

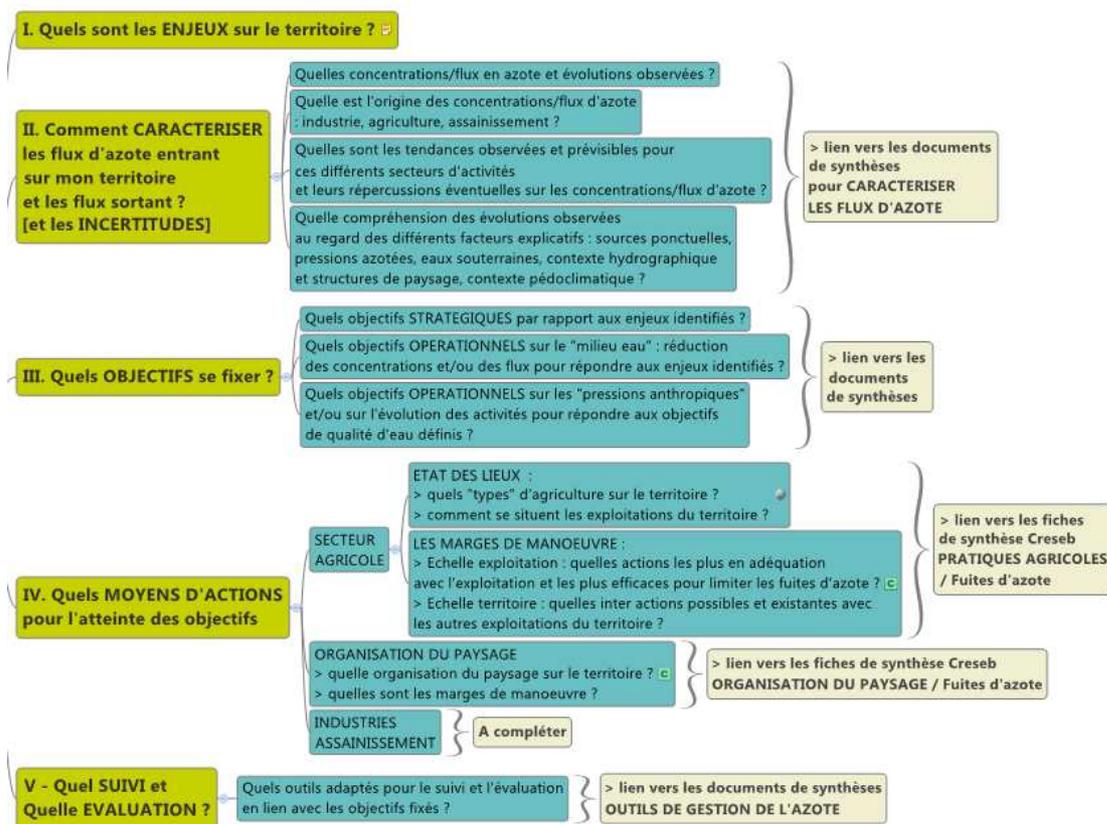
Aide à l'identification des actions pour l'amélioration de la qualité de l'eau pour le paramètre « Azote »

Au regard des questionnements soulevés par les acteurs des territoires bretons en charge de la reconquête de la qualité de l'eau, un travail de synthèse a été réalisé dans l'objectif de les accompagner dans le choix des actions permettant de limiter les fuites d'azote en lien avec les **pratiques et systèmes agricoles** et les **structures de paysage**.

Comment mobiliser les fiches et outils actuellement disponibles au regard de la situation sur le territoire visé ?

Lors du travail de synthèse des connaissances scientifiques, il est apparu important d'accompagner le lecteur de ces documents afin qu'il s'assure de la cohérence entre les solutions qui peuvent être proposées (parmi un panel de solutions) et le contexte du territoire sur lequel ces actions sont proposées.

Ainsi le schéma qui est présenté ci-après permet (via des liens hypertextes) d'accéder aux différentes fiches de synthèse scientifiques et techniques ainsi qu'à d'autres outils et documents de synthèse existants en suivant un cheminement de questions permettant de les intégrer dans le contexte du territoire.



La vie des fiches

Ce schéma et les hyperliens proposés visent à être modifiés et/ou complétés en fonction de l'évolution des connaissances et à partir des éléments complémentaires que chacun d'entre vous nous fournira.

Qui a participé à ce travail ?

Pascaline Moreau, encadrée par M. Carof, C. Grimaldi, C. Gascuel et V. Parneadeau (UMR SAS – Agrocampus Ouest), a rédigé ces fiches de synthèse qui ont par la suite été relues et validées par les différents experts cités à la fin de chaque fiche.

Un comité de suivi composé de scientifiques, de représentants des territoires et de partenaires s'est réuni 3 fois au cours de l'année 2013 : M. Czamanski (IUEM), O. Manceau (CRAB), G. Beduneau (SAGE de la Vilaine), Y. Binault (SAGE Léon Trégor), W. Messiez-Poche (SAGE de la Baie de Saint Briec), M Deldicque (Région Bretagne), L. Grimault (Creseb).

Les fiches Creseb ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Bretagne - Seules les fiches validées sont actuellement disponibles sur le site Internet du Creseb dans la rubrique :

www.creseb.fr/ ▶ [Les travaux du Creseb en cours](#) ▶ [Limiter les fuites d'azote](#) ▶ [Fuite d'azote - Liste des fiches de synthèse](#)

Fuites d'azote - pratiques agricoles et structures de paysage [Fiches de synthèse]

Ces fiches ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Bretagne

> **Fiche n°0 : Connaissances générales** sur les fuites d'azote dans les systèmes cultivés

> **Fiches série "Élevage"**

Fiche n°1 : Quels leviers pour réduire les pertes d'azote dans les élevages ?

Fiche n°2 : Comment gérer l'alimentation et les effluents d'élevage pour limiter les pertes d'azote :

Fiche n°2a : dans les élevages bovins ?

Fiche n°2b : dans les élevages porcins ?

Fiche n°2c : dans les élevages avicoles ?

Fiche n°3a : Comment limiter les pertes d'azote à l'épandage ?

Fiche n°3b : Quels traitements des effluents d'élevage pour limiter les pertes d'azote ?

> **Fiches série "Système fourragers"**

Fiche n°4 : Quels leviers pour limiter les fuites d'azote en système prairial ?

Fiche n°5 : Pertes d'azote sous prairie : Quelle gestion pour limiter les fuites d'azote ?

Fiche n°6 : Quels leviers pour éviter les pertes d'azote suite au retournement de prairie ?

Fiche n°7 : Prairies et surfaces fourragères : Quelles incidences de l'assolement et de la rotation sur les fuites d'azote ?

Fiche n°8 : Quels leviers pour éviter le retournement de prairie ?

> **Fiches série "Légumes"**

Fiche n°9 : Quels leviers pour réduire les fuites d'azote en production légumière de plein champ ?

- Les facteurs de risque de lixiviation d'azote dans les systèmes légumiers bretons

- Etat des lieux des niveaux moyens de lixiviation d'azote

Fiche n°10 : Peut-on modifier les systèmes de culture légumiers pour réduire les fuites d'azote ?

- Choix des espèces

- Qualité du sol

- Couverture efficace aux périodes critiques

- Enfouissement de paille

- Actions collectives

Fiche n°11 : Comment optimiser la fertilisation des cultures légumières pour réduire les fuites d'azote ?

- Impact de la fertilisation

- Impact de la MO dans les zones légumières

- Les leviers en lien avec les systèmes de culture

Fiche n°12 : Quelles sont les structures d'appui scientifique et technique en productions légumières ?

> **Fiches série "Paysage"**

Fiche n°13 : Quelles connaissances sur les transferts et la rétention des nitrates dans un bassin versant ?

Fiche n°14 : Quelles connaissances sur l'efficacité des structures du paysage pour l'abattement des nitrates ?

Fiche n°15 : Guide de lecture du paysage et leviers pour l'optimisation du fonctionnement des zones tampons

> **Fiches série "Outils de gestion de l'azote" [en cours de finalisation]**

Fiche n°16 : Clés pour choisir les outils appropriés dans un plan de lutte contre les pollutions azotées

Fiche n°17 : Synthèse des caractéristiques des outils d'évaluation de la gestion de l'azote

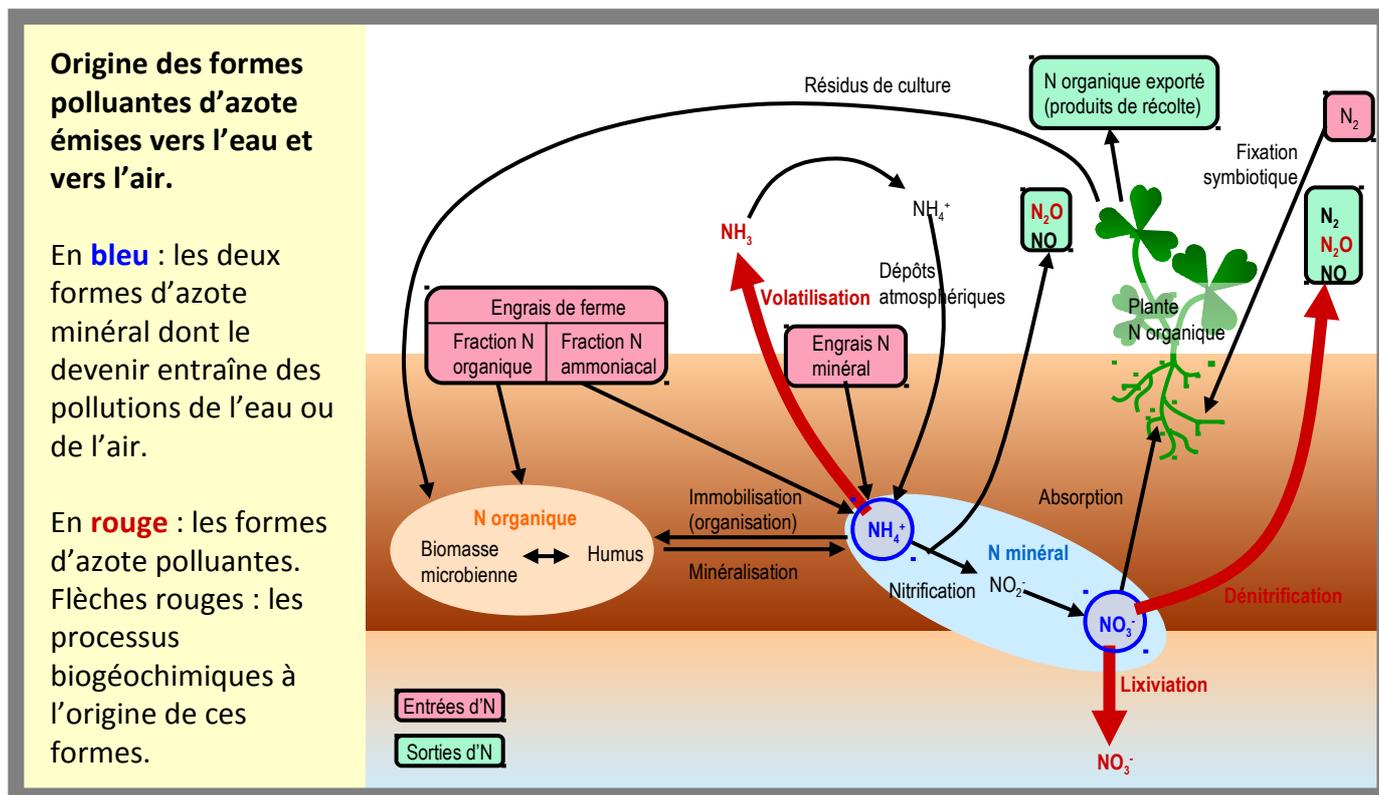
Connaissances sur les formes potentiellement polluantes d'azote dans un système agricole, leur origine et leur devenir

Pertes vers l'eau :

- Lixiviation de NO_3^-

Pertes vers l'air :

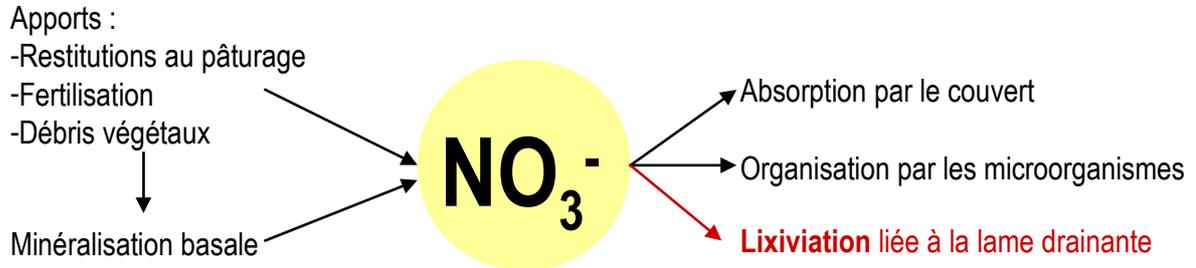
- Volatilisation par passage de la forme NH_4^+ à la forme NH_3 (polluant de l'air, se redépose quelques mètres ou kilomètres plus loin provoquant une acidification du sol ; il peut alors être nitrifié en NO_3^- potentiellement lixiviable)
- Dénitrification à partir du NH_4^+ et du NO_3^- : produit du N_2 si la dénitrification est totale, ou du NO ou du N_2O (gaz à effet de serre) si la dénitrification est partielle.



La maîtrise de la lixiviation des nitrates constitue un enjeu majeur pour la qualité de l'eau : la concentration en nitrates est un critère de potabilité de l'eau et les flux de nitrates est un des moteurs de la prolifération d'algues vertes à l'embouchure des fleuves.

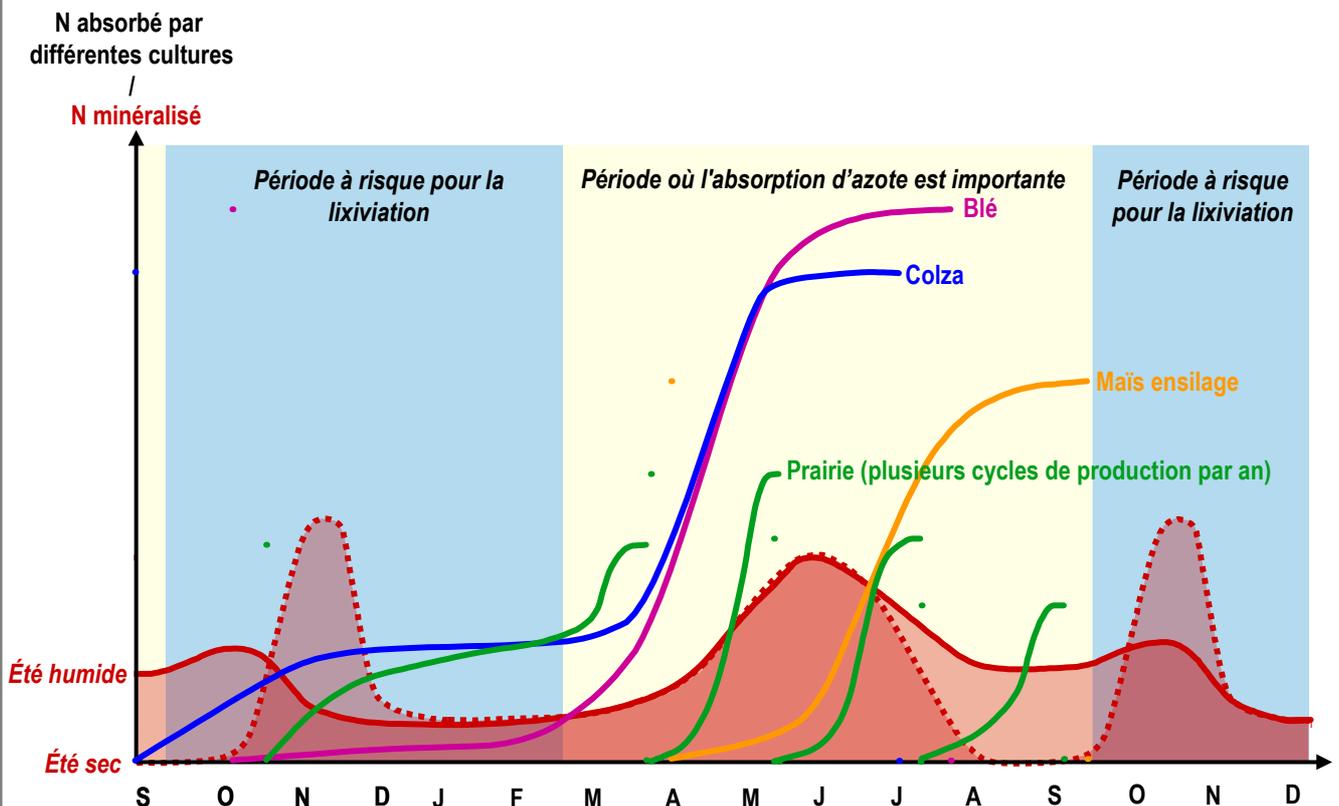
Connaissances sur la correspondance entre les périodes d'absorption des cultures et la disponibilité en azote du sol

La quantité de nitrate lixiviée dépend des nitrates présents à un moment donné (résultat des apports et de la minéralisation basale) et de leur utilisation par les plantes et microorganismes ou de leur entraînement en profondeur avec l'eau de drainage.



De façon générale, la quantité d'azote nitrique lixiviée sera d'autant plus grande que les apports sont supérieurs aux capacités d'absorption des plantes et que la circulation de l'eau dans les sols sera rapide (Vertès et al., 2007).

Diagramme théorique mettant en correspondance les besoins en azote des cultures (blé, colza, maïs ensilage et prairie), la fourniture naturelle par le sol (conditions estivales sèches ou humides) et les risques de lixiviation.



Les leviers : Principes de base pour réduire la lixiviation des nitrates

On veillera donc à :

- faire correspondre au mieux les doses et périodes d'apport en fonction des capacités d'absorption de la culture
- prendre en compte la fourniture par le sol et les apports organiques successifs
- laisser le moins de reliquats possible avant le début de la période de drainage, par exemple en implantant une culture pompant l'azote juste avant le début du drainage ou en favorisant l'organisation de l'azote minéral par la biomasse microbienne du sol.

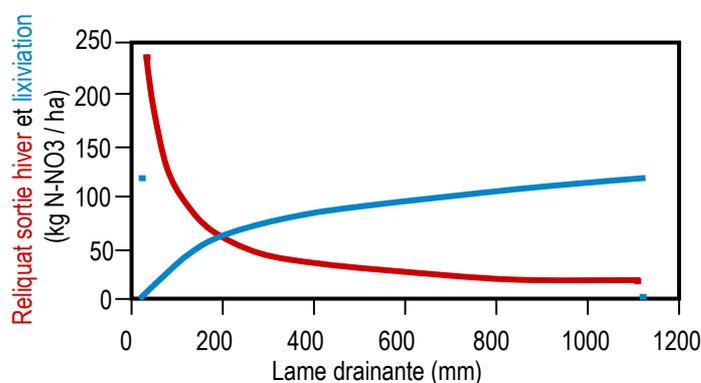
Selon les facteurs de sensibilité du milieu présentés ci-dessous, l'attention sera d'autant plus grande à bien respecter ces principes lorsque la parcelle est jugée à risque.

Connaissances sur les facteurs modulant le risque de lixiviation des nitrates

Effet de la lame drainante

Plus le cumul des précipitations en automne-hiver est important, plus la **lame drainante** est forte, plus la quantité d'azote lixivié est importante. L'azote minéral du sol est lixivié presque en totalité pour des lames drainantes supérieures ou égales à 500 mm (Grall, 2012). L'absorption d'eau par un couvert végétal permet de réduire la lame drainante par rapport à un sol nu.

Impact de la lame drainante sur le niveau moyen du reliquat sortie hiver (Grall, 2012) mesuré en Ille-et-Vilaine et Finistère et sur la lixiviation moyenne (Hanocq, 2012) mesurée sur différents sites bretons et plusieurs années, avec le même système de culture (blé+sol nu).



Le régime des précipitations régule également le **niveau de pousse estivale de l'herbe**.

- Une forte pousse de l'herbe en été permet de maintenir une absorption significative d'azote. Lorsque la croissance du couvert est au contraire ralentie en été, le risque de ne pas valoriser l'azote minéral du sol avant la période de drainage est accru (Hanocq et Vertès, 2012).
- Les accidents climatiques (sécheresse, canicule) entraînent une forte mortalité du couvert prairial, ce qui accentue les risques de pertes d'azote sous les zones de sol nu avec une minéralisation proche de celle liée à la destruction de la prairie. Par ailleurs, le manque d'herbe entraîne un affouragement sur la parcelle, les apports d'azote (déjections) devenant alors supérieurs aux exportations (consommation d'herbe) (Vertès et al., 2007).

Pour connaître la lame drainante moyenne et le niveau de pousse estivale de votre secteur, voir le site de [Territ'Eau](#).

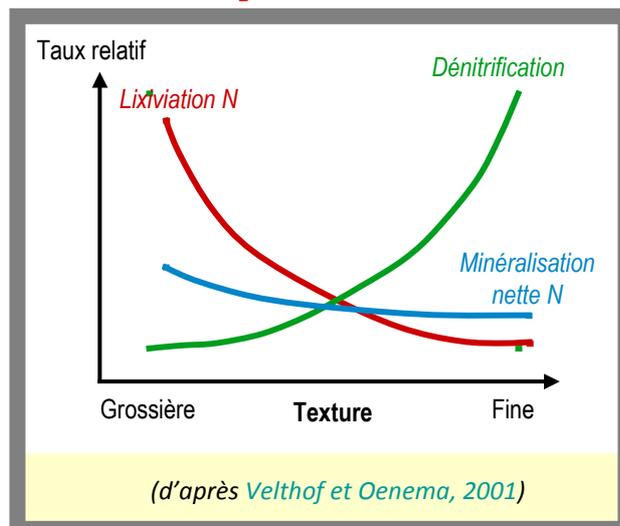
Connaissances sur les facteurs modulant le risque de

lixiviation des nitrates (suite)

Effet des caractéristiques physico-chimiques du sol

Texture

Pour un même excédent d'azote, plus la texture est grossière (sols sableux), plus les risques de lixiviation de l'azote sont grands.



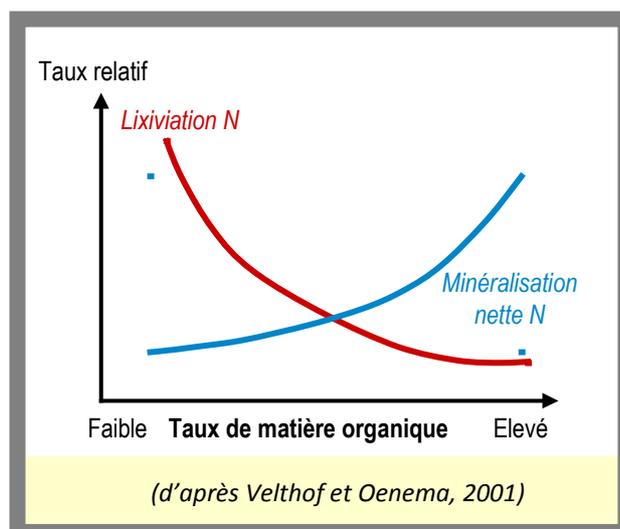
Fonctionnement hydrique du sol

Pour un même excédent d'azote, les pertes totales d'azote augmentent avec la perméabilité du sol.

- Plus le sol est drainant, plus les pertes se font par lixiviation.
- Moins le sol est drainant (sols hydromorphes), plus les pertes se font par dénitrification (Vertès et al., 2007).

Teneur en matière organique

La quantité d'azote organique accumulée sous prairie dépend de la quantité de matière organique présente à l'installation de la prairie (Velthof et Oenema, 2001). La vitesse de minéralisation dépend de la teneur en azote organique et du régime thermique avant et pendant la période de drainage. Les sols riches en matière organique peuvent libérer plus d'azote minéral. La minéralisation basale peut ainsi varier du simple au double entre les sites (COMIFER, 2013).



pH

L'acidité du sol est défavorable à la nitrification : la minéralisation ne va pas jusqu'à la formation du nitrate (Laurent et al., 2000). Toutes choses égales par ailleurs, le pH réduit donc les risques de pertes de nitrates.

