



Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, de 1981 à 2006

C.F. Drury, J.Y. Yang et R. De Jong¹

**Biodiversité canadienne : état et tendances des
écosystèmes en 2010**

Rapport technique thématique n° 15

**Publié par les Conseils canadiens des ministres des
ressources**

¹ Tous les auteurs sont au service d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, de 1981 à 2006.

Publ. aussi en anglais sous le titre :

Trends in residual soil nitrogen for agricultural land in Canada, 1981-2006.

Monographie électronique en version PDF.

ISBN 978-1-100-98527-5

N° de cat. : En14-43/15-2011F-PDF

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Ce rapport devrait être cité comme suit :

Drury, C.F., Yang, J.Y. et De Jong, R. 2011. Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, de 1981 à 2006. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 15. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, (Ont.). iii + 17 p.

<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011

Also available in English

PRÉFACE

Les Conseils canadiens des ministres des ressources ont élaboré un Cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité¹ en 2006 pour mettre l'accent sur les mesures de conservation et de restauration conformément à la *Stratégie canadienne de la biodiversité*². Le rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*³ a été le premier rapport rédigé suivant ce cadre. Il permet d'évaluer les progrès réalisés en vue d'atteindre l'objectif du cadre, à savoir des « écosystèmes sains et diversifiés » et obtenir les deux résultats souhaités en matière de conservation : i) des écosystèmes productifs, résilients et diversifiés capables de se rétablir et de s'adapter et ii) la restauration des écosystèmes endommagés.

Les 22 constatations clés récurrentes présentées dans *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* sont issues de la synthèse et de l'analyse des rapports techniques préparés dans le cadre du présent projet. Plus de 500 experts ont participé à la rédaction et à l'examen de ces documents de base. Le présent document, *Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, de 1981 à 2006*, s'inscrit au nombre de plusieurs rapports préparés sur la situation et les tendances de thèmes nationaux intersectoriels. Il a été préparé et révisé par des experts du domaine d'étude et reflète les points de vue des auteurs.

Remerciements

Nous aimerions exprimer notre reconnaissance à M. E.C. Huffman (Ph.D.) et à M. Xueming Yang (Ph.D.) qui ont fourni les données de coefficients d'azote. Nous sommes également très reconnaissants au Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA) d'avoir financé cette recherche. Enfin, des remerciements particuliers sont adressés aux réviseurs du présent rapport.

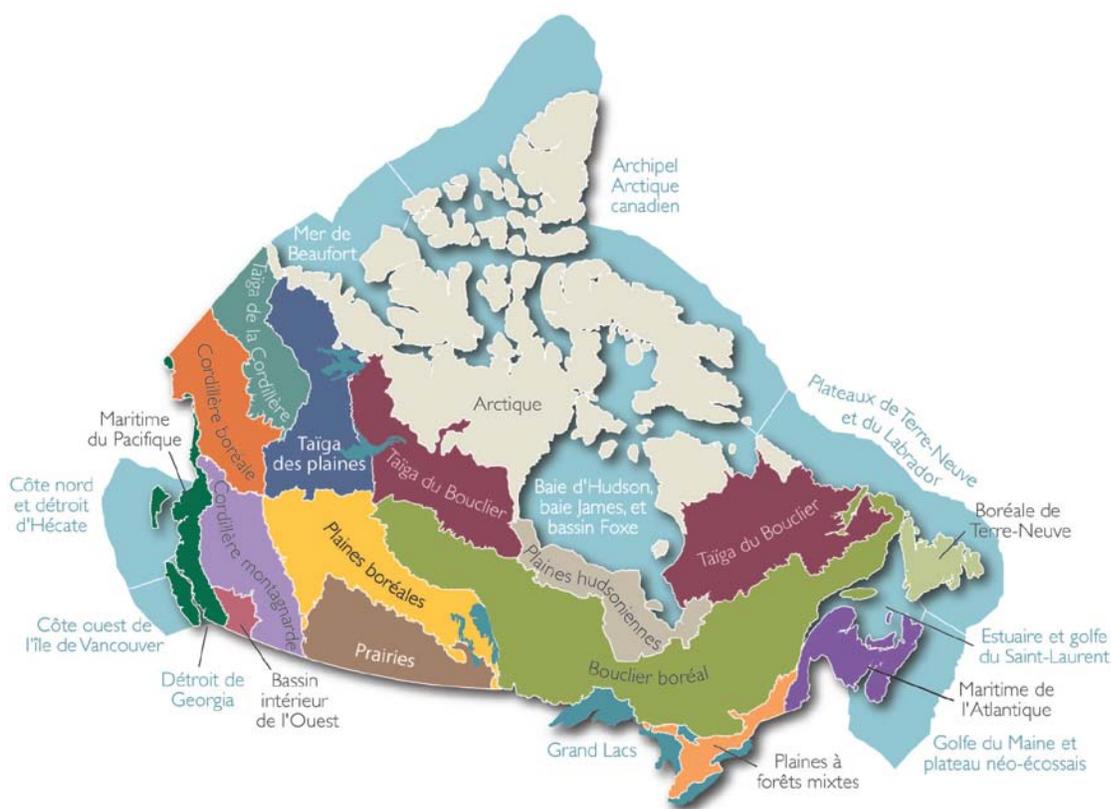
¹ Environnement Canada. 2006. Un cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité pour le Canada. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. 8 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=F14D37B9-1>

² Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur la biodiversité. 1995. *Stratégie canadienne de la biodiversité : réponse du Canada à la Convention sur la diversité écologique*. Environnement Canada, Bureau de la Convention sur la biodiversité. Ottawa, ON. 80 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=560ED58E-1>

³ Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada. 2010. *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 148 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1>

Système de classification écologique – écozones⁺

Une version légèrement modifiée des écozones terrestres du Canada, décrite dans le *Cadre écologique national pour le Canada*⁴, a permis de déterminer les zones représentatives d'écosystèmes pour tous les rapports compris dans le présent projet. Les modifications comprennent : un ajustement des limites terrestres pour tenir compte des améliorations résultant des activités de vérification au sol; la fusion des trois écozones de l'Arctique en une seule écozone; l'utilisation de deux écoprovinces, à savoir le bassin intérieur de l'Ouest et la forêt boréale de Terre-Neuve; l'ajout de neuf zones marines représentatives d'écosystèmes; et l'ajout de l'écozone des Grands Lacs. Ce système de classification modifié est appelé « écozones⁺ » dans ces rapports afin d'éviter toute confusion avec les « écozones » mieux connues du cadre initial⁵.



