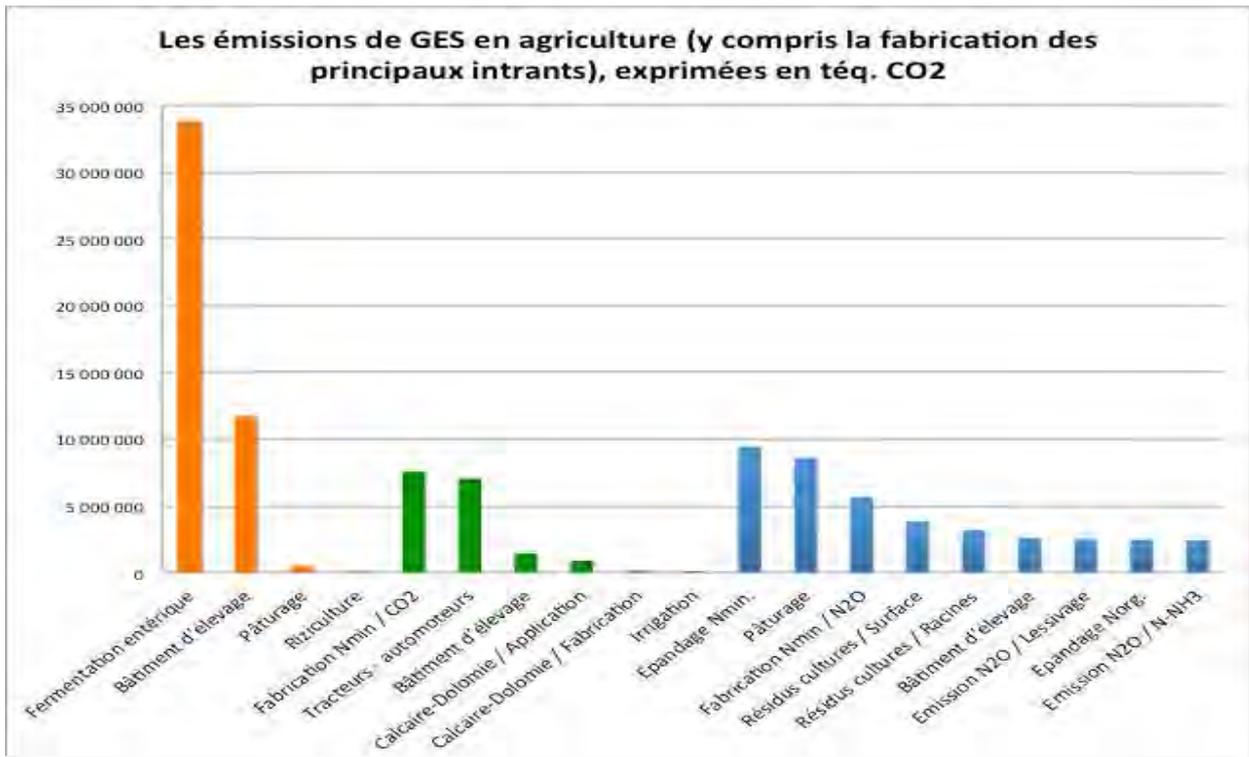


Figure 25 : Répartition des émissions de GES par poste, exprimées en tonnes équivalent CO₂ (CH₄-orange ; CO₂-vert ; N₂O-bleu)