Effet du positionnement dans le versant

En bas de versant, l'azote potentiellement lixiviable peut être plus directement exporté vers le cours d'eau (du fait de la proximité avec le cours d'eau).

Il faudra veiller particulièrement à :

- ne pas trop fertiliser les parcelles en bas de versant
- ne pas faire pâturer trop près du cours d'eau (proscrire l'abreuvement des animaux directement dans le cours d'eau)
- conserver les structures du paysage favorables à la dénitrification ou à l'absorption du nitrate.

Pour aller plus loin...

- Hanocq D. (2012) *Pluviométrie et drainage hivernal dans l'Ouest de la France*. In : « 30 ans de références pour comprendre et limiter les fuites d'azote à la parcelle ». Actes de la journée de synthèse scientifique organisée par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, Arvalis-Institut du Végétal et INRA Agrocampus Ouest (Ploërmel, France, 3 février 2012), pages 8-12.
- Laurent F., F. Vertès, A. Farruggia et P. Kerveillant (2000) *Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle*. Fourrages, 164 : 397-420. [Lien](#)
- Vertès F., J.-C. Simon, F. Laurent et A. Besnard (2007) *Prairies et qualité de l'eau – Evaluation des risques de lixiviation d'azote et optimisation des pratiques*. Fourrages, 192 : 423-440. [Lien](#)
- Vertès F., Simon J.-C., Giovanni R., Grignani C., Corson M., Durand P., Peyraud J.-L. (2009) *Flux de nitrate dans les élevages bovins et qualité de l'eau : variabilité des phénomènes et diversité des conditions*. Académie d'Agriculture de France (Paris, France), séance du 14 mai 2008, 9 pages. [Lien](#)

Autres références citées :

- COMIFER (2013) *Calcul de la fertilisation azotée : Guide méthodologique pour l'élaboration des prescriptions locales - Cultures annuelles et prairies*. Editions COMIFER (Paris), 159 pages. [Lien](#)
- Grall J. (2012) *Les reliquats d'azote sortie hiver : un indicateur de changement des pratiques*. In : « 30 ans de références pour comprendre et limiter les fuites d'azote à la parcelle ». Actes de la journée de synthèse scientifique organisée par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, Arvalis-Institut du Végétal et INRA Agrocampus Ouest (Ploërmel, France, 3 février 2012), pages 32-34.
- Hanocq D., Vertès F. (2012) *Les reliquats d'azote sortie hiver : un indicateur de changement des pratiques*. In : « 30 ans de références pour comprendre et limiter les fuites d'azote à la parcelle ». Actes de la journée de synthèse scientifique organisée par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, Arvalis-Institut du Végétal et INRA Agrocampus Ouest (Ploërmel, France, 3 février 2012), pages 35-40.
- Peyraud J.-L., P. Cellier, (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages.
- Velthof G.L. et O. Oenema (2001) *Effects of ageing and cultivation of grassland on soil nitrogen*. Wageningen, Alterra, Green World Research. Alterra-rapport 399. 56 pages. [Lien](#)



Rédaction : Pascaline MOREAU (AGROCAMPUS OUEST)

Encadrement du projet : Matthieu CAROF (AGROCAMPUS OUEST), Catherine GRIMALDI (INRA), Virginie PARNAUDEAU (INRA)

Validation scientifique :

Ces fiches ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Bretagne

Quels leviers pour réduire les pertes d'azote dans les élevages ?

Les leviers aux échelles de l'ATELIER / PARCELLE et de l'EXPLOITATION

4 principaux leviers pour limiter les pertes d'azote vers l'eau et l'atmosphère

• **Réduction des rejets par les animaux**, notamment en optimisant la valorisation de l'azote ingéré par les animaux et en ajustant les quantités apportées. Les connaissances et techniques ont beaucoup progressé dans ce domaine : leur application sur le terrain doit être vérifiée.

• **Maîtrise de la chaîne de gestion des effluents :**

- Au bâtiment
- Au stockage
- A l'épandage

Beaucoup de marges de manœuvre existent sur ce levier : selon les modalités de gestion des effluents, les fuites vers l'environnement (y compris sous forme gazeuse) varient de 30 à 75% de l'azote rejeté par les animaux. Les pertes d'azote sont plus importantes au bâtiment, plus faibles à l'épandage et encore moins importantes au stockage.

• **Traitements des effluents** pour stabiliser ou éliminer l'azote des effluents. De nombreux traitements sont actuellement développés pour différentes finalités et différents types d'effluents

• **Adaptation des modes de conduite de la production végétale :**

- Fertilisation azotée et mode de gestion de la prairie (fauche ou pâture, période et intensité de l'exploitation de la prairie) : dans tous les cas, évaluer la fourniture par le sol et ajuster les apports d'N aux besoins des cultures (doses et périodes)
- Assolement et rotations culturales : composition des prairies, durée des prairies, modalités et période de retournement, espèces à implanter après un retournement, CIPAN

Ce levier est essentiel dans la maîtrise des fuites d'azote nitrique, mais il reste des recherches à réaliser en matière d'innovations techniques.



Les leviers à l'échelle du TERRITOIRE

4 principaux leviers pour limiter les pertes d'azote vers l'eau

• **Aménagements paysagers à capacité épuratrice de l'eau** : zones humides, haies...

Type, localisation et combinaisons à réfléchir selon le fonctionnement hydrique du bassin versant. Mais l'abattement attendu n'est que de quelques pourcents : levier complémentaire à ceux sur les pratiques agricoles.

• **Optimisation des parcellaires**

Du fait de l'éclatement du parcellaire, les parcelles les plus éloignées ne peuvent pas être gérées comme celles à proximité de l'exploitation, conduisant à raisonner l'épandage des effluents d'élevage en termes de coût et de temps de transport plutôt qu'en fonction des besoins de chaque parcelle et risques environnementaux. Des plans d'épandage en commun ou des échanges parcellaires peuvent être mobilisés pour ce levier.



Les leviers à l'échelle du TERRITOIRE (suite)

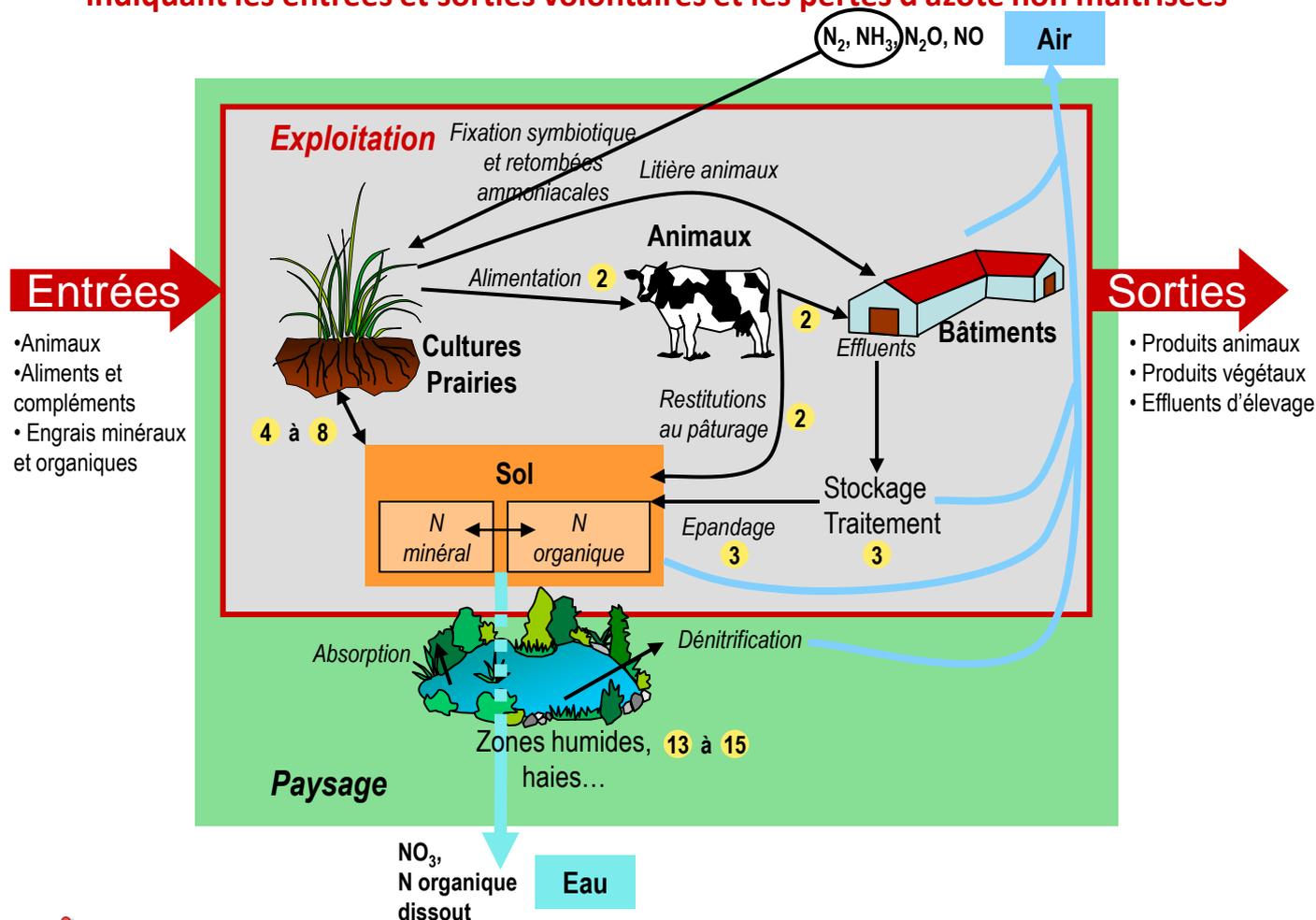
• **Recyclage des effluents d'élevage** : exportation vers d'autres exploitations ou territoires ou utilisation autre qu'agricole. La bonne coordination entre les différents acteurs nécessite une organisation territoriale.

• **Adaptation de l'intensité de la production animale aux capacités des territoires et diversification des productions.** Il est montré que plus le chargement et la quantité de lait produite par hectare augmente, plus on fait entrer d'azote dans l'exploitation (fertilisation, apports de concentrés) et plus le risque de fuites d'N augmente ([programme Green Dairy](#)). L'excédent du bilan d'azote mesuré sur un territoire peut être abaissé en réduisant l'intensification de l'élevage ou les surfaces consacrées à l'élevage. Ce levier nécessite de repenser l'organisation des filières.

Ces deux dernières mesures permettraient de rétablir les équilibres azotés territoriaux ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

Schéma récapitulatif

Représentation simplifiée des flux d'azote dans une exploitation en polyculture-élevage, indiquant les entrées et sorties volontaires et les pertes d'azote non maîtrisées



Concernant la gestion des effluents, l'ensemble des maillons de la chaîne doit être maîtrisé avec la même attention pour ne pas risquer de reporter les pertes d'azote lixiviable sur le maillon suivant.

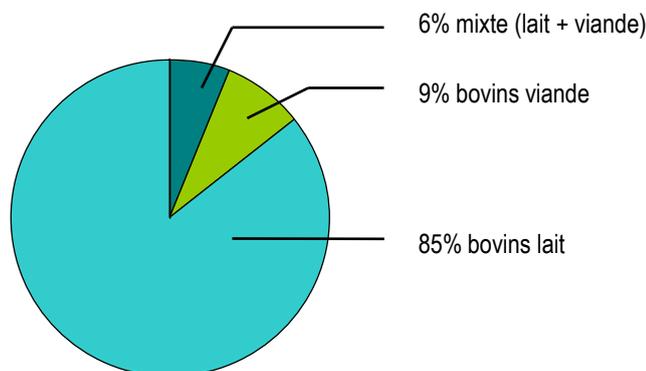
X : Volets traités (n° de fiches correspondant)

Pour aller plus loin...

Peyraud J.-L., P. Cellier, (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, INRA (France), 527 pages. [Lien](#)

Etat des lieux de l'élevage bovin, en Bretagne

11 700 exploitations en 2010 :



19% des vaches laitières et 26% des veaux de boucherie en France sont bretons et plus de 20% du lait vient de Bretagne.

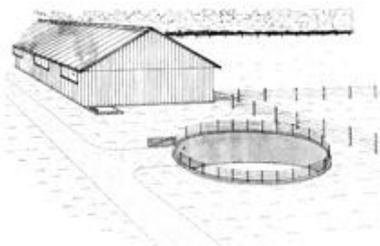
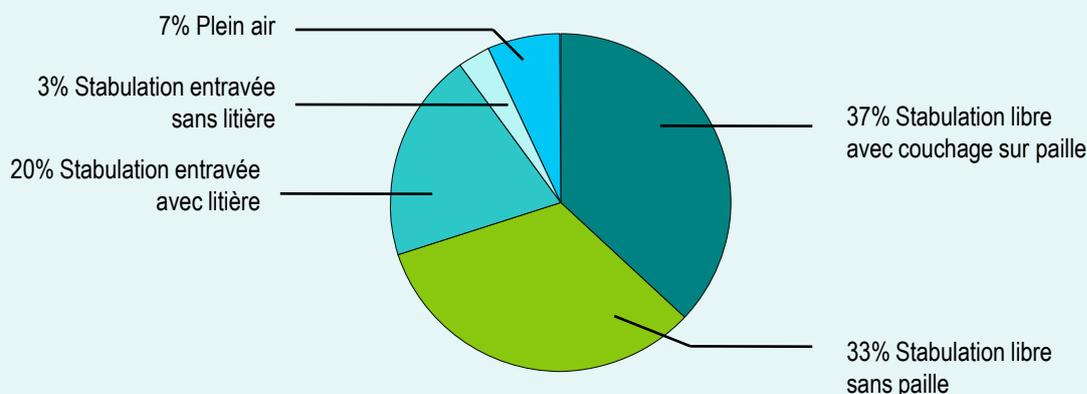
Un effectif total de 2 millions de bovins en 2010, dont :

- 730 000 vaches laitières
- 140 000 vaches nourrices
- 1 200 000 bovins en croissance, dont 340 000 veaux de boucherie

Une production annuelle de :

- 5 000 millions de litres de lait (2012) (20% de la production française)
- 178 000 tonnes de viande bovine (2010) (13% de la production française).

Logement des animaux (CORPEN, 2006) :



Les **dispositifs et capacités de stockage des effluents** se sont relativement bien développés en Bretagne : les élevages bovins étaient en 2008 presque tous équipés de fosses à lisier avec une autonomie moyenne de 7 mois et sont couvertes pour 34% d'entre elles, et à 70% équipés de fumières. Les écoulements des aires d'exercice et de stockage de fumier étaient à 84 et 87% respectivement récupérés.

(Sources : [Agrete, 2009](#) [Agrete, 2012a](#) et [Agrete, 2012b](#), [Agrete, 2013](#))

Etat des lieux de l'efficacité azotée en nutrition bovine, en France

Jeune bovin viande	19%
Génisse, vêlage 2 ans	11%
vêlage 3 ans	6-7%
Vache allaitante	17%
Vache laitière	23-25%
Vache adulte tarie	proche de 0%

Les solutions concernent principalement les **vaches laitières**. Les pertes d'azote par les **vaches allaitantes** sont moins maîtrisables : manque de données les concernant et difficulté de gérer les quantités et la qualité des aliments au pâturage. Bien que les pertes soient proportionnellement un peu plus importantes, l'azote est mieux valorisé par la prairie et le chargement par hectare de surface fourragère est plus faible et conduit à une moindre pression par ha qu'en système laitier.

(d'après [Peyraud, Cellier et al., 2012](#) et Ph. Faverdin, communication personnelle)

Les leviers en lien avec l'alimentation

• Réduire la teneur en azote des fourrages ?

La solution souvent évoquée est d'utiliser préférentiellement des fourrages pauvres en protéines : alimentation à base de maïs-ensilage et supplémentation à base de concentrés de soja, et éviter l'alimentation par fourrages verts, légumineuses ou ensilage d'herbe (Ferchaud, 2006).

Mais les pratiques de complémentation en protéines sur ces fourrages sont souvent excédentaires et l'affouragement en stabulation implique des investissements et coûts plus importants (Le Gall et al., 1997). Par ailleurs, si l'efficacité de l'azote à l'échelle de l'animal est améliorée, elle ne l'est pas à l'échelle de l'exploitation (Peyraud, Cellier et al., 2012) : les pertes sont moindres dans des systèmes d'élevage présentant la plus grande part de prairies dans la SFP (notamment prairies permanentes). Ceci est lié :

- aux moins grands recours aux entrées exogènes d'azote (compléments protéiques) dans l'exploitation
- au moindre temps de résidence des animaux dans les bâtiments, car c'est dans la chaîne bâtiment-stockage-épandage que les pertes d'azotes par volatilisation sont les plus importantes
- à la potentielle meilleure utilisation de l'azote par les prairies que par les autres cultures (l'apport d'azote organique étant généralement bien en phase avec les besoins de la plante), à la quasi absence de sols nus et de retournements entraînant les fortes minéralisations et au chargement moins important sur prairies permanentes du fait du moindre rendement ([fiches n°4, 5 et 6](#))

• Améliorer la valorisation de l'azote ingéré par l'animal

L'enjeu actuel est d'augmenter la valeur protéique de l'azote ingéré, en abaissant la digestibilité des protéines pour réduire leur dégradation dans le rumen et qu'elles soient ainsi préférentiellement digérées dans l'intestin (Peyraud, Cellier et al., 2012). Actuellement, ceci est possible par tannage des tourteaux (colza et soja). On peut ainsi réduire la teneur en azote des rations sans affecter les performances des animaux, tout en réduisant l'achat de compléments protéiques.

Cependant, le tannage étant effectué par un traitement au formol, il est possible que la législation évolue pour interdire cette technologie. D'autres méthodes de protection des protéines pour en réduire la dégradation dans le rumen sont actuellement recherchées (Peyraud, Cellier, et al., 2012).

Les leviers en lien avec l'alimentation (suite)

- **Eviter l'excès alimentaire et réduire la complémentation en protéines**

Alors qu'une marge est souvent prise par les éleveurs, l'ajustement aux stricts besoins des vaches permet de maintenir les performances de l'animal tout en réduisant l'azote excrété. Le calcul de la ration peut se faire à l'aide du logiciel INRAtion. Il est même possible réduire de 5% le niveau d'apport d'azote dégradable par rapport aux recommandations sans pénaliser les performances : les rejets d'azote sont alors diminués de 10 kg N par vache sur une lactation (Peyraud, Cellier et al., 2012).

- **Raisonnement l'équilibre entre apports protéiques métabolisables et apports d'énergie**

Pour une vache laitière, quel que soit son niveau de production, l'optimum est de 100 g de PDIE/UFL. Au-delà, on constate un faible gain de productivité laitière pour une augmentation importante des rejets azotés (Peyraud, Cellier et al., 2012).

- **Augmenter la production de lait par vache ?**

L'amélioration génétique a conduit à une augmentation de la production de lait par vache. Plus une vache laitière est productive, moins elle rejette d'azote par tonne de lait : diminution de 5% d'N rejeté par tranche de 1000 litres de lait (Peyraud, Cellier et al., 2012).

Mais la forte productivité s'est accompagnée d'un plus fort taux de renouvellement, donc d'un nombre plus important de génisses de renouvellement nécessitant un usage accru de concentrés (entrée d'azote exogène dans l'exploitation). A l'échelle de la filière, l'augmentation de la production laitière par tête entraîne la diminution du cheptel laitier, donc de vaches de réformes, et la diminution de la quantité de viande est compensée par le cheptel allaitant qui valorise moins bien l'azote (Peyraud, Cellier et al., 2012).

Enfin, l'augmentation de production va-t-elle améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote ? Il est difficile de répondre fermement à cette question complexe : cela dépend de l'échelle (animal - exploitation - territoire) et des pratiques associées aux différents modes d'élevages (Ph. Faverdin, communication personnelle).

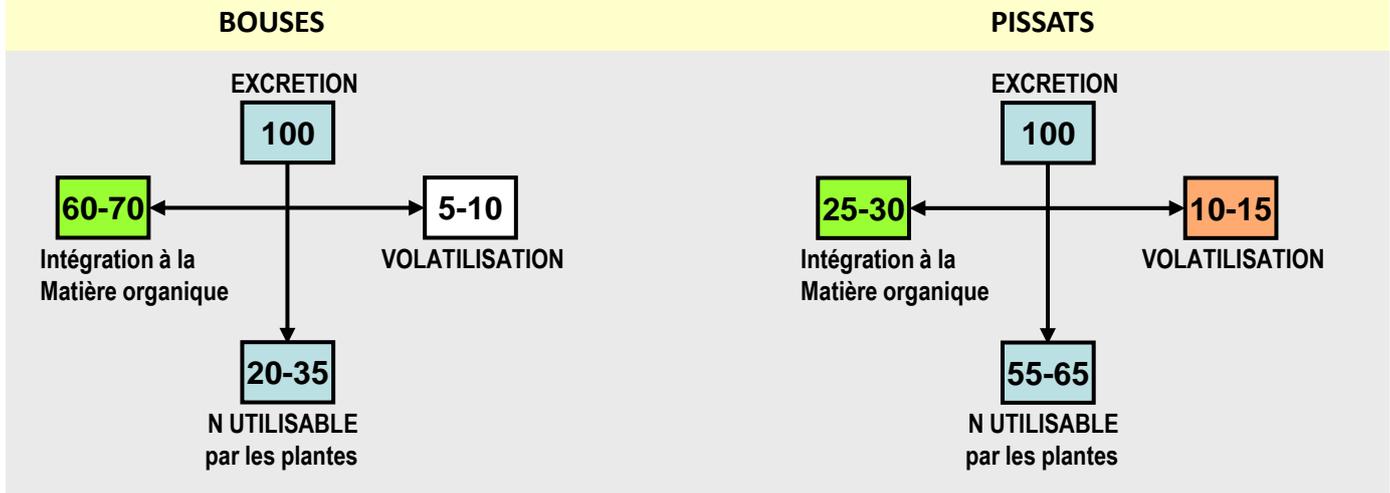
Un outil simple en ligne, [CowNex](#) (proposé par l'INRA), permet d'évaluer l'efficacité et les rejets d'N par les troupeaux laitiers en fonction de la conduite du troupeau et notamment du mode d'alimentation (nature, rations). Il est ainsi possible d'évaluer l'impact des changements de conduite du troupeau sur l'autonomie protéique et sur les quantités d'N maîtrisables dans les effluents émis au bâtiment et les quantités d'N non maîtrisables restituées au pâturage.

Devenir de l'azote excrété : gérer la chaîne des effluents des animaux au bâtiment

Connaissances sur les pertes d'azote au pâturage et en bâtiment

Pertes d'azote (en pourcentage de l'azote excrété) selon les filières de gestion des effluents. L'intensité de la couleur rouge indique l'importance des pertes par poste (blanc : pertes faibles, rouge : pertes importantes).
(d'après CORPEN, 2001 et 2006 ; Peyraud, Cellier et al., 2012)

Au pâturage

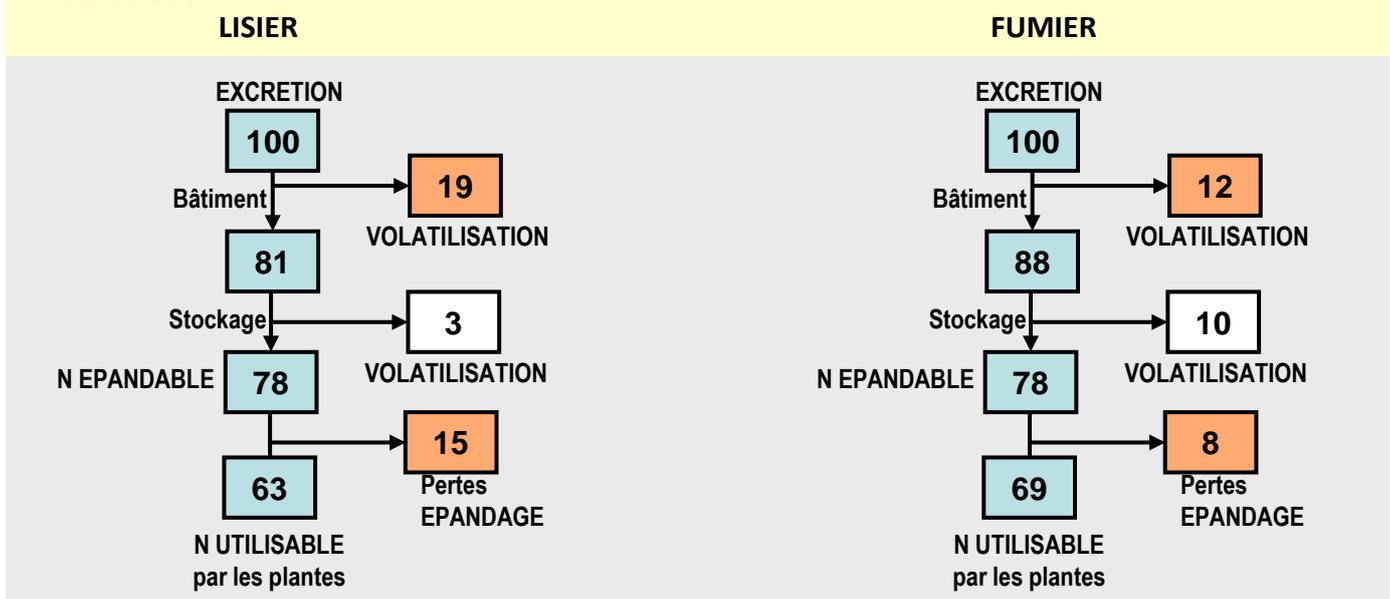


Bien que les quantités d'azote émises localement par les animaux au pâturage sont très importantes, les pertes d'azote par volatilisation sont faibles (8-12% moyenne bouses+pissats, [CORPEN, 2006](#)), car :

- l'azote est épandu sur un couvert végétal actif, donc réceptif et valorisant cet azote
- il n'y a pas de pertes liées au stockage
- ni de pertes liées aux transformations chimiques associées aux mélanges (lisiers, fumiers ou composts).

