

PROGRAMME D' ACTIONS RÉGIONAL EN VUE DE LA RÉDUCTION DES
ÉMISSIONS DE PROTECTION DES EAUX CONTRE LA POLLUTION PAR LES
NITRATES D'ORIGINE AGRICOLE EN RÉGION DES PAYS-DE-LA-LOIRE
(PAR NITRATES)

Modalités de calcul du solde de la balance globale azotée

Table des matières

I. Principe.....	2
II. Les apports d'azote.....	2
A. Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation : Norg_elevage.....	3
1. Quantité d'azote issue des effluents d'élevage produite sur l'exploitation (Ne) :.....	3
2. Quantité d'azote issue des effluents d'élevage importés (Nimp), exportés (Nexp) et issu des effluents d'élevage abattue par traitement (Ntr).....	4
B. Quantité d'azote apportée sous forme d'engrais minéraux : Nmin.....	4
C. Quantité d'azote apportée sous forme de fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage : Norg-autre.....	5
III. Les sorties d'azote.....	5
A. Quantité d'azote exportée par les cultures fourragères (hors prairies) et non fourragères : Nexp_culture.....	5
B. Quantité d'azote exportée par les prairies : Nexp_prairie.....	6
1. <i>Exportation d'azote par l'herbe fauchée : Nexp_hfauche</i>	6
2. Exportation d'azote par l'herbe valorisée au pâturage : Nexp_hpâture.....	7
IV. Le solde de la balance globale azotée.....	11
Calcul quantité d'azote issue des effluents d'élevage abattue par traitement (Ntr).....	12
TENEURS EN AZOTE DES ORGANES VÉGÉTAUX RÉCOLTÉS.....	14

I. Principe

Le calcul du solde de la balance globale azotée consiste à effectuer la différence entre les apports d'azote et les sorties d'azote de toutes natures sur l'ensemble des terres de l'exploitation, considérées globalement. Une valeur positive traduit un risque de pertes d'azote vers l'eau, des pertes gazeuses liées à l'épandage (les pertes gazeuses en bâtiment et celles dues au stockage sont déduites des flux épandus), ainsi que des différences de stock d'azote du sol (Expertise scientifique collective INRA, Flux d'azote, 2012).

Le solde de la balance globale azotée est obtenu par différence entre, d'une part, les apports d'azote sous forme d'engrais minéral, d'effluents d'élevage (y compris par les animaux eux-mêmes au pâturage) ou d'autres fertilisants organiques et, d'autre part, les exportations d'azote par les cultures et les fourrages récoltés (y compris par les animaux eux-mêmes à la pâture).

Le solde de la balance globale azotée est **calculé sur l'ensemble des terres de l'exploitation**, que ces terres soient situées ou non dans la zone d'actions renforcées sur laquelle la mesure est imposée. Il est ramené aux hectares de surface agricole utile de l'exploitation, et s'exprime donc en kg N /ha de SAU.

Il s'effectue sur la campagne culturale. D'après le Programme d'actions national (PAN nitrates)¹, la campagne culturale est « la période allant du 1^{er} septembre au 31 août de l'année suivante ou une période de douze mois choisie par l'exploitant. Cette période vaut pour toute l'exploitation et est identique pour le plan de fumure et le cahier d'enregistrement ».

Le PAR nitrates prévoit de limiter en ZAR² le solde de la BGA à 30 kg d'azote/ha. Pour ce faire, il est possible d'utiliser soit le solde de la dernière campagne culturale, soit la moyenne des soldes calculés pour les trois dernières campagnes culturales.

$$\text{BGA} = (\text{N}_{\text{apport}} - \text{N}_{\text{export}}) / \text{SAU}$$

II. Les apports d'azote

Sont pris en compte comme entrée de la balance globale azotée les apports d'azote sous forme d'effluents d'élevage (y compris par les animaux eux-mêmes à la pâture), d'engrais minéraux et d'autres fertilisants azotés organiques.

$$\text{N}_{\text{apport}} = \text{N}_{\text{org_elevage}} + \text{N}_{\text{min}} + \text{N}_{\text{org_autre}}$$

avec :

N_{org_elevage} = Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation

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

N_{org_autre} = Quantité d'azote apportée sous formes de fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage

¹ Arrêté du 19/12/2011 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

² Zone d'actions renforcées (cf. PAR nitrates)

A. Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation : Norg_elevage

La quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation est celle qui est calculée au titre de la mesure 5° du programme d'actions national « nitrates ». Conformément au V de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011, elle correspond à la production d'azote de l'ensemble des animaux de l'élevage corrigée, le cas échéant, par les quantités d'azote issues d'effluents d'élevage exportées (épandues chez les tiers ou transférées) et les quantités d'azote issues d'effluents d'élevage importées de tiers, ainsi que par l'azote abattu par traitement. Tous les fertilisants azotés d'origine animale doivent être comptabilisés, qu'ils aient subi ou non un traitement ou une transformation, y compris lorsqu'ils sont homologués ou normés.

$$\mathbf{Norg_elevage = Ne + Nimp - Nexp - Ntr}$$

avec :

Norg_elevage = Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation

Ne = Quantité d'azote issue des effluents d'élevage produite sur l'exploitation

Nimp = Quantité d'azote issue des effluents d'élevage importés

Nexp = Quantité d'azote issue des effluents d'élevage exportés

Ntr = Quantité d'azote issue des effluents d'élevage abattue par traitement

Partie correspondante dans l'**annexe 3A du 7è PAR Nitrates** :

Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation - Norg_elevage	
Ne : Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage produits sur l'exploitation (kgN)	
= Σ (Nombre d'effectifs x norme de production d'azote épandable)	
Nimp : Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage importés (kgN)	
Nexp : Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage exportés (kgN)	
Ntr : Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage abattue par traitement (kgN)	
Ntr = Nentrant – Nsortant de l'installation	
Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation : Norg_elevage = Ne + Nimp – Nexp - Ntr	

1. Quantité d'azote issue des effluents d'élevage produite sur l'exploitation (Ne) :

Dans le cas d'exploitations avec atelier d'élevage, il s'agit de connaître la quantité d'azote produite par les animaux.