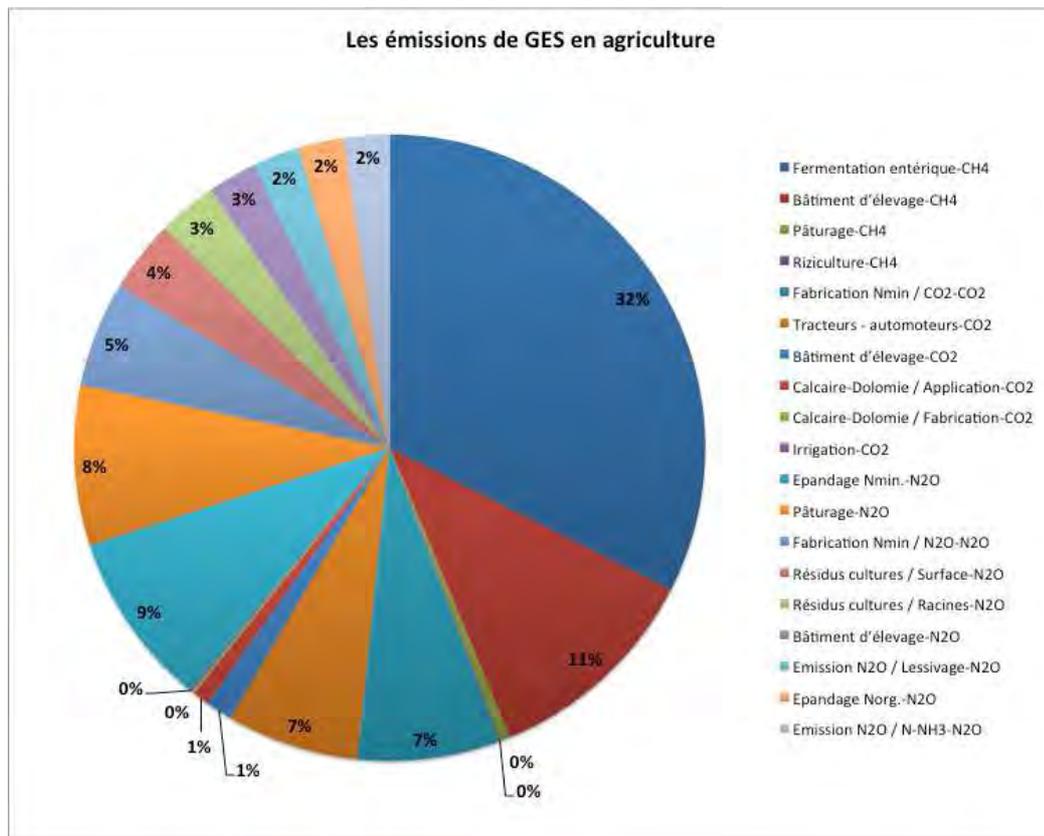


Figure 26 : Partition des émissions de GES par poste, exprimées en %

Tableau 65. Répartition des émissions par région administrative, exprimées en tonnes équivalent CO₂ et en pourcentages

Région	Emissions (ktéq.CO ₂)	Quantités (%)
11: ILE-DE-FRANCE	1 346	1%
21: CHAMPAGNE-ARDENNE	4 970	5%
22: PICARDIE	4 554	4%
23: HAUTE-NORMANDIE	3 407	3%
24: CENTRE	6 493	6%
25: BASSE-NORMANDIE	6 455	6%
26: BOURGOGNE	5 883	6%
31: NORD-PAS-DE-CALAIS	3 961	4%
41: LORRAINE	4 649	4%
42: ALSACE	1 180	1%
43: FRANCHE-COMTE	2 584	2%
52: PAYS-DE-LA-LOIRE	11 402	11%
53: BRETAGNE	12 067	12%
54: POITOU-CHARENTES	5 414	5%
72: AQUITAINE	5 206	5%
73: MIDI-PYRENEES	7 665	7%
74: LIMOUSIN	3 628	3%
82: RHONE-ALPES	4 734	5%
83: AUVERGNE	5 767	6%
91: LANGUEDOC-ROUSSILLON	1 342	1%
93: PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR	1 017	1%
94: CORSE	281	0%
Total	104 005	100%