Ces pertes d'azote au pâturage par volatilisation d'ammoniac sont **d'autant plus importantes que la prairie est fertilisée**. La **lixiviation de l'azote des pissats représente le risque le plus important** (20-30% de l'azote excrété est perdu par lixiviation pour les pissats, 10-15% pour les bouses), notamment lors de pâturages précédant la période de drainage ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)). Voir les leviers présentés [fiches 4, 5 et 6](#).

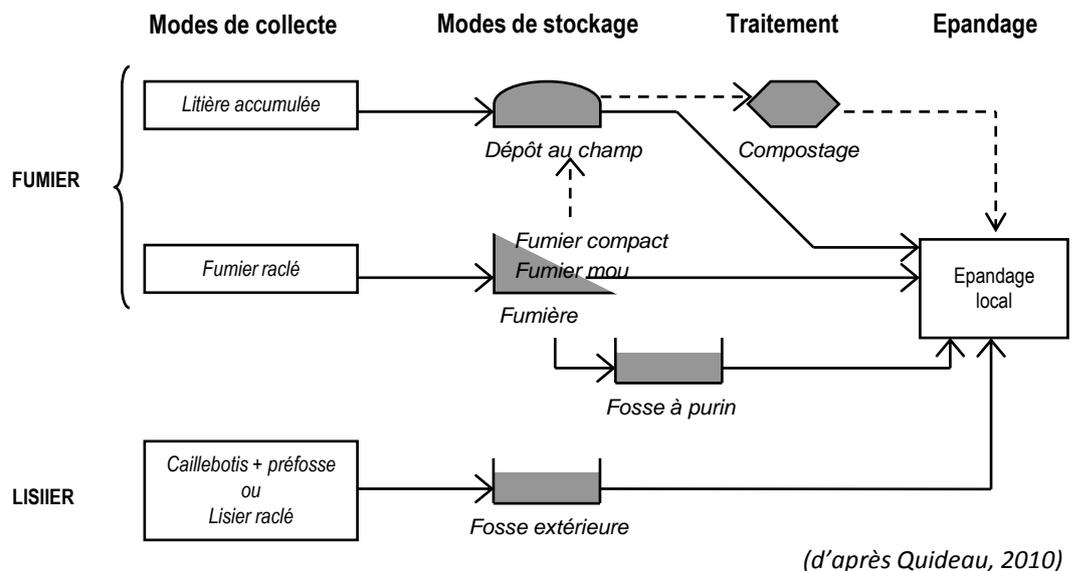
En stabulation



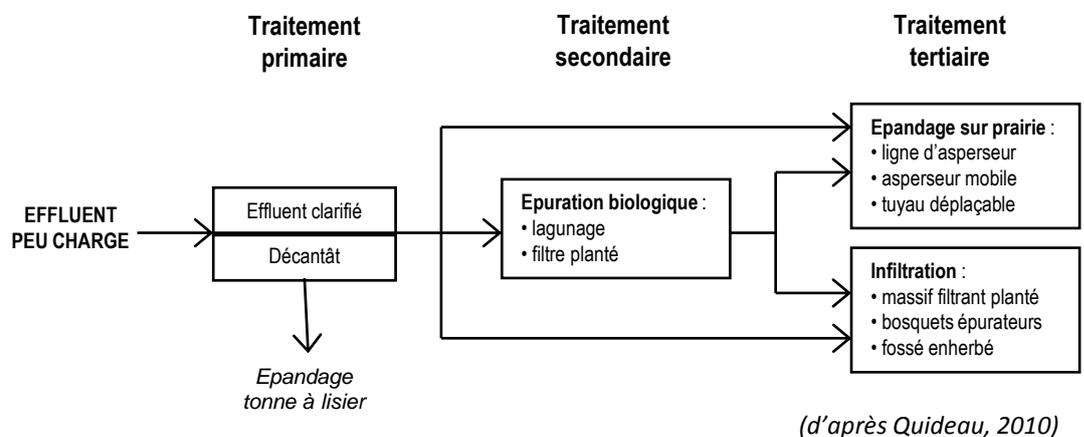
En bâtiment, la volatilisation varie fortement, entre 3 et 30%. La teneur en azote de la ration et la température ambiante sont les deux principaux facteurs d'émission d'ammoniac dans les stabulations bovines ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

Etat des lieux des filières de gestion des effluents d'élevages bovins, en France

Gestion selon le mode de logement des animaux



Traitement et gestion des effluents bovins peu chargés



Le traitement séparé des effluents peu chargés permet de ne pas diluer les lisiers et fumiers, ce qui facilite leur gestion (volume à stocker et épandre, consistance) et conserve leur valeur agronomique.

AVERTISSEMENT : Les leviers présentés dans cette fiche sont complémentaires : aménagement des bâtiments, traitement des effluents, modes de stockage et d'épandage. Tous ces maillons de la chaîne de gestion des effluents doivent faire l'objet d'une même attention pour éviter de simplement délocaliser les pertes, sans quoi l'azote minéral qui n'est pas perdu aux premières étapes risquerait d'être perdu aux étapes suivantes.

LISIER et FUMIER : Les leviers au bâtiment

- **Quantité d'azote urinaire excrété (facteur le plus déterminant)**, qui dépend de la ration et notamment de la teneur en protéines. Des rations riches en protéines (16 à 18% de MAT) peuvent multiplier par 4 ou 5 les émissions à même exportation d'azote dans le lait.
- **Température dans le bâtiment :** les émissions de NH_3 sont accrues de 2,6% pour une augmentation de 1°C dans le bâtiment (pour une gamme de températures entre 8 et 25°C).
- **Type de stabulation :** les émissions de NH_3 sont 4 à 5 fois plus importantes lorsque les animaux sont en stabulations libres qu'à l'attache avec des fumiers évacués.

(Peyraud, Cellier et al., 2012)

AU STOCKAGE

La **réduction de la circulation de l'air à la surface** des lisiers permet de réduire les pertes gazeuses, par différentes techniques :

Technique	Réduction de l'émission de NH ₃	Coût (euros/m ³ d'effluent/an)
Croûte naturelle en surface (se forme aisément avec le lisier bovin du fait de la forte teneur en matière sèche)	35-50%	0
Couverture flottante rudimentaire (paille broyée, tourbe, écorce...)	40%	1,10
Couverture flottante plastique sur fosse	60%	1,25
Fosse couverte (couvercle, toit, bâche)	80%	8,00
Réduction du rapport surface/volume de la fosse (citernes >3m de haut)	30-60%	14,90

(d'après [Peyraud, Cellier et al., 2012](#))

La **collecte et la gestion séparées des effluents peu chargés (eaux souillées) et des lisiers** est à privilégier pour éviter de trop gros volumes d'effluents à stocker et épandre et pour maintenir la valeur agronomique des lisiers. Cette solution permet également de ne pas tout couvrir (aires de stockage du fumier, d'attente ou de passage des animaux). Cela réduit de 30 à 70% le temps consacré à l'épandage et de 60 à 85% le coût de l'installation en comparaison du « tout stockage » ([Chambaut et al., 2003](#)).

A L'EPANDAGE

- Ne pas épandre de lisier à l'automne, avant le début de la période de drainage.
- Epandre en période de croissance de la culture.
- Favoriser les techniques d'**injection** ou d'**enfouissement** pour à la fois réduire les pertes par volatilisation et favoriser la valorisation immédiate par la culture de l'azote biodisponible (et donc réduit les pertes par lixiviation). Pourtant, l'épandage de lisier de bovin est encore souvent réalisé avec une simple buse, ce qui conduit à une mauvaise répartition sur la parcelle et accentue les pertes d'ammoniac, pouvant faire perdre tous les efforts de conservation de l'azote en bâtiments et au stockage. Le coût élevé des rampes à pendillards et des enfouisseurs à lisiers, ainsi que les problèmes fréquents de colmatage semblent être des freins à leur usage. Par ailleurs, les fenêtres souvent réduites pour les épandages dans de bonnes conditions rendent le partage de ce matériel en CUMA complexe (Quideau, 2010).

Se référer également à la [fiche 3a](#) concernant l'épandage.

TRAITEMENTS

Plusieurs traitements aboutissent à des transformations des propriétés physicochimiques des lisiers pour réduire les quantités d'azote volatile ou lixiviable (détails de ces traitements à la [fiche 3b](#)) :

- additifs incorporés au lisier (inhibiteurs de nitrification, acides),
- **séparation de phase**
- **traitement biologique aérobie.**

AU STOCKAGE

A l'heure actuelle, aucune technique ne permet de réduire les pertes d'azote gazeux (notamment NH₃) lors du stockage du fumier de bovins.



- Les pertes ammoniacales peuvent être réduites en **augmentant la proportion de pailles dans la litière**.



- Le processus de **compostage** du fumier ([fiche 3b](#)) libère plus d'ammoniac que le stockage du fumier en conditions anaérobies, mais l'azote est stabilisé dans la matière organique et le transport et l'épandage engendrent par la suite moins de pertes azotées. Ainsi, de l'excrétion à l'épandage, les pertes sont équivalentes pour ces deux filières ([CORPEN, 2006](#)).



- Le **dépôt de fumier au champ**, qui est une pratique courante, peut engendrer des pertes par lixiviation (Quideau, 2010). La réglementation de son usage dans certaines zones vulnérables en donne les bonnes pratiques : ne stocker que les fumiers compacts et pailleux ne libérant plus de jus, sur une durée limitée, à 50 m de points d'eau et sur sol peu pentu (<7%), et changer d'emplacement pour 3 ans minimum.



- Le **brassage du fumier**, induisant des conditions aérobies, libère davantage d'ammoniac que le fumier en conditions anaérobies (jusqu'à 60% de l'azote initial se trouve ainsi perdu).

A L'EPANDAGE

- Il existe aujourd'hui du **matériel d'épandage** permettant une bonne répartition sur la parcelle (voir par exemple [Chambres d'Agriculture de Bretagne, 2007](#)). Mais les doses apportées restent encore mal évaluée du fait des variations de densité et de composition des fumiers (Quideau, 2010).

- A l'épandage ([fiche 3a](#)), un **enfouissement immédiat** après l'apport réduit de 90% les pertes d'ammoniac.

- Raisonner les **périodes d'apport** en fonction de la dynamique de biodisponibilité de l'azote et des besoins des cultures.

Pour aller plus loin...

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 (Paris), 34 pages. [Lien](#)

CORPEN (2006) *Les émissions d'ammoniac et de gaz azotés à effet de serre en agriculture*. CORPEN (Paris), 98 pages. [Lien](#)

Peyraud J.-L., Cellier P., (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. [Lien](#)

Quideau P. (2010) *Les effluents d'élevage, les coproduits de traitement et leurs incidences environnementales*. In: Espagnol, S., Leterme, P. (Eds.), *Elevages et environnement*. Educagri éditions, Editions Quae (Dijon, Paris, France), 260 pages.

Autres références citées :

Chambaut H., Le Gall A., Pflimlin A., Ménard J.-L. (2003) *Maîtrise des pollutions azotées en élevage bovin*. Rencontres autour des recherches sur les ruminants, 10 : 403-410. [Lien](#)

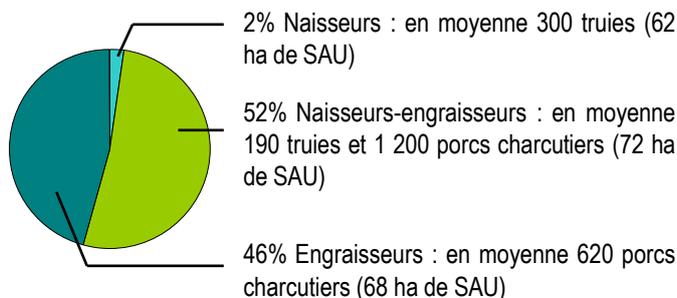
Chambres d'Agriculture de Bretagne (2007) *Les bonnes pratiques d'épandage du fumier*. Chambres d'Agriculture de Bretagne, 26 pages. [Lien](#)

Ferchaud F. (2006) *Pratiques agricoles, fuites de nitrates et qualité de l'eau dans les bassins versants : Synthèse des références applicables au contexte breton*. Agrocampus Rennes, CEVA Pleubian, 132 pages. [Lien](#)

Le Gall A., Pflimlin A., Legarto J. (1997) *Place du maïs et de la prairie dans els systèmes fourragers laitiers. III-Incidence sur l'environnement*. Fourrages, 150 : 147-169.

Etat des lieux de l'élevage porcine, en Bretagne

5 700 exploitations en 2010 :



1 porc français sur 2 est breton.

Un effectif total de 7,8 millions de porcs présents dans les exploitations, dont :

- 3 200 000 porcs à l'engrais
- 600 000 truies

Plus de 14 millions de porcs charcutiers produits annuellement

(Source : [Agreste, recensement agricole 2010](#))

Les leviers à l'échelle de l'exploitation

Une étude (citée dans Bouvarel et al., 2010) a permis d'évaluer différents scénarios d'utilisation du sol et des effluents d'élevage. Les scénarios permettant de maximiser marge brute tout en respectant les normes environnementales dépendent du nombre de porcs produits à l'hectare.

• 20 porcs produits /ha/an

La quantité d'effluents à épandre est inférieure aux besoins des cultures : introduire des légumineuses dans l'assolement pour augmenter l'auto-approvisionnement en aliments (jusqu'à 80%).

La filière lisier offre la marge brute la plus intéressante.

• 30-60 porcs produits /ha/an

Les légumineuses sont supprimées, toutes les surfaces devant être épandues.

La filière lisier offre la marge brute la plus intéressante.

• 60-100 porcs produits /ha/an

Toute la surface est en maïs et céréales, la paille devant servir au compostage du lisier excédentaire.

La filière mixte lisier/fumier devient la plus intéressante.

• Au-delà de 100 porcs produits /ha/an

L'exploitation n'est plus autonome pour la fourniture de paille.

Jusqu'à 170 porcs produits/ha/an, le meilleur compromis entre production et marge brute oriente vers la filière lisier avec compostage ou traitement biologique.

Au-delà de 170 porcs produits/ha/an, seules les stratégies avec exportation des coproduits de traitement sont possibles.

Etat des lieux de l'efficience azotée en nutrition porcine, en France

Porcelets allaités	90% (de l'N du lait)
Animaux en post-sevrage	50%
Porcs à l'engraissement	30-35%
Truie	25-30%

L'amélioration génétique de l'efficience azotée (ratio entre l'azote contenu dans les produits animaux et l'azote provenant des apports alimentaires) a déjà permis de réduire les quantités d'azote excrétées par le porc de 30% en 25 ans.

Les leviers en lien avec l'alimentation

Plusieurs méthodes complémentaires peuvent être mobilisées :

- **Diminuer le taux de protéines et contrôler le bilan électrolytique des aliments**

Cela **réduit l'émission de NH₃** en diminuant l'azote excrété, notamment l'azote ammoniacal puisque les acides aminés en excès sont éliminés dans les urines sous forme d'urée, et en diminuant le bilan électrolytique, ce qui **diminue le pH** des effluents et favorise le maintien de la forme NH₄⁺ de l'azote ammoniacal. Ainsi, une diminution de la teneur en protéines du régime de 20% à 12% permet de réduire, depuis l'excrétion jusqu'à l'épandage, les émissions d'ammoniac de 63% ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

- **Adapter la quantité d'azote apporté aux besoins des animaux (alimentation biphasé ou multiphasé)**

Teneurs maximales en protéines des aliments conseillées par le [CORPEN \(2003\)](#) pour une alimentation biphasé.

Truies	Lactation	14%
	Gestation	16,5%
Post-sevrage	1 ^{er} âge	20%
	2 ^{ème} âge	18%
Engraissement	Croissance	16,5%
	Finition	15%

Pour le porc en croissance (40% des effectifs en Bretagne en 2011), un régime à teneur réduite en protéines en phase de finition permet de réduire de 10% l'excrétion d'azote.

Chez la truie (7,5% des effectifs en Bretagne en 2011), l'apport d'aliments spécifiques pendant la gestation et la lactation entraîne une réduction de 20 à 25% de l'excrétion d'azote. Les besoins protéiques des truies étant plus faibles en début qu'en fin de gestation, leur efficience azotée serait encore améliorée en utilisant différents aliments au cours de la gestation (Bouvarel et al., 2010).

- **Améliorer l'équilibre en acides aminés du régime**

Notamment par le recours à des acides aminés de synthèse. L'azote est ainsi mieux valorisé ce qui permet de diminuer les teneurs en azote des rations. L'excrétion d'azote chez le porc à l'engrais est réduite de 35% sans affecter ses performances. Afin de composer le régime, il faut bien connaître la valeur alimentaire des matières premières (digestibilité des acides aminés via des tables telles que [AmiPig](#)) et les besoins des animaux en fonction de leur stade (via des modèles tels que [InraPorc](#)). Mais le recours aux acides aminés de synthèse accroît le coût de l'aliment.

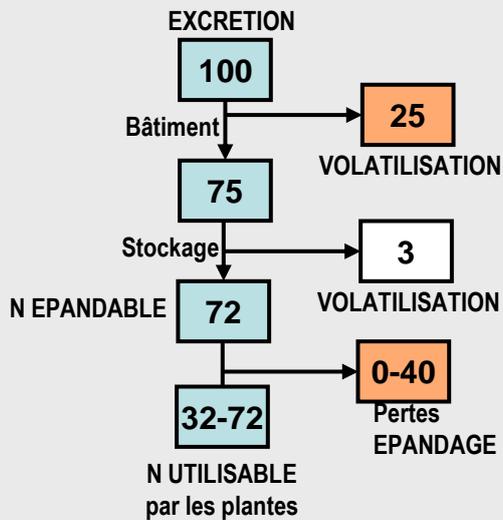
- **Utilisation d'additifs dans les aliments**

Le remplacement de CaCO₃ par des **sels de calcium** plus acidogènes, ou des apports d'**acides** ou de **fibres fermentescibles** acidifient les urines, ce qui favorise la forme NH₄⁺ peu volatile de l'azote ammoniacal. De plus, l'apport de fibre fermentescibles entraîne une diminution d'azote dans les urines, qui se retrouve dans les fèces sous forme de protéines, forme sans risque de perte par volatilisation ou lixiviation mais qui reste disponible pour la plante. Ainsi, pour une ration augmentée de 100g/j de fibres ingérées, le pH de l'effluent diminue de 0,12 point et la volatilisation d'ammoniac de 5,4%. L'addition de 1% d'acide benzoïque ou d'acide adipique dans l'aliment s'accompagnent d'une diminution de 40% et 25% des émissions d'ammoniac respectivement.

Devenir de l'azote excrété : gérer la chaîne des effluents des animaux au bâtiment

Connaissances sur les pertes d'N de l'excrétion à l'épandage

Sur caillebotis (90% des cas)



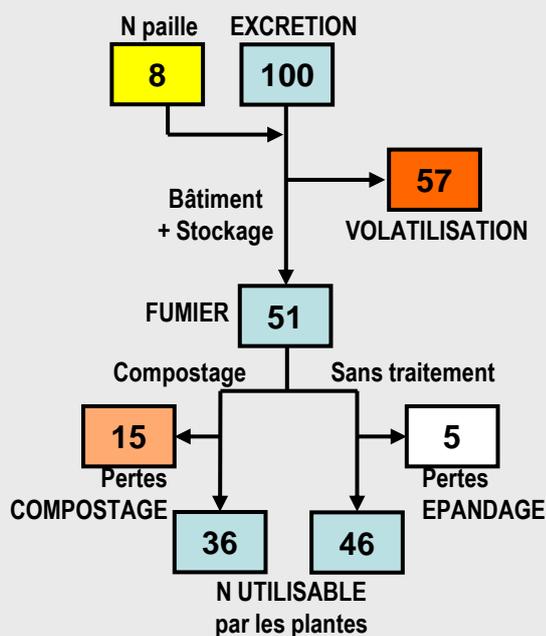
Pertes d'azote (en pourcentage de l'azote excrété) selon les filières de gestion des effluents. L'intensité de la couleur rouge indique l'importance des pertes par poste (blanc : pertes faibles, rouge : pertes importantes).

Les pertes d'azote en filière lisier sont moins importantes qu'en filière fumier. Le compostage a tendance à accentuer ces pertes. L'évacuation rapide et le traitement des lisiers permettent de réduire les pertes d'azote néfastes pour l'environnement (Quideau, 2010).

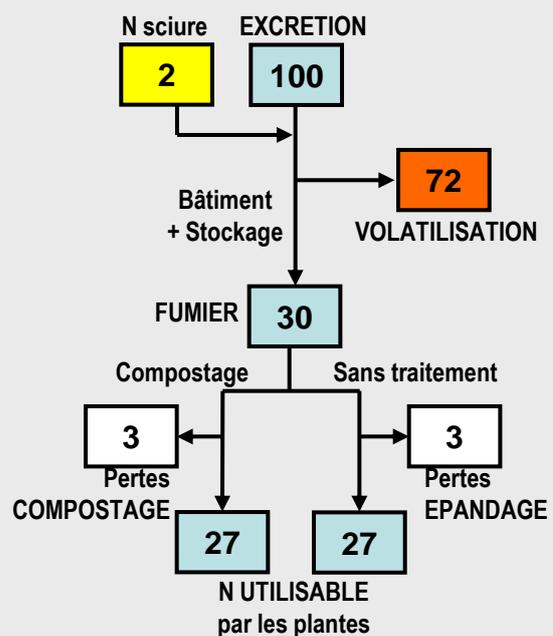
(d'après [CORPEN, 2003](#) et [Peyraud, Cellier et al., 2012](#))

Sur litière de :

PAILLE (majoritaire)



SCIURE

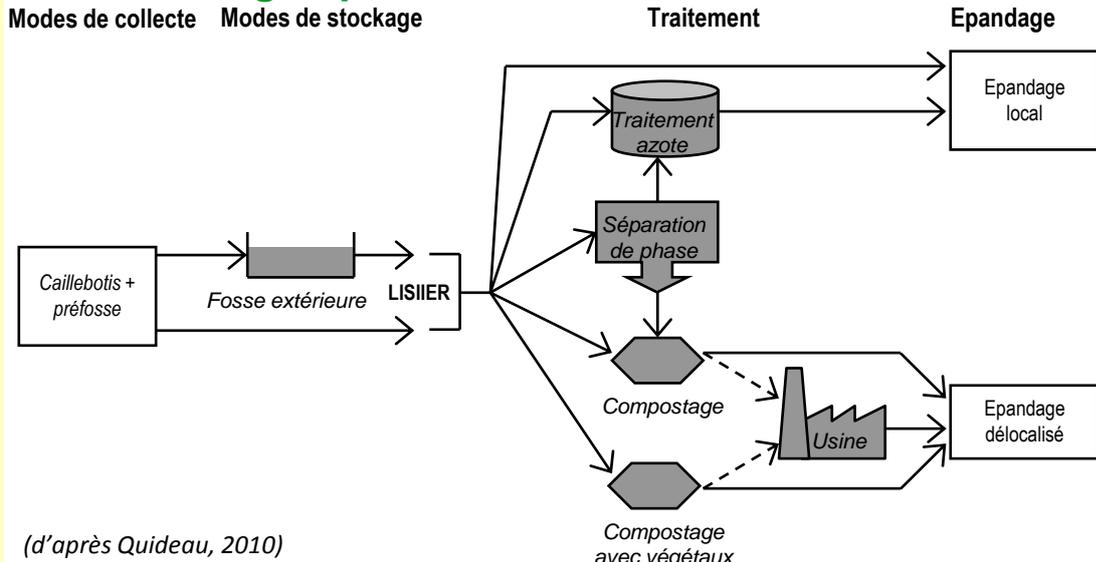


AVERTISSEMENT : Les leviers présentés dans cette fiche sont complémentaires : aménagement des bâtiments, traitement des effluents, modes de stockage et d'épandage. Tous ces maillons de la chaîne de gestion des effluents doivent faire l'objet d'une même attention pour éviter de simplement délocaliser les pertes, sans quoi l'azote minéral qui n'est pas perdu aux premières étapes risquerait d'être perdu aux étapes suivantes.