La quantité d'azote issue des animaux d'élevage produite sur l'exploitation est obtenue en multipliant les effectifs animaux par les normes réglementaires de production d'azote épandable par animal fixées par l'annexe II de l'arrêté du 19 décembre 2011 modifié.

Les effectifs animaux sont ventilés selon les catégories d'animaux correspondant aux normes réglementaires de production d'azote épandable précisées à l'annexe II de l'arrêté du 19 décembre 2011 modifié. Cette annexe précise, selon les cas, si les animaux sont comptabilisés au regard du nombre d'animaux produits sur l'exploitation ou au regard du nombre moyen d'animaux présents sur l'exploitation pendant la campagne culturale. Certains effectifs peuvent donc ne pas être des nombres entiers (nombre moyen d'animaux présents sur l'exploitation).

$$\mathbf{Ne = \Sigma \text{ pour chaque catégorie d'animal présente sur l'exploitation (effectif * norme de production d'azote épandable)}}$$

Tous les fertilisants azotés d'origine animale sont comptabilisés, qu'ils aient subi ou non un traitement ou une transformation, y compris lorsqu'ils sont homologués ou normés.

Ainsi, l'azote des digestats de méthanisation est bien pris en compte dans le calcul de la quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage, et ce à hauteur de la part d'azote issue des effluents d'élevage contenue dans le digestat.

Par exemple, si un mélange de lisier de porc et de déchets verts, contenant 60% d'azote issu du lisier et 40% d'azote issu de déchets verts, est méthanisé, 60 % de la quantité d'azote du digestat sont considérés comme issus des effluents d'élevage et doivent être pris en compte dans le calcul.

2. Quantité d'azote issue des effluents d'élevage importés (Nimp), exportés (Nexp) et issu des effluents d'élevage abattue par traitement (Ntr)

• Quantité d'azote issue des effluents d'élevage importés (Nimp)

Les imports correspondent à la fois à des épandages dans le cadre de la mise à disposition à de certains îlots culturaux d'un éleveur fournisseur d'effluents, et à des réceptions d'effluents d'élevage, éventuellement normalisés ou homologués, par transfert.

Les quantités sont exprimées en kg d'azote. Les données sont issues des bordereaux d'échange ou de transfert : la quantité d'azote échangée est indiquée sur le bordereau, elle peut y apparaître telle quelle ou nécessiter un calcul (volume d'effluent importé x teneur en azote de l'effluent importé ; les deux données doivent alors apparaître sur le bordereau).

Les teneurs en azote des effluents échangés sont soit les valeurs par défaut fixées dans l'arrêté préfectoral régional fixant le référentiel pour la mise en œuvre de l'équilibre prévisionnel de la fertilisation azotée, soit des valeurs spécifiques issues d'analyses effectuées sur les effluents échangés.

Sont pris en compte les échanges réalisés pendant la campagne culturale considérée.

• Quantité d'azote issue des effluents d'élevage exportés (Nexp)

Les exports correspondent à la fois aux épandages d'effluent d'élevage produits par l'exploitation sur des parcelles exploitées par des tiers et à des transferts d'effluents (livraison à des opérateurs spécialisés dans le transport d'effluents, des distributeurs ou des transformateurs) .

Les quantités sont exprimées en kg d'azote. Les données sont issues des bordereaux d'échange ou de transfert : la quantité d'azote échangée est indiquée sur le bordereau, elle peut y apparaître telle quelle ou nécessiter un calcul (volume d'effluent exporté x teneur en azote de l'effluent exporté ; les deux données doivent alors apparaître sur le bordereau).

Les teneurs en azote des effluents échangés sont soit les valeurs par défaut fixées dans l'arrêté préfectoral régional fixant le référentiel pour la mise en œuvre de l'équilibre prévisionnel de la fertilisation azotée, soit des valeurs spécifiques issues d'analyse effectuées sur les effluents échangés.

Sont pris en compte les échanges réalisés pendant la campagne culturale considérée.

Les modalités de calcul de la quantité d'azote issue des effluents d'élevage abattue par traitement (Ntr) sont présentées dans les annexes.

B. Quantité d'azote apportée sous forme d'engrais minéraux : Nmin

La quantité d'azote minéral épandue (Nmin) est exprimée en kg d'azote et les données sont disponibles sur le cahier d'enregistrement des pratiques. Seuls les apports réalisés pendant la campagne culturale sont pris en compte.

$$N_{min} = \sum_{\text{fertilisant minéral épandu}} (\text{volume de fertilisant épandu} \times \text{teneur en azote du fertilisant})$$

C. Quantité d'azote apportée sous forme de fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage : Norg-autre

L'azote organique provenant de fertilisants autres que les effluents d'élevage épandu (Norg-autre) est également pris en compte. Il peut s'agir aussi bien de fertilisants normés ou homologués (composts urbains normés, boues normées, composts d'algues vertes normés, déchets verts normés, ...) que de fertilisants non normés et non homologués (ex : boues de stations d'épuration, des composts de déchets verts, etc...)