⁴ Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones. Ottawa/Hull, ON. 144 p. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.

⁵ Rankin, R., Austin, M. et Rice, J. 2011. Système de classification écologique pour le Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 1. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON.

<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>

Table des matières

PRÉFACE	I
Remerciements	i
Système de classification écologique – écozones ⁺	ii
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	III
INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX.....	1
INTRODUCTION.....	1
INDICATEUR D’AZOTE RÉSIDUEL DANS LE SOL (ARS).....	3
Limites du modèle.....	4
RÉSULTATS	5
Perspective nationale.....	5
Résultats par écozone ⁺	9
Écozone ⁺ maritime du Pacifique	9
Écozone ⁺ du bassin intérieur de l’Ouest.....	10
Écozone ⁺ de la Cordillère montagnarde.....	10
Écozone ⁺ de la taïga des plaines.....	11
Écozone ⁺ des plaines boréales	11
Écozone ⁺ des Prairies	12
Écozone ⁺ du Bouclier boréal	12
Écozone ⁺ des plaines à forêts mixtes	13
Écozone ⁺ maritime de l’Atlantique.....	13
Écozone ⁺ boréale de Terre-Neuve.....	14
Changements de catégories de risque d’ARS de 1981 à 2006.....	14
RÉFÉRENCES.....	16

Liste des figures

Figure 1. Catégories de risque d’ARS pour les terres agricoles au Canada en 2006.	4
Figure 2. Terres agricoles dont l’ARS a changé d’au moins une catégorie de risque de 1981 à 2006, au Canada.....	15

Liste des tableaux

Tableau 1. Superficie des terres agricoles et nombre de polygones des pédo-paysages du Canada par écozone ⁺ en 2006.....	6
Tableau 2. Apports et pertes d’azote et azote résiduel dans le sol (ARS) dans les écozones ⁺ du Canada qui comportent des terres agricoles, de 1981 à 2006.	7
Tableau 3. Apports d’azote provenant du fumier et de l’engrais et fixation de l’azote par les cultures de légumineuses dans les écozones ⁺ du Canada qui comportent des terres agricoles, de 1981 à 2006.	8

INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX

Dans le cadre du Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale, Agriculture et Agroalimentaire Canada a élaboré un ensemble d'indicateurs agroenvironnementaux scientifiques. Ceux-ci ont été présentés pour la première fois dans le rapport de 2000 (pour la période de 1981 à 1996). Les indicateurs ont ensuite été mis à jour en 2005 (pour la période de 1981 à 2001). Ils figurent également dans le dernier rapport de 2010 (pour la période de 1981 à 2006) (Eilers *et al.*, 2010). Trois de ces indicateurs sont présentés par écozone⁺ dans le cadre de la série de rapports techniques thématiques du rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. Il s'agit des rapports portant sur l'érosion des terres cultivées (McConkey *et al.*, 2011), sur la capacité d'habitat faunique (Javorek et Grant, 2011) et sur l'azote résiduel dans le sol qui fait l'objet du présent rapport.

Les données de la base de données du Recensement de l'agriculture du Canada ont été utilisées pour estimer ces trois indicateurs agroenvironnementaux. Cette base de données classe les paysages agricoles en quatre principaux types de couverture : « terres cultivées », « pâturage » (catégorie sous-divisée en « pâturages améliorés » et « pâturages non améliorés »), « jachère » et « autres terres » (les autres terres comprennent, par exemple, les enclos de ferme, les terrains boisés, les allées, les brise-vent, les marais et les tourbières) (Huffman *et al.*, 2006; Statistique Canada, 2008). Les rapports techniques thématiques sur l'érosion du sol et l'azote résiduel dans le sol portent sur les terres agricoles exploitées. Par conséquent, seuls les trois premiers types de couverture sont utilisés dans les calculs (les pâturages non améliorés ne sont pas pris en compte dans l'analyse sur l'érosion des terres). Javorek et Grant (2011), par contre, incluent le type de couverture « autres terres » dans leur rapport sur la capacité d'habitat faunique des terres agricoles. La définition du type de couverture « terres cultivées » utilisée aux fins du Recensement de l'agriculture du Canada est différente de celle employée dans le rapport sur l'érosion des terres, où la catégorie « terres cultivées » englobe les catégories « terres cultivées », « pâturages améliorés » et « jachère » du Recensement de l'agriculture. Pour ces raisons, les nombres présentés pour la superficie totale de terres agricoles ou cultivées et les pourcentages des différents types de couverture pour une écozone⁺ ou une région peuvent varier légèrement selon l'un ou l'autre des trois rapports sur l'agriculture préparés dans le cadre de la série de rapports techniques thématiques de l'évaluation *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. Par ailleurs, il peut y avoir d'autres écarts en raison de la méthodologie employée pour garantir l'anonymat des données (pour obtenir de plus amples renseignements, voir Eilers *et al.*, 2010).

INTRODUCTION

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) est une estimation de la quantité d'azote inorganique par hectare qui demeure dans le sol après la récolte des cultures (Drury *et al.*, 2010). La plus grande partie de l'azote inorganique qui demeure dans le sol après la récolte est sous