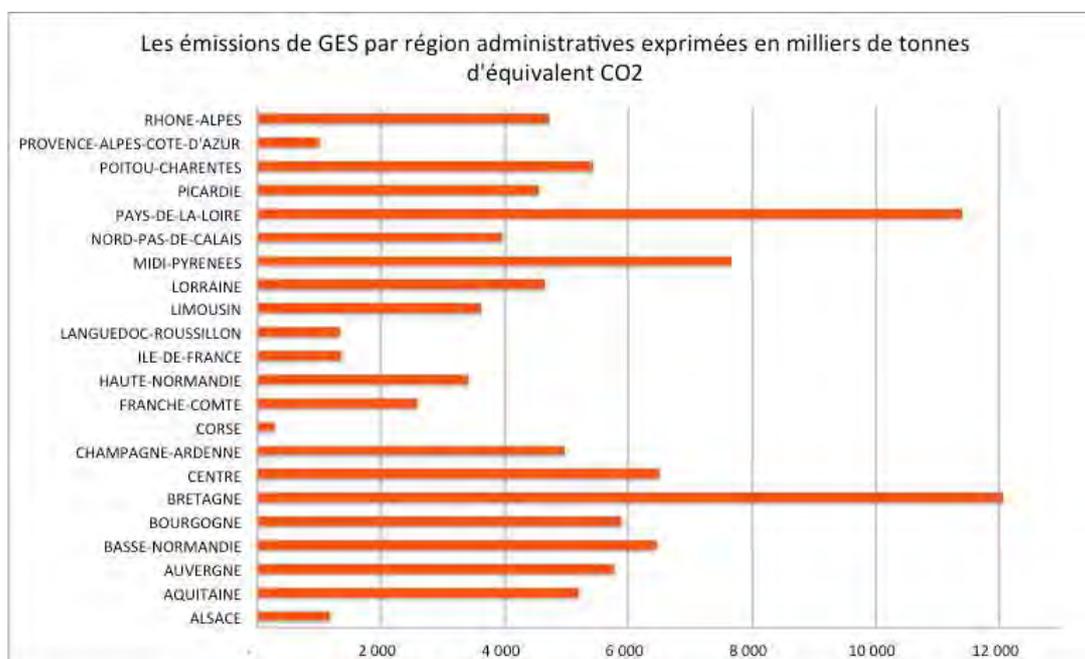


Figure 27 : Répartition des émissions de GES par région administrative

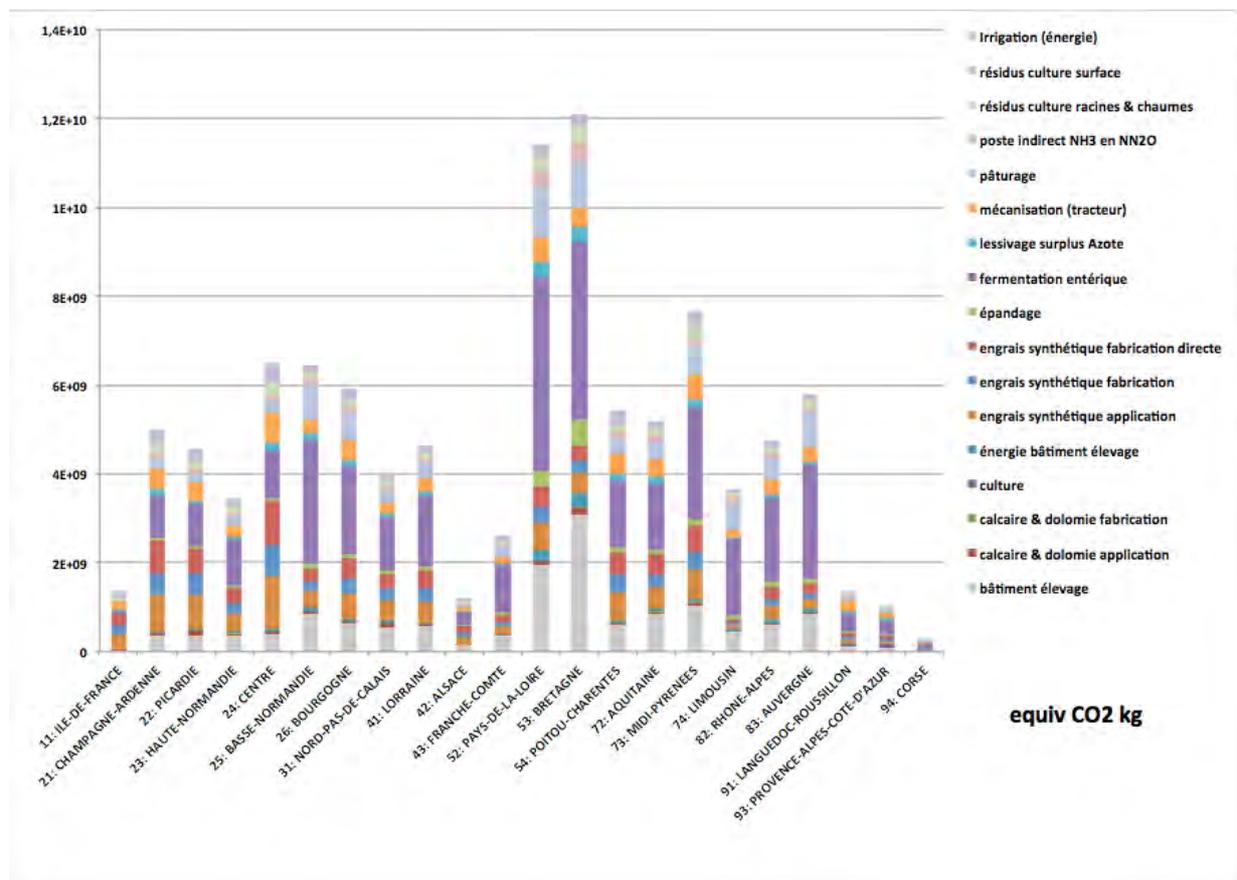


Figure 28 : Répartition des émissions de GES par région et par poste

9. Le modèle : conclusions et améliorations

9.1 *Les évolutions 2006 - 2010*

La mise à jour de l'outil a permis d'uniformiser (et de réduire) les sources de données mobilisées : dans cette version le RA 2010, l'enquête sur les pratiques culturales de 2011 et la SAA 2010, constituent l'essentielle des données utilisées. La limitation de l'utilisation de sources extérieures (dire d'experts, études, calculs indirects, BDD externes au SSP ou SOeS, ...), ce qui facilite la compréhension et la mise à jour des calculs.

La mise à jour et l'évolution entre la version 2006 et 2010 du modèle NOPOLU-Agri concernent notamment :

- les temps de pâturage (source RA2010) ;
- le type de bâtiment d'élevage (source RA2010) ;
- la prise en compte des surfaces collectives (source RA2010) ;
- l'introduction d'une distinction entre maïs irrigué et non irrigué ;
- les rendements (source SAA 2010) ;
- nouvelles catégories de cheptel (volaille sous signe officiel de qualité) ;
- coefficients de fixation d'azote symbiotique (70% de l'azote exporté) ;
- GES (Facteur d'émissions IPCC 2006 – nouveaux postes d'émissions : irrigation).