La quantité d'azote est exprimée en kg d'azote. Les données sont disponibles sur le cahier d'enregistrement des pratiques.

L'azote organique issu d'autres fertilisants est égal à :

$$\text{Norg_autre} = \sum_{\text{fertilisant organique hors effluent d'élevage}} (\text{volume de fertilisant épandu} \times \text{teneur en azote du fertilisant})$$

Prise en compte des quantités d'azote stockées :

Pour simplifier le calcul, il est proposé de considérer que tout l'azote issu des effluents d'élevage disponible sur l'exploitation est épandu pendant la campagne culturale, et donc de ne pas tenir compte d'éventuelles variations de stock.

III. Les sorties d'azote

Les sorties d'azote correspondent aux quantités d'azote exportées par les végétaux, par récolte ou pâturage.

$$\text{N export} = \text{Nexp_culture} + \text{Nexp_prairie}$$

avec :

Nexp_culture = Quantité d'azote exportée par les cultures fourragères (hors prairie) et non fourragères

Nexp_prairie = Quantité d'azote exportée par les prairies (fauchées et pâturées)

A. Quantité d'azote exportée par les cultures fourragères (hors prairies) et non fourragères : Nexp_culture

Partie correspondante dans l'annexe 3A du 7è PAR Nitrates :

Quantité d'azote exportée par les cultures fourragères (hors prairies) et non fourragères - Nexp_cultures					
îlot(s) (fac.)	Culture	Surface (ha)	Rendement (q/ha ou tMS/ha)	Teneur en N des organes récoltés (kgN/q ou kgN/tMS)	Azote exporté par la culture (kgN)
		(S)	(R)	(TN)	(Nexp=S x R x TN)

L'exportation totale d'azote par les cultures fourragères (hors prairies) et non fourragères est estimée en sommant des exportations unitaires d'azote de chaque culture principale de la campagne culturale concernée, et le cas échéant des cultures intermédiaires exportées les précédant.

Ainsi, pour un calcul de BGA sur la campagne (1^{er} septembre n – 31 août n+1), seront prises en compte :

- les cultures semées et récoltées pendant la campagne (céréale d'hiver, céréale de printemps..)
- les cultures semées au printemps (n+1) et récoltées à l'automne (n+1), par exemple un maïs implanté au printemps de l'année (n+1) et récolté en novembre (n+1)

- les cultures semées juste avant le début de la campagne à l'été n et récoltées pendant la campagne, qu'il s'agisse de cultures principales (ex : colza à semis précoce) ou de cultures intermédiaire exportées (ex : culture semée en août n et récoltée pendant l'hiver n – n+1, et derrière laquelle sera implantée une culture de printemps)

Ne seront pas prises en compte les cultures intermédiaires exportées semées en été n+1.

Les exportations unitaires dépendent du rendement réalisé (en q/ha ou tMS/ha), de la surface concernée (en ha) et des teneurs en azote des organes végétaux récoltés de chaque culture (en kg N/q ou kg N/tMS). Les teneurs en azote des organes végétaux récoltés sont différentes selon les parties végétales récoltées (grains ; grains+paille ; grains+fanes ; fruits ;...). La paille utilisée sur l'exploitation et recyclée pour le fumier est considérée comme une exportation.

Ainsi, pour ces cultures :

$$\text{Nexp_culture} = \sum_{\text{cultures}} (\text{Rendement réalisé (q/ha ou tMS/ha)} \times \text{Surface (ha)} \times \text{Teneur en azote des organes végétaux récoltés de la culture (kgN/q ou kgN/tMS)})$$

Les teneurs moyennes en azote des organes végétaux récoltés pour chaque culture sont précisées dans le tableau annexé (source : COMIFER, 22 novembre 2013).

B. Quantité d'azote exportée par les prairies : Nexp_prairie

Les exportations d'azote par les prairies correspondent au produit de la quantité d'herbe exportée par la teneur en azote de l'herbe.

Deux cas se présentent pour le calcul de la quantité d'herbe exportée, et donc des exportations d'azote par les prairies, selon le mode d'exploitation de la prairie (herbe fauchée / pâturée).

$$\text{Nexp_prairie} = \text{Nexp_hfauche} + \text{Nexp_hpature}$$

avec :

Nexp_hfauche = Quantité d'azote exportée par l'herbe fauchée

Nexp_hpature = Quantité d'azote exportée par l'herbe pâturée

1. Exportation d'azote par l'herbe fauchée : Nexp_hfauche

Partie correspondante dans l'annexe 3 du 7è PAR Nitrates :

Quantité d'azote exportée par les prairies : herbe fauchée - Nexp_hfauche					
îlot(s) (fac.)	Prairie	Surface (ha) (S)	Rendement (tMS/ha) (R)	Teneur en N de l'herbe fauchée (kgN/tMS) (TN)	Azote exporté par l'herbe fauchée (kgN) (Nexp=S x R x TN)
	Prairie fauchée – ensilage, enrubannage			25	
	Prairie fauchée – foin précoce			20	
	Prairie fauchée – foin tardif			15	
	Prairie fauchée – regain			19	

La quantité d'herbe fauchée, stockée et consommée est renseignée à partir de la quantification des fourrages récoltés, consignée dans le cahier d'enregistrement des pratiques.