forme de nitrates (NO_3^-), mais il peut aussi se trouver sous forme d'ammonium et, en quantité infime, de nitrites. Des valeurs élevées d'ARS peuvent être observées lorsque les rendements des cultures sont inférieurs aux rendements attendus ou que les champs reçoivent plus d'engrais ou de fumier que nécessaire pour les cultures. La diminution des rendements qui entraîne des concentrations élevées d'ARS peut se produire en raison de nombreux facteurs, dont de mauvaises conditions climatiques (p. ex., précipitations insuffisantes ou excessives, gel hâtif ou tardif), les maladies, les insectes ou un sol pauvre (p. ex., sols compacts, mauvaise aération, structure dégradée). L'azote qui reste dans le sol après la récolte peut être lessivé de la zone racinaire des cultures, particulièrement dans les régions humides où les précipitations sont habituellement supérieures à l'évaporation. Des concentrations élevées de nitrates supérieures à la norme de rendement idéale recommandée par l'Initiative nationale d'élaboration de normes agroenvironnementales (INENA), qui est de 4,7 mg d'azote par litre (N/L) pour l'eau douce, peuvent être nocives pour l'environnement (Guy, 2008; Guy, 2009), et des concentrations de nitrates dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines supérieures aux concentrations indiquées dans les recommandations pour la qualité de l'eau potable peuvent être nocives pour le bétail et les humains lorsque cette eau est utilisée pour la consommation (Chambers, 2001). De plus, dans un sol humide, les nitrates sont sujets à la dénitrification, qui réduit les nitrates en monoxyde d'azote (NO), en oxyde de diazote (N_2O) et en diazote (N_2) (Drury *et al.*, 1992). Bien que les émissions de NO et de N_2O aient une incidence négative sur la qualité de l'air, ces pertes gazeuses réduisent la quantité de nitrates résiduels dans le sol qui pourraient être lessivés de la zone racinaire, ce qui peut donc diminuer le risque de contamination de l'eau. Dans les régions où les pertes par le lessivage et la dénitrification sont faibles, l'ARS peut demeurer dans la zone racinaire et peut être disponible pour les cultures subséquentes. Par conséquent, l'estimation de l'ARS est utile pour déterminer les régions agricoles qui, à l'automne, présentent un risque de moyen à très élevé d'accumuler des nitrates qui peuvent être lessivés vers les eaux souterraines ou être dénitrifiés et nuire ainsi à la qualité de l'air. Il est également utile de suivre les changements des quantités d'ARS avec le temps afin d'observer si le risque d'accumulation de nitrates dans les sols augmente, diminue ou demeure stable. Dans les régions où les valeurs d'ARS sont élevées, des pratiques de gestion pourraient être adoptées afin de réduire la quantité d'azote résiduel dans le sol, ce qui pourrait être bénéfique autant pour l'économie que pour l'environnement.

Il a été montré que des concentrations de nitrates dans l'eau ont des effets sur la biodiversité. Les limites d'exposition à court terme en eau douce (49 mg N/L ou 218 mg NO_3^- /L) pour le Canada sont fondées sur des valeurs de CL_{50} pour les concentrations de nitrates qui sont toxiques pour une variété d'invertébrés (p. ex., phryganes, cladocères), d'espèces de poissons (p. ex., barbue de rivière, grand corégone, crapet arlequin, truite arc-en-ciel et saumon quinnat) de même que d'amphibiens (p. ex., rainette du Pacifique, dactylèthre) (Guy, 2008). Les limites d'exposition à long terme aux nitrates en eau douce ont également été obtenues à partir des valeurs de CL_{10} et des concentrations de substances toxiques maximales acceptables pour diverses espèces de poissons, d'amphibiens et d'invertébrés, et la norme de rendement idéale recommandée par l'INENA a été établie à 4,7 mg N/L ou 21 mg NO_3^- /L (Guy, 2009). Il a été montré que des concentrations de nitrates de 6,25 et 25 mg N/L avaient des effets sublétaux sur le taux de développement des embryons et sur la taille des alevins du touladi et du grand

corégone (Mcgurk *et al.*, 2006). Ces valeurs peuvent se situer dans la gamme des concentrations trouvées dans l'eau de drainage par canalisations souterraines provenant des terres agricoles (Drury *et al.*, 2009; Drury *et al.*, 2010). Des concentrations élevées de nitrates, d'ammoniac ou de phosphates sont également responsables de la formation d'efflorescences algales (Chambers *et al.*, 2001).

INDICATEUR D'AZOTE RÉSIDUEL DANS LE SOL (ARS)

Les valeurs annuelles d'ARS présentées dans le présent rapport ont été déterminées à l'aide du modèle de bilan azoté de l'agriculture canadienne (CANB version 3.0) qui estime tous les apports d'azote (ajout d'engrais azoté et de fumier, fixation de l'azote par les légumineuses et dépôts atmosphériques) et toutes les pertes d'azote (absorption par les cultures, volatilisation de l'ammoniac et dénitrification) et qui calcule ensuite la différence entre les apports et les pertes (Yang *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2011). L'indicateur d'ARS fournit une estimation de la quantité d'azote « inutilisé » qui demeure dans le sol à la fin de la saison des cultures. Les valeurs d'ARS ont été calculées pour des polygones des pédo-paysages du Canada (polygones PPC), et ces valeurs ont été mises à l'échelle d'une écozone⁺ et à l'échelle nationale pour obtenir une estimation d'ARS par hectare (moyenne pondérée pour la superficie de terres agricoles). Les polygones PPC sont des unités cartographiques qui vont de 10 000 ha à 1 000 000 ha, et ces polygones contiennent des sols ayant des propriétés, des caractéristiques du paysage et un climat similaires (Lefebvre *et al.*, 2005).

Les principales sources de données utilisées dans le modèle étaient les données du Recensement de l'agriculture (superficie des terres agricoles, types et nombre d'animaux d'élevage, types de cultures et superficies cultivées), les ventes d'engrais, le rendement des cultures et les données sur le climat, et l'information sur les pédo-paysages (types de sols, pente, etc.) (Bourque et Koroluk, 2003; Beaulieu, 2004; Agriculture et Agroalimentaire Canada et Statistique Canada, 2008). Les coefficients publiés ont également servi à estimer les apports aux sols agricoles et les pertes à partir de ces sols (ASABE, 2005). Par exemple, la production de fumier était fondée sur le type et le nombre d'animaux d'élevage dans la région (p. ex., vaches laitières, porc). Il a toutefois fallu estimer les pertes d'azote du fumier par la volatilisation de l'ammoniac et la dénitrification en fonction de la forme de fumier (solide ou liquide), du système d'entreposage (six systèmes de fumier liquide et sept systèmes de fumier solide), ainsi que du moment et de la méthode d'épandage (quatre périodes d'épandage et trois méthodes d'incorporation). Ainsi, l'apport d'azote du fumier estimé est la quantité d'azote du fumier qui a été épandue sur une terre agricole après la prise en compte des pertes par volatilisation, par dénitrification et lors de l'entreposage. La minéralisation de l'azote organique provenant du fumier et des résidus de cultures de légumineuses a été estimée pour l'année en cours, ainsi que pour les deuxième et troisième années suivant l'application.

Des catégories de risque, fondées sur la quantité d'ARS présent à la fin de la saison de croissance (soit risque très faible : 0 à 9,9 kg d'azote par hectare [kg N/ha]; risque faible : 10 à 19,9 kg N/ha; risque modéré : 20 à 29,9 kg N/ha; risque élevé : 30 à 39,9 kg N/ha; et risque très

élevé : > 40 kg N/ha), ont été attribuées aux terres agricoles (Drury *et al.*, 2010). Dans chaque catégorie de risque, la superficie des terres a été cartographiée pour les écozones⁺ agricoles du Canada (Figure 1).