Etat des lieux des filières de gestion des effluents d'élevages porcins, en France

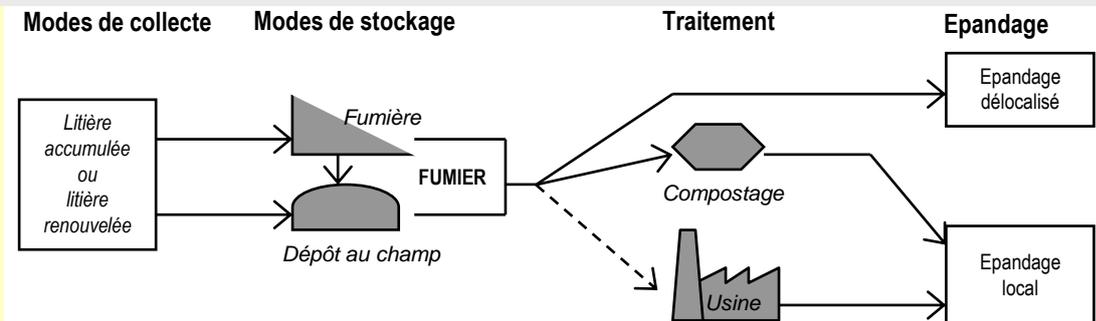
Elevage sur caillebotis (filière LISIER)

Concerne 93% des porcs charcutiers en France.
19% du lisier subit un traitement dans un objectif de résorption d'azote



Elevage sur litière (filière FUMIER)

Concerne 6% des porcs charcutiers en France.
L'exportation de litière est minoritaire.



Ce qui oriente actuellement le choix de l'utilisation du sol et du mode de gestion des effluents d'élevages porcins en Bretagne a fait l'objet d'une enquête par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, dont les résultats sont à lire dans l'article de [Ramonet et al., 2012](#).

LISIER : Les leviers du bâtiment à l'épandage

AU BÂTIMENT

• Nature du caillebotis :

- Caillebotis partiel : réduit la surface d'émission de la fosse mais l'augmente sur le sol par rapport au caillebotis intégral ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)) ; les émissions de NH₃ sont en général réduite sur caillebotis partiel, excepté à température élevée favorisant l'excrétion sur sol plein par les animaux ([Dourmad et al., 2008](#)).
- Emission de NH₃ sur caillebotis en béton > caillebotis métallique.

• **Evacuation du lisier** : le mode et la fréquence d'évacuation des lisiers impactent les émissions d'ammoniac. Des dispositifs d'évacuation rapide permettent de réduire l'émission de NH₃ par rapport à une collecte en préfosse :

- de 20% par raclage à plat
- de 50% par raclage en V ([fiche de la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne](#))
- de 60% par chasse d'eau.

• **Type de ventilation** : préférer les ventilations à extraction haute, à celles à extraction basse qui favorisent les émissions d'ammoniac en renouvelant l'air à la surface du lisier ([Dourmad et al., 2008](#)).

• **Disponibilité de l'eau** : en diluant les effluents, l'eau à volonté réduit les risques d'émission d'ammoniac.

LISIERS : Les leviers du bâtiment à l'épandage (suite)

AU STOCKAGE

Au stockage, la **réduction de la surface d'échange et de la circulation de l'air à la surface des lisiers** permet de réduire les pertes gazeuses :

Technique	Réduction de l'émission de NH ₃	Coût (euros/m ³ d'effluent/an)
Croûte naturelle en surface (se forme si teneur en matière sèche de l'effluent assez élevée)	35-50%	0
Couverture flottante rudimentaire (paille broyée, tourbe, écorce, huile...)	40%	1,10
Couverture flottante plastique sur fosse	60%	1,25
Fosse couverte (couverture, toit, bâche)	80%	8,00
Réduction du rapport surface/volume de la fosse (citernes >3m de haut)	30-60%	14,90

Plus d'informations dans [CORPEN, 2007](#), page 65.

(d'après [Peyraud, Cellier et al., 2012](#))

A L'EPANDAGE

Les **dispositifs d'analyse rapide de la teneur en azote** des lisiers et les **épandeurs à lisier** actuels (équipés d'injecteurs ou pendillards) permettent de bien ajuster la dose et d'assurer sa bonne répartition sur les parcelles. L'azote des lisiers étant particulièrement disponible à court terme pour les cultures, il sera utilisé aux périodes de forts besoins des cultures au même titre que les engrais minéraux. Les lisiers de porcs peuvent être valorisés en **deux apports sur céréales d'hiver**, dont le **premier en sortie d'hiver**, ce qui correspond à la fois à un fort besoin des cultures et à des conditions limitant la volatilisation d'ammoniac (frais et humide). Certains éleveurs arrivent ainsi à se passer presque totalement d'engrais minéraux (Quideau, 2010). Suivre également les recommandations sur l'épandage des lisiers [fiche 3a](#).

TRAITEMENTS

Plusieurs traitements existent pour transformer les propriétés physicochimiques des lisiers pour réduire les quantités d'azote volatile ou lixiviable : **additifs** incorporés au lisier (glucose, inhibiteurs de nitrification, acides) ou **séparation de phase** et **traitement biologique** (8-12€/m³, les frais d'installation étant envisageable à partir de 300 truies, nécessitant parfois un regroupement d'éleveurs) ([fiche 3b](#)). Ou bien ajout de paille pour compostage (12-15€/m³) : solution critiquable, voir page suivante.

FUMIER : Les leviers du bâtiment à l'épandage

AU BÂTIMENT

- **Nature de la litière** : plus de pertes par volatilisation sur sciure (2/3 de N excrété est volatilisé) que sur paille (1/2).
- **Surface et quantité de litière par porc** : en les augmentant on réduit la quantité des émissions, notamment celles de NH₃ ([Peyraud, Cellier et al., 2012, tableau 5.1](#)).
- **La conduite joue sur la nature des gaz émis** : un entretien bien soigné favorise la dénitrification (pertes sous forme de N₂O et N₂), tandis que les litières humides favorisent les pertes sous forme NH₃. Les pertes totales d'azote restent voisines ([Peyraud, Cellier et al., 2012, tableau 5.1](#)). Voir les conseils de conduite de l'élevage de porcs sur paillage dans la brochure [CRAB et al. \(2012\)](#).

FUMIER : Les leviers du bâtiment à l'épandage (suite)

AU STOCKAGE

Selon le CORPEN, 22 à 45% de l'azote est perdu au moment du stockage. L'intensité des pertes dépend de la composition et des conditions de stockage.

- Plus le fumier est pailleux (favorise les conditions d'aérobies), moins il y aura de pertes au stockage.
- Pour 10°C d'élévation de la température (dans la gamme 0-7°C), la volatilisation d'ammoniac augmente d'environ 50%.
- En revanche, le retournement des andains de fumier en début de stockage ne permet pas de réduire les pertes d'azote de manière significative ([Espagnol et al., 2006](#)).

A L'EPANDAGE

La nature plus hétérogène des fumiers et composts et la méconnaissance de leur densité et composition au moment de l'épandage rendent la maîtrise de la dose et sa répartition sur les parcelles difficile. Un **enfouissement immédiat** après l'apport réduit de 90% les pertes d'ammoniac. Raisonner les périodes d'apport en fonction des besoins des cultures afin d'éviter un effet dépressif sur la culture et des pertes par lixiviation. Voir les recommandations de la [fiche 3a](#) sur l'épandage.

TRAITEMENTS

Le **compostage** est souvent suggéré : il permet un abattement de l'azote et l'N restant est stabilisé dans la matière organique. Mais ce procédé entraîne des pertes d'azote supérieures au stockage et épandage du fumier ([fiche 3a](#)).

Pour aller plus loin...

- Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, IFIP, INRA (2012) *Elever des porcs sur litière : Comprendre les fonctionnements, améliorer les résultats*. Editions IFIP, Paris. 60 pages. [Lien](#)
- CORPEN (2003) *Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, 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*. CORPEN (Paris), 55 pages. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_2007_10_rejet_elevage_avicole.pdf
- Peyraud J.-L., Cellier P., (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. <http://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Elevage-et-Azote>
- Quideau P. (2010) *Les effluents d'élevage, les coproduits de traitement et leurs incidences environnementales*. In: Espagnol, S., Leterme, P. (Eds.), *Elevages et environnement*. Educagri éditions, Editions Quae (Dijon, Paris, France), 260 pages.

Autres références citées :

- Bouvarel I., Dourmad J.-Y., Gac A. (2010) *Les stratégies d'alimentation des animaux au sein de l'exploitation et du territoire et leurs incidences environnementales*. In: Espagnol, S., Leterme, P. (Eds.), *Elevages et environnement*. Educagri éditions, Editions Quae (Dijon, Paris, France), 260 pages.
- Dourmad J.-Y., Moset-Hernandez V., Espagnol S., Hassouna M., Rigolot C. (2008) *Modélisation dynamique de l'émission et de la concentration d'ammoniac dans un bâtiment d'engraissement de porcs*. Journées Recherche Porcine, 40 : 267-268. [lien](#)
- Espagnol S., Hassouna M., Robin P., Lévassour P., Paillat J.-M. (2006) *Emissions gazeuses de NH3, N2O, CH4 lors du stockage de fumier de porc provenant d'une litière accumulée : effet du retournement*. Journées Recherche Porcine, 38 : 41-48. [lien](#)



Rédaction : Pascaline MOREAU (AGROCAMPUS OUEST)

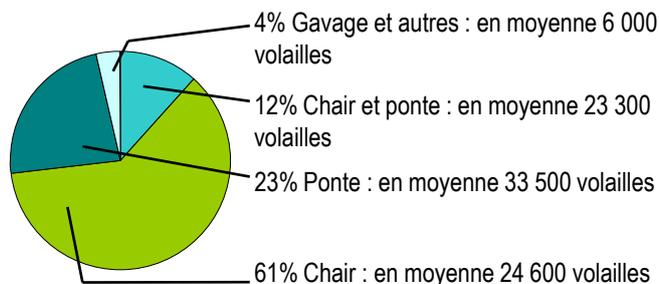
Encadrement du projet : Matthieu CAROF (AGROCAMPUS OUEST), Catherine GRIMALDI (INRA), Virginie PARNAUDEAU (INRA)

Validation scientifique : Jacques MOURROT (INRA)

Ces fiches ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Bretagne

Etat des lieux de l'élevage avicole, en Bretagne

4 000 exploitations en 2010 :



- 1 volaille française sur 3 est bretonne.
- Un effectif total de 100 000 000 volailles dont :
 - 1/3 de volailles de ponte
 - 2/3 de volailles de chair (dont les 3/4 poulets et 1/6 dindes)
- Une production annuelle de 5 milliards d'œufs et 350 millions de volailles de chair

(Source : [Agreste, recensement agricole 2010](#))

Etat des lieux de l'efficience azotée en nutrition aviaire, en France

Poulet de chair 42 j	67%
Poule pondeuse	35% (2% poule, 33% œufs)

L'efficience azotée des volailles est faible : un à deux tiers de l'azote ingéré se retrouve dans les déjections ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

Les leviers en lien avec l'alimentation

Plusieurs méth

• Diminuer le taux de protéines dans les aliments

L'azote excrété peut ainsi être réduit jusqu'à 40% ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)). Pour une diminution d'1% de protéines dans l'aliment, les rejets azotés seraient réduits de 1,5-2% (Quideau, 2010) ou 10% (Méda et al., 2011). La réduction de la teneur en protéines des aliments s'accompagne également d'une diminution de la consommation d'eau et de ce fait de l'humidité des excréta : la réduction de l'humidité de la litière contribue aussi à réduire les émissions gazeuses (Quideau, 2010). Cependant, les performances des animaux peuvent être diminuées.

• Adapter la quantité d'azote apportée aux besoins des animaux (alimentation multiphase)

Pour le poulet, une étude (citée dans Quideau, 2010) fixe ainsi les teneurs minimales de matière azotée totale pour les stades 0-21, 21-42 et 42-56 jours à 20,7%, 18% et 16,2% respectivement. Des tables sont proposées pour les principales espèces par Méda (Méda, 2011, page 49). Chez le dindonneau, une réduction importante du taux protéique de l'aliment en phase de finition (37,5g/kg d'aliment à 56-80 jours, et 45 g/kg à 81-111 jours) permet une réduction des rejets d'azote jusqu'à 37% (Quideau, 2010).

• Utiliser des aliments aux protéines digestes, assimilables et au bon équilibre entre les acides aminés

L'azote ingéré est mieux valorisé et la quantité d'azote apportée peut être diminuée. C'est la méthode la plus efficace pour réduire les rejets azotés tout en conservant les performances des animaux. Cependant, le recours à des acides aminés de synthèse est coûteux. Des travaux sont en cours pour la valorisation de coproduits de l'industrie des biocarburants (drèches, tourteau de colza) dans l'élaboration d'aliments équilibrés. Le traitement technologique de certains aliments ou l'utilisation d'enzymes exogènes en améliorent la digestibilité.

• Contrôler le bilan électrolytique de la ration et la viscosité des aliments, qui influencent la consommation d'eau

S'ils sont excessifs, ils augmentent l'excrétion d'eau : une plus grande humidité de la litière accélère sa dégradation et accroît la volatilisation d'ammoniac.

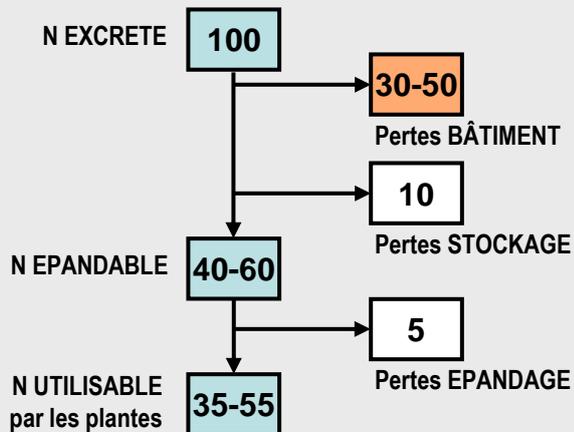
Certains aliments, tels que les tourteaux, sont à éviter car particulièrement riches en potassium. Des céréales riches en polysaccharides non-amylacés solubles (PNAs), présentent une viscosité élevée : des enzymes capables d'hydrolyser les PNAs peuvent y être ajoutées.

• Utilisation d'additifs dans les aliments pour inhiber les réactions dans la litière responsables de la formation d'ammoniac (ex : aliments à base de gypse, qui acidifient la litière).

• L'amélioration génétique détient encore des marges de progrès pour améliorer la digestibilité et l'utilisation métabolique des acides aminés, et permettre ainsi une meilleure rétention de l'azote.

Connaissances sur les pertes d'N de l'excrétion à l'épandage

Fumier

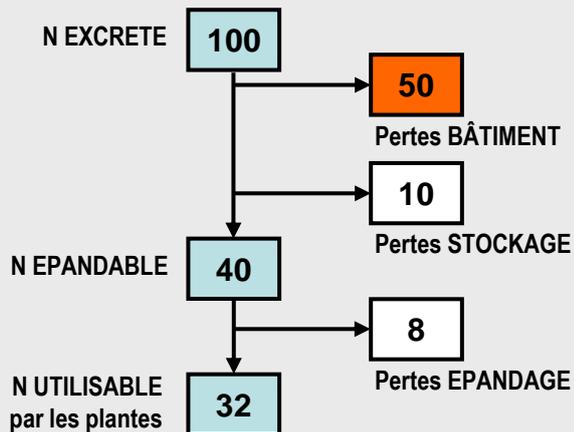


Pertes d'azote (en pourcentage de l'azote excrété) pour différentes filières de gestion des effluents d'élevages avicoles. L'intensité de la couleur rouge indique l'importance des pertes par poste (blanc : pertes faibles, rouge : pertes importantes).

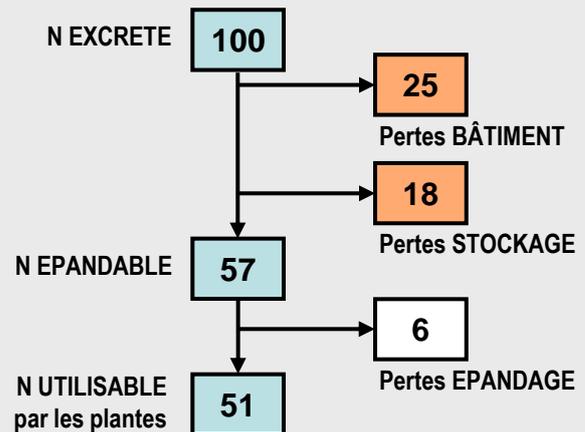
(d'après CORPEN, 2006 ; Quideau, 2010)

Dans le cas du lisier, les pertes d'azote sont particulièrement importantes (les 2/3 sont perdus de l'excrétion à l'épandage). Quelle que soit la forme de l'effluent à gérer, les pertes se font surtout dans le bâtiment.

Lisier



Fientes séchées (sans séchage rapide)

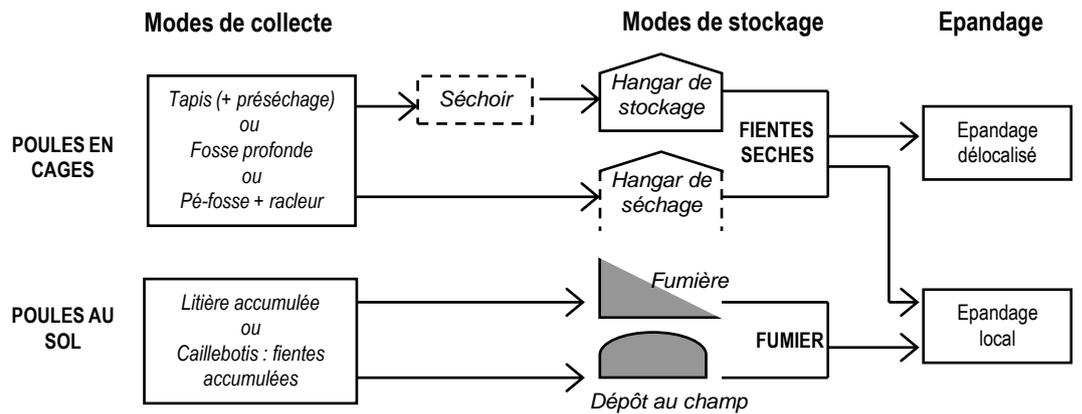


AVERTISSEMENT : Les leviers présentés dans cette fiche sont complémentaires : aménagement des bâtiments, traitement des effluents, modes de stockage et d'épandage. Tous ces maillons de la chaîne de gestion des effluents doivent faire l'objet d'une même attention pour éviter de simplement délocaliser les pertes, sans quoi l'azote minéral qui n'est pas perdu aux premières étapes risquerait d'être perdu aux étapes suivantes.

Etat des lieux des filières de gestion des effluents d'élevages avicoles, en France

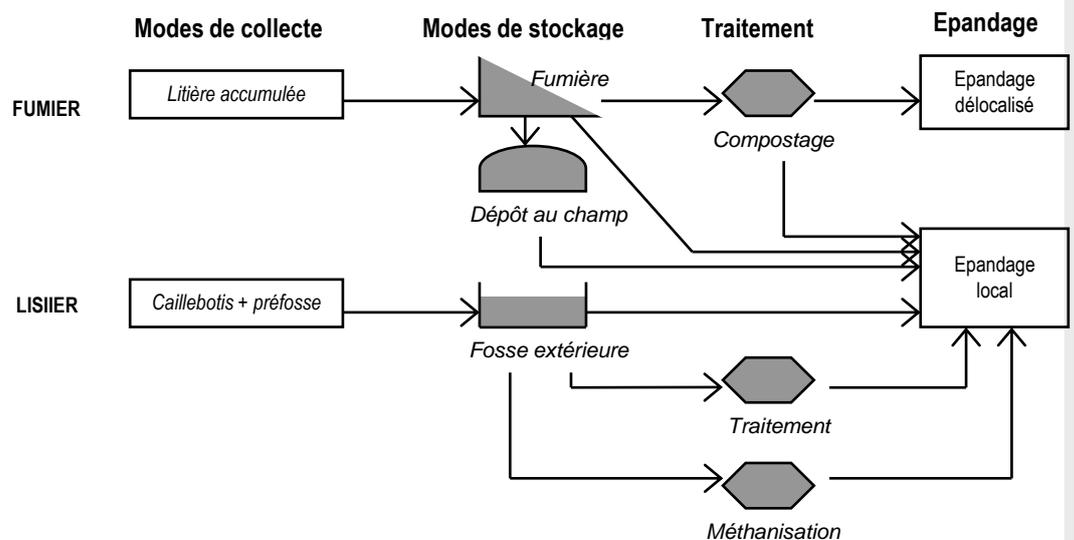
Elevages de poules pondeuses

Poules en cage : concerne 80% de la production d'œufs de consommation. Tapis + préséchage : pratique à présent dominante.



Elevages de volailles de chair

Lisier : ne concerne que les canards de chair et le gavage. Fumier : concerne également les poulets, dindes et pintades de chair.



Les leviers du bâtiment à l'épandage

AU BÂTIMENT ET AU STOCKAGE

Selon les types de bâtiments, différentes filières de gestion des déjections avicoles :

- **Elevage au sol** (production de **fumier**) :
 - **Nature et renouvellement de la litière** : émissions de NH₃ sur copeaux de bois < paille. Un renouvellement plus fréquent permet de réduire les pertes gazeuses.
 - **L'ajout d'additifs ou activateurs biologiques dans l'alimentation ou directement dans la litière** (dont ceux à base d'aluminium) permet d'orienter les réactions chimiques au sein de celles-ci et de diminuer la volatilisation de 33 à 94%.
 - **Conditions d'ambiance dans les bâtiments** : la température et l'hygrométrie qui augmentent avec un défaut de ventilation, augmentent les pertes par volatilisation d'ammoniac. Veiller à garder les litières sèches par la ventilation et le chauffage.
 - **Avec parcours** : s'il existe des zones préférentielles de fréquentation des volailles sur le parcours, concentration très importante des déjections sur ces zones et fort risque de lixiviation ; gérer les parcours pour une meilleure répartition de la fréquentation.
- **Elevage en cages** (production de **fientes**) : le choix des installations conditionne le mode de gestion des fientes : pertes pour des fientes accumulées en fosses profondes (66% de l'N excrété perdu) > préséchage et stockage en hangar de séchage (50%) > séchage puis stockage en hangar (44%) > évacuation et séchage rapide sous 48 h (<40%). Séchées, le volume des fientes est divisé par 5 tout en présentant une bonne valeur fertilisante, ce qui réduit les coûts de stockage et permet son exportation (transformation possible par granulation).

A L'EPAN.