9.2 *Validité des résultats azote et GES*

Les données (variables d'entrées, résultats intermédiaires ou finaux) de NOPOLU-Agri peuvent être confrontées à d'autres valeurs publiées :

- livraison d'azote minéral à l'échelle nationale ou régionale (source UNIFA) ;
- émissions de GES à l'échelle nationale (source : CITEPA – ADEME) ;
- volatilisation d'ammoniac et déposition atmosphérique (source : EMEP) ;
- besoins en fourrages et production de fourrage ;
- Quantité d'azote arrivant annuellement dans les estuaires des grands fleuves français (source : convention OSPAR)

Les résultats obtenus en 2010 sont cohérents avec les sources citées ci-dessus à des échelles nationales ou régionales.

9.3 Améliorations du modèle

Certaines variables d'entrées ayant un impact fort sur les résultats (N, et GES) pourraient être améliorées:

- le régime fourrager des vaches laitières (calcul de l'azote excrété) ; une approche par les assolements dans les élevages spécialisés en lait pourrait être envisagé, dans la limite du point suivant sur les temps de pâture. A l'avenir, un questionnement sur ce point précis pourrait sans doute être introduit dans une enquête spécialisée. Pour la version actuelle du modèle une valeur cantonale ou départementale du régime fourragé (% d'herbe conservée, % de maïs ensilage, % de pâture) permettrait d'affiner le calcul de l'azote excrété par les bovins lait (aujourd'hui basé sur 2 valeurs : % de pâture et production de lait) ;
- sur le temps de pâture (calcul de l'azote excrété, répartition de l'azote entre bâtiment et pâture, calcul des émissions de GES), la prise en compte d'un abattement de ce temps serait certainement nécessaire. En effet, l'étude de bassins versants, au vu des données issues du contrôle laitier, a montré des écarts de l'ordre de 25% entre les valeurs extraites du RA2010. Cependant, il n'existe pas d'éléments statistiques suffisants à ce stade pour le quantifier. Il faudrait sans doute, prévoir dans une enquête plus spécialisée (distinguant les périodes de mise à l'herbe avec le temps réellement passé à l'extérieur) ;
- sur la répartition de la fumure organique : elle est actuellement uniformisée sur la totalité des « surfaces recevant de la matière organique » (SAMO – données issues de l'enquête PK), mais il serait souhaitable d'introduire des coefficients d'apports différenciés par culture (ex. : maïs ensilage, autres cultures annuelles), à partir des données PK régionales, si la précision le permet ;
- Les rendements des cultures (calculs N, P exportés et GES) pourraient être incrémentés à une échelle plus fine pour améliorer le calcul de l'azote exporté. L'enquête terres labourables pourrait être une piste à moyen terme ;
- Traitement / exportation de l'azote (calcul de la pression d'azote organique et GES). Les données d'abattement de l'azote (par traitement mécano biologique) et les données de transferts (cantons de départ – cantons d'arrivée) peuvent être intégrées dans le modèle mais la collecte reste problématique ;
- sur la répartition des cultures : il conviendrait de répartir les cultures non seulement sur les codes CLC211, 242 et 243, mais également sur la part des prairies temporaires des prairies, que l'on connaît assez précisément par le RA à toutes les échelles ;
- la spatialisation des cultures pourrait être améliorée en utilisant d'autres sources :
 - Utiliser conjointement CLC et TERUTI
 - CLC 2014 (avec des couches haute résolution permettant de spatialiser les zones humides et les prairies)
 - Les données du RPG complétées pour couvrir les cultures hors PAC (cultures pérennes, le maraîchage).

Concernant le calcul des émissions de GES (directes ou indirectes), certains postes ne sont pas pris en compte dans cette version de l'outil :

- Les émissions liées aux consommations directes d'énergie sur les exploitations :
 - séchage et conservation ;
 - chauffage des serres ;
- Les émissions liées aux consommations indirectes d'énergies sur les exploitations :
 - alimentation du bétail importée (ex. : tourteaux de soja) ;
 - fabrication du matériel, des produits phytosanitaires, des bâtiments ;
- Les émissions (ou le stockage/déstockage) de CO₂ :
 - lors du changement d'usage des sols ;
 - lors de la mise en place de nouvelles pratiques agricoles (interculture, technique culturale sans labour) ;
 - lors de l'utilisation énergétique des résidus de cultures ;

- Les émissions lors du traitement des effluents d'élevage (compostage, dénitrification, méthanisation).

De nouveaux calculs de pression de l'agriculture sur l'environnement pourraient être ajoutés :

- Finalisation du module irrigation
- Calcul et spatialisation de la consommation d'énergie
- Calcul et spatialisation de la pression phytosanitaire
- Calcul et spatialisation du stock de carbone des sols et de la variation de stock.

