

Répercussions environnementales de l'utilisation d'azote en agriculture

K. McKague, ingénieur

INTRODUCTION

L'azote est un élément abondant dans la nature. Environ 78 % de l'atmosphère terrestre est constitué d'azote gazeux (N_2). Comme l'azote est soumis à un cycle naturel dans l'air, le sol et l'eau, il subit différentes transformations chimiques et biologiques. Ces réactions amènent la production de molécules et de composés azotés qui sont indispensables à la croissance des végétaux, des animaux et des gens. L'agriculture est tributaire du cycle de l'azote qui s'opère en milieu rural.

La figure 1 présente les formes et les trajets variés qu'emprunte l'azote (N) au cours de son cycle dans un système de production agricole. Avant que l'azote soit assimilé par les végétaux, il doit être converti dans des formes qui sont disponibles pour ceux-ci, conversion qui porte le nom de minéralisation. Ces végétaux assimilent ces formes minéralisées grâce à leurs systèmes racinaires et forment des protéines végétales et d'autres substances organiques azotées. Les animaux d'élevage mangent les cultures et produisent du fumier qui est retourné au sol, ajoutant des formes organiques et minérales d'azote dans le sol, qui est à nouveau utilisé par la prochaine culture.

Idéalement, il est plus économiquement et environnementalement utile de recycler la totalité de l'azote dans la production alimentaire. Malheureusement, les pertes d'azote sont inévitables. Les pertes d'azote trop importantes peuvent nuire à l'environnement.

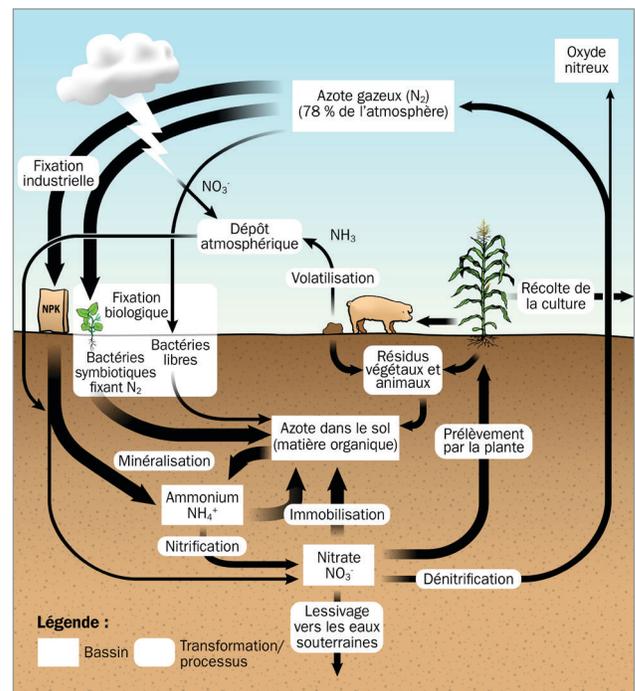


Figure 1. Formes et trajets de l'azote à l'intérieur du système de production agricole.

La présente fiche technique traite certaines répercussions environnementales pouvant survenir quand certaines formes d'azote agricole se retrouvent dans les eaux de surface, les eaux souterraines et l'air, en plus de décrire les pratiques de gestion optimales pour minimiser les pertes d'azote.

NITRATES

Les nitrates (NO_3^-) sont une forme extrêmement soluble de l'azote. Les nitrates ne se lient pas à la surface des minéraux argileux et ne forment pas de composés insolubles avec les éléments qu'ils croisent au cours de leur migration dans le sol. Du fait de leur solubilité, les nitrates sont facilement emportés par l'eau du sol vers les racines des végétaux qui les assimilent. Toutefois, si une grande quantité d'eau pénètre dans la zone racinaire et la traverse, le NO_3^- risque d'être emporté avec l'eau de percolation au-delà de la zone racinaire. Cette migration verticale et latérale à travers la zone racinaire et éventuellement vers les réseaux de drainage agricole souterrain est causée par l'infiltration de l'eau de pluie ou de l'eau de fonte. Cette perte d'éléments nutritifs (aussi appelée lessivage) survient à des moments de l'année ou à des endroits d'un champ où la quantité de pluie ou de neige fondue excède la quantité d'eau perdue par évapotranspiration et où le sol frôle son point de saturation. Dans ces conditions, l'eau qui s'infiltré dans le sol alimente la nappe phréatique ou le réseau de drainage souterrain, emportant les nitrates avec elle.