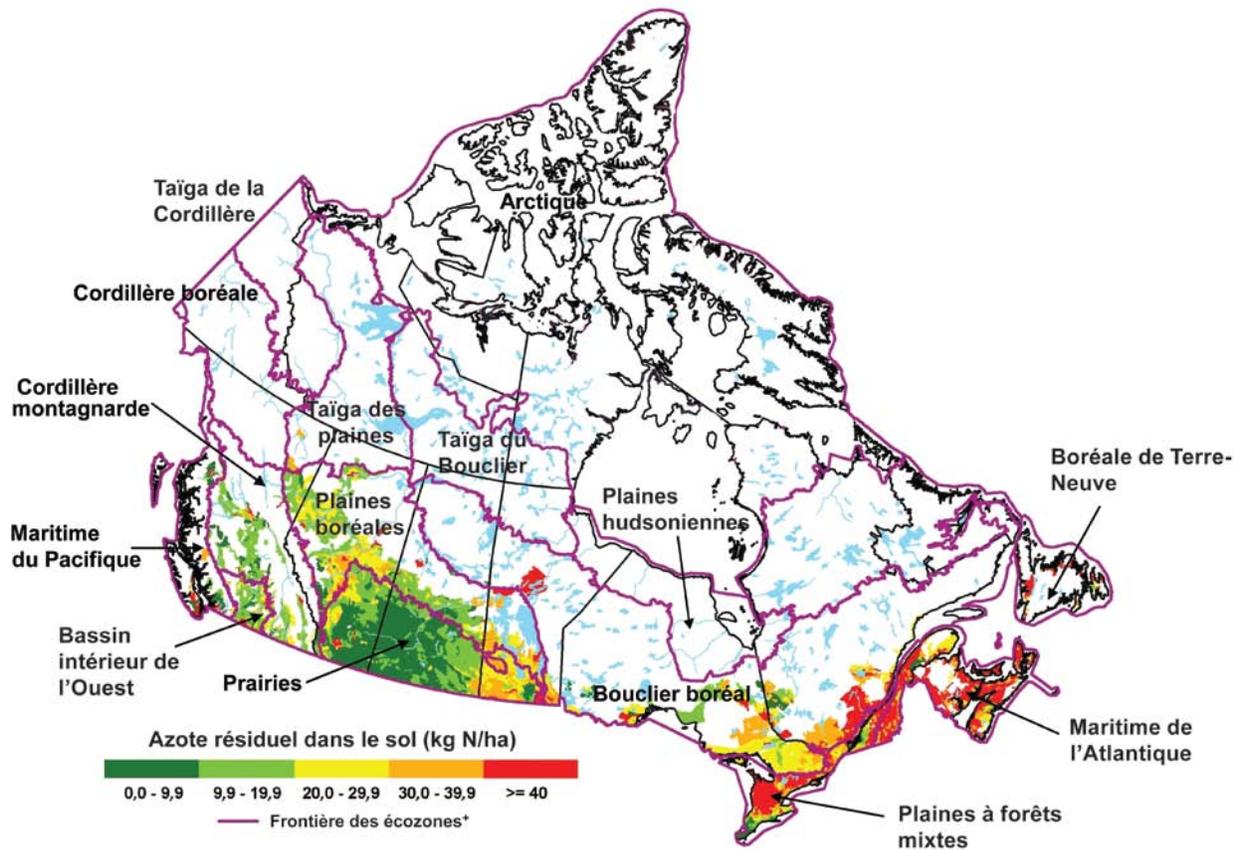


Figure 1. Catégories de risque d'ARS pour les terres agricoles au Canada en 2006.

Limites du modèle

La résolution du modèle d'ARS est l'échelle des polygones PPC. Bien que la quantité d'azote d'engrais et de fumier épandue sur les sols puisse être estimée pour chaque polygone PPC d'après les ventes d'engrais et le type et le nombre d'animaux d'élevage, nous ignorons la proportion de chaque source d'azote qui est épandue sur une culture particulière dans le polygone. Des hypothèses ont donc dû être émises pour faire concorder les exigences en azote des cultures avec la quantité d'engrais azoté vendue et de fumier produit dans un polygone donné (Huffman *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2011).

La plupart des données sur le rendement des cultures provenaient de 60 régions agricoles du Canada, mais d'autres, comme celles sur la luzerne et le pâturage sont fondées sur des données provinciales. Il serait toutefois préférable d'avoir des estimations du rendement pour chaque polygone PPC plutôt que pour les régions agricoles canadiennes plus vastes. De l'information additionnelle sur les hypothèses utilisées dans le modèle pour la volatilisation de l'ammoniac, la répartition des gaz de dénitrification, etc., a été fournie par Yang *et al.* (2007).

Des pratiques de gestion telles que le travail de conservation du sol, les cultures de couvertures, et la conversion de la culture d'annuelles à la culture de vivaces peuvent avoir augmenté les teneurs en matières organiques dans le sol dans certaines régions, ce qui pourraient avoir pour effet de lier l'ARS sous forme d'azote organique du sol. À l'inverse, les teneurs en azote organique peuvent diminuer dans les sols lorsque les terres consacrées à la culture de vivaces ont été converties à la culture d'annuelles ou lorsque des changements de pratiques de gestion ont entraîné une diminution des rendements des cultures et des apports de carbone (p. ex., changement de fermes d'élevage mixtes à fermes de culture commerciale). Nous n'avons pas été en mesure de tenir compte des changements des teneurs du sol en matières organiques entre les régions et avec le temps dans ce modèle. Nous avons donc supposé que les concentrations de matières organiques étaient stables.