10. Liste des figures

Figure 1 : Principaux éléments pris en compte dans le calcul du surplus d'azote.....	10
Figure 2 : Description des flux et des postes de volatilisation de l'azote entre l'azote excrété par le cheptel et l'azote « racine »	12
Figure 3 : Cycle de l'azote, volatilisation et GES	13
Figure 4 : Ventilation des superficies sur les entités CLC par canton pour le maïs pour le canton de Pleyben	15
Figure 5 : Méthodes d'agrégation ou de désagrégation	17
Figure 6 : Agrégation sur les zones hydrologiques postes CLC sur lesquels est distribués le Maïs pour le canton 2925.....	18
Figure 7 : N excrété par vache laitière (6 000 l/an) en fonction du % de pâture dans la ration.....	29
Figure 8 : Méthode de calcul de la pression d'azote minéral pour les surfaces avec ou sans matière organique	39
Figure 9 : Déposition d'azote atmosphérique en France en 2010 (source : EMEP, 2010).....	41
Figure 10 :Déposition totale N (mg N/m2) pour 2010 sur l'Europe (source http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/)	42
Figure 11 :Exemple de flux d'azote et de perte par volatilisation d'ammoniac pour un fumier de bovin (note : ces flux n'intègrent pas les autres pertes gazeuses N ₂ O et N ₂)	48
Figure 12 : Ventilation de l'azote excrété par les animaux	51
Figure 13 : Méthode de répartition de l'azote organique maîtrisable sur la SAMO.....	59
Figure 14 : Les principaux postes d'émissions des gaz à effet de serre de NOPOLU-Agri.....	62
Figure 15 : Les émissions de méthane – Fermentation entérique des troupeaux.	63
Figure 16 : Les émissions de protoxyde d'azote au sol et les émissions indirectes (N volatilisé et N eaux)	71
Figure 17 :Répartition de l'azote excrété par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage en fonction des SGDA, exprimée en tonnes par an	82
Figure 18 :Répartition de l'azote excrété par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage, exprimée en tonnes par an	84
Figure 19 :Répartition des quantités d'azote excrétées par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage (en fonction des SGDA), exprimée en tonnes par an	84
Figure 20 :Répartition des quantités l'azote excrétées par SGDA et par les différents cheptels dans les bâtiments d'élevage, exprimée en tonnes par an	85
Figure 21 :Pertes gazeuses totales provenant de l'azote organique du cheptel (N-N ₂ , N-N ₂ O, NH ₃), exprimées par catégorie de SGDA (en tonnes par an)	86
Figure 22 :Répartition des émissions de méthane exprimées en pourcentage	87
Figure 23 : Les chiffres clés du calcul du bilan et du surplus d'azote, exprimés en milliers de tonnes.....	89
Figure 24 : Répartition du surplus d'azote par région administrative, exprimés en tonne par an	90
Figure 25 :Répartition des émissions de GES par poste, exprimées en en tonnes équivalent CO ₂ (CH ₄ -orange ; CO ₂ -vert ; N ₂ O-bleu).....	96
Figure 26 : Partition des émissions de GES par poste, exprimées en %	96
Figure 27 : Répartition des émissions de GES par région administrative	97
Figure 28 : Répartition des émissions de GES par région et par poste	98