Les [Normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario](#) (NQEPO) établissent à 10 mg/L (10 parties par million) la concentration maximale admissible de nitrate sous forme d'azote ($\text{NO}_3\text{-N}$) dans l'eau potable en Ontario. Selon les études publiées depuis les années 1950 dans des revues scientifiques, jusqu'à 15 % des puits dans les régions rurales de l'Ontario présenteraient des concentrations de nitrates supérieures à la NQEPO de 10 mg de $\text{NO}_3\text{-N/L}$. Une étude de la qualité de l'eau dans les exploitations agricoles menée au début des années 1990 en vient à la même conclusion. Des chercheurs en médecine concluent qu'une concentration de 10 mg/L dans l'eau potable permet d'éviter le syndrome du bébé bleu chez les nouveau-nés.

De récentes recherches suggèrent que des concentrations constamment élevées de nitrates dans les eaux de surface peuvent être préjudiciables à certaines formes de vie aquatique, surtout aux amphibiens. Les [Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada](#) pour les nitrates dans les eaux de surface sont de 13 mg/L. L'Ontario n'a pas adopté cette norme comme [objectif provincial de qualité de l'eau](#) pour les eaux de surface dans la province.

NITRITES

Les nitrites (NO_2^-) sont produits naturellement par la conversion de l'ammonium en nitrates. Les nitrites s'accumulent rarement dans les sols, car la conversion des nitrites en nitrates s'effectue généralement beaucoup plus vite que la conversion de l'ammonium en nitrites. Les nitrites se déplacent dans le sol de la même façon que les nitrates jusque dans les nappes d'eaux souterraines.

Les Normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario (NQEPO) établissent à 1 mg/L (1 partie par million) la concentration maximale admissible de nitrites ($\text{NO}_2\text{-N}$) dans l'eau potable en Ontario. Les concentrations de nitrites dans l'eau potable ne devraient pas dépasser cette valeur.

Les [Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux en vue de la protection de la vie aquatique](#) établissent une limite maximale de 0,06 mg/L (60 mg/L ou parties par milliard). Même si les nitrites sont beaucoup plus toxiques que les nitrates pour les organismes aquatiques, les nitrites ont tendance à se convertir rapidement en nitrates.

AMMONIAC

L'ammonium (NH_4^+) se lie à la surface de particules de sol chargées négativement (surtout des particules d'argile). La concentration d'ammonium dans le sol est généralement assez faible (<1 mg/kg), car il est rapidement converti en nitrates en présence de conditions propices à la minéralisation. Les cas où il y a épandage de grandes quantités d'engrais renfermant de l'ammonium (ammoniac anhydre, urée ou sulfate d'ammonium) ou de grandes quantités de fumier font exception à cette règle. Il peut arriver que des précipitations abondantes évacuent cet ammonium concentré du champ vers les eaux de surface. Une petite partie de l'ammonium peut être convertie en ammoniac non ionisé (NH_3) et causer des préjudices aux poissons. Les conditions propices à la production d'ammoniac sont un pH alcalin et des températures élevées de l'eau.

Contrairement aux nitrates et aux nitrites, l'ammoniac dans l'eau potable ne constitue pas une menace pour la santé humaine aux concentrations habituellement observées dans le milieu naturel.

Il reste qu'à partir de certaines concentrations, l'ammoniac est toxique pour les poissons. L'objectif provincial de qualité de l'eau (OPQE) pour l'ammoniac non ionisé dissous est de 20 mg/L.