RÉSULTATS

Perspective nationale

En 2006, les valeurs d'ARS dans les terres agricoles canadiennes variaient de la catégorie de risque très faible (0 à 9,9 kg N/ha) à la catégorie de risque élevé (> 40 kg N/ha) (Figure 1). Les terres agricoles dans l'écozone⁺ des Prairies étaient réparties principalement dans les catégories de risque très faible et de risque faible. Les apports sont quelque peu limités en raison du potentiel de rendement plus faible de ces terres arides. Les terres agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales présentent des zones à risque allant de moyen à très élevé dans le centre de l'Alberta et dans les régions de l'est de cette écozone⁺ (centre du Manitoba). Les régions du sud des écozones⁺ maritime du Pacifique et du bassin intérieur de l'Ouest se situaient généralement dans la catégorie de risque très élevé, avec des valeurs d'ARS supérieures à 40 kg N/ha. L'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde comporte des zones à risque faible et à risque moyen dans les régions du sud-ouest de la Colombie-Britannique, mais les terres agricoles du centre de cette province se situaient principalement dans la catégorie de risque faible. L'écozone⁺ du Bouclier boréal couvre une vaste zone géographique, et la catégorie de risque d'ARS est généralement très élevée dans le centre du Manitoba et dans les régions au nord des basses-terres du Saint-Laurent. Les régions du centre-sud du Bouclier boréal sont caractérisées par des sols de catégories de risque moyen à élevé. Pour l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes, l'ARS varie des catégories de risque très faible et faible dans le sud-ouest de l'Ontario, aux catégories de risque moyen à très élevé dans les parties nord et est de l'écozone⁺. Les terres agricoles de l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique se situaient principalement dans la catégorie de risque très élevé, bien que des zones du nord du Nouveau-Brunswick et du sud-ouest de l'Île-du-Prince-Édouard comportent des polygones dans la catégorie de risque moyen. Les terres agricoles dans les régions du centre-ouest et du nord de l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve se situaient dans la catégorie de risque très élevé, alors que les régions du sud-est allaient de la catégorie de risque très faible à élevé.

En 2006, le Canada comptait 61,4 millions d'hectares de terres agricoles⁶, réparties en 3 285 polygones PPC (Tableau 1). Les apports d'azote ont augmenté constamment, passant de 42,7 kg N/ha en 1981 à 66,9 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). En 1981, les apports d'azote provenant des engrais (15,2 kg N/ha) et de la fixation de l'azote par les légumineuses (15,9 kg N/ha) étaient relativement semblables, et tous deux étaient supérieurs à l'apport d'azote provenant du fumier (8,9 kg N/ha) (Tableau 3). Les apports d'azote de ces trois sources ont augmenté avec le temps et, en 2006, atteignaient 25,1, 28,3 et 10,8 kg N/ha, respectivement (Tableau 3). Les pertes d'azote ont également augmenté au Canada au cours de cette période, passant de 33,4 kg N/ha en 1981 à 49,1 kg N/ha en 2006, principalement en raison de l'augmentation des rendements des récoltes (Tableau 2). Le résultat net était que les valeurs d'ARS ont également augmenté de 9,3 kg N/ha en 1981 à un maximum de 25,0 kg N/ha en 2001, puis ont diminué à 17,8 kg N/ha en 2006. La sécheresse de 2001, qui a sévi dans de nombreuses régions du Canada, a contribué à des rendements et à des valeurs d'absorption de l'azote moins élevés, ce qui a laissé plus d'azote dans le sol après les récoltes. Les producteurs ajoutent de l'engrais et du fumier d'après les prévisions d'une saison de croissance moyenne ou supérieure à la moyenne et les prévisions d'un rendement de moyen à supérieur à la moyenne.

Tableau 1. Superficie des terres agricoles et nombre de polygones des pédo-paysages du Canada par écozone⁺ en 2006.

Écozone ⁺	Polygones des pédo-paysages du Canada (nombre)	Superficie de terres agricoles (en hectares)
Maritime du Pacifique	108	203 000
Bassin intérieur de l'Ouest	104	593 000*
Cordillère montagnarde	200	1 163 000
Taïga des plaines	5	9 000
Plaines boréales	605	12 053 000
Prairies	985	39 945 000
Bouclier boréal	251	920 000
Plaines à forêts mixtes	469	5 338 000
Maritime de l'Atlantique	514	1 130 000
Boréale de Terre-Neuve	44	21 000
Canada	3 285	61 375 000

* La superficie des terres agricoles présentée ici pour le bassin intérieur de l'Ouest est supérieure à celle indiquée dans le rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes (RETE) sur la capacité d'habitat faunique (Javorek et Grant, 2011). Cet écart peut être attribué à la méthodologie utilisée afin de préserver la confidentialité des données. Veuillez consulter la section sur les indicateurs agroenvironnementaux à la page 1.

⁶ La catégorie « terres agricoles » utilisée dans le présent rapport n'englobe pas la catégorie « autres terres » se trouvant dans le Recensement de l'agriculture. Veuillez consulter la section sur les indicateurs agroenvironnementaux à la page 1 du présent rapport pour un aperçu des types de terres inclus dans l'analyse pour chacun des trois rapports techniques thématiques du RETE sur les indicateurs agroenvironnementaux.

Tableau 2. Apports et pertes d'azote et azote résiduel dans le sol (ARS) dans les écozones⁺ du Canada qui comportent des terres agricoles, de 1981 à 2006.

Écozone ⁺	Apports d'azote (kg N/ha)						Pertes d'azote (kg N/ha)						Azote résiduel dans le sol (kg N/ha)					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
Maritime du Pacifique	93,0	106	97,2	99,7	110	103	50,6	52,6	53,2	49,8	46,7	46,0	42,4	53,4	44,0	49,9	63,3	57,0
Bassin intérieur de l'Ouest	59,7	55,3	50,7	51,7	56,6	41,8	39,1	34,6	32,7	31,4	32,0	25,4	20,6	20,7	18,0	20,3	24,6	16,4
Cordillère montagnarde	52,9	51,3	50,4	49,6	51,4	44,8	39,5	36,9	37,1	33,0	31,2	29,0	13,4	14,4	13,3	16,6	20,2	15,8
Taïga des plaines	27,0	38,2	31,2	40,9	53,9	56,8	23,8	31,7	28,4	32,5	37,2	35,6	3,2	6,5	2,8	8,4	16,7	21,2
Plaines boréales	40,8	46,4	50,8	62,0	69,7	69,3	32,7	38,1	40,3	43,4	43,3	47,2	8,1	8,3	10,5	18,6	26,4	22,1
Prairies	27,6	32,7	32,9	44,1	50,6	52,5	24,3	29,2	27,8	35,1	32,6	40,7	3,3	3,5	5,1	9,0	18,0	11,8
Bouclier boréal	82,4	95,1	91,8	98,6	109	107	62,6	73,1	62,4	70,1	65,6	74,0	19,8	22,0	29,4	28,5	43,4	33,0
Plaines à forêts mixtes	123	139	138	143	149	153	80,1	87,0	90,2	96,0	86,2	112	42,9	52,0	47,8	47,0	62,8	41,0
Maritime de l'Atlantique	95,8	110	108	122	132	137	68,1	78,0	64,6	81,9	73,4	81,4	27,7	32,0	43,4	40,1	58,6	55,6
Boréale de Terre-Neuve	50,7	83,5	72,7	115	106	102	30,6	42,3	40,6	67,3	52,1	48,4	20,1	41,2	32,1	47,7	53,9	53,6
Canada	42,7	48,0	48,5	59,1	65,7	66,9	33,4	38,0	37,2	43,6	40,7	49,1	9,3	10,0	11,3	15,5	25,0	17,8

Tableau 3. Apports d'azote provenant du fumier et de l'engrais et fixation de l'azote par les cultures de légumineuses dans les écozones⁺ du Canada qui comportent des terres agricoles, de 1981 à 2006.