11. Liste des tableaux

Tableau 1. Modes de transition entre l'échelle d'entrée et l'échelle de sortie	15
Tableau 2. Catégories de cultures de NOPOLU-Agri et leur correspondance dans le RA 2010	19
Tableau 3. Les surfaces par culture en 2010 en hectare (source RA 2010)	20
Tableau 4. Rendements exprimés en quintaux aux normes, à l'échelle nationale (source : SAA 2010).....	23
Tableau 5. Catégories de cheptels utilisées dans NOPOLU-Agri.....	24
Tableau 6. Effectifs par cheptel en 2010 à l'échelle de la France (source : RA 2010)	25
Tableau 7. Quantité d'azote excrété par mois (kg/type – source CORPEN).....	27
Tableau 8. Régimes fourragers simplifiés	28
Tableau 9. N excrété des vaches laitières 6 000 l/an (N kg/an) (Exemple de résultats)	28
Tableau 10. N excrété des vaches laitières 6 000 l/an (N kg/an), valeurs moyennes pour un pourcentage de fourrage donné (exemple de résultats)	29
Tableau 11. Synthèse des résultats (coefficients A et B et valeurs moyennes)	30
Tableau 12. Synthèse des résultats pour les bovins	31
Tableau 13. Répartition des déjections (kg/an) - synthèse des résultats pour les bovins à l'échelle nationale (données ajustées aux échelles administratives inférieures en faisant varier le temps de pâturation) 32	32
Tableau 14. Les hypothèses retenues (source : CORPEN, 2003).....	33
Tableau 15. Synthèse des résultats porcins utilisés dans NOPOLU-Agri	33
Tableau 16. Synthèse des résultats ovins utilisés dans NOPOLU-Agri.....	34
Tableau 17. Synthèse des résultats caprins utilisés dans NOPOLU-Agri	34
Tableau 18. Synthèse des résultats pour les équins	35
Tableau 19. Synthèse des résultats volailles-lapins - Standard	36
Tableau 20. Synthèse des résultats volailles-lapins – Label.....	36
Tableau 21. Les quantités d'azote excrétées par catégorie de cheptel et par place	37
Tableau 22. Coefficients utilisés pour la répartition de l'azote minéral échelle France métropolitaine (source : SSP – Enquête sur les pratiques culturelles 2011).....	39
Tableau 23. Coefficients utilisés pour calculer la fixation symbiotique de l'azote - échelle France métropolitaine	43
Tableau 24. Coefficients d'exportation d'azote des fourrages (en kg/tMS) et pourcentage de légumineuses pris en compte.....	45
Tableau 25. Consommation de fourrages et équivalences UGB alimentation grossière (source : SCEES, 2005)	46
Tableau 26. Coefficients d'exportation d'azote des cultures par défaut (en kg/quintal).....	46
Tableau 27. Emissions ammoniac par cheptel, en fonction du poste (pâturage, bâtiment, stockage, épandage) et du SDGA (lisier, fiente, fumier-litière, fumier-autres) en pourcentage de N-NH ₃ (source : CORPEN)	49
Tableau 28. Les émissions d'ammoniac des sols suite à l'épandage de fertilisants minéraux (EMEP-Corinair dans CORPEN, 2006).....	50
Tableau 29. Quantités régionales d'azote minéral (par type de fertilisants) livrée pour la campagne 2005-2006 et les coefficients régionaux de volatilisation de l'azote minéral exprimé en pourcentage de d'azote épandu (UNIFA, 2006).....	50
Tableau 30. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâturation) et par région administrative pour les bovins laits (mères) et bovins viande (mères) – code NOPOLU-Agri j/07 et J/08.....	52
Tableau 31. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâturation) et par région administrative pour les bovins laits (engraissement) et bovins viande (engraissement) - code NOPOLU-Agri j/05 et J/06.....	53
Tableau 32. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâturation) et par région administrative pour les bovins laits (élevage) et bovins viande (élevage) - code NOPOLU-Agri j/03 et J/04	54
Tableau 33. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâturation) et par région administrative pour les veaux de boucherie – code NOPOLU-Agri J/02/C.....	55
Tableau 34. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâturation) et par région administrative pour les porcs (post-sevrage / engraissement / truie) – code NOPOLU-Agri J/11, J/12 et j/13.....	56
Tableau 35. Répartition du cheptel par SGDA (hors pâturation) et par région administrative pour les poules pondeuses et poulettes – code NOPOLU-Agri J/15/a et J/15/b.....	57
Tableau 36. Temps de pâturation (exprimée en %) par région administrative et par catégorie de cheptel	58
Tableau 37. Les coefficients de répartition de l'azote organique (pâturage, épandage, SAMO en %).....	60
Tableau 38. Fermentation entérique des cheptels (en CH ₄ kg/place) d'après INRA et IPCC	64
Tableau 39. Facteurs d'émission de méthane des déjections animales selon les animaux (IPCC Guidelines, 2006).....	66

Tableau 40.	Ration alimentaire quotidienne par place dans les élevages (en kg de MS/place/jour) et temps de d'occupation des places d'élevage (jours/an).....	67
Tableau 41.	Facteurs d'émission de méthane retenus selon le système de gestion des déjections animales pour les bâtiments et le stockage (IPCC 2006).....	68
Tableau 42.	Facteur d'émission (FE) de N-N ₂ O par rapport au N excrété au pâturage exprimé en pourcentage (IPCC Guideline, 2006)	69
Tableau 43.	Facteurs d'émission (FE) de N- N ₂ O et de N-N ₂ retenus selon le système de gestion des déjections animales pour les bâtiments et le stockage (IPCC Guideline, 2006 et CORPEN 2003).....	70
Tableau 44.	Valeurs par défaut des estimations d'azote apporté aux sols par les résidus de culture (IPCC Guidelines, 2006 – valeurs adaptées).....	73
Tableau 45.	Facteurs d'émissions de N ₂ O lors de la fabrication des engrais azotés, exprimés à l'échelle régionale en tonnes de N ₂ O par tonnes d'azote	75
Tableau 46.	Consommation moyenne annuelle de fioul carburant par type de culture	76
Tableau 47.	Quantités d'amendements basiques livrées en France en 2005, exprimées en tonnes brutes ou en tonnes équivalent CaO (source : CELAC).....	77
Tableau 48.	Livraisons d'amendement basique par région en 2010, exprimées en tonnes de valeur neutralisante par hectare fertilisé (source : CELAC) et en tonnes brutes par hectare fertilisé	78
Tableau 49.	Facteurs d'émissions de CO ₂ lors de la fabrication des engrais azotés, exprimés à l'échelle régionale en tonnes de CO ₂ par tonnes de d'azote livré.....	79
Tableau 50.	Consommations d'énergie pour le chauffage et répartition par type d'énergie (Source : Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments d'élevage, ADEME 2006/instituts techniques, 2007)	80
Tableau 51.	Facteurs d'émissions de CO ₂ des principales énergies utilisées dans les bâtiments d'élevage	80
Tableau 52.	Facteurs d'émissions de CO ₂ liés à la consommation d'énergie dans les bâtiments d'élevage	81
Tableau 53.	Répartition des quantités d'azote excrétées par les différents cheptels lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage en fonction des SGDA, exprimée en tonnes d'azote par an.....	82
Tableau 54.	Répartition des quantités d'azote excrétées par les différents cheptels (détail) lors du pâturage et dans les bâtiments d'élevage en fonction des SGDA, exprimée en tonnes d'azote par an	83
Tableau 55.	Pertes gazeuses totales provenant de l'azote organique du cheptel (N-N ₂ , N-N ₂ O, NH ₃), exprimées par catégorie de SGDA (en tonnes par an)	85
Tableau 56.	Quantification de l'azote « racine » (Nracine = N excrété – Nvolatilisé) par cheptel, exprimée en tonnes par an.....	86
Tableau 57.	Quantification des émissions de méthane exprimées en tonnes d'équivalent CO ₂ par an.	86
Tableau 58.	Les quantités d'azote minéral, organique, symbiotique et exportés par catégorie de culture, exprimées en tonnes par an et en kilogrammes par hectare	88
Tableau 59.	Les pertes d'azote sous formes gazeuses (N-N ₂ O, N-NH ₃), exprimées en tonnes d'azote par an	89
Tableau 60.	Répartition de principaux postes du calcul du surplus d'azote par région administrative, exprimée en tonnes d'azote.....	91
Tableau 61.	Répartition des bilans et surplus d'azote par région administrative, exprimée en tonnes d'azote et en densité (kg/ha SAU).....	92
Tableau 62.	Bilan et surplus d'azote des principales cultures annuelles, exprimés en tonnes d'azote et en densité (kg/ha SAU)	93
Tableau 63.	Répartition des émissions de GES par poste, exprimée en tonnes brutes et en tonnes équivalent CO ₂	95
Tableau 64.	Répartition des émissions par type de GES, exprimées en tonnes brutes et en tonnes équivalent CO ₂	95
Tableau 65.	Répartition des émissions par région administrative, exprimées en tonnes équivalent CO ₂ et en pourcentages.....	97