Plusieurs aspects rendent l'utilisation des déjections avicoles délicate :

- Elles sont particulièrement riches en éléments fertilisants, donc à épandre à faible dose avec du matériel spécifique.
- L'azote est très fortement disponible (40 à 60% de l'azote total, pour des fientes séchées et du fumier jeune), ce qui accroît les risques de pertes par volatilisation et par lixiviation. Le vieillissement du fumier ou le compostage réduisent à la fois la teneur en azote et la fraction d'azote « minéral ».
- Les fientes sèches produisent beaucoup de poussières à l'épandage.
- Ces déjections regroupent différents composants (poussières, fientes, litière) répartis de manière hétérogène ; de plus la teneur et disponibilité de l'azote des déjections avicoles évoluent de manière variable pendant le stockage : tout ceci rend difficile la maîtrise des doses à épandre.
- Les fientes ont tendance à s'agglomérer entre elles ou avec la litière, ce qui rend leur répartition hétérogène sur la parcelle.

Solutions :

- Epandre les fientes sèches avec un **épandeur à chaud** pour une répartition plus homogène et une réduction des poussières.
- Pour **homogénéiser les déjections** (ITAVI, 2001) : vidange du poulailler en « arête de poisson », passage dans un épandeur au moment de la mise en stockage, utilisation d'un retourneur d'andain.
- L'**enfouissement immédiatement après l'apport** réduit les pertes sous d'ammoniac de 95%.
- Voir également les conseils généraux liés à l'épandage d'effluents d'élevage ([fiche 3a](#)).

TRAITEMENTS ET AUTRES UTILISATIONS

(Voir également la [fiche 3b](#) sur les traitements des effluents d'élevage)

• Fientes :

séchage, puis éventuellement **granulation** (pour éviter poussières) : permet d'éviter les pertes par volatilisation durant le stockage et l'épandage, mais abatement de l'azote faible, donc fertilisant très riche et lixiviable : voir les recommandations concernant l'épandage ([fiche 3a](#)).

• Fumier :

Compostage par ventilation forcée et/ou retournements mécaniques, pour intégrer l'azote dans la matière organique stable.

• Lisier :

aération ou **traitement biologique** avec **séparation de phase** pour un abatement de l'azote sous forme gazeuse.

Méthanisation, notamment pour le lisier de canard à fort pouvoir méthanogène.

• **Combustion des déjections avicoles** : encore peu développée. Fientes et fumiers bien secs donnent les meilleurs rendements. Cela représente une perte de matière organique et d'azote, mais les cendres, riches en autres éléments minéraux (P, K, Ca, Mg...), peuvent être réutilisées comme fertilisants.

Pour aller plus loin...

CORPEN (2006) Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, 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. CORPEN (Paris), 55 pages.

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_2007_10_rejet_elevage_avicole.pdf

Quideau P. (2010) *Les effluents d'élevage, les coproduits de traitement et leurs incidences environnementales*. In: Espagnol, S., Leterme, P. (Eds.), *Elevages et environnement*. Educagri éditions, Editions Quae (Dijon, Paris, France), 260 pages.

Peyraud J.-L., Cellier P., (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. <http://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Elevage-et-Azote>

Autres références citées :

Méda B., Hassouna M., Aubert C., Robin P., Dourmad J.Y. (2011) Influence of rearing conditions and manure management practices on ammonia and greenhouse gas emissions from poultry houses. *World's Poultry Science Journal*, 67(3) : 441-456.

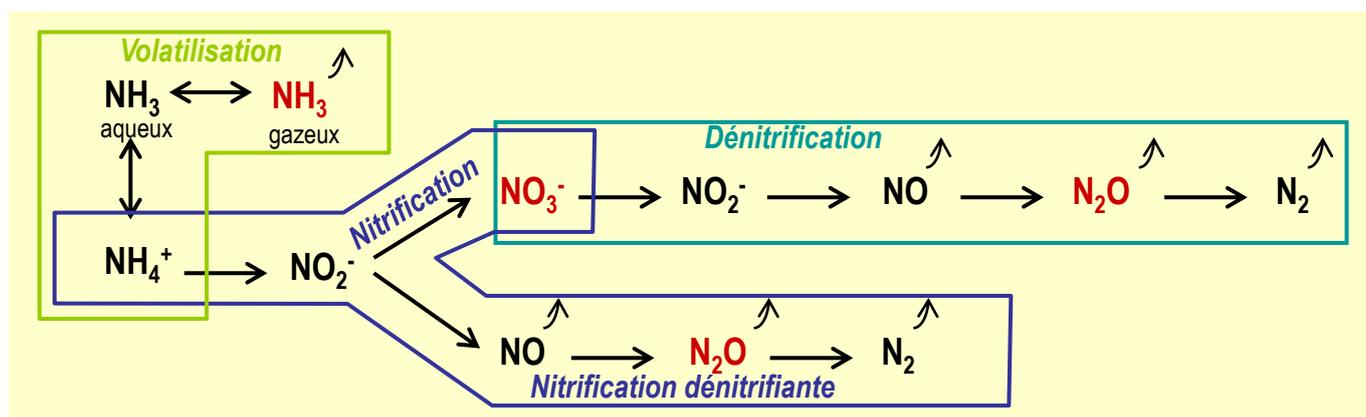
https://www.rennes.inra.fr/umrsas/content/download/3710/46016/version/1/file/THESE_MEDA2011_Vfinale.pdf

L'essentiel à connaître...

Eviter deux types de pertes suite à l'épandage : NH_3 et NO_3^-

Dans les heures ou jours suivant l'épandage interviennent les pertes d'azote par voie gazeuse sous forme d'ammoniac (NH_3) qui peuvent atteindre 80% de la fraction ammoniacale des lisiers (CORPEN, 2006). Le NH_3 dégrade la qualité de l'air : il est donc à éviter. Par ailleurs, il se redépose en partie quelques kilomètres plus loin où il peut être transformé en nitrate puis lixivier : la volatilisation du NH_3 doit donc être également maîtrisée dans un objectif de reconquête de la qualité de l'eau.

Dans les semaines et années qui suivent l'épandage, deux autres risques de pollution interviennent. Le NH_4^+ se nitrifie (50% nitrifié en 8 à 10 jours après apport, Lambert et Morvan, 2013) et l'N organique se minéralise progressivement (quelques mois à années suivant l'apport) ; ces deux réactions libèrent du NO_3^- qui est sensible à la lixiviation. D'autre part, la nitrification et la dénitrification peuvent aboutir à la production (bien qu'en faibles quantité) de N_2O , un puissant gaz à effet de serre.



Le risque de pertes par lixiviation augmente lorsqu'on maîtrise les émissions de NH_3 , puisque l'azote ammoniacal non perdu est rapidement transformé en nitrates ; il faut donc veiller à éviter l'ensemble de ces pollutions pour ne pas simplement reporter un risque de pollution vers un autre. Ces deux types de pollutions sont donc à éviter et se gèrent par des leviers différents.

Les pertes par volatilisation de NH_3 et par lixiviation de NO_3^- dépendent des **caractéristiques de l'effluent** d'élevage épandu, des **conditions météorologiques** et **pédologiques**, et des **techniques culturales** : ces facteurs et les leviers correspondants sont détaillés dans la suite de cette fiche.

Concernant les pertes par lixiviation

Le risque est d'autant plus important que :

- la lame drainante est importante : arrêter à l'automne, avant le début de la période de drainage, l'épandage d'effluents dont l'azote est rapidement disponible (lisier notamment) ; s'assurer d'un couvert efficace en période de drainage.
- la quantité d'azote disponible pour les cultures dépasse les besoins de celle-ci : anticiper la dynamique de libération d'azote biodisponible en fonction de la nature de l'engrais et raisonner les quantités et dates d'apports en fonction des besoins de la culture.

Si ces précautions sont respectées, les pertes par lixiviation ne sont pas plus importantes avec des effluents d'élevage de type lisier de porc qu'avec des engrais minéraux, à l'échelle d'une quinzaine d'années (Leterme et Morvan, 2010).

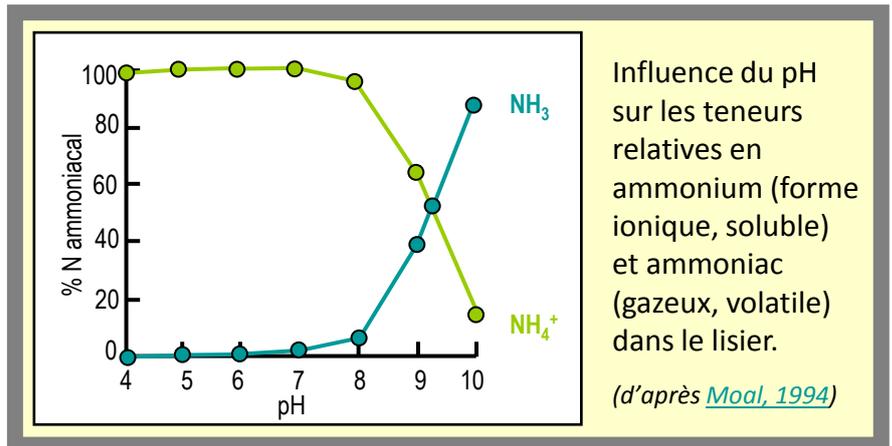
Connaissances sur les effets des caractéristiques des effluents sur la volatilisation et la lixiviation d'N

PERTES PAR VOLATILISATION DE NH_3

- **Teneur en azote ammoniacal (NH_4^+)** : cette forme d'azote, immédiatement utilisable par les plantes, présente néanmoins le risque d'être volatilisé sous forme de NH_3 dans les heures suivant l'épandage. Les lisiers et phases liquides après séparation de phase, plus riches en azote ammoniacal que les fumiers et composts, présentent donc plus de risques à l'épandage ([Quideau, 2010](#)).

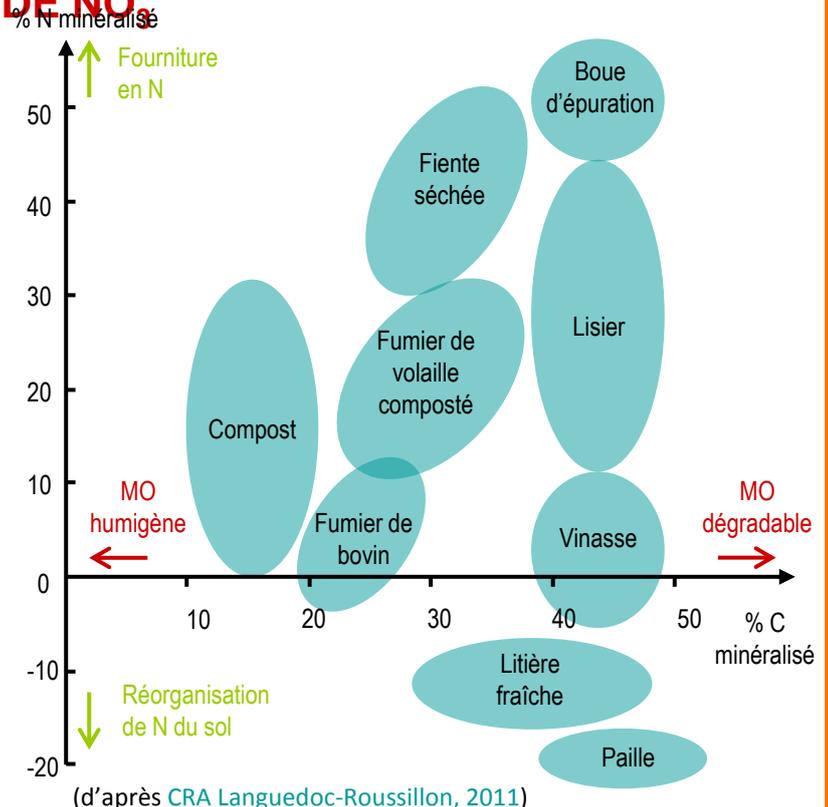
- **Teneur en matière sèche** : plus l'effluent est liquide et pauvre en matière sèche (ex : lisier, phase liquide après séparation de phase), plus il pénètre rapidement dans le sol, ce qui réduit la proportion d'azote ammoniacal perdu par volatilisation. Cependant, cette infiltration dans le sol n'est que partielle et ces effluents liquides étant généralement plus riches en azote ammoniacal, la quantité d'azote volatilisé est finalement plus importante.

- **pH** : l'équilibre entre les formes NH_3 et NH_4^+ se fait à pH 9,3 ; au-dessus, le NH_3 volatile est majoritaire. Les engrais de ferme sont souvent basiques (pH 7-8,5, [CORPEN, 2001](#)), ce qui favorise la volatilisation d'ammoniac.



PERTES PAR LIXIVIATION DE NO_3^-

- **Teneur en azote organique** de l'effluent d'élevage, **et sa proportion par rapport au carbone (C/N)** : la fraction organique de l'effluent est progressivement dégradée par les microorganismes du sol, libérant du nitrate par minéralisation ($\text{C/N} < 15$) ou au contraire consommant de l'azote minéral du sol en l'organisant dans la biomasse microbienne (C/N élevé). Ainsi, les fumiers passent souvent par une phase consommatrice d'N avant d'en libérer ([Quideau, 2010](#)). Par ailleurs, la décomposition de la fraction organique est plus lente lorsque le C/N est élevé. Dans la directive nitrates, on distingue les engrais organiques de type 1 à $\text{C/N} > 8$ (ex : fumier) des engrais de type 2 à $\text{C/N} < 8$ (ex : lisier).



Connaissances sur les effets des caractéristiques des effluents sur la volatilisation et la lixiviation d'N (suite)

La fraction organique est constituée de composés plus ou moins facilement décomposables : une partie est donc décomposée rapidement dans l'année (ex : urée), une autre le sera progressivement les années suivantes. La quantité d'azote minéralisable dans l'année dépend à la fois de la nature de l'azote apporté, du couvert, des modalités d'application de l'engrais et des conditions climatiques ([COMIFER, 2013](#)). L'azote des fumiers est d'autant plus stabilisé dans la matière organique qu'ils sont âgés ou compostés ([Quideau, 2010](#)).

Type d'effluent	Rapport C/N
Fumier de bovins très composté	11-14
Fumier de poulets de chair	9-11
Lisiers de bovins	8-10
Lisiers de porcs	4-6
Fientes de poules pondeuses	6-7

(d'après [CRA Languedoc-Roussillon, 2011](#))

L'effet direct d'un engrais organique (donné par la valeur du Keq : [COMIFER, 2013](#), page 42) est la fraction d'azote de l'engrais qui peut être valorisée par la culture suivant l'apport : il concerne donc l'azote minéralisable dans l'année et la fraction d'azote minéral de l'effluent.

Fientes de volailles	70%	20%	10%
Lisier de porc	60%	20%	20%
Lisier de bovins	40%	30%	30%
Fumier de bovins	10%	20%	70%

(d'après [CA Marne, 2012](#))

Azote minéral

Azote minéralisé dans l'année

Azote minéralisé les années suivantes

} Keq

Les leviers en lien avec les caractéristiques de l'effluent

PERTES PAR VOLATILISATION DE NH₃

- **Teneur en azote ammoniacal** : la concentration en azote d'un effluent peut être diminuée en jouant sur l'alimentation animale ([fiches 2a, 2b et 2c, Portejoie et al., 2002](#)) ou en diluant le lisier (Morvan et al., 2004b). Les effluents d'élevage sont à raisonner en fonction des périodes de besoin des cultures et de la proportion d'azote immédiatement utilisable par celles-ci. Se reporter aux références du [COMIFER \(2013\)](#) (p. 42), de la [DRAAF Bretagne \(2013\)](#) ou, pour les légumes, des [CA Bretagne \(2008\)](#) (pp. 15 et 40) pour connaître l'équivalence en engrais minéral de chaque effluent d'élevage, en fonction des périodes d'apport et de la culture. Etant donné la forte variabilité de la composition des effluents d'élevage, il est préférable si possible de doser l'azote total et l'azote ammoniacal sur l'effluent à épandre (analyse rapide type [Quantofix](#)).

- **Teneur en matière sèche** : les fumiers, qui ne s'infiltrent pas dans le sol, sont à incorporer dans les heures qui suivent l'épandage. Attention : l'infiltration des lisiers n'est que partielle : voir les techniques d'épandage permettant de réduire la volatilisation (dernière partie de cette fiche).

- **pH** : l'acidification du lisier pendant le stockage ou lors de l'application permettrait de favoriser la forme NH₄⁺ par rapport à la forme NH₃ ; mais les quantités d'acides à mettre en œuvre du fait du fort pouvoir tampon des lisiers rend cette solution peu réalisable (Morvan et al., 2004b).

PERTES PAR LIXIVIATION DE NO₃⁻

- **Fraction organique de l'effluent** : pour établir le plan de fumure, connaître le sens et la vitesse de la minéralisation (libération ou organisation d'N) et prendre en compte l'effet direct de l'engrais. Choisir des effluents à libération rapide d'N (faible C/N, type lisiers) pendant la culture, et des effluents à organisation puis libération lente d'N (fort C/N, type fumiers) bien avant l'implantation de la culture.

Connaissances sur les effets des conditions météorologiques sur la volatilisation et la lixiviation d'N

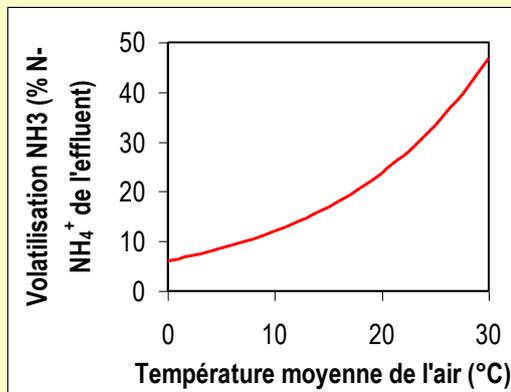
PERTES PAR VOLATILISATION DE NH_3

- Le facteur essentiel est la **température** ([CORPEN, 2001](#)).

- L'**hygrométrie** et la **vitesse du vent** favorisent également la volatilisation d'ammoniac ([CORPEN, 2001](#)).

Les fluctuations saisonnières de ces facteurs ont plus d'impact que les fluctuations diurnes : les pertes sont généralement plus élevées en été qu'au printemps

ou en automne, tandis qu'il y a peu de différences entre un épandage le matin ou le soir par rapport au midi.



Influence de la température sur la volatilisation d'ammoniac dans les 12 heures suivant l'épandage.

(d'après [Martinez et al., 1996](#))

PERTES PAR LIXIVIATION DE NO_3^-

- Le facteur principal est le volume des **précipitations** en période de drainage, ou plus exactement la fraction des pluies qui percole dans le sol en dessous de la zone racinaire (lame drainante).

- Des conditions favorables de **températures** et d'**humidité** du sol (ainsi que son aération) à la **croissance du couvert** réduisent également les risques de lixiviation. Mais ces conditions régulent également les **vitesse de minéralisation** ou d'**organisation** par la biomasse microbienne (selon la valeur du C/N de la matière organique à décomposer : voir le paragraphe sur l'effet des caractéristiques des effluents).

Les leviers en lien avec les conditions météorologiques

PERTES PAR VOLATILISATION DE NH_3

Pour réduire les pertes d'azote par voie gazeuse, privilégier des conditions fraîches et humides (ex : sortie hiver, ce qui permet de limiter la volatilisation à 10-30%, [Quideau, 2010](#)), sans vent, et si possible avant ou pendant une pluie fine afin de favoriser l'infiltration.

PERTES PAR LIXIVIATION DE NO_3^-

Pour réduire les pertes par lixiviation, ne pas épandre à l'automne, avant le début de la période de drainage.

Le choix des conditions météorologiques est essentiel à l'épandage et, combinées aux besoins des cultures, à la nature des effluents et aux risques de compaction du sol en conditions détremées, les conditions optimales pour épandre représentent un fenêtrage étroit. Afin de valoriser au mieux les effluents, il est essentiel d'avoir une **capacité de stockage importante** (9-10 mois pour du lisier de porc) ([Quideau, 2010](#)).

Connaissances sur les effets des caractéristiques pédologiques sur la volatilisation et la lixiviation d'N

Les émissions d'ammoniac peuvent varier d'un rapport de 1 à 6 entre deux types de sols ([CORPEN, 2001](#)). Les facteurs qui semblent être majoritairement impliqués sont ([CORPEN, 2001](#)) :

PERTES PAR VOLATILISATION DE NH_3

- **le pH** du sol, qui agit sur la volatilisation d'ammoniac de manière comparable mais moins efficacement que le pH de l'effluent, ce qui rend cette solution irréaliste ([CORPEN, 2006](#)).
- **la capacité d'échange cationique (CEC)**, qui retient l'ion ammonium NH_4^+ , empêchant sa volatilisation sous forme d'ammoniac. La volatilisation est donc plus faible sur les sols à CEC élevée (tels que des sols argileux et riches en matière organique) que dans les sols sableux (Morvan et al., 2004a). Mais **cet effet de la CEC est très limité**.
- **la capacité d'infiltration** du sol (reliée à sa **texture** et sa **porosité**), qui réduit les pertes par volatilisation, une partie de l'effluent n'étant plus au contact direct avec l'air.

PERTES PAR LIXIVIATION DE NO_3^-

- **la capacité d'infiltration** du sol (liée à la texture et la porosité), qui accroît le drainage et les risques de lixiviation. Les textures fines (argiles, limons) qui stockent davantage d'eau sont moins drainantes que les textures grossières (sables) : le temps de transfert des nitrates en profondeur est donc plus long (Lambert et Morvan, 2013).
- **la profondeur du sol**, qui favorise l'enracinement, donc l'absorption d'N par les cultures, et limite le drainage dans les régions moyennement pluvieuses. La lixiviation est donc réduite car les nitrates peuvent davantage être valorisés avant d'atteindre le fond (plus profond) du profil de sol ([Ferchaud, 2006](#)).
- **les activités uréasiques et nitrifiantes** du sol, responsables de la transformation de l'azote du sol vers du nitrate.

Les leviers en lien avec les caractéristiques pédologiques

Peu d'actions peuvent être menées pour intervenir sur ces facteurs, mais il est essentiel de connaître les risques liés à sa parcelle pour adapter ses pratiques et cultures et éviter d'épandre dans les situations à risque.

PERTES PAR VOLATILISATION DE NH_3

Pour réduire les pertes par volatilisation, éviter d'épandre sur sols compactés et desséchés, mais éviter également l'épandage sur sols collants ou détrempés pour ne pas dégrader la structure du sol. Favoriser plutôt l'épandage sur un sol de bonne portance en sortie d'hiver pour éviter l'altération de sa structure.

PERTES PAR LIXIVIATION DE NO_3^-

Pour évaluer les risques de lixiviation d'un sol, se reporter à la méthode de diagnostic proposée par le [COMIFER \(2002, page 17\)](#).

AUTRES PERTES D'N

Ne pas épandre sur des parcelles en pente pour éviter les pollutions par **ruissellement** (qui concernent plus l'azote organique dissout que les nitrates).

Connaissances sur les effets des techniques culturales sur la volatilisation et la lixiviation d'N

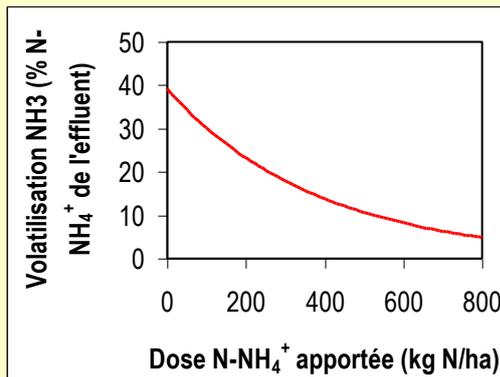
PERTES PAR VOLATILISATION DE NH₃

Les techniques culturales ayant un impact sur la volatilisation d'azote à l'épandage sont :

- le travail du sol avant épandage, qui améliore l'infiltration donc réduit la volatilisation
- les pratiques d'épandage : dose apportée, période d'apport (voir supra sur l'effet des conditions climatiques), techniques d'épandage (profondeur et répartition de l'apport)

• Dose d'azote ammoniacal apportée :

Le phénomène de saturation de l'air à proximité de l'effluent explique la plus faible **proportion** d'azote ammoniacal de l'effluent pouvant être volatilisée, quand on augmente la dose d'azote ammoniacal apportée. Mais **la quantité d'azote volatilisée augmente** avec la dose d'azote ammoniacal.



Influence de la quantité d'azote ammoniacal apportée sur la proportion volatilisée dans les 12 heures suivant l'épandage.

(d'après [Martinez et al., 1996](#))

• Technique d'épandage :

Les techniques actuelles visent à réduire la volatilisation de NH₃ en diminuant le contact entre l'effluent et l'air et favorisant une diffusion rapide jusqu'à la zone racinaire. Les coûts financiers sont partiellement compensés par le gain d'azote disponible pour la culture, à condition de le prendre en compte dans le calcul du bilan azoté. Plus de détails techniques : se reporter par exemple à Morvan et al., 2004b.