Écozone ⁺	Apports d'azote du fumier (kg N/ha)*						Apports d'azote de l'engrais (kg N/ha)						Fixation de l'azote par les légumineuses** (kg N/ha)					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
Maritime du Pacifique	49,2	54,2	52,5	52,8	54,9	56,1	17,2	26,2	18,0	21,1	26,6	18,1	24,6	23,3	24,8	23,9	26,5	26,4
Bassin intérieur de l'Ouest	17,8	15,2	16,3	17,1	16,7	13,5	12,0	10,7	7,3	8,7	10,4	4,7	27,9	27,5	25,2	23,9	27,4	21,7
Cordillère montagnarde	15,1	13,7	14,4	15,0	13,6	11,7	8,7	9,7	7,2	7,7	9,3	6,6	27,1	25,9	26,8	25,0	26,5	24,5
Taïga des plaines	4,0	6,7	5,5	6,9	8,4	8,5	8,9	15,1	11,2	12,1	16,1	11,0	12,1	14,4	12,5	20,0	27,4	35,3
Plaines boréales	6,7	6,5	7,5	9,2	9,8	10,2	15,1	19,2	18,8	26,0	26,2	25,8	16,8	18,6	22,4	24,7	31,6	31,1
Prairies	5,1	4,7	5,4	6,7	7,3	7,8	11,4	15,9	15,2	23,5	23,6	23,0	8,9	9,9	10,2	11,8	17,6	19,6
Bouclier boréal	19,2	20,8	20,6	20,8	20,7	20,3	15,5	20,8	21,7	20,8	23,5	21,3	41,6	47,5	43,5	51,0	59,3	59,8
Plaines à forêts mixtes	28,5	28,2	27,3	27,1	26,7	26,6	40,2	50,0	44,2	43,2	44,1	43,7	47,4	53,2	59,7	65,2	71,1	76,0
Maritime de l'Atlantique	30,3	32,2	32,1	32,0	31,7	32,9	21,7	28,3	31,3	31,9	35,6	36,4	39,6	45,3	40,0	54,3	60,3	63,9
Boréale de Terre-Neuve	23,8	42,4	32,0	45,1	40,9	34,5	11,3	18,3	17,5	21,7	19,9	28,1	13,6	20,9	21,2	46,3	43,3	37,7
Canada	8,9	8,3	8,8	10,1	10,5	10,8	15,2	19,8	18,7	25,5	25,8	25,1	15,9	17,2	18,4	20,9	26,8	28,3

* L'apport d'azote du fumier représente la quantité nette d'azote minéral épandu au sol ou libéré par la minéralisation de l'azote organique sur trois ans.

** La fixation de l'azote par les légumineuses représente l'azote fixé par voie biologique provenant des résidus de légumineuses qui devient disponible dans le sol la première année suivant un labour, ainsi que l'azote minéralisé provenant des résidus de légumineuses incorporés au sol au cours des années précédentes.

D'après les estimations de la superficie des terres agricoles et de l'ARS à l'échelle nationale, il restait environ 565 000 tonnes d'azote inorganique dans les sols canadiens après les récoltes en 1981. Ce nombre a augmenté de 2,7 fois, pour se chiffrer à 1,5 million de tonnes en 2001, puis il a diminué à 1,06 million de tonnes en 2006, principalement en raison d'une augmentation des pertes comparativement aux apports d'azote, résultat des rendements plus élevés des cultures au cours des cinq années précédentes. Toutefois, les quantités d'azote inorganique qui restaient dans les sols canadiens en 2006 étaient toujours environ deux fois plus élevées que celles de 1981. Ce modèle ne tient pas compte des changements des teneurs en matières organiques dans le sol. Si ces dernières avaient augmenté, une partie de cet ARS aurait pu être immobilisée et convertie en azote organique du sol.

Le risque de perte d'ARS (particulièrement les nitrates) dans l'environnement dépend de la quantité, du moment et de la nature (pluie ou neige) des précipitations dans la région ainsi que de l'humidité antérieure du sol. Les régions humides comme celles du centre et de l'est du Canada ainsi que la région côtière de la Colombie-Britannique risquent davantage de perdre des nitrates que les régions plus arides comme les Prairies canadiennes (écozones⁺ des Prairies et des plaines boréales).

Résultats par écozone⁺

Dix écozones⁺ ont plus de 5 % de leur superficie en production agricole dans un polygone PPC. Ces dix écozones⁺ sont l'écozone⁺ maritime du Pacifique, l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, l'écozone⁺ de la taïga des plaines, l'écozone⁺ des plaines boréales, l'écozone⁺ des Prairies, l'écozone⁺ du Bouclier boréal, l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes, l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique et l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve. Elles seront appelées « écozones⁺ agricoles ». L'indicateur d'ARS a été estimé pour ces dix écozones⁺ pour la période allant de 1981 à 2006.