12. Lexique – Glossaire

Azote « racine » : l'azote « racine » déduit de l'azote les pertes par volatilisation dans les bâtiments, au stockage et au champ (lors de l'épandage ou lorsque les déjections sont émises lors du pâturage).

Azote « épandable » : l'azote « épandable » déduit de l'azote excrété les pertes par volatilisation lors de l'émission au bâtiment et au stockage.

Azote excrété : les quantités que l'on retrouve dans les urines ou dans les bouses avant qu'il n'y ait eu de perte par volatilisation, ruissellement ou lessivage.

Bât. : Bâtiment

BD Carthage : La France possède un réseau hydrographique riche : plus de 500 000 kilomètres de cours d'eau de plus de 1 km irriguent les 550 000 km² du territoire métropolitain, soit une densité moyenne de 1 km de cours d'eau par km². La connaissance précise de ce chevelu hydrographique est indispensable pour tous les acteurs de l'eau. Un produit cartographique a été élaboré par les agences de l'eau et le Ministère chargé de l'environnement : la BD Carthage. La BD Carthage est le fruit de la volonté nationale de disposer d'un système de repérage des milieux aquatiques superficiels pour la France. Elle regroupe dans un seul produit la cartographie des cours d'eau et des plans français à l'échelle du 1 / 50 000^{ième}. De plus, chaque entité hydrographique est décrite avec un code unique et des informations générales topographiques (largeur du cours d'eau, sens, nom du cours d'eau, etc.). Grâce aux informations géométriques (topologie), elle permet d'identifier les liens entre les cours d'eau, plans d'eau et ainsi être utilisée pour des modélisations hydrographiques.

Bilan global : La méthode de calcul du bilan global est identique à celle du surplus à une exception près : on ne tient pas compte de la déposition atmosphérique dans les entrées d'éléments sur les surfaces agricoles.

CELAC : comité d'étude et de liaison des amendements minéraux basiques

CH₄ : méthane

CO₂ : dioxyde de carbone

CORINE Land Cover : La base de données géographiques CORINE Land Cover est produite, dans le cadre du programme européen CORINE, de coordination de l'information sur l'environnement. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 29 Etats européens et pour les bandes côtières du Maroc et de la Tunisie.

CORPEN : Créé en 1984, le CORPEN est une instance d'analyse, d'expertise et une force de proposition. Dans le domaine des pratiques agricoles, il élabore et diffuse des recommandations contribuant à la réduction des pollutions et permettant une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux

EMEP : European Monitoring and Evaluation Programme. Réseau de mesure européen dont l'objet est le suivi des polluants atmosphériques se déplaçant sur de longues distances. EMEP fournit des données de déposition (en mg/m²/an) pour des mailles carrées de 50 km de côté

Epand. : Épandage

FE : Facteur d'émission

GES : Gaz à Effet de Serre

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (GIEC en français)

MB : Matière Brute

Min. : Minéral

MS : Matière Sèche

N : Azote

N₂ : Diazote ou azote atmosphérique

N₂O : Protoxyde d'azote

NH₃ : Ammoniac

NUTS : Nomenclature d'Unités Territoriales Statistiques (NUTS 0 : Territoire national, NUTS 2 : Régions administratives ; NUTS 3 : Départements ; NUTS 4 : Cantons)

Org. : Organique

OTEX : Orientation Technico-Economique des Exploitations agricoles. Afin de comparer des productions agricoles de nature différente, on traduit chacune d'elles en une unité commune à l'aide de coefficients de marge brute standard (MBS), qui représentent la différence entre la valeur standard de la production et les coûts spécifiques associés à cette production. Chaque coefficient se rapporte à un hectare de culture ou à une tête de cheptel. On calcule la marge brute standard des différentes productions, ainsi que la marge brute totale de l'exploitation. La part relative des MBS des différentes productions dans la MBS totale permet de classer chaque exploitation dans une orientation technico-économique des exploitations (OTEX) en fonction de sa spécialisation. L'OTEX est une classification européenne.