PERTES NATURELLES INHÉRENTES AU CYCLE DE L'AZOTE

En plus des pertes de nitrates par lessivage, il se perd de l'azote naturellement en raison des phénomènes de la volatilisation et de la dénitrification de l'ammoniac. La volatilisation de l'ammoniac se produit quand du fumier ou un engrais renfermant de l'ammoniac (notamment l'urée) est épandu à la surface du sol sans être mélangé au sol. Plus de la moitié de l'azote ammoniacal tiré du fumier peut être ainsi perdu dans l'air si le temps est chaud et sec, ce qui réduit d'autant la valeur fertilisante du fumier épandu. Toutefois, les concentrations d'ammoniac libérées ne sont pas suffisamment grandes pour causer des problèmes de santé ou des problèmes environnementaux en plein air, et la plus grande partie de l'ammoniac ainsi libéré se déposera à nouveau quelques centaines de mètres plus loin. Les concentrations d'ammoniac peuvent atteindre des concentrations toxiques dans des lieux confinés comme des bâtiments d'élevage ou des structures de stockage de fumier. On craint qu'une partie de cet ammoniac contribue à la production de fines particules qui entraînent une diminution de la qualité de l'air.

La dénitrification est un processus naturel par lequel les microbes présents dans la zone racinaire utilisent l'oxygène que renferment les nitrates lorsqu'il n'y a pas assez d'air dans le sol. Ce processus convertit les nitrates en formes gazeuses de l'azote, essentiellement en N₂, mais aussi en oxyde de diazote (N₂O) ou en monoxyde d'azote (NO). Les conditions propices à la dénitrification à l'intérieur de la zone racinaire sont les sols présentant un drainage endoréique lent (à texture fine), les sols riches en carbone (qui alimentent les microbes) et les sols saturés à cause d'une nappe phréatique élevée ou de précipitations abondantes. La dénitrification peut aussi se produire dans les eaux souterraines et les eaux de surface (voir la figure 1). Dans certains aquifères, la dénitrification peut provoquer une conversion complète des

nitrates en azote gazeux dissous inoffensif pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. On ne peut toutefois compter sur la dénitrification pour éliminer tout l'azote emporté par lessivage vers la nappe phréatique ou emporté par ruissellement vers les eaux de surface.

SOLUTIONS DE GESTION À LA FERME

Quand l'azote quitte la zone racinaire, il peut nuire à la qualité des eaux souterraines et à celle des eaux de surface. La clé pour réduire ce risque consiste à pratiquer une gestion efficace de l'azote à la ferme, en veillant à ce que le plus possible de l'azote assimilable soit effectivement utilisé au profit des cultures, des animaux et de la santé du sol. L'éventail des solutions de gestion offertes à un producteur varie en fonction des caractéristiques de l'exploitation agricole. Déterminez les caractéristiques de votre exploitation agricole grâce à la préparation d'un [plan de gestion des éléments nutritifs](#) (PGEN). Les sections qui suivent décrivent des méthodes générales et particulières pour réduire la migration des nitrates vers les eaux souterraines ou la migration de l'ammoniac vers les eaux de surface.

Réduire la charge totale d'azote

- Veiller à ce que les rations des animaux ne renferment pas plus d'éléments nutritifs qu'il n'est nécessaire pour atteindre les objectifs de production. Cela permettra d'économiser sur les coûts des aliments pour animaux et évitera qu'une quantité excessive d'azote ne se perde dans le fumier.
- Utiliser d'abord l'azote provenant de sources accessibles dans l'exploitation agricole (p. ex. le fumier) avant d'acheter des sources d'azote produites ailleurs.

Prévenir le ruissellement d'eaux contaminées par du fumier ou d'autres éléments nutritifs

- Stocker le fumier jusqu'à ce qu'il soit prêt pour l'épandage. Veiller à ce que le choix du site, la conception et les dimensions de l'aire de stockage soient adéquats.

Gérer les épandages afin d'éviter le lessivage des nitrates excédentaires dans les eaux souterraines

- Identifier les champs et les zones des champs sensibles aux pertes d'azote là où des épandages d'éléments nutritifs sont prévus. C'est le cas notamment des sols sableux ou graveleux et des sols peu profonds par rapport à l'aquifère, qui sont plus sensibles au lessivage de l'azote.
- Faire coïncider les apports d'azote avec les besoins des cultures. Au besoin, faire analyser la teneur du sol en azote au printemps ou avant un épandage en bandes latérales (p. ex. dans le maïs ou l'orge).
- Tenir compte dans votre PGEN des apports d'azote attribuables aux cultures d'engrais vert et aux cultures antérieures comprises dans la rotation.
- Tenir compte dans votre PGEN des apports d'azote attribuables aux épandages de fumier ou de biosolides.
- Épandre la plus grande partie de l'azote juste avant la période où les végétaux en assimileront le plus pendant la saison de croissance (p. ex. au moment de l'épandage en bandes latérales dans le maïs).
- Fractionner les épandages d'azote par des techniques comme l'irrigation fertilisante.
- Pratiquer la rotation des cultures afin d'utiliser l'azote le plus efficacement possible et de maintenir la santé des sols.
- Établir, au besoin, des cultures de couverture afin de fixer le plus possible d'azote à la fin de la saison.