Écozone⁺ maritime du Pacifique

En 2006, il y avait 203 000 hectares de terres agricoles réparties dans 108 polygones PPC dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique (Tableau 1). Cette écozone⁺ ne contient que 0,33 % des terres agricoles au Canada et la majeure partie est située le long des régions côtières du sud de la Colombie-Britannique (Figure 1). De 1981 à 2001, les apports d'azote ont augmenté de 93,0 à 110 kg N/ha, puis ont diminué à 103 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). Le fumier constitue la plus importante source d'azote de l'écozone⁺, ses apports ayant augmenté de 49,2 kg N/ha en 1981 jusqu'à un maximum de 56,1 kg N/ha en 2006 (Tableau 3). En 2006, les apports d'azote provenant de la fixation par les légumineuses (26,4 kg N/ha) et de l'ajout d'engrais (18,1 kg N/ha) étaient inférieurs à la moitié des apports d'azote provenant du fumier (56,1 kg N/ha). Les pertes d'azote ont fluctué entre 46,0 et 53,2 kg N/ha au cours des six années du recensement, les variations étant principalement attribuables à la fluctuation des rendements et de l'élimination de l'azote par la récolte, bien que des changements de types de cultures puissent aussi avoir contribué à ces variations. Les valeurs d'ARS ont également varié avec le

temps, la valeur la plus basse étant de 42,4 kg N/ha en 1981, et la plus élevée, de 63,3 kg N/ha en 2001. La quantité d'ARS maximale en 2001 dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique était supérieure à celles de toutes les autres écozones⁺, et ce, durant les six années du recensement. La forte valeur d'ARS en 2001 était attribuable à une combinaison de l'augmentation des apports d'azote provenant du fumier (de 49,2 kg N/ha en 1981 à 54,9 kg N/ha en 2001), des engrais (de 17,2 kg N/ha en 1981 à 26,6 kg N/ha en 2001) et de la fixation de l'azote par les légumineuses (de 24,6 kg N/ha en 1981 à 26,5 kg N/ha en 2001), et d'une diminution des pertes résultant de la récolte (de 50,6 kg N/ha en 1981 à 46,7 kg N/ha en 2001). La diminution des pertes résultant de la récolte est attribuable à une combinaison de facteurs, dont des changements des superficies cultivées et la diminution des rendements de foin. La superficie des terres de pâturage a diminué de 64 % en 1981 à 55 % en 2001, alors que la superficie des terres cultivées a augmenté pour la luzerne (de 3 %), le fourrage (de 2 %), les fruits et légumes (de 2 %) et les céréales (de 1 %).

Écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest

L'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest est la plus petite écozone⁺ agricole (Figure 1). Il y avait toutefois, en 2006, plus de terres agricoles dans cette écozone⁺ (593 000 ha) que dans les écozones⁺ maritime du Pacifique (203 000 ha), de la taïga des plaines (9 000 ha) et boréale de Terre-Neuve (21 000 ha) (Tableau 1). Les terres agricoles de l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest sont situées dans 104 polygones PPC. En général, les apports d'azote ont diminué avec le temps, passant de 59,7 kg N/ha en 1981 à 41,8 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). En 2001 toutefois, des apports supérieurs ont été observés (56,6 kg N/ha) comparativement aux années de recensement antérieures (1996) ou ultérieures (2006). La diminution des apports d'azote de 2001 à 2006 est attribuable à une combinaison des diminutions du nombre d'animaux d'élevage et de la quantité de fumier (les apports d'azote provenant du bétail sont passés de 16,7 à 13,5 kg N/ha), des apports d'azote des engrais (de 10,4 à 4,7 kg N/ha) et de la fixation de l'azote par les légumineuses (de 27,4 à 21,7 kg N/ha) (Tableau 3). Les pertes d'azote ont également diminué de 39,1 kg N/ha en 1981 à 25,4 kg N/ha en 2006. Cette diminution est attribuable à plusieurs facteurs, dont le changement des superficies cultivées et la diminution des rendements de foin. La superficie de pâturage non amélioré a augmenté de 60 % à 79 %, alors que celle du pâturage amélioré a diminué de 18 % à 5 %. Les rendements des cultures et les pertes d'azote sont supérieurs dans les pâturages améliorés, comparativement aux pâturages non améliorés. Le résultat net est que l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest est la seule écozone⁺ agricole où les valeurs d'ARS dans les terres agricoles ont diminué avec le temps (de 20,6 kg N/ha en 1981 à 16,4 kg N/ha en 2006).

Écozone⁺ de la Cordillère montagnarde

En 2006, l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde comprenait 200 polygones PPC représentant 1 163 000 hectares de terres agricoles (1,9 % des terres agricoles du Canada) (Tableau 1). La plupart des terres agricoles de cette écozone⁺ sont situées en Colombie-Britannique et au sud-ouest de l'Alberta. De 1981 à 2001, les apports d'azote sont demeurés relativement constants, les valeurs variant entre 49,6 et 52,9 kg N/ha. Toutefois, les apports d'azote ont nettement diminué

de 51,4 kg N/ha en 2001 à 44,8 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). Cette diminution est attribuable à une réduction des apports provenant du fumier (de 13,6 à 11,7 kg N/ha), à une baisse des ajouts d'engrais (de 9,3 à 6,6 kg N/ha) ainsi qu'à une diminution de la superficie des cultures de légumineuses et de la fixation de l'azote (de 26,5 kg N/ha à 24,5 kg N/ha) (Tableau 3). Les apports d'azote étaient similaires à ceux observés dans le bassin intérieur de l'Ouest. Au cours de la période de 25 années, les pertes d'azote ont généralement diminué (de 39,5 à 29,0 kg N/ha), ce qui est l'inverse des tendances observées dans toutes les autres écozones⁺ agricoles, sauf celle du bassin intérieur de l'Ouest et l'écozone⁺ maritime du Pacifique. La diminution des pertes d'azote est attribuable à une augmentation de la superficie des pâturages non améliorés (de 62 % en 1981 à 71 % en 2006) ainsi qu'à une diminution de la superficie des pâturages améliorés (de 14 % en 1981 à 10 % en 2006) et des cultures fourragères (de 12 % en 1981 à 7 % en 2006). L'effet net des changements dans les apports et les pertes d'azote s'est traduit par une augmentation générale des valeurs d'ARS de 13,4 kg N/ha en 1981 à un maximum de 20,2 kg N/ha en 2001, suivie d'une diminution à 15,8 kg N/ha en 2006.