L'exportation d'azote par l'herbe fauchée est obtenue en multipliant la quantité d'herbe fauchée par la teneur en azote de l'herbe, qui varie en fonction de la date de fauche (et donc du type de conservation prévu). Les valeurs moyennes de teneurs de l'herbe en azote à utiliser sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Teneur en azote de l'herbe fauchée, en fonction du mode d'exploitation.

Mode d'exploitation	Teneur en azote de l'herbe (en kg N/ t MS)
Ensilage, enrubannage	25
Foin précoce	20
Foin tardif	15
Regain	19

Source : COMIFER, 22 novembre 2013 (teneurs en azote des organes végétaux récoltés)

$$\text{Nexp_hfauche} = \sum_{\text{par mode d'exploitation}} (\text{Quantité d'herbe fauchée selon le mode d'exploitation (tMS)} \times \text{Teneur en azote de l'herbe fauchée selon le mode d'exploitation (kgN/tMS)})$$

2. Exportation d'azote par l'herbe valorisée au pâturage : Nexp_hpâturage

Les exportations d'azote par l'herbe valorisée au pâturage correspondent au produit de la quantité d'herbe valorisée au pâturage par la teneur en azote de l'herbe.

a) Estimation de la quantité d'herbe valorisée au pâturage (P)

La quantité d'herbe valorisée au pâturage par les herbivores est calculée de façon indirecte, grâce à la méthode du bilan fourrager simplifié.

Partie correspondante dans l'annexe 3 du 7^e PAR Nitrates :

Quantité d'azote exportée par prairies : herbe pâturée - Nexp_hpâturage	
Bf : Besoins annuels en fourrage des herbivores de l'exploitation (tMS)	
Nb UBG techniques sur l'exploitation	
	Bf = Nb UBG* 5,5

Cette méthode vise à évaluer les rendements de l'herbe valorisée au pâturage indirectement, à partir d'estimations des besoins des herbivores sur la campagne culturale d'une part et des quantités de fourrages consommés hors pâturage (hors herbe et herbe) d'autre part. En effet, les besoins des animaux étant satisfaits d'une part par le pâturage et d'autre part par les fourrages consommés hors pâturage, la quantité d'herbe valorisée au pâturage est estimée par la formule suivante :

$$P = Bf - Fc$$

avec :

P : Quantité d'herbe valorisée au pâturage (tMS)

Bf : Besoins annuels en fourrage des herbivores de l'exploitation (tMS)

Fc : Quantité de fourrages consommés hors pâturage (tMS)

- Calcul des besoins annuels en fourrage des herbivores de l'exploitation (Bf)

Il est au préalable nécessaire de calculer le nombre d'équivalent UGB (Unité de Gros Bétail) du cheptel de l'exploitation. Il s'agit de la somme, pour toutes les catégories d'herbivores présents sur l'exploitation, de l'effectif de la catégorie d'herbivore multiplié par le coefficient d'équivalent UGB de cette catégorie. Selon la

catégorie d'herbivore, l'effectif est exprimé en nombre d'animaux présents en moyenne pendant la campagne culturale (catégories d'animal signalées par un * dans le tableau ci-dessous) ou en animaux produits pendant la campagne culturale (voir II.A.1).

	équiv. UGB pour 5,5 t MS/UGB/an		équiv. UGB pour 5 t MS/UGB/an
Bovins		Caprins (chèvre)	
Vache laitière	1,00 *	Bouc	0,10 *
Vache Nourrice, sans son veau	0,85 *	Chevreau Engraissé Produit	0
Femelle > 2 ans	0,70 *	Chèvre	0,10 *
Mâle > 2 ans	0,80 *	Chevrette	0,05 *
Femelle 1-2 ans	0,60 *		
Mâle 1-2 ans, croissance	0,60 *	Équins	
Mâle 1-2 ans, engraissement	0,60 *	Cheval	0,60 *
Vache de réforme	0,60*	Cheval (lourd)	0,70 *
Femelle < 1 an	0,30 *	Jument seule	0,50 *
Mâle 0-1 an, croissance	0,30 *	Jument seule (lourd)	0,60 *
Mâle 0-1 an, engraissement	0,30 *	Jument suitée	0,60 *
Broutard < 1an, engraissement	0,30 *	Jument suitée (lourd)	0,70 *
Ovins (brebis)		Poulain 6m-1an	0,25 *
Agnelle	0,05 *	Poulain 6m-1an (lourd)	0,30 *
Agneau Engraissé Produit	0,03	Poulain 1-2 ans	0,50 *
Bélier	0,10 *	Poulain 1-2 ans (lourd)	0,60 *
Brebis	0,10 *		
Brebis laitière	0,10 *		

*effectif en nombre d'animaux présents en moyenne sur l'exploitation pendant la campagne culturale.

Tableau 1: Équivalences UGB technique. Source : circulaire du 15 mai 2003 relative à la mise en oeuvre du PMPOA : Simplifications et Adaptations

NB : pour les veaux de boucherie et taurillons engraisés avec des céréales et de la paille, il convient de ne pas associer ces UGB spéciaux aux autres UGB afin de ne pas fausser le calcul de l'herbe valorisée au pâturage (source : dexel 2006).