LISIERS :

Efficacité comparée de rampes d'épandage pour lisier

(adapté de [CORPEN, 2006](#))

L'injection, l'enfouissement du lisier ou son application sous couvert sont très efficaces pour réduire les pertes d'ammoniac ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

Epandage en plein		Indice 100
Epandage en ligne		Pas d'abattement
Injecteurs à soc		Abattement de 80 à 90%
Injecteurs à disques		Abattement de 50 à 70%
Dépôt surface : épandage avec sabots		Abattement de 50 à 90%
Dépôt surface et enfouissement par labour lors ou rapidement après épandage		Abattement de 80 à 90%

Connaissances sur les effets des techniques culturales sur la volatilisation et la lixiviation d’N (suite)

LISIERS (suite) :

L’injection de lisier présente néanmoins quelques inconvénients :

- difficulté de maîtriser le débit
- concentration de l’azote sur certaines zones, ce qui augmente les risques de lixiviation
- concentration d’ammoniac à proximité de la semence pouvant parfois être toxique pour celle-ci ([Brun et Cohan, 2013](#))
- risque de détérioration mécanique de la culture en place.

FUMIERS et FIENTES de volaille :

Pour les fumiers et fientes, un enfouissement **immédiatement après apport** est le plus efficace ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

(d’après [Peyraud, Cellier et al., 2012](#))

Enfouissement par labour	Type d’effluent	Réduction de l’émission de NH ₃
Immédiat	Fumier bovin, porcin	90%
	Fientes volaille	95%
Dans les 12 heures	Fumier bovin, porcin	50%
	Fumier volaille	70%
Dans les 24 heures	Fumier bovin, porcin	35%
	Fumier volaille	55%

PERTES PAR LIXIVIATION DE NO₃⁻

Les techniques culturales ayant un impact sur les pertes d’azote par lixiviation successives à l’épandage sont :

- le travail du sol avant épandage, qui améliore l’infiltration donc facilite le transfert en profondeur du nitrate et sa lixiviation
- les pratiques d’épandage : dose apportée, période d’apport, présence/état du couvert végétal

• Dose d’azote ammoniacal apportée :

La proportion d’azote volatilisé diminuant avec la dose d’azote ammoniacal apporté (voir paragraphe précédent), la quantité d’azote potentiellement lixiviable augmente d’autant plus rapidement avec la dose épandue. Il faut donc bien maîtriser la dose d’azote ammoniacal apporté par l’effluent : tout apport en excès (c’est-à-dire au-delà de ce que le couvert peut utiliser rapidement) est susceptible d’être perdu, d’autant plus par lixiviation que l’excès est important.

• Couvert végétal :

L’azote ammoniacal ou nitrique non absorbé par le couvert risque d’être lixivié au cours de la période de drainage. Il est important de connaître les périodes de besoins en azote de la culture, la biodisponibilité de l’azote de l’effluent à épandre et les possibilités techniques d’épandage afin de déterminer les périodes d’apport :

- Les lisiers et phases liquides issues des séparations de phase, riches en azote minéral, sont à gérer comme les engrais minéraux, au plus près des besoins des cultures (ex : lisier de porc sur blé, lisier apporté juste avant le semis de maïs...) (Quideau, 2010).
- Au contraire, les fumiers et composts sont à utiliser en fumure de fond, avant l’implantation de la culture (février-mars pour le maïs) pour libérer l’azote lors des besoins de la culture. Les apports tardifs (avril-mai pour le maïs) sont déconseillés car ils peuvent avoir un effet dépressif sur la culture (l’immobilisation/organisation consommant l’azote) et augmentent les reliquats post-absorption, potentiellement lixiviables car l’azote du fumier est minéralisé alors que la culture n’en a plus besoin (Quideau, 2010).

Le risque de pertes par lixiviation de l’azote provenant des effluents d’élevage est faible à nul si les périodes d’apport sont bien calées par rapport aux besoins des cultures.

PERTES PAR VOLATILISATION

- Pour limiter fortement les pertes par volatilisation, utiliser des techniques d'épandage permettant l'incorporation rapide de l'effluent dans le sol (enfouissement du fumier ou lisier par un labour, injection du lisier ou son application sous le couvert).

PERTES PAR LIXIVIATION

- Ajuster la fertilisation aux stricts besoins des cultures, tout apport en excès étant perdu par lixiviation.
- Raisonner les périodes d'apport pour que les effluents soient valorisés au mieux par la culture, en tenant compte de la biodisponibilité de l'azote de l'effluent et des périodes de besoins de la culture.
- S'assurer de la présence d'un couvert bien développé en début de période de drainage (CIPAN, prairie, colza...) permettant d'absorber les reliquats azotés et l'azote minéralisé à l'automne.

Pour aller plus loin...

- CORPEN (2006) *Les émissions d'ammoniac et de gaz azotés à effet de serre en agriculture*. CORPEN (Paris), 98 pages. [Lien](#)
- Lambert Y., Morvan T. (2013) Fortes pluies du printemps 2012 : Peu ou pas de pertes par lixiviation de l'azote des effluents. Terra, 363 : 35-37.
- Morvan T., Genermont S., Le Cadre E., Thirion F. (2004a) Volatilisation ammoniacale au champ : Comprendre pour maîtriser. Perspectives Agricoles, 302 : 16-20.
- Morvan T., Genermont S., Thirion F. (2004b) Maîtrise des émissions ammoniacales au champ : Les techniques qui marchent. Perspectives Agricoles, 304 : 24-27.
- Peyraud J.-L., Cellier P., (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. [Lien](#)
- Quideau P. (2010) *Les effluents d'élevage, les coproduits de traitement et leurs incidences environnementales*. In: Espagnol, S., Leterme, P. (Eds.), Elevages et environnement. Educagri éditions, Editions Quae (Dijon, Paris, France), 260 pages.
- UNECE (2007) *Document d'orientation sur les techniques d'orientation sur les techniques de prévention et de réduction des émissions d'ammoniac*. United Nations, 40 pages. [Lien](#)

Autres références citées :

- Brun D., Cohan J.-P. (2013) *Fertilisation sur orge de printemps : l'urée, un engrais à localiser avec précaution*. Perspectives Agricoles, 396 : 14-17.
- Chambres d'Agriculture de Bretagne (CRAB) (2008) *Fertilisation des légumes frais de plein champ : Guide pratique 2008*. Chambres d'Agriculture de Bretagne, 47 pages. [Lien](#)
- Chambre Régionale d'Agriculture du Languedoc-Roussillon (2011) *Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon - Tome 1*. [Lien](#)
- COMIFER (2002) *Lessivage des nitrates en systèmes de cultures annuelles : Diagnostic du risque et proposition de gestion de l'interculture*. COMIFER (Paris), 41 pages. [Lien](#)
- COMIFER (2013) *Calcul de la fertilisation azotée : Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales – Cultures annuelles et prairies*. COMIFER (Paris), 159 pages. [Lien](#)
- CORPEN (2001) *Les émissions d'ammoniac d'origine agricole dans l'atmosphère : Etat des connaissances et perspectives de réduction des émissions*. CORPEN (Paris), 110 pages. [Lien](#)
- Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne (DRAAF Bretagne) (2013) *Arrêté du 5 juillet 2013 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Bretagne*. 3 pages. [Lien](#)
- Ferchaud F. (2006) *Pratiques agricoles, fuites de nitrates et qualité de l'eau dans les bassins versants : Synthèse des références applicables au contexte breton*. Agrocampus Rennes, CEVA Pleubian, 132 pages. [Lien](#)
- Leterme P., Morvan T. (2010) *Mieux valoriser la ressource dans le cadre de l'intensification écologique*. Les colloques de l'Académie d'Agriculture de France, 1: 101-118.
- Martinez J., Moal J.-F., Caudal M.-C., Guiziou F. (1996) *Emission d'ammoniac après épandage de lisier : quantification et maîtrise*. Ingénieries EAT, 5 : 43-52. [Lien](#)
- Moal J.-F. (1995) *Volatilisation de l'azote ammoniacal des lisiers après épandage : quantification et étude des facteurs d'influence*. CEMAGREF (Rennes), 230 pages.
- Portejoie S., Doumad J.-Y., Martinez J., Lebreton Y. (2002) *Effet de la teneur en protéines de l'aliment sur la volatilisation ammoniacale des effluents porcins dans le bâtiment, au cours du stockage et à l'épandage*. Ingénieries, 32 : 27-39. [Lien](#)

Quels traitements des effluents d'élevage pour limiter les pertes d'azote ?

Avant-propos...

Le traitement technologique des effluents permet d'en modifier les propriétés, par exemple en stabilisant les molécules azotées pour éviter leurs pertes avant leur application au champ ou pour exporter les produits en dehors des zones en excédent structurel. Des usines de traitement réalisent une partie de ces traitements, mais à coût plus élevés (car suivi de granulation, ensachage), pour transformer les effluents d'élevage en produits normatifs et plus élaborés à destination de marchés plus rémunérateurs. De nombreuses autres techniques sont régulièrement proposées, qui en combinent plusieurs présentées dans cette fiche.

AVERTISSEMENT :

Les techniques exposées dans cette fiche sont présentées et « notées » sous l'angle de la pollution azotée. Certaines techniques (telles que la méthanisation ou le compostage), qui sont identifiées ici comme à risque pour la pollution azotée, présentent néanmoins d'incontestables autres intérêts que nous ne développerons pas ici.

Compostage

Effluent(s) concerné(s) : fumier (bovins, volaille, porcs), éventuellement lisier (+ paille ou autres résidus végétaux)

Principe : Consiste à maîtriser la décomposition des effluents afin d'éliminer les composés organiques facilement dégradables et de transformer le reste de la matière organique sous forme de molécules stables, non volatiles ni lixiviables, proches de celles contenues dans l'humus. Le produit fini est également plus sec.

Il se développe un co-compostage des déjections animales avec des déchets organiques des collectivités et industries.

Avantages : Lors de l'épandage, les pertes par volatilisation et lixiviation sont plus faibles qu'avec le fumier avant compostage. C'est également un produit qui présente de nombreux atouts pour être exporté : teneur élevée en matière sèche et en éléments minéraux NPK, bonne hygiénisation par la chaleur dégagée au cours du processus de compostage ([Levasseur et Dutréme, 2007](#)).

Inconvénients : Les composés azotés les plus volatiles sont perdus (souvent 30 à 60% de l'azote entrant selon [Peyraud, Cellier et al., 2012](#)). Dans certains cas, ces pertes se font essentiellement sous forme de N_2 (compostage de lisier sur paille), dans d'autres sous forme de NH_3 , avec alors des pertes souvent supérieures à celles obtenues lors d'un simple stockage de fumier. Cette pratique est donc souvent source de pollution atmosphérique ([UNECE, 2007](#)) et son usage peut être considéré comme une aberration agronomique dans les systèmes à bas intrants car elle ne permet pas une conservation de l'azote.

Par ailleurs, sous le tas, les jus émis sont riches en azote soluble (nitrate, azote organique soluble) qui peut être lixivié : pour un compost bien conduit, ces pertes sont négligeables, sinon elles peuvent atteindre 10-20% du N initial.

Enfin, le compostage sans exportation n'est pas une solution tenable à long terme, car leur utilisation répétée conduit à des apports trop importants en phosphore. L'exportation est dans ce cas nécessaire, mais n'est pas rentable sur de longues distances et le produit final ne possède pas toujours les normes qualitatives requises (Quideau, 2010).



Méthanisation (digestion anaérobie)

Effluent(s) concerné(s) : lisiers, possible fumiers

Principe : Dégradation d'une partie de la matière organique en CH_4 (méthane) et CO_2 dans des conditions anaérobies. Le méthane est alors valorisé sous forme d'énergie.

Inconvénients : L'azote est conservé sous sa forme, et les risques d'émission de NH_3 lors du stockage ou de l'épandage sont plus élevés (pertes 2 fois plus importantes au stockage et +15% à l'épandage) du fait du pH et d'une concentration en azote ammoniacal plus élevés ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)). Par ailleurs, à l'échelle de l'exploitation, cette pratique peut conduire à augmenter les entrées d'azote sur l'exploitation, du fait de l'introduction de produits exogènes (déchets verts, ensilage de maïs) pour compenser le faible pouvoir méthanogène de certains effluents d'élevage.

Avantages : Cette technique peut fournir l'énergie nécessaire au séchage des coproduits d'effluents d'élevage ou des boues de méthanisation elles-mêmes. Utilisée sur lisier de porc frais en couplage à une évacuation par raclage en V, elle permet de réduire les gaz à effet de serre et de chauffer les bâtiments d'élevage, mais n'est pas encore économiquement rentable ([Levasseur et al., 2013](#)). Elle est également intéressante dans les élevages biologiques, le digestat constituant un engrais organique riche en azote biodisponible ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).



Séchage

Effluent(s) concerné(s) : fientes, boues

Avantages : Le séchage réduit considérablement les pertes par volatilisation et permet l'exportation en réduisant les masses à transporter (Quideau, 2010).

Inconvénients : nécessite de l'énergie. Cela peut être envisagé à l'échelle de la filière par exemple, en valorisant la chaleur disponible à une étape pour le séchage des boues (par exemple abattoirs, dans la filière porcine). L'impact sur les pollutions azotées ne semble pas connu.



Traitement des effluents peu chargés

Effluent(s) concerné(s) : effluents peu chargés de ruminants (eaux blanches, vertes, brunes), **phase liquide** après séparation de phase puis traitement biologique ([CORPEN, 2006](#), p. 40-41)

Principe : Ces effluents présentent une valeur agronomique faible. Leur séparation avec les lisiers et fumiers permet de mieux gérer ces derniers. Trois traitements peuvent être combinés :

- traitement primaire en bassin de décantation (le décantât pouvant être épandu avec une tonne à lisier et l'effluent clarifié pouvant subir un traitement secondaire ou directement tertiaire),
- traitement secondaire par épuration biologique (lagunage ou filtres plantés de roseau),
- traitement tertiaire par épandage sur prairie ou infiltration (massifs filtrants végétalisés, bosquets épurateurs, fossés enherbé).

Avantages : Ces techniques ont été validées pour leur déchargement en polluants vers les eaux, mais les émissions gazeuses au cours de ces traitements n'ont pas été évaluées ([Institut de l'Élevage, 2007, Chambre d'Agriculture de Haute-Loire](#)). Par ailleurs, leur effet est positif pour la gestion des fumiers et lisiers, dont la consistance et la valeur agronomique (concentration en nutriments) se trouvent améliorées.



Séparation de phase

Effluent(s) concerné(s) : lisier

Principe et avantages : Permet d'obtenir deux produits qui pourront être gérés différemment avec possibilité d'exporter la phase solide vers d'autres zones agricoles.

- Dans la **phase liquide** l'azote est essentiellement ammoniacal (à 85%). La phase liquide peut être épandue sur l'exploitation ou subir un traitement biologique. Les pertes d'ammoniac à l'épandage sont faibles du fait de son infiltration rapide dans le sol, mais les risques de lixiviation sont importants si elle n'est pas apportée aux périodes de forts besoins des cultures (voir les recommandations de la [fiche 3a](#) sur l'épandage).
- La **phase solide** se trouve concentrée en azote et phosphore (respectivement 2 et 4-5 fois plus que dans le produit initial), ce qui permet un transport rentable de ces engrais sur plusieurs centaines de kilomètres.

L'efficacité de cette technique vis-à-vis de la réduction des pollutions azotées dépend des techniques qui lui sont associées pour traiter et gérer les deux produits. Différents systèmes existent, dont le plus efficace est le décanteur centrifuge qui permet de retenir dans la phase solide 30% de l'azote. La séparation de phase peut être réalisée directement en bâtiment (réduisant de 50% les émissions d'ammoniac), comme avec le système de raclage en V en élevage porcin. Peu d'émissions gazeuses se produisent au cours de ce traitement.

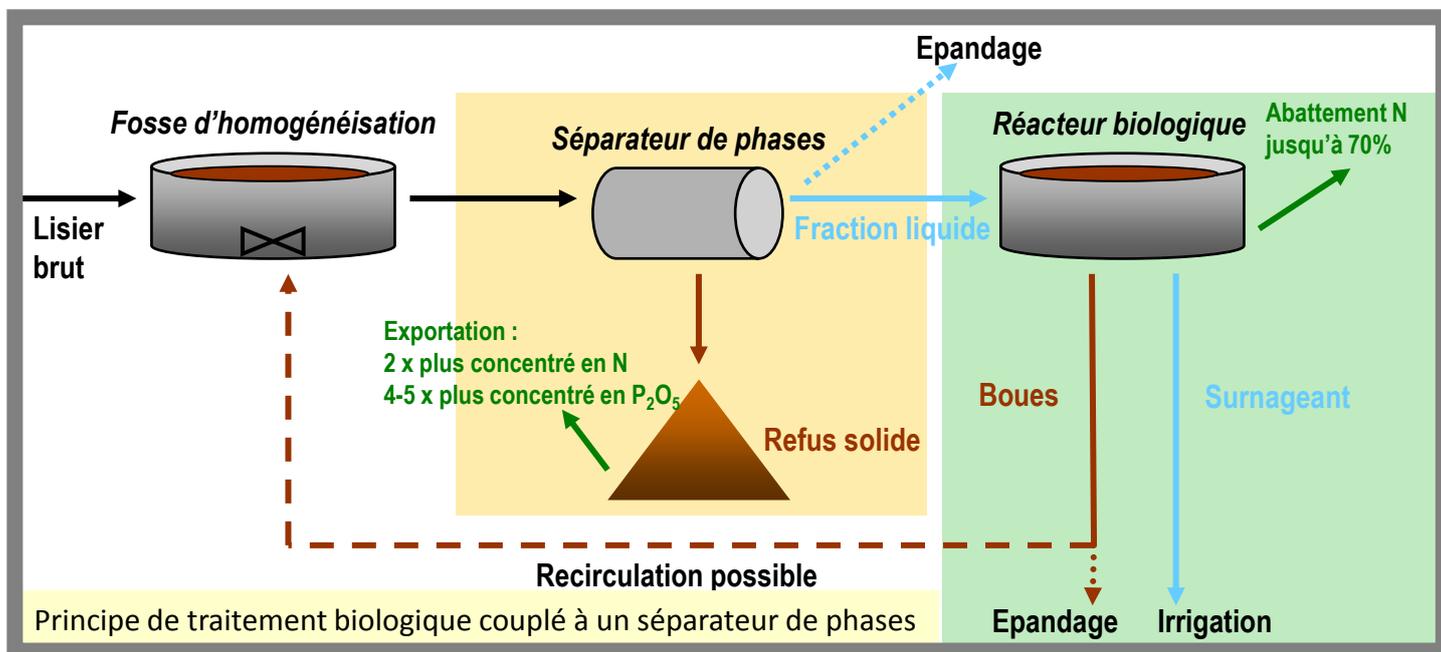


Traitement biologique de l'azote

Effluent(s) concerné(s) : lisier (principalement de porc)
([Béline et al., 2003](#))

Principe : Traitement continu des lisiers de porc pendant 30-40 jours dans un réacteur biologique, avec alternance de phases aérobie et anoxie, conduisant à l'élimination de l'azote (60-70% de l'azote étant converti en N_2) par les processus de nitrification et dénitrification. Les pertes d'ammoniac au stockage et celles de NH_3 et NO_3^- à l'épandage sont de ce fait nettement réduites.

Inconvénients : Cette émission, bien que non polluante, réduit les possibilités de recyclage agronomique de l'azote et représente donc une perte d'énergie. Mais l'abattement d'azote est recherché dans les exploitations et territoires manquant de surface d'épandage. Des émissions élevées (jusqu'à 18% du N initial) de N_2O sont possibles lorsque les conditions de traitement sont inadaptées. Les deux produits (effluent liquide et boues biologiques) de ce traitement sont trop riches en phosphore comparativement à l'azote pour un usage répété sur les mêmes parcelles. Les boues biologiques peuvent être déshydratées en vue de leur exportation.



Ajouts d'additifs dans les déjections : quelques pistes pour l'avenir ?

Inhibiteurs de nitrification pour les lisiers

Effluent(s) concerné(s) : lisier

Principe : Ces inhibiteurs retardent de 2 à 3 mois la transformation de l'azote ammoniacal en N_2O (par nitrification) et en NO_3^- (par oxydation), ce qui permet de réduire les pertes par lixiviation. La combinaison de deux inhibiteurs peut réduire de 50% les pertes d'azote vers l'eau et l'air (Zaman et Blennerhassett, 2010).

Inconvénients : Coût élevé, période active courte, et peut-être problèmes de phytotoxicité et d'impacts environnementaux.

Acidification du lisier

Effluent(s) concerné(s) : lisier ([Martinez et al., 1996](#))

Principe : Déplace l'équilibre $NH_3-NH_4^+$ vers la fraction NH_4^+ , et donc limite le potentiel de volatilisation. Martinez et al. (1996) ont ainsi obtenu pour une baisse d'un point de pH une réduction de 50% des émissions de NH_3 . Cela se fait par ajout d'additifs dans les déjections : acides organiques (acide lactique) ou acides inorganiques (acides nitrique, sulfurique, phosphorique) ou bactéries lactiques.

Inconvénients : Coûts élevés. Acidification du sol par l'effluent apporté. Exige une surveillance du pH. Risques liés à la présence d'acides forts sur l'exploitation.

Glucose

Effluent(s) concerné(s) : lisier de porc ([Portejoie, 2002](#))

Principe : L'ajout de glucose dans le lisier de porc diminue de 72% les pertes d'ammoniac par deux actions complémentaires :

- Acidification du lisier, ce qui favorise la forme NH_4^+ de l'azote ammoniacal qui n'est pas volatile contrairement à NH_3
- Alimentation des microorganismes, qui réorganisent l'azote ammoniacal en azote organique stable.

Inconvénients : Données issues d'une seule étude, à confirmer.

Sels ($MgCl_2$, $CaCl_2$, KNO_3)

Effluent(s) concerné(s) : lisier ([Martinez et al., 1996](#))

Principe : Pour des pH inférieurs à 8,5, la présence des cations des sels modifie les réactions qui permettant le passage du NH_4^+ en NH_3 . 1 et 2,5 moles de $CaCl_2$ apporté pour 1 mole d'azote ammoniacal présent réduisent de 72% et 84% les émissions d'ammoniac respectivement.

Pour aller plus loin...

- CORPEN (2006) *Les émissions d'ammoniac et de gaz azotés à effet de serre en agriculture*. CORPEN (Paris), 98 pages. [Lien](#)
- Peyraud J.-L., Cellier P., (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. [Lien](#)
- Quideau P. (2010) *Les effluents d'élevage, les coproduits de traitement et leurs incidences environnementales*. In: Espagnol, S., Leterme, P. (Eds.), *Elevages et environnement*. Educagri éditions, Editions Quae (Dijon, Paris, France), 260 pages.
- Martinez J., Moal J.-F., Caudal M.-C., Guiziou F. (1996) Emission d'ammoniac après épandage de lisier : quantification et maîtrise. *Ingénieries*, 5 : 43-52. [Lien](#)

Autres références citées :

- Béline F. Daumer M.-L., Guiziou F. (2003) Traitement biologique aérobie du lisier de porcs : performances des systèmes de séparation de phases et caractéristiques des co-produits. *Ingénieries*, 34 : 25-33. [Lien](#)
- Chambre d'Agriculture de Haute-Loire (consulté le 10/10/2013) *Compétitivité agricole et préservation de l'environnement en bâtiments d'élevage*. [Lien](#)
- Institut de l'Elevage, Chambres d'Agriculture, Cemagref (2007) *Les effluents peu chargés en élevages de ruminants : procédés de gestion et de traitement* (seconde édition revue et complétée). Editions Institut de l'Elevage, 116 pages. [Lien](#)
- Levasseur P., Dutréme S. (2007) *Hygiénisation des effluents d'élevage porcins*. *Techniporc*, 30(2) : 3-18. [Lien](#)
- Levasseur P., Coorevits T., Espagnol S., Quideau P. (2013) *Emissions de gaz à effet de serre et bilan économique de la petite méthanisation à la ferme et du raclage des déjections en élevage porcin*. Poster. 45^{èmes} Journées de la Recherche Porcine, 5-6 février 2013, Paris (France). [Lien](#)
- Portejoie S. (2002) Volatilisation ammoniacale lors du stockage et à l'épandage de lisiers de porc : impact des apports protéiques, de l'utilisation de couvertures de fosse et d'additifs. Thèse de Doctorat de l'Université de Perpignan, Editions Cemagref (Rennes), 137 pages. [Lien](#)
- UNECE (2007) *Document d'orientation sur les techniques d'orientation sur les techniques de prévention et de réduction des émissions d'ammoniac*. United Nations, 40 pages. [Lien](#)
- Zaman M. et Blennerhassett J.D. (2010) Effects of the different rates of urease and nitrification inhibitors on gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, nitrate leaching and pasture production from urine patches in an intensive grazed pasture system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136 : 236-246.