Gérer les épandages d'éléments nutritifs de manière à éviter les pertes d'ammonium dans les eaux de surface

- Incorporer le fumier au moment opportun, en jugeant les risques de compactage du sol par rapport aux risques de pertes d'azote dans l'atmosphère si le fumier n'est pas incorporé rapidement.
- Utiliser des inhibiteurs d'azote adaptés avec des engrais à base d'azote, le cas échéant, pour aider à retenir l'azote épandu dans une forme plus facilement assimilable par les végétaux afin de réduire les répercussions environnementales du lessivage et des émissions de gaz à effet de serre.

- Éviter d'épandre du fumier près d'eaux de surface ou sur des terrains très en pente.
- Respecter des taux d'épandage suffisamment faibles pour éviter le ruissellement.
- Incorporer le fumier dans le sol le plus rapidement possible après l'avoir épandu.
- Sur des champs pourvus de drains souterrains, maintenir les taux d'épandage de fumier liquide en deçà de 40 m³/ha (3 600 gal/ac) ou travailler les champs avant l'épandage. Cela aidera à éviter que le fumier ne s'infilte directement dans les drains souterrains par les anfractuosités du sol ou les galeries creusées par les vers de terre.
- Aménager des bandes tampons et des structures de lutte contre l'érosion pour filtrer les eaux de ruissellement avant qu'elles atteignent l'eau de surface. Il a été démontré que les bandes tampons aménagées dans les zones riveraines réduisent le ruissellement des éléments nutritifs du champ vers les sources d'eau de surface avoisinantes. Les bandes tampons retiennent les éléments nutritifs excédentaires avant qu'ils ne s'écoulent dans les eaux de surface et favorisent la dénitrification des eaux souterraines. La figure 2 et le fascicule de la série « Les pratiques de gestion optimales » intitulé *Bandes tampons*, permettent de mieux comprendre les zones riveraines.

L'INDICE-AZOTE DE L'ONTARIO

Le logiciel en ligne de l'Ontario, [AgriSuite](#), possède un outil de planification des éléments nutritifs appelé l'indice-azote (indice-N). L'indice-N est un pointage automatiquement généré pour les pratiques culturales et les pratiques de fertilisation proposées pour un champ donné, ce qui peut aider le producteur à évaluer le risque de lessivage des nitrates qui accompagne certaines pratiques culturales. Le logiciel tient compte des caractéristiques du profil du sol d'un champ qui sont dominantes ou qui présentent un risque plus important pour évaluer le risque de lessivage des nitrates. L'indice-N évalue l'effet du type de fumier, du choix du moment de l'épandage et du taux d'épandage de fumier sur le lessivage. L'équilibre des éléments nutritifs calculé par les outils de planification de la gestion des éléments nutritifs d'AgriSuite aide aussi à déterminer l'efficacité des épandages d'azote dans un champ.