Les équivalences UGB sont établies pour une période de 12 mois. Pour les animaux présents moins de 12 mois, il convient de faire une pondération pour déterminer la quantité de fourrages consommée (par exemple, si une vache laitière est restée seulement 9 mois sur l'exploitation (soit les 3/4 d'une année), on ne comptabilisera que 0.75 UGB. On considère ensuite qu'une UGB technique consomme 5,5 tonnes de matière sèche de fourrages par an.

Ainsi, les besoins annuels en fourrages des animaux de l'exploitation (Bf) sont estimés par la formule suivante :

$$\mathbf{Bf = \text{somme d'équivalent UGB} \times 5,5 \text{ (tMS / équivalent UGB)}}$$

- Calcul de la quantité de fourrages consommés hors pâturage : Fc

La quantité de fourrages consommés hors pâturage (Fc) correspond à la production des surfaces fourragères de l'exploitation (prairies fauchées (ensilage, foin ou enrubanné), cultures fourragères telles que maïs ensilage,

betteraves fourragères...) corrigée par les éventuelles importations ou exportations de fourrages et par les variations de stock de fourrages :

$$\begin{aligned} Fc \text{ (en tMS)} = & \text{ quantité de fourrages produits par les surfaces fourragères hors prairie} \\ & + \text{ quantité d'herbe valorisée en fauche (ensilage, foin et enrubanné)} \\ & - \text{ quantité de fourrages vendus} \\ & + \text{ quantité de fourrages achetés} \\ & + \text{ stock fourrage début campagne} \\ & - \text{ stock fourrage fin campagne} \end{aligned}$$

Les quantités de fourrages produites par les surfaces fourragères (hors herbe et herbe) peuvent être estimées soit à partir d'une évaluation physique des stocks (cubage des silos) soit à partir des rendements mesurés au champ.

Dans ce second cas, il faut comptabiliser les pertes entre le champ et l'auge (différence entre la quantité de fourrages disponible estimée au champ et la quantité de fourrages nette consommée par les animaux). Ces pertes sont en général observées au champ (pertes mécaniques), lors du préfanage (respiration) ou lors de la conservation (moisissure, perte de poids...) et peuvent être accentuées par des conditions climatiques non favorables. Ces pertes sont de l'ordre de 15 % (soit 85 % de la récolte est consommé).

Il convient donc d'appliquer un abattement de 15% sur les rendements au champ afin d'obtenir la quantité nette valorisée. Cet abattement est applicable à tous les fourrages (herbe et hors herbe) récoltés, stockés et **consommés sur l'exploitation** (en revanche il ne s'applique pas aux fourrages produits sur l'exploitation qui sont vendus).

Ainsi, lorsque les quantités de fourrages produites par les surfaces fourragères (hors herbe et herbe) sont estimées à partir des rendements mesurés au champ, on a :

$$\begin{aligned} Fc \text{ (en tMS)} = & [\text{qté de fourrages produits par les surfaces fourragères hors prairie (rendement au} \\ & \text{champ)} \\ & + \text{ quantité d'herbe valorisée en fauche (rendement au champ)} \\ & + \text{ quantité de fourrages achetés}] \times 0,85 \\ & - \text{ quantité de fourrages vendus} \\ & + \text{ stock fourrage début campagne} \\ & - \text{ stock fourrage fin campagne} \end{aligned}$$

Paille alimentaire = dans les systèmes allaitants la paille est souvent un fourrage de base en hiver lors de la période de restriction alimentaire. Cette paille ingérée est intégrée au calcul des fourrages consommés (source dexel 2006).

Cultures intermédiaires fourragères exportées : lorsqu'un système fourrager comporte, des cultures intermédiaires pâturées par des herbivores ou ensilées, il faut en évaluer le rendement afin d'introduire ces quantités de fourrages dans la quantité de fourrages consommés hors pâturage pour réaliser le calcul de l'herbe valorisée au pâturage (source dexel 2006).

b) Exportation d'azote par l'herbe valorisée au pâturage : $N_{exp_hp\hat{a}t\hat{u}r\hat{e}}$

Partie correspondante dans l'annexe 3 du 7è PAR Nitrates :

Exportation d'azote par l'herbe valorisée au pâturage - $N_{exp_hp\hat{a}t\hat{u}r\hat{e}}$					
îlot(s) (fac.)	Fréquence de pâturage	Surface (ha)	Quantité d'herbe valorisée au pâturage (tMS) (P)	Teneur en N des organes récoltés (kgN/tMS) (TN)	Azote exporté par la culture (kgN) ($N_{exp_hp\hat{a}t\hat{u}r\hat{e}}=P*TN$)
	Prairie pâturée – rotation rapide (3 semaines)			30	
	Prairie pâturée – rotation lente (5 semaines)			25	

L'exportation d'azote par l'herbe pâturée est obtenue en multipliant la quantité d'herbe valorisée au pâturage estimé ci-dessus par la teneur en azote de l'herbe. Cette dernière dépend de l'âge de l'herbe et donc de la fréquence de la pâture. Les valeurs de teneur en azote sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Teneur en azote de l'herbe fauchée, en fonction du mode d'exploitation