Rédaction : Pascaline MOREAU (AGROCAMPUS OUEST)

Encadrement du projet : Matthieu CAROF (AGROCAMPUS OUEST), Catherine GRIMALDI (INRA), Virginie PARNAUDEAU (INRA)

Validation scientifique : Thierry MORVAN (INRA), Virginie PARNAUDEAU (INRA)

Ces fiches ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Bretagne

Quels leviers pour limiter les fuites d'azote en système prairial ?

Etat des lieux des prairies en Bretagne

Les prairies en Bretagne, ce sont 708 546 ha dont :

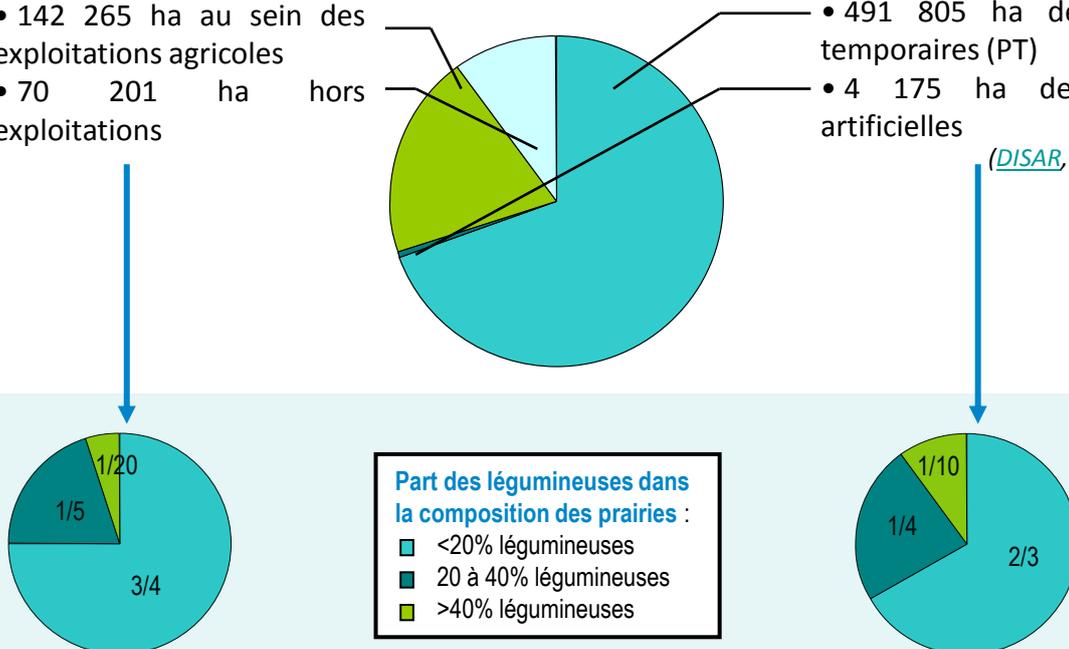
212 566 ha de **prairies permanentes** (ou Surfaces Toujours en Herbe, STH : prairies naturelles ou de plus de 5 ans), dont :

- 142 265 ha au sein des exploitations agricoles
- 70 201 ha hors exploitations

495 980 ha de **prairies temporaires** (prairies renouvelées depuis moins de 6 ans) **et artificielles** (légumineuses pures), dont :

- 491 805 ha de prairies temporaires (PT)
- 4 175 ha de prairies artificielles

(DISAR, données 2012)



On considère que l'autonomie azotée est assurée par la légumineuse lorsque son taux dépasse 20%. Pour 2/3 à 3/4 des surfaces, ce taux n'est pas atteint, alors que 46% des prairies sont semées en associations graminées-légumineuses et 9% en mélanges complexes. La fertilisation azotée peut être responsable de la régression des légumineuses semées en association (voir tableau ci-dessous).

(Agreste 2010a et 2010b, données 2006)

Typologie des prairies :

Une plus grande diversité que ces deux classes de prairies (STH et prairies temporaires) existe en réalité, tant par la nature des prairies que par leur utilisation et gestion.

Composition	Exploitation	Fertilisation azotée
RGH ou RGI pur	• 100% Fauche (2 fauches)	• 60% N minéral seul (130 uN) • 40% N min + N org (150-200 uN)
RGA pur	• 65% Pâturage (4 pâtures) • 35% Mixte (1 fauche + 3 pâtures)	• 75% N min seul (105 uN) • 25% N min + N org (150-180 uN)
RGA-TB- (TB<20%)	• 65% Pâturage (4 pâtures) • 35% Mixte (1 fauche + 2 pâtures)	• 75% N min seul (90 uN) • 25% N min + N org (130-155 uN)
RGA-TB+ (TB>20%)	• 75% Pâturage (4 pâtures) • 25% Mixte (1 fauche + 2 pâtures)	• 75% N min seul (50 uN) • 25% N min + N org (65-100 uN)
Prairie permanente >10 ans	• 100% Pâturage (4 pâtures)	• 100% N min seul (60 uN)

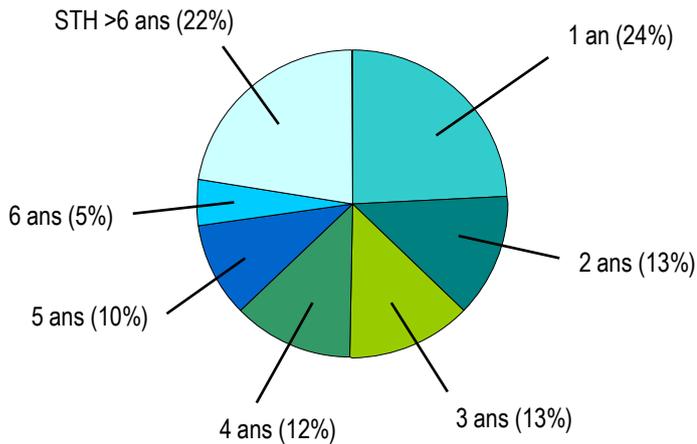
Dans tous les cas de pâture, dernière pâture entre fin août et octobre.

(données Enquête Pratiques Agricoles 2006)

Etat des lieux de l'âge des prairies, en Bretagne

Âge des prairies en Bretagne

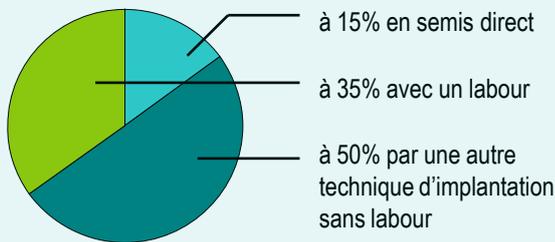
(en % de la surface en prairies) :



Concernant les prairies temporaires (< 6 ans) :

- ✦ 1/4 des prairies temporaires est retourné chaque année, un peu plus de 50% restent en place au moins 3 ans.
- ✦ Parmi les surfaces nouvellement implantées :
 - 1/3 était avant en prairie temporaire ou de longue durée
 - 2/3 était en maïs fourrage ou céréale

Travail du sol :

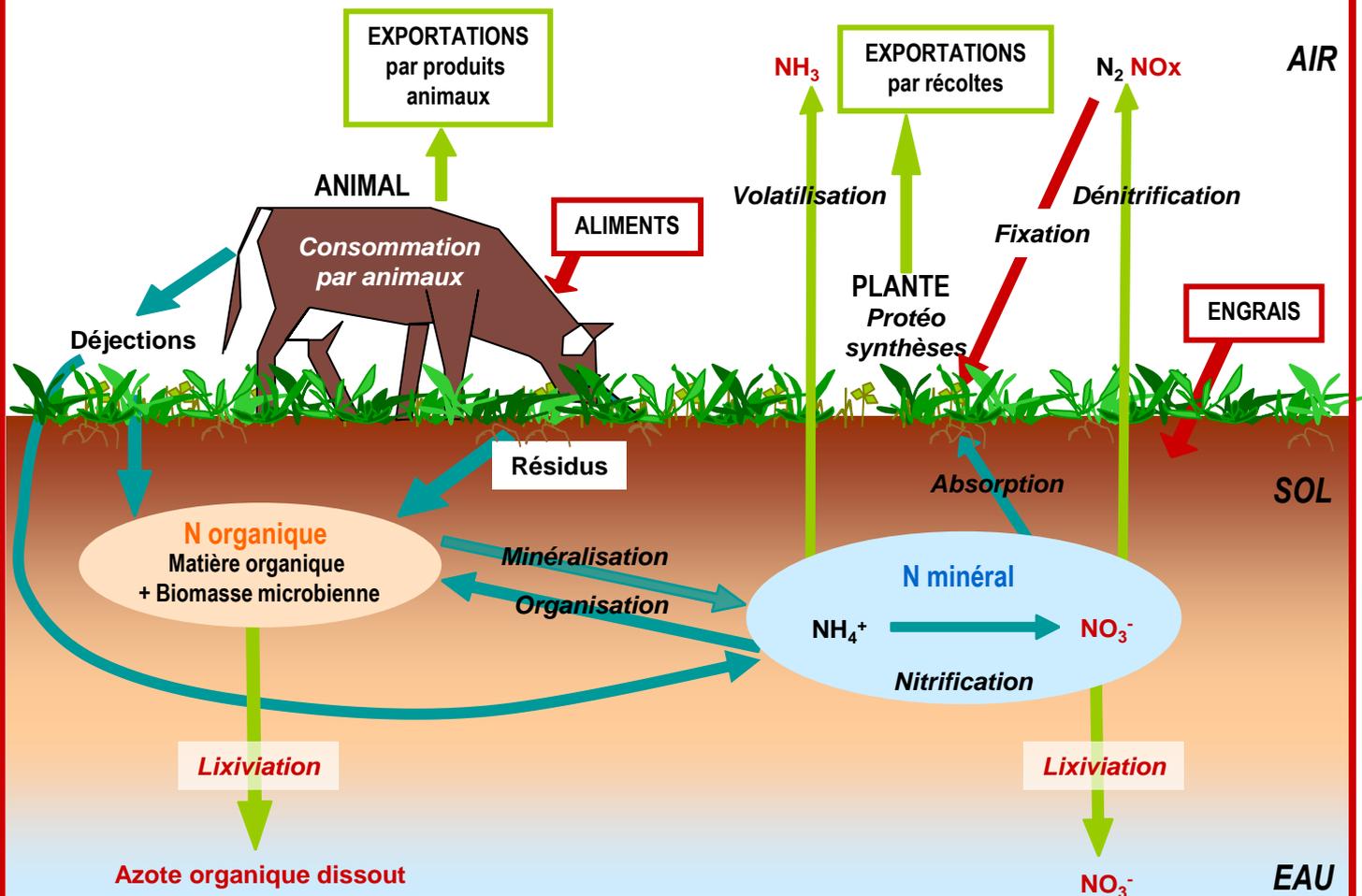


Qu'elles soient temporaires ou permanentes, les prairies bretonnes sont implantées :

(sources : Agreste [2010a](#) et [2010b](#), données 2006)

Représentation simplifiée des flux d'azote sous prairie

(schéma : [Vertès et al., 2007](#))



Connaissances sur les flux d'azote dans les prairies et risques majeurs de lixiviation

Par rapport aux cultures annuelles, le cycle de l'azote sous prairies est plus complexe et se caractérise par :

- **Beaucoup d'azote absorbé par le couvert** : il s'agit d'un couvert pluriannuel, avec plusieurs récoltes par an permettant d'exporter l'azote et une forte absorption lorsque les conditions climatiques sont favorables à la croissance, y compris en hiver.
- Mais **peu d'azote se trouve exporté en cas de pâturage** : les déjections restituent presque en totalité l'azote ingéré.
- **L'azote se trouve surtout sous forme organique** : pendant toute la durée de la prairie, il va être partiellement stocké, ce qui en limite les pertes ; mais lors de la destruction de la prairie, le cycle de l'azote se trouve radicalement bouleversé et **l'azote stocké est libéré par l'importante minéralisation** liée au retournement de prairie.

Les risques les plus importants de lixiviation de nitrate se trouvent dans deux situations :

- Le **pâturage sur les parcelles proches de l'exploitation alors que l'offre d'herbe est faible** (type parcelles « parking ») : l'affouragement et les restitutions sur la parcelle conduisent à un transfert de l'azote vers ces zones
- Puis l'importante minéralisation liée au **retournement de prairie**.

Par ailleurs, de l'azote organique, abondant sous les prairies, se trouve solubilisé et entraîné vers les eaux souterraines où il peut être nitrifié, contribuant à augmenter la pollution nitrique.

Synthèse des leviers mobilisables pour réduire les pertes d'N par lixiviation dans les systèmes prairiaux

Pertes d'N sous prairie

Elles varient en fonction des facteurs suivant :



- **Contexte pédoclimatique**, dont l'influence est à connaître afin de savoir si on se trouve dans une situation particulièrement à risque.



- **Gestion de la prairie** : le mode d'exploitation (fauche/pâturage), la période et la quantité d'azote apporté par la fertilisation et/ou le pâturage sont les facteurs majeurs sur lesquels il est possible d'agir pour réduire les risques de pertes par lixiviation.
- **Âge de la prairie** : ce facteur n'est pas aisé à caractériser, il semble augmenter les fuites d'azote, mais à l'échelle de la rotation les prairies fréquemment retournées engendrent plus de fuites (facteur à étudier en lien avec les [fiches n°6 et 7](#)).
- **Composition floristique de la prairie**, notamment le taux de trèfle blanc, a un impact sur la gestion de la prairie et sur les pertes par lixiviation.

Synthèse des leviers mobilisables pour réduire les pertes d’N par lixiviation dans les systèmes prairiaux (suite)

Pertes d’N liées au retournement de prairie

La forte minéralisation au retournement de la prairie peut entraîner de fortes pertes de nitrates par lixiviation. Cette minéralisation et ces pertes peuvent être régulées par les facteurs suivants :

- **Itinéraires techniques en dernière année avant retournement** : quel est la durée optimale d’une prairie pour limiter les fuites d’azote, quelles sont les techniques pour allonger la durée de vie des prairies ?
- **Saison du retournement**, facteur à l’impact très important
- **Travail du sol** : n’a pas d’impact sur les quantités d’azote minéralisées, mais entraîne un léger décalage dans la dynamique de libération de cet azote.
- **Choix des espèces à planter après un retournement de prairie**, afin que celles-ci soient capables de valoriser les très importantes quantités d’azote libérées suite au retournement.



Raisonner aux échelles de la rotation et de l’assolement

- **Effet de l’historique de la prairie sur les pertes au retournement** : espèces prairiales, quantité de matière organique accumulée en fonction des caractéristiques du sol et du mode d’exploitation
- **Pertes liées à différents assolements et rotations**



Eviter le retournement

Eviter le retournement de prairie pour éviter la forte minéralisation qui s’en suit :

- Prolonger la durée de vie de la prairie
- Pérenniser la prairie
- Semer une culture sous couvert de prairie permanente.



Pour aller plus loin...

- Laurent F., Vertès F., Farruggia A. et Kerveillant P. (2000) *Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle*. Fourrages, 164 : 397-420. [Lien](#)
- Peyraud J.-L., Cellier P. (coord.) (2012) *Les flux d’azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. [Lien](#)
- Vertès F., Simon J.-C., Laurent F. et Besnard A. (2007) *Prairies et qualité de l’eau – Evaluation des risques de lixiviation d’azote et optimisation des pratiques*. Fourrages, 192 : 423-440. [Lien](#)

Pertes d'azote sous prairie

Quelle gestion pour limiter les fuites d'azote ?

Trois principaux processus régulent les fuites d'N sous prairie :

- celui ayant le plus d'impact : les entrées/sorties d'N : les pratiques de fertilisation et la gestion de l'exploitation de la prairie (fauche, pâturage)
- la composition floristique de la prairie
- et de manière moins clairement établie, l'âge de la prairie

Entrées/sorties d'N : fertilisation et exploitation des prairies

Connaissances sur le devenir de l'N en prairie fauchée ou pâturée

Dans une prairie, les apports de matière organique provenant de la décomposition des racines et feuilles sénescentes ont un fort C/N : l'azote apporté a donc tendance à être organisé. Par ailleurs, l'activité de croissance des prairies est quasiment continue toute l'année. Malgré la minéralisation, la lixiviation de l'azote sous prairies est donc limitée par deux facteurs : l'absorption d'N minéral par le couvert tout au long de l'année et l'immobilisation de l'N minéral ([Chabbi et Lemaire, 2007](#)).

En prairie fauchée

200 à 400 kg N/ha/an de l'azote apporté est consommé par les plantes et les microorganismes ; au-delà, le système est saturé et l'azote en excès risque d'être lixivié.

En prairie pâturée

Le système est plus complexe qu'en prairie fauchée car s'ajoutent les restitutions par les déjections animales.

Un animal ingère de 200 à 400 kg d'N/ha/an au pâturage (Decau et Simon, 1990). 75 à 90% de cet azote est restitué par les déjections ([CORPEN, 2001](#)), ce qui représente au total 150 à 500 kg d'N/ha selon le chargement et la durée de la saison de pâturage (accroissement de 70 kg, pour un accroissement de 100 journées de pâturage, Decau et Simon, 1990).

Selon [Vertès et al. \(1997\)](#), ces restitutions sont distribuées de manière hétérogène : sous les pissats, l'azote représente une dose équivalente en moyenne à 500 kg N/ha (variant de quelques dizaines à 1000 kg N/ha). Ainsi, pour des prairies modérément fertilisées (200-250 kg N/ha/an), 10 à 15% de la surface d'une prairie reçoit des quantités supérieures à ce que peuvent utiliser le couvert et les microorganismes du sol, et même 60% dans le cas de chargements très intensifs. De ce fait, la lixiviation potentielle irréductible d'une prairie pâturée est de 20-30 kg N/ha. Plus les pissats sont émis tardivement, plus les risques de lixiviation du nitrate sont importants.

Connaissances sur l'effet de la forme de l'azote apporté sur la lixiviation d'N sous prairie

FERTILISATION

Les apports tardifs sont d'autant plus risqués que la fraction minérale de l'N de l'engrais est importante. Ainsi, l'épandage tardif de lisier est plus risqué que celui de fumier ([Laurent et al., 2000](#)).

Connaissances sur l'effet de la forme de l'azote apporté sur la lixiviation d'N sous prairie (suite)

PÂTURAGE

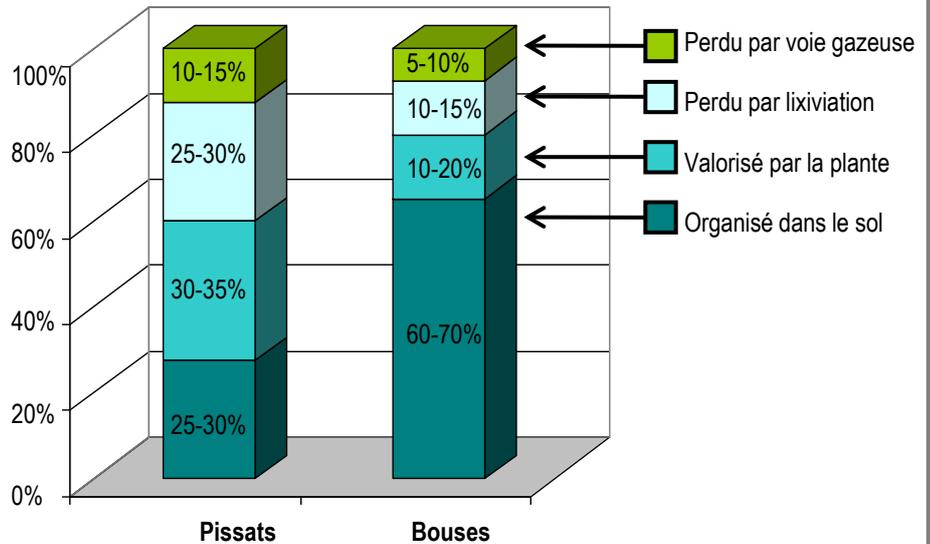
La lixiviation est plus importante sous les pissats (Decau et Simon, 1990, [Laurent et al., 2000](#)), car :

- La majorité de l'azote ingéré au pâturage (64 à 75%) est restituée à la parcelle sous forme urinaire. Les quantités d'azote urinaire sont reliées à la quantité d'azote ingéré et tout azote ingéré en excès est éliminé dans les urines.
- L'azote de l'urine est sous forme d'urée rapidement minéralisable (1 à 7 jours), tandis que l'azote des bouses est sous forme organique à minéralisation progressive (qui rejoint le pool de la matière organique stable du sol).
- Les restitutions par les pissats, très locales, génèrent de fortes concentrations d'azote minéral, bien supérieures aux capacités instantanées d'absorption du couvert et d'organisation par la biomasse microbienne, exposant ainsi l'excès d'azote minéral à la lixiviation. Les quantités d'azote lixiviables peuvent atteindre localement plusieurs centaines de kg N/ha.

Devenir de l'azote des pissats et des bouses.

Ces proportions peuvent varier en fonction des conditions pédoclimatiques et de l'exploitation de la prairie : la part et la valeur absolue des pertes par lixiviation sont ainsi plus importantes en pâturage intensif et sous les parcelles « parking ».

(d'après [Peyraud, Cellier et al., 2012](#))

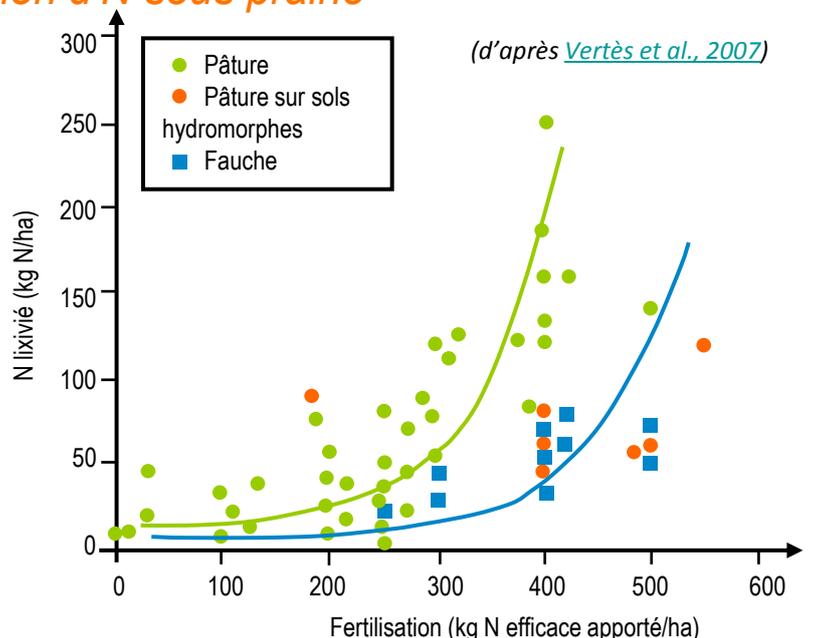


La **fertilisation** (dose et date des apports) est à raisonner pour éviter les pertes de nitrates sous prairies fauchées ou pâturées. Sous prairie pâturée, les risques de lixiviation des nitrates sous prairies pâturées dépendent également de la **gestion du pâturage** (chargement animal et saison du pâturage).

Connaissances sur l'effet de la dose apportée sur la lixiviation d'N sous prairie

N apporté par fertilisation uniquement (cas des prairies fauchées)

En Bretagne, dans des conditions pédoclimatiques favorables à la croissance des prairies, la **lixiviation peut rester à des niveaux acceptables jusqu'à 400 kg N efficace/ha** (N minéral + N ammoniacal du lisier) lorsque les périodes d'apport sont raisonnées et dans des sols moins sujets à la lixiviation ([Vertès et al., 2007](#)).