PAC : Politique Agricole Commune

Pât. : Pâturage

PLANETE : méthode d'évaluation des consommations d'énergies sur les exploitations agricoles

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global. Il vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de toutes les substances contribuant à l'accroissement de l'effet de serre. Cet indicateur est exprimé en " équivalent CO₂ " du fait que par définition l'effet de serre attribué au **CO₂** est fixé à 1 et celui des autres substances relativement au CO₂. L'indicateur est calculé sur la base d'un horizon fixé à 100 ans afin de tenir compte de la durée de séjour des différentes substances dans l'atmosphère.

RA 2010 : Recensement Agricole de l'année 2010

RC : Résidus de Cultures

Rdt. : Rendement

RE : Résidus de cultures enfouis (racines)

Res. : Résidus

RICA : Réseau d'Information Comptable Agricole

RS : Résidus de cultures de surface (chaumes et pailles)

SAA : Statistique Agricole Annuelle

SAMO : Surface Amendée en Matière Organique

SAU : Surface Agricole Utile

SFP : Surface Fourragère Principale. Elle inclut les surfaces de toutes les productions fourragères : annuelles (maïs ensilage, sorgho fourrager, etc.), pluriannuelles (prairies temporaires et artificielles), pérennes (prairies naturelles et estives)

SGDA : Systèmes de Gestion des Déjections Animales (fumier-litière, fumier-autres, lisier, fiente, pâturage)

STH : Surface Toujours en Herbe (prairies naturelles + estives)

Surplus d'azote (ou solde azote) : Le surplus correspond au résultat positif de la différence entre les entrées et les sorties, sur une surface agricole, d'un élément fertilisant à une échelle définie

UGB : Unité Gros Bétail ; unité utilisée en statistique afin d'unifier les différentes catégories d'animaux et basée sur leurs besoins alimentaires (ex. 1 UGB = 1 vache laitière produisant 6 000 kg de lait par an).

UNIFA : Union des Industries de la fertilisation

VN : Valeur Neutralisante. La valeur neutralisante est une mesure qui permet d'apprécier la capacité potentielle d'un amendement basique à neutraliser un sol. La valeur neutralisante s'exprime par un nombre entier, et est cohérente, pour les produits définis dans la norme NF U 44-001, avec la teneur en CaO qui sert de référence. La déclaration de la valeur neutralisante est obligatoire pour tous les amendements minéraux basiques et les amendements-engrais (CELAC).

Bibliographie

- CELAC. Les amendements minéraux basiques, livraison 2005. CELAC.
- CORPEN, 1999. Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux vaches laitières et à leur système fourrager. CORPEN, « Groupe Alimentation » Sous groupe « Vaches laitières ». 18 p.
- CORPEN, 2001. Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux bovins allaitants et aux bovins en croissance ou à l'engrais, issus des troupeaux allaitants et laitiers, et à leur système fourrager. CORPEN, « Groupe Alimentation » Sous groupe « bovins ». 34 p.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Groupe Porc, juin 2003. 41 p.
- CORPEN, 2006. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections. CORPEN, Groupe Volailles. 55 p.
- CORPEN, 2006. Les émissions d'ammoniac et de gaz azotés à effet de serre en agriculture. 98 p.
- Gac A., Béline F., Bioteau T., 2006. Flux de gaz à effet de serre (CH₄, N₂O) et d'ammoniac (NH₃) liés à la gestion des déjections animales : Synthèse bibliographique et élaboration d'une base de données. ADEME, Cemagref. 79 p.
- Instituts techniques, 2007. Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments d'élevage, ADEME 2006.
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventorie.
- Jouany J.-P. et Vermorel M., 2008. Les émissions de méthane entérique par les animaux d'élevage en France : situation actuelle et projections sur les années 2020. INRA – Unité de Recherches sur les Herbivores. 54 p.
- SCEES, 2005. Présentation du bilan de l'azote au sol. 28 p.
- Solagro, 2007. Synthèse 2006 des bilans Planète. Consommation d'énergie et émissions de GES des exploitations agricoles ayant réalisé un bilan PLANETE. Rapport de synthèse. ADEME. 28 p.
- UNIFA, 2006 et 2011. Les livraisons d'engrais minéraux en France métropolitaine, campagne 2005-2006 et 2010-2011 UNIFA. 22 p.



**Ministère de l'Écologie, du Développement durable
et de l'Énergie**
Commissariat général au Développement durable
Service de l'observation et des statistiques