Mode d'exploitation	Teneur en azote de l'herbe (en kg N/ t MS)
Pâturage à rotation rapide (retour toutes les 3 semaines) ou continu	30
Pâturage à rotation lente (retour toutes les 5 semaines)	25

Source annexée : COMIFER, 22 novembre 2013 (teneurs en azote des organes végétaux récoltés)

$$N_{exp_hp\hat{a}t\hat{u}r\hat{e}} = \text{Quantité d'herbe valorisée au pâturage (P, en tMS)} \times \text{Teneur en azote de l'herbe pâturée selon la fréquence de pâturage (kgN/tMS)}$$

IV. Le solde de la balance globale azotée

Partie correspondante dans l'annexe 3 du 7^e PAR Nitrates :

Solde de la balance globale azotée - BGA	
Norg_elevage : Quantité d'azote contenue dans les effluents d'élevage disponible sur l'exploitation	
Nmin: Quantité d'azote apportée sous forme d'engrais minéraux	
Norg-autre : Quantité d'azote apportée sous formes de fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage	
Total des apports d'azote : Napport	
Nexp_culture : Quantité d'azote exportée par les cultures fourragères (hors prairie) et non fourragères	
Nexp_hfauche : Quantité d'azote exportée par l'herbe fauchée	
Nexp_hpâturage : Quantité d'azote exportée par l'herbe pâturée	
Total des sorties d'azote : Nexport	
Surface agricole utile de l'exploitation – SAU (en ha)	
Balance globale azotée (en kgN/ha)	
BGA = [N apport - N export] / SAU	

Pour obtenir le solde de la balance globale azotée, il convient de reprendre les résultats de chaque item calculé précédemment et suivre le calcul présenté dans le tableau de l'annexe 3 du 7^e PAR Nitrates, reproduit ci-dessus.

ANNEXES

Calcul quantité d'azote issue des effluents d'élevage abattue par traitement (Ntr)

La quantité d'azote transitant par une installation de traitement **située sur l'exploitation** pendant la campagne culturale doit être prise en compte. Ces installations peuvent être de type station de traitement aérobie, séchage, compostage, méthanisation...

La quantité d'azote abattue par l'installation de traitement est la différence entre la quantité d'azote issue des effluents d'élevage entrant dans l'installation de traitement et la quantité d'azote issue des effluents restant après traitement.

$$Ntr = Nentrant - Nsortant$$

- Cas d'une station de traitement du lisier

Utiliser les résultats d'autosurveillance, qui restituent les données suivantes :

- **Ve** : volume de lisier entrant en station (mesuré avec débitmètre)
- **Te** : teneur en azote du lisier entrant en station (valeur mesurée moyenne, correspondant au moins à 2 analyses : lisier d'hiver et lisier d'été)
- **Ns1** : N restant dans l'effluent épuré
- **Ns2** : N restant dans les refus de centrifugation
- **Ns3** : N restant dans les boues

$$Ntr = Nentrant - Nsortant = V1 \cdot T1 - (Ns1 + Ns2 + Ns3)$$

Le taux d'abattement d'azote en station doit être crédible (avant prise en compte de l'exportation des co-produits de traitement, ce taux ne doit pas dépasser 70%). S'il est supérieur, il doit avoir été validé par l'inspection dans le cadre de l'instruction du dossier ICPE.

- Cas d'une unité de compostage ou autre système de traitement

Utiliser le bilan matière ou le registre des entrées-sorties disponible sur l'exploitation.

Le taux d'abattement maximum acceptable correspond à celui qui a été validé avec le cahier des charges du dispositif de traitement..

- En cas de mélange d'effluents d'élevage et d'autres matières azotées dans une station de traitement (station de méthanisation, unité de compostage..)

Seul l'abattement d'azote issu des effluents d'élevage est pris en compte dans le calcul de la quantité d'azote issu d'effluent d'élevage abattue par traitement.

La quantité d'azote organique non issue des effluents d'élevage restant après traitement sera comptabilisée dans la rubrique Norg_autre.

Exemple : l'exploitant composte un mélange de fumier de bovin (produit sur l'exploitation) et de déchets verts. Un total de 1000 kgN entre annuellement dans l'unité de compostage. 800 kgN (80%) est issu du fumier et 200 kgN (20%) d'azote issu de déchets verts. Ainsi 80 % de la quantité d'azote du compost sont considérés comme issus des effluents d'élevage et 20 % comme fertilisant organique autre que les effluents d'élevage.

Le taux d'abattement de l'azote lors du compostage est de 30 %, on obtient donc annuellement 700 kgN sous forme de compost, dont 560 kgN issu d'effluent d'élevage (240 kgN = 800*0,3 sont abattus) et 140 kgN issu d'autres fertilisants organiques. L'azote issu des effluents d'élevage entrant dans l'unité de compostage est déjà compté dans la rubrique Ne, on tient compte dans ici de l'azote issu des effluents d'élevage abattu :

Ntr = 240kgN. Les 140 kgN du compost issu des déchets verts seront comptabilisés dans la rubrique Norg_autre.

NB : Attention, l'abattement d'azote n'est compté dans cette rubrique que si l'installation de traitement est située sur l'exploitation. Si les effluents sont envoyés sur un autre site pour le traitement et que l'exploitant récupère ensuite les effluents traités, l'azote apparaîtra alors dans les rubriques précédentes traitant des quantités d'azote issues des effluents d'élevage importées et exportées (dans les cas où d'autres matières contenant de l'azote entrent dans l'installation de traitement et que le produit issu du traitement contient à la fois de l'azote issu des effluents d'élevage et de l'azote d'autre provenance, la rubrique relative aux fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage devra aussi être utilisée).