Connaissances sur l'effet de la dose apportée sur la lixiviation d'N sous prairie (suite)

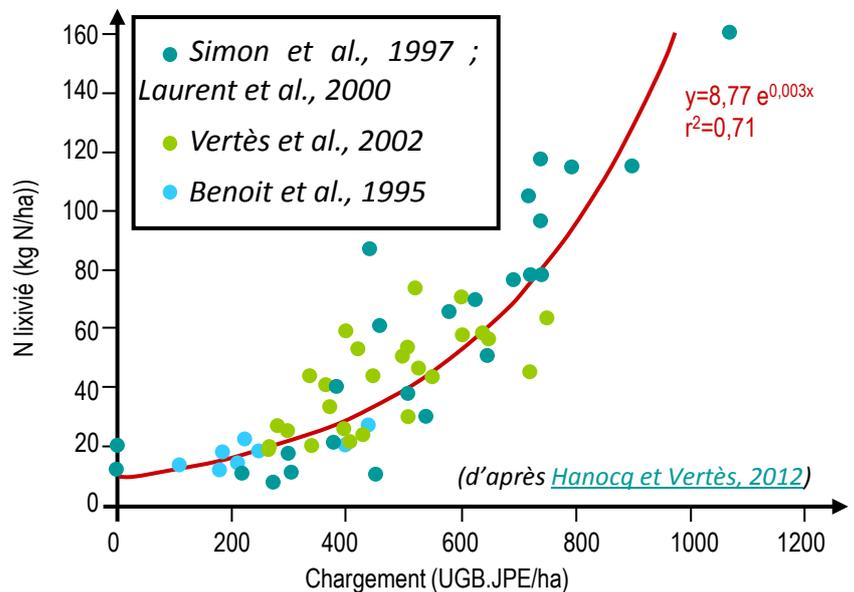
N apporté par fertilisation et restitutions au pâturage (cas des prairies pâturées)

Du fait des quantités d'azote émises par les animaux au pâturage, les risques de lixiviation apparaissent pour des doses d'azote apportée par fertilisation bien plus faibles.

Effet des restitutions au pâturage :

Les risques de lixiviation d'azote sont modérés (généralement inférieurs à 50 kg N/ha/an) pour des chargements jusqu'à 450-550 UGB.JPE/ha/an (JPE : Jours de Pâturage Equivalent), soit environ 1,3-1,5 UGB/ha. Au-delà, les risques augmentent rapidement, d'autant plus pour des pâturages d'hiver pour lesquels l'absorption par le couvert est ralentie.

UGB.JPE : chargement au pâturage exprimée en Unite Gros Bétail. Jour de pâturage équivalent par hectare et par an.



Effet des interactions entre fertilisation et restitutions au pâturage :

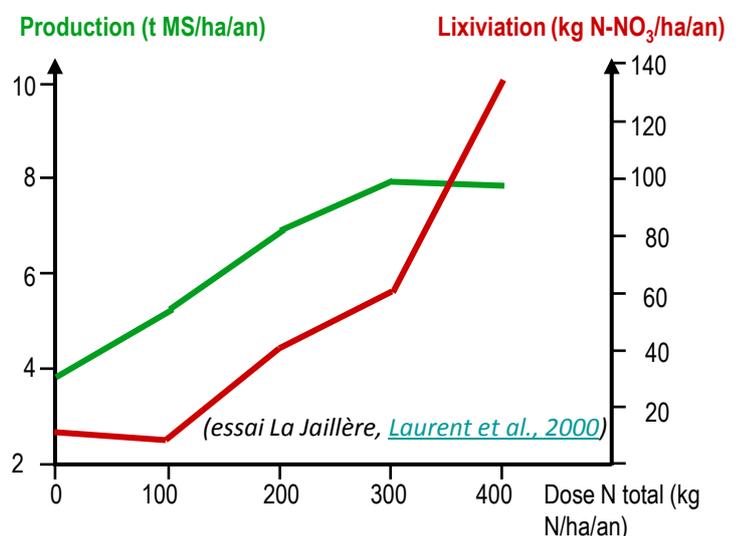
Plus la prairie pâturée est fertilisée :

- plus **l'herbe est riche en azote** et plus il y aura d'azote excrété (Decau et Simon, 1990),
- et plus la prairie est productive, ce qui accroît le **pâturage, donc les quantités d'N restitué** (notamment ceux tardifs) (Laurent et al., 2000).

(d'après Peyraud, Cellier et al., 2012)	Fertilisation (kg N/ha)		
	0	100	320
Jours de pâturage (/ha)	456	550	689
Teneur en N de l'herbe (g/kg MS)	25,1	28,4	35,4
N-urine (kg N/ha/an)	113	161	276
Azote potentiellement lixiviable (kg N/ha/an)	28	44	161

Lien entre productivité de la prairie pâturée et les pertes par lixiviation :

La production de la prairie se stabilise progressivement quand on augmente la dose et plafonne à partir de 300 kg N/ha/an, tandis que la lixiviation continue d'augmenter. Au-delà de 250 kg N/ha/an, les pertes de nitrates sous prairies pâturées deviennent importantes. Un bon compromis entre production et lixiviation semble être une **fertilisation azotée annuelle de 150 à 250 kg N/ha/an**, en ciblant le bas de la fourchette dans les situations estivales séchantes et le haut de la fourchette dans les zones plus arrosées en été (Laurent et al., 2000).

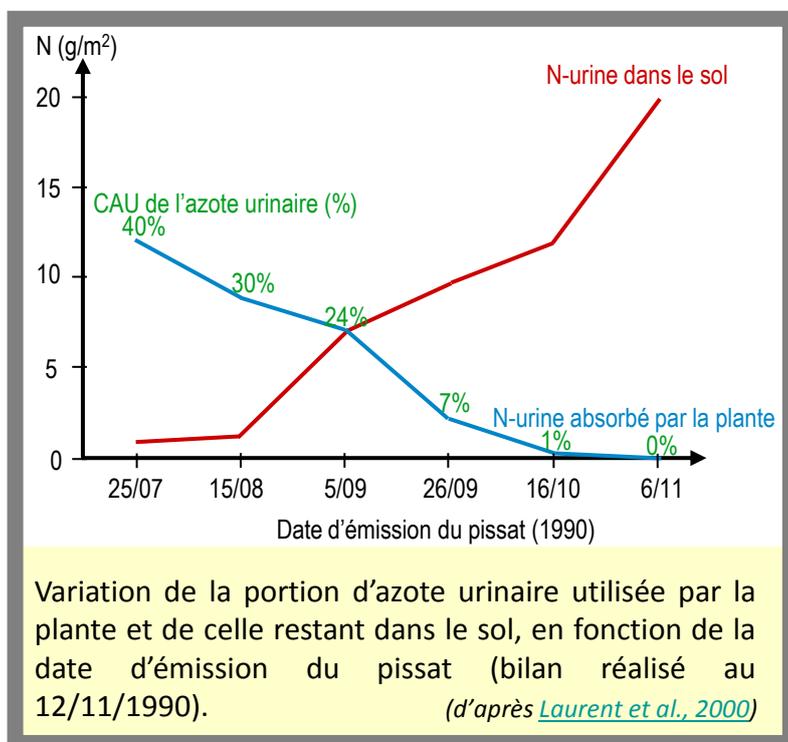


Connaissances sur l'effet de la période des apports sur la lixiviation d'N sous prairie

Que l'azote provienne de la fertilisation ou des restitutions au pâturage, pour une même quantité d'azote efficace apportée, la distribution des apports impacte les pertes par lixiviation, avec une augmentation de celles-ci en cas d'apports tardifs (à partir de l'arrêt de la végétation en été). Voir les périodes d'absorption de la prairie en relation avec la fourniture du sol et les périodes à risque pour la lixiviation ([fiche n°0](#)).

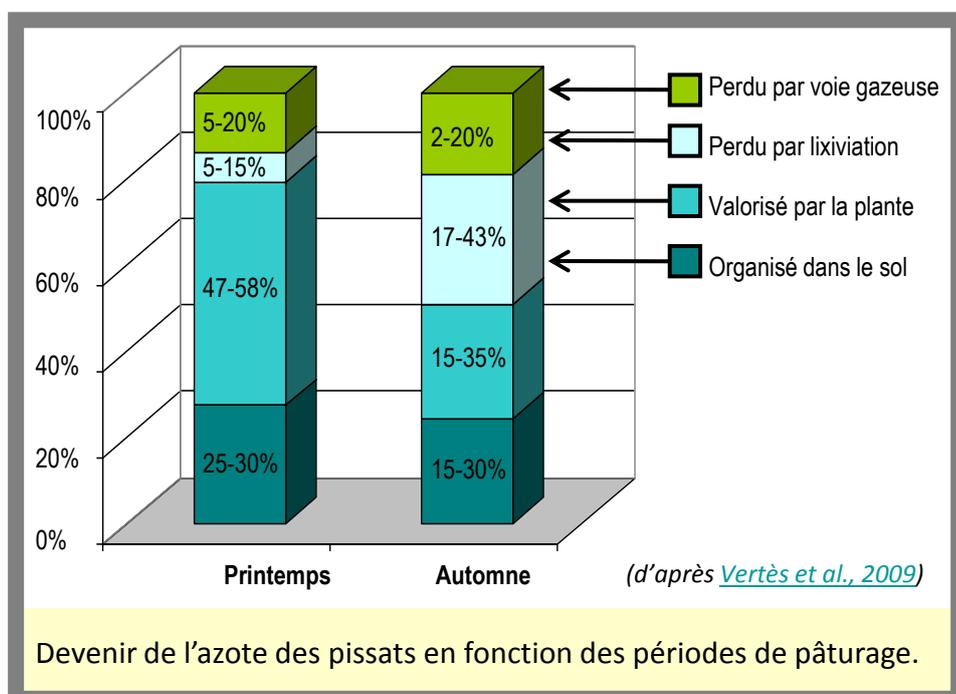
Plus l'apport est tardif, plus il y a de risques qu'il reste de l'N excédentaire en début de période de drainage, car :

- l'azote apporté tardivement est moins bien valorisé : l'absorption par le couvert diminue en période de moindre pousse en été (diminution du CAU de l'engrais au fil des cycles de production de la prairie : 0,75 au printemps, 0,25 en été), surtout si les conditions estivales sont défavorables (sécheresse).



L'impact des restitutions au pâturage tardives est d'autant plus important que :

- plus le pâturage est tardif, plus le nombre de cycles de croissance après déjections est faible et donc moins il y aura d'utilisation de l'azote par le couvert.
- plus le pâturage est tardif, plus le développement de la prairie reste stimulé, justifiant le maintien d'un pâturage d'autant plus tardif dont les restitutions présentent un plus fort risque de lixiviation.



En définitive, **presque la totalité de l'azote apporté en fin d'été ou automne est retrouvé dans les reliquats en début de drainage, donc potentiellement lixivié** ([Vertès et al., 1997](#)). Plus que la réduction de la dose annuelle totale, c'est la diminution de la fertilisation estivale qui permet de fortement réduire les quantités d'azote lixivié ([Laurent et al., 2000](#)).

Leviers pour réduire la lixiviation d’N sous prairie

Il existe une certaine variabilité du bilan azoté et de l’efficacité de l’azote entre exploitations pour un même niveau de production dans l’Ouest de la France : l’optimisation des pratiques mises en place par les exploitations les plus performantes permet de réduire de 30% (soit d’environ 50 kg N/ha/an) par rapport à la moyenne des autres exploitations ([Peyraud, Cellier et al., 2012](#)).

LEVIERS POUR DES PRAIRIES FAUCHEES

Sous réserve d’une fertilisation azotée raisonnée, les risques de lixiviation d’azote sous prairies fauchées sont faibles. Les leviers proposés concernent la fertilisation (dose et date des apports) afin d’éviter les situations à risque.

- **Calculer la dose à apporter** en fonction des objectifs de production de la parcelle et en prenant en compte la fourniture du sol et la contribution des légumineuses (voir le guide de la fertilisation azotée du [COMIFER, 2013](#)). Pour cela, il est également nécessaire de bien **prévoir la valeur fertilisante des engrais de ferme** et d’ajuster le matériel d’épandage. Les références donnant la teneur en azote par type d’engrais étant très imprécises, des outils sont disponibles pour établir plus précisément la valeur fertilisante de son engrais organique (ex : Quantofix).
- **Raisonner le calendrier des apports** : apporter au moment de la pousse et quand la prairie valorise le mieux l’azote, donc apporter la plus grande quantité d’azote en sortie d’hiver et au printemps. Plus la dose apportée est importante, plus il faut l’apporter tôt pour laisser le temps au couvert et aux micro-organismes du sol de la valoriser dans son intégrité.
- **La fertilisation estivale peut être appliquée ou non en fonction du contexte pédoclimatique** : en zone de bonne pousses estivale et en absence de déficit hydrique, on peut fertiliser jusqu’à fin juin-début août (mais sur une dose totale de 250 kg N/ha par exemple, n’apporter que 50 kg N/ha en été). Mais si le déficit hydrique est prononcé en été, ne plus envisager d’apport au-delà de début juin ([Laurent et al., 2000](#)).

LEVIERS POUR LES PRAIRIES PÂTUREES

- **Raisonner la fertilisation** :
 - **Ajuster la dose** en fonction des objectifs de production de la parcelle et en prenant en compte la fourniture du sol, la fertilisation par les restitutions au pâturage et par la contribution des légumineuses (voir le guide de la fertilisation azotée du [COMIFER, 2013](#)).
 - **Adapter le calendrier des apports** en fonction des périodes de pâturage et des périodes de pousse de l’herbe.
- **Adopter un pâturage modéré** :
 - **Raccourcir la saison de pâturage** (ne plus pâturer à partir de la fin de l’été) et **éviter le surpâturage** (ne pas dépasser 1,5 UGB/ha de SFP).
 - **Ne pas laisser les animaux dans les parcelles où le pâturage n’est pas possible du fait de la croissance faible** ou nulle de la prairie (été sec, sol partiellement nu) ; éviter par exemple la mise à l’herbe sur des parcelles avec apport de fourrage exogène
 - Ne pas faire séjourner les animaux sur des parcelles lorsqu’une grande part de l’alimentation se fait sur un autre lieu (ex : parcelles « parking » proches de la salle de traite)

Leviers pour réduire la lixiviation d’N sous prairie (suite)

- **Introduire une ou plusieurs fauches** dans le mode d’exploitation d’une prairie (même sur les premiers cycles) ; plus il y a de fauches et plus le risque de lixiviation diminue ([Laurent et al., 2000](#)).
- **Apporter des inhibiteurs de nitrification** sur prairies pâturées en automne ou hiver, pour reporter la transformation de l’ammonium en nitrate à une période où la prairie l’absorbera (forte pousse de printemps). Ces inhibiteurs peuvent être directement épandus sur prairie ou diffusés par un bolus dans le rumen des animaux au pâturage. Cependant, la synthèse de [Peyraud, Cellier et al. \(2012\)](#) est plutôt pessimiste sur le réel effet positif de ces inhibiteurs.

Composition floristique de la prairie

Connaissances sur les spécificités des prairies d’association graminées-légumineuses pouvant avoir un impact sur la lixiviation d’N

La légumineuse fixe l’azote de l’air en fonction de ses besoins de croissance et des disponibilités en azote du sol. La graminée associée bénéficie de cet azote de façon indirecte (restitution des déjections et décomposition des organes morts de la légumineuse). La graminée est plus compétitive que la légumineuses pour absorber l’azote du sol, et la fixation d’azote de l’air par la légumineuse est inhibée lorsque l’azote est en grande quantité dans le sol : lorsque la prairie d’association est fertilisée, le trèfle est défavorisé et son taux régresse au profit de celui de la graminée. Une prairie d’association doit donc être peu ou pas fertilisée. L’azote du sol, en quantité limitée, est ainsi bien valorisé par la graminée.

La période de pousse, donc d’absorption, du trèfle blanc se situe à la fin du printemps-début été, tandis que celle des graminées est plus précoce (printemps). La prairie d’association a donc tendance à être conduite à un rythme plus lent, pour ne pas épuiser les plantes. Elle est donc moins productive, et de ce fait les restitutions au pâturage sont également moins abondantes.

La teneur en azote de l’herbe est peu différente de celle d’une prairie de graminée pure, car les graminées qui ne sont pas fertilisées à l’optimum sont alors moins riches en azote, mais ceci est compensé par la forte teneur en azote du trèfle.

Par ailleurs, une certaine régulation se fait face à l’apport considérable d’N par les pissats : la fixation symbiotique par le trèfle est alors stoppée, le taux de trèfles blancs régresse localement et l’azote disponible est valorisé par la graminée (qui est généralement en nutrition azotée limitante).

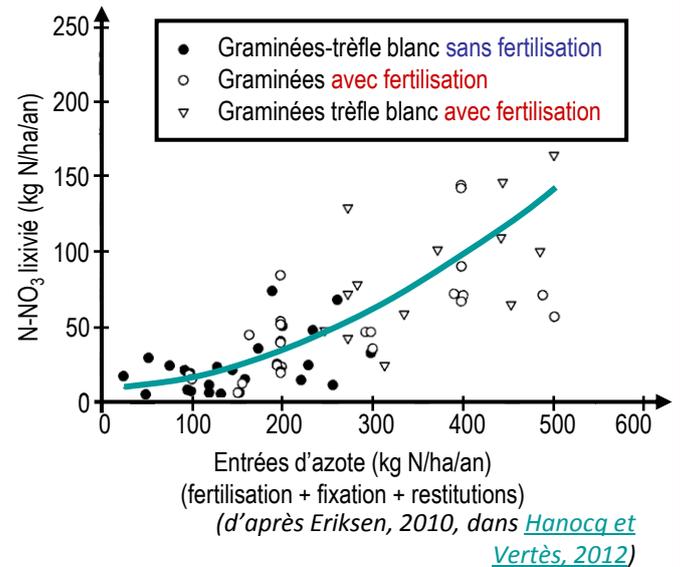
Du fait des périodes de pousse décalées du trèfle et de la graminée, l’incorporation de trèfle blanc dans la prairie permet d’étaler la période de production de la prairie. La période de pâturage a donc tendance à être prolongée vers des périodes plus à risque vis-à-vis de la lixiviation.

Connaissances sur les spécificités des prairies d'association graminées légumineuses pouvant avoir un impact sur la lixiviation d'N (suite)

BILAN DE CES PROCESSUS

A chargement équivalent, ainsi qu'à entrée d'azote équivalente (fertilisation + fixation + restitutions), les **niveaux de fuites sont proches pour les prairie de graminées pures ou prairie d'association graminées-trèfle blanc** (environ 10% de pertes en moins).

Mais généralement, les prairies avec trèfle blanc sont moins fertilisées et sont moins productives : les risques de pertes d'azote par lixiviation sont alors plus faibles que sous prairies de graminées pures fertilisées.



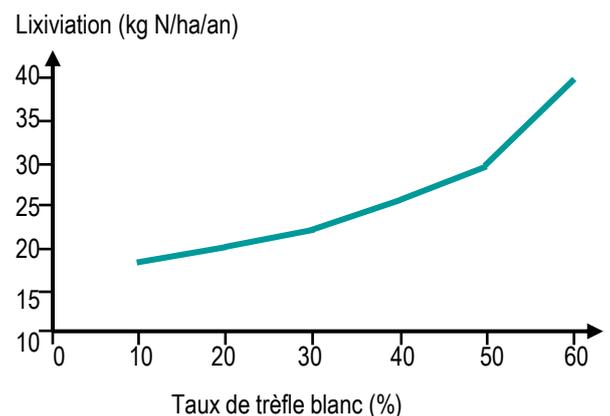
AUTRES INTERÊTS DES LEGUMINEUSES PRAIRIALES

- Les prairies d'association et multi-espèces avec des légumineuses, permettent d'économiser en azote minéral, ce qui généralement réduit les entrées d'azote sur l'exploitation (et donc le solde de la Balance Globale Azotée et la pression azotée), et d'économiser en fuel pour l'épandage de cet azote.
- Par ailleurs, la fixation d'N ne s'accompagne pas d'émissions de protoxyde d'azote, contrairement à ce qui se passe lors d'un épandage d'engrais minéral sur prairie.

Le levier : taux de trèfle blanc recherché

Le bon compromis entre productivité de la prairie et pertes d'azote est un **taux de trèfle en fin de printemps compris entre 30 et 45%**. Au-delà, le gain de production est faible, comparé au risque de lixiviation. En effet :

- Des taux très élevés augmentent les risques de lixiviation (figure ci-jointe) et les risques de météorisation.
- A l'inverse, des taux faibles (<25% biomasse en été) se traduisent par une moindre production.



Âge de la prairie

Connaissances sur les fuites d'azote en fonction de l'âge de la prairie

L'effet de l'âge de la prairie sur le niveau de lixiviation annuel est courant mais pas systématique ([Laurent et al., 2000](#)). Trois types de réponses peuvent être observés :

- Les prairies jeunes accumulent une grande quantité de matière organique dans les plantes et le sol ; la minéralisation nette (minéralisation moins organisation) a alors tendance à croître avec l'âge de la prairie, entraînant un plus grand risque de lixiviation.
- D'un autre côté, le potentiel de dénitrification de la prairie augmente avec l'âge de celle-ci, ce qui peut atténuer plus ou moins cette augmentation du stock d'azote potentiellement lixiviable.
- Avec l'âge, on observe également une moindre réponse de la prairie à la fertilisation azotée : ce **pouvoir tampon** est lié à la plus grande capacité d'immobilisation de l'azote par le sol de la prairie.

Cependant, à l'échelle de la rotation, les prairies les plus courtes et les plus fréquemment retournées sont celles qui entraînent le plus de pertes d'N par lixiviation (voir la [fiche n°6](#) sur le retournement et la [fiche n°7](#) sur les rotations).

Pour aller plus loin...

Hanocq D., Vertès F. (2012) *Fuites d'azote sous prairies : les facteurs de variation et de maîtrise*. In : « 30 ans de références pour comprendre et limiter les fuites d'azote à la parcelle ». Actes de la journée de synthèse scientifique organisée par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, Arvalis-Institut du Végétal et INRA Agrocampus Ouest (Ploërmel, France, 3 février 2012), pages 35-40.

Laurent F., Vertès F., Farruggia A. et Kerveillant P. (2000) *Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle*. Fourrages, 164 : 397-420. [Lien](#)

Vertès F., Simon J.-C., Le Corre L., Decau M.-L. (1997) *Les flux d'azote au pâturage : II. Etude des flux et de leur effets sur le lessivage*. Fourrages, 151 : 263-280. [Lien](#)

Vertès F., Simon J.-C., Laurent F. et Besnard A. (2007a) *Prairies et qualité de l'eau – Evaluation des risques de lixiviation d'azote et optimisation des pratiques*. Fourrages, 192 : 423-440. [Lien](#)

Vertès F., Simon J.-C., Giovanni R., Grignani C., Corson M., Durand P., Peyraud J.-L. (2009) *Flux de nitrate dans les élevages bovins et qualité de l'eau : variabilité des phénomènes et diversité des conditions*. Académie d'Agriculture de France (Paris, France), Séance du 14 mai 2008, 9 pages. [Lien](#)

Il existe des outils aptes à préciser les risques encourus en termes de lixiviation d'azote, en testant différents scénarios (ex : Azofert, Syst'N).

Autres références citées :

Chabbi A. et Lemaire G. (2007) *Rôle des matières organiques des prairies dans le cycle de l'azote et impacts sur la qualité de l'eau*. Fourrages, 192 : 441-452. [Lien](#)

COMIFER (2013) *Calcul de la fertilisation azotée : Guide méthodologique pour l'élaboration des prescriptions locales - Cultures annuelles et prairies*. Editions COMIFER (Paris), 159 pages. [Lien](#)

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 (Paris), 34 pages. [Lien](#)

Decau M.-L. et Simon J.-C. (1990) *Le lessivage d'azote sous prairie*. A la pointe de l'élevage, 224 : 28-32.

Peyraud J.-L., Cellier P. (coord.) (2012) *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 pages. [Lien](#)



Rédaction : Pascaline MOREAU (AGROCAMPUS OUEST)

Encadrement du projet : Matthieu CAROF (AGROCAMPUS OUEST), Catherine GRIMALDI (INRA), Virginie PARNAUDEAU (INRA)

Validation scientifique : Françoise VERTES (INRA), Matthieu CAROF (AGROCAMPUS OUEST)

Ces fiches ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Bretagne