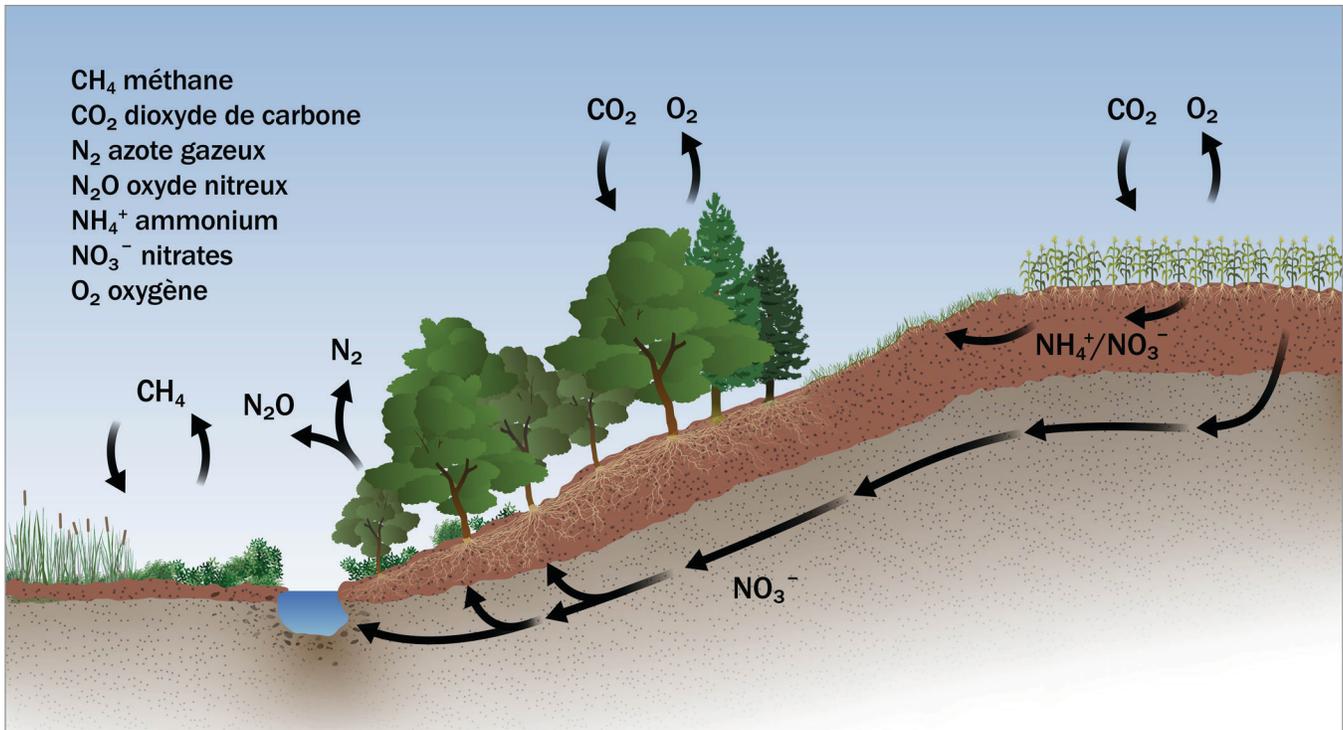


Figure 2. Les bandes tampons réduisent le ruissellement des éléments nutritifs en retenant les éléments nutritifs excédentaires avant qu'ils ne s'écoulent dans les eaux de surface et en favorisant la dénitrification des eaux souterraines.

Pour de plus amples informations sur la gestion de l'azote, voir les fascicules suivants de la série « Les pratiques de gestion optimales » du MAAAO :

- [Bandes tampons](#)
- [Gestion des éléments nutritifs destinés aux cultures](#)

CONCLUSION

Un maximum d'efficacité est le secret de la gestion des sources d'azote, y compris le fumier d'élevage et les éléments nutritifs des cultures. Une part importante de ce processus consiste à adopter des pratiques de gestion agricole qui tiennent compte

de la capacité des sols et des cultures à prélever l'azote. Cela aidera à assurer la durabilité des ressources en eau de l'Ontario et à en préserver les utilisations futures.

Cette fiche technique a été révisée et mise à jour par Kevin McKague, ingénieur, qualité de l'eau, MAAAO. Elle a été originalement rédigée par Kevin McKague, ingénieur, Environnement rural, MAAAO, Keith Reid, spécialiste de la fertilité des sols, MAAAO, et Hugh Simpson, analyste, Politiques de gestion des ressources, MAAAO.

Publié par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise
 © Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2025
 ISSN 1198-7138
 Also available in English (Factsheet 25-013)

Centre d'information agricole :
 1 877 424-1300
 1 855 696-2811 (ATS)
Courriel : ag.info.omafa@ontario.ca
ontario.ca/maao

Le présent guide est publié à titre informatif seulement. La province de l'Ontario, représentée par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise (MAAAO), ne fait aucune garantie expresse ou tacite en lien avec l'utilisation de ce guide, à savoir son contenu ainsi que tout lien menant à des sources ou des sites de tiers et tout contenu de ces sources et sites, ce qui comprend, sans limitation, les garanties d'absence de contrefaçon ou d'adaptation à un usage particulier.