Exemple :

- l'exploitant exporte 600 kgN sous forme de lisier vers un transformateur, ces 600 kgN apparaissent dans la rubrique Nexp
- le transformateur méthanise un mélange de lisier de porc et de déchets verts, contenant 60 % d'azote issu du lisier et 40 % d'azote issu de déchets verts. 60 % de la quantité d'azote du digestat sont considérés comme issus des effluents d'élevage et 40 % comme fertilisant organique autre que les effluents d'élevage
- si l'exploitant récupère 1000 kgN sous forme de digestat, 600 kgN apparaissent dans la rubrique Nimp et 400 kgN apparaissent dans la rubrique « fertilisants organiques autres que les effluents d'élevage »

TENEURS EN AZOTE DES ORGANES VÉGÉTAUX RÉCOLTÉS pour les cultures de plein champ, les principaux fourrages et la vigne

Tableau de référence du COMIFER – version 22 novembre 2013

Grandes Cultures, teneurs en azote par unité de récolte

Pour les céréales, il est possible de calculer la teneur en azote des grains d'après leur concentration en protéines lorsqu'elle est connue (deux premières lignes du tableau) ou en se reportant aux lignes suivantes où la teneur en azote proposée correspond à une valeur moyenne par défaut en protéines.

ESPECE	ORGANE	En fonction de la masse de récolte			En fonction du tonnage de pailles exportées		
		% Mat. Sèche récolte (1)	Unité de teneur (2)	Teneur en N	% Mat. Sèche paille (1)	Unité de teneur (2)	Teneur en N
Blé	grain	85	kg / q	(Teneur en protéines) x 0.149			
Avoine, Orge, Seigle, Sorgho, Triticale	grain	85	kg / q	(Teneur en protéines) x 0.136			
Avoine	grain	85	kg / q	1.6			
	paille	85	kg / q	0.4	88	kg / t	5.7
Betterave sucrière	racine	16% sucre	kg / t	1.1			
Blé améliorant	grain	85	kg / q	2.2			
	paille	85	kg / q	0.5	88	kg / t	5.9
Blé dur	grain	85	kg / q	2.1			
	paille	85	kg / q	0.5	88	kg / t	5.9
Blé tendre	grain	85	kg / q	1.8			
	paille	85	kg / q	0.4	88	kg / t	5.7
Colza	grain	91	kg / q	2.9			
	paille				80	kg / t	13.8
Féverole	grain	85	kg / q	3.8			
	paille				88	kg / t	9.7
Lin fibre	paille verte non battue				88	kg / t	5.6
Lin oléagineux	grain	91	kg / q	3.2			
	paille				90	kg / t	16.1
Maïs	grain	85	kg / q	1.2			
	épi entier	81	kg / q	1.1			
	paille				88	kg / t	8.1
Orge brassicole	grain	85	kg / q	1.5			
	paille	85	kg / q	0.4	88	kg / t	6.5
Pois	grain	86	kg / q	3.1			
	paille				88	kg / t	11.9
Pomme de terre de consommation	tubercule	22	kg / t	3.4			
Pomme de terre féculé	tubercule	26	kg / t	4.3			
Riz	grain	87	kg / q	1.2			
	paille	87	kg / q	0.3	88	kg / t	4.2
Seigle	grain	85	kg / q	1.8			
	paille	85	kg / q	0.4	88	kg / t	5.7
Sorgho	grain	85	kg / q	1.5			
Tournesol	grain	91	kg / q	2.4			
	paille				80	kg / t	11.6
Triticale	grain	85	kg / q	1.6			
	paille	85	kg / q	0.3	88	kg / t	4.1

(1) : teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particulier de la betterave sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements

(2) : quantité de N par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal

Légumes de plein champ & tabac, teneurs en azote par unité de récolte

(Liste restreinte étant donné le grand nombre d'espèces. Pour plus de détails, voir les documents cités dans la bibliographie ou les Instituts Techniques correspondants)

ESPECE	ORGANE	Dest (1)	% Mat. Sèche récolte (2)	Rendement moyen (t/ha) (3)	Unité de teneur (4)	Teneur en N
Artichaut violet	tête	F		4.2-6.4	kg / t	3.7
Artichaut globuleux	tête	F		7-10	kg / t	4.5
Asperge	turion	F		3-8	kg / t	4.0
Aubergine	résidus de culture	F		48	kg / t	3.0
	fruit	F		100-130	kg / t	1.4
Brocoli	tête 17 cm	F		11	kg / t	4.5
	tête	I		10-20	kg / t	4.0
Carotte	fanes	F		13-16	kg / t	2.3
	racine	F		60-65	kg / t	1.2
Carotte jeune "Amsterdam"	racine	I	10	35-45	kg / t	1.1
Carotte grosse "Flakkee"	racine	I	12	75-85	kg / t	1.7
Céleri branche	paré 22 cm	I		55-75	kg / t	1.1
	paré 28 cm	I		80-90	kg / t	1.3
Céleri rave	racine	F		50-58	kg / t	2.0
Chicorées, Frisées, Scaroles	feuilles	F		35	kg / t	3.3
Chioggia	feuilles	F		32	kg / t	2.2
Chou-fleur d'hiver	tête	F		18-23	kg / t	4.3
Chou-fleur d'été et d'automne	tête	F		30	kg / t	2.5
Courgette	résidus de culture	F		28	kg / t	2.5
	fruit	F		35	kg / t	2.2
Echalote	bulbe	F		40	kg / t	2.3
Epinard	feuilles	I	7	20-30	kg / t	3.7
Fenouil	bulbe	F		22	kg / t	1.8
Haricot extra fin ou très fin	gousse	I	10	oct-15	kg / t	3.4
Haricot flageolet	grain	I	42	4.5-7	kg / t	15.0
Laitue	tête	F		50-60	kg / t	1.8
Mâche	feuilles	F		4 à 10	kg / t	4.5
Melon	résidus de culture	F		14	kg / t	3.6
	fruit	F		20-50	kg / t	1.4
Poireau	fût et feuilles	F		50	kg / t	3.3
Pois potager	grain	I		6.5	kg / t	9.8
Poivron	résidus de culture	F		35	kg / t	2.7
	fruit	F		104	kg / t	1.4
Pomme de terre primeur	fanes	F		12-15	kg / t	2.6
	tubercule	F		30-40	kg / t	2.8
Scorsonère	racine	I	26	20-30	kg / t	4.9
Tabac Burley	feuilles	I	73		kg / t	60.0
Tabac Brun	feuilles	I	73		kg / t	60.0
Tabac Virginie	feuilles	I	87		kg / t	15.0
Tomate	résidus de culture	F		65	kg / t	3.0
	fruit	F		175	kg / t	1.5

(1) : destination : F = marché de frais ; I = industrie de transformation ; pour les légumes d'industrie, les références sont celles de l'UNILET ; pour les légumes pour le marché "frais" les références sont issues des Chambres d'Agriculture du Bretagne, de l'INRA et du CTIFL ; pour le tabac, les références sont issues de l'ANITTA. Nous avons exprimé toutes les récoltes en unité de masse, bien que dans la pratique certaines unités très spécifiques subsistent pour les légumes frais.

(2) : teneur en matière sèche pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte)

(3) : plage de rendement pour lesquels les valeurs d'exportations sont valables

(4) : quantité de N par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal

Fourrages et cultures fourragères, teneurs en azote par unité de récolte

Teneurs relatives à la matière sèche pour les fourrages et le maïs, et à la matière fraîche pour la betterave

NB : les teneurs dépendent beaucoup du stade précis, des conditions de récolte et des états de nutrition minérale de l'herbe.

CULTURE	ORGANE	Type de récolte	% Mat. Sèche récolte (1)	Unité de teneur (2)	Teneur en N
Betterave fourragère	plante entière		16	kg / tMF	2.5
Maïs	plante entière ensilée			kg / tMS	11.5
Trèfle violet		pâturage		kg / tMS	31.0
		ensilage		kg / tMS	28.0
		foin		kg / tMS	29.0
Luzerne		déshydratée		kg / tMS	35.0
		ensilage		kg / tMS	30.0
		foin		kg / tMS	28.0
Prairies permanentes ou temporaires, graminées ou multi-espèces		pâturage à rotation rapide (retour toutes les 3 semaines) ou continu		kg / tMS	30.0
		pâturage à rotation lente (retour toutes les 5 semaines)		kg / tMS	25.0
		ensilage, enrubannage		kg / tMS	25.0
		foin précoce		kg / tMS	20.0
		foin tardif		kg / tMS	15.0
		regain		kg / tMS	19.0

Cultures porte-graines, teneurs en azote par unité de récolte

Culture	ORGANE	Rendement standard (kg/ha) (3)	Unité de teneur (2)	Teneur en N
Betterave sucrière	graine	3000	kg / q	1.7
Brome	graine	2000	kg / q	2.5
Carotte type "Nantaise" (Hyb.)	graine	300	kg / q	3.4
Carotte type "Nantaise" (Pop.)	graine	600	kg / q	3.4
Dactyle	graine	900	kg / q	2.3
Fétuque élevée (Gazon)	graine	1400	kg / q	2.5
Fétuque élevée (Fourrage)	graine	1000	kg / q	2.5
Fétuque rouge	graine	1100	kg / q	2.3
Laitue	graine	500	kg / q	4.0
Mâche	graine	1100	kg / q	2.3
Oignon (plantation automne) (Hyb.)	graine	350	kg / q	4.3
Oignon (plantation automne) (Pop.)	graine	600	kg / q	4.2
Radis type « Rond Rouge » (Hyb.)	graine	400	kg / q	5.0
Radis type « Rond Rouge » (Pop.)	graine	850	kg / q	4.2
Ray-grass Anglais (Gazon et fourrage)	graine	1300	kg / q	2.7
Ray-grass Italien	graine	1500	kg / q	2.0

Vigne, valeurs d'exportations en azote

Espèce	ORGANE	% Mat. Sèche récolte (2)	Unité de teneur (2) (4)	Teneur en N
Vigne	bois de taille	50	kg / t	3.3
	rafle		kg / ha	1.5
	baies	20	kg / t	1.3

(1) : teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particulier de la betterave sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements;

(2) : quantité de N par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal

(3) : plage de rendement pour lesquels les valeurs d'exportations sont valables

(4) : quantité de N exporté par unité de surface, kg/ha