Écozone⁺ de la taïga des plaines

En 2006, l'écozone⁺ de la taïga des plaines contenait la plus petite superficie agricole (9000 ha) et le plus petit nombre de polygones PPC (5) de toutes les écozones⁺ du Canada (Tableau 1). Les polygones agricoles sont situés uniquement au nord de la Colombie-Britannique et de l'Alberta (Figure 1). En 1981, les apports (27 kg N/ha) et les pertes d'azote (23,8 kg N/ha) étaient très faibles, et la différence entre les deux (c.-à-d. l'ARS) n'était que de 3,2 kg N/ha (Tableau 2). Les apports d'azote ont doublé au cours de la période de 25 ans et ont atteint 56,8 kg N/ha en 2006, alors que les pertes d'azote ont augmenté d'environ 50 % pendant cette période, pour se chiffrer à 35,6 kg N/ha. Ainsi, l'ARS a atteint une valeur environ sept fois plus élevée en 2006, soit 21,2 kg N/ha, car les pertes d'azote ont augmenté plus lentement que les apports. Ces données indiquent qu'une quantité insuffisante d'azote a été ajoutée aux cultures en 1981, mais que lorsque l'ajout d'azote a doublé sur une période de 25 ans, seulement environ 40 % ont été retirés dans la partie récoltée de la culture. Néanmoins, les valeurs d'ARS en 2006 (21,2 kg N/ha) observées dans l'écozone⁺ de la taïga des plaines étaient similaires à celles de l'écozone⁺ des plaines boréales (22,1 kg N/ha) et considérablement plus faibles que celles des écozones⁺ agricoles de l'est du Canada (33,0 à 55,6 kg N/ha).

Écozone⁺ des plaines boréales

L'écozone⁺ des plaines boréales comportait la deuxième plus grande superficie de terres agricoles au Canada en 2006 (19,6 %, soit 12 053 000 ha), et ces terres étaient situées dans 605 polygones PPC (Tableau 1). Les apports d'azote ont augmenté constamment avec le temps, passant de 40,8 kg N/ha en 1981 à 69,3 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). En 1981, tant les engrais (15,1 kg N/ha) que la fixation de l'azote par les légumineuses (16,8 kg N/ha) constituaient des sources d'azote plus importantes que l'épandage de fumier (6,7 kg N/ha) (Tableau 3). Au cours de la période de 25 ans, ces trois sources d'azote ont augmenté principalement en raison de l'augmentation des superficies de légumineuses cultivées et du nombre d'animaux d'élevage. La fixation de l'azote est la source qui a connu la plus forte augmentation, avec une valeur de

31,1 kg N/ha qui était environ trois fois supérieure aux apports d'azote provenant du fumier (10,2 kg N/ha) et environ 20 % supérieure à l'engrais azoté (25,8 kg N/ha) en 2006. Les pertes d'azote ont également augmenté de 32,7 à 47,2 kg N/ha au cours de la période de 25 ans. Les valeurs d'ARS, qui étaient très faibles en 1981 (8,1 kg N/ha), ont triplé pour atteindre une valeur maximale de 26,4 kg N/ha en 2001, puis ont diminué légèrement à 22,1 kg N/ha en 2006.

Écozone⁺ des Prairies

L'écozone⁺ des Prairies comportait la plus grande quantité de terres agricoles, avec 39 945 000 ha, soit 65 % des terres agricoles du Canada en 2006 (Tableau 1). Les apports d'azote étaient en moyenne inférieurs à ceux de toutes les autres écozones⁺, avec 27,6 kg N/ha en 1981, et ont augmenté à 52,5 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). Le principal apport d'azote en 2006 provenait des engrais (23,0 kg N/ha), suivi de la fixation de l'azote par les légumineuses (19,6 kg N/ha), le fumier étant la plus faible source d'azote avec 7,8 kg N/ha. Les pertes d'azote ont augmenté régulièrement au cours de la période de 25 ans, passant d'une faible valeur de 24,3 kg N/ha en 1981 à un maximum de 40,7 kg N/ha en 2006. Ces augmentations sont attribuables à une combinaison de l'augmentation des rendements des cultures et de la diminution des superficies de jachères d'été. Toutefois, en 2001, les pertes d'azote (32,6 kg N/ha) ont été inférieures à celles de 1996 (35,1 kg N/ha) ou de 2006 (40,7 kg N/ha) en raison de la sécheresse généralisée. Les variations annuelles des précipitations contribuent à la variation des pertes d'azote et, par conséquent, de l'ARS. Les pertes d'azote ont augmenté plus lentement que les apports, par conséquent l'ARS a augmenté, passant d'une faible valeur de 3,3 kg N/ha en 1981 à un maximum de 18,0 kg N/ha en 2001, puis a diminué à 11,8 kg N/ha en 2006. Néanmoins, en 2006, l'écozone⁺ des Prairies présentait la plus faible valeur d'ARS de toutes les écozones⁺ agricoles (Tableau 2).

Écozone⁺ du Bouclier boréal

L'écozone⁺ du Bouclier boréal est la plus vaste écozone⁺ terrestre (Figure 1); elle comporte toutefois relativement peu de terres agricoles (920 000 ha, soit seulement 1,5 % des terres agricoles au Canada), réparties dans 251 polygones PPC (Tableau 1). Les apports d'azote étaient de 82,4 kg N/ha en 1981 et ont augmenté à 109 kg N/ha en 2001, puis ont légèrement diminué à 107 kg N/ha en 2006 (Tableau 2). En 2006, la majorité des apports d'azote provenaient des cultures de légumineuses (59,8 kg N/ha), suivis des engrais (21,3 kg N/ha) et du fumier (20,3 kg N/ha) (Tableau 3). Il faut souligner que les apports d'azote provenant du fumier sont demeurés relativement stables de 1981 à 2006, alors que les apports provenant des engrais et des légumineuses ont augmenté de 37 % et de 44 %, respectivement. L'augmentation de la fixation de N₂ est attribuable à l'augmentation de la superficie des cultures de légumineuses au cours de la période de 25 ans. Les pertes d'azote ont augmenté de 62,6 à 74,0 kg N/ha de 1981 à 2006. L'ARS a plus que doublé, partant d'une valeur peu élevée en 1981 (19,8 kg N/ha) pour atteindre 43,4 kg N/ha en 2001, puis diminuer à 33,0 kg N/ha en 2006.

Écozone⁺ des plaines à forêts mixtes

L'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes contenait 5 338 000 hectares de terres agricoles réparties dans 469 polygones PPC en 2006 (Tableau 1). La productivité agricole de cette région est très élevée en raison des températures plus chaudes résultant de l'influence modératrice des Grands Lacs, particulièrement dans le sud-ouest de l'Ontario, ainsi qu'à des taux de précipitation plus élevés. C'est pourquoi les apports d'azote y sont les plus importants de toutes les écozones⁺ (Tableau 2). Le potentiel de rendement de cette région est réalisé à la condition qu'il y ait suffisamment d'éléments nutritifs, comme l'azote inorganique, disponibles pour répondre aux exigences des cultures. Comme la plupart des éléments nutritifs contenus dans la culture récoltée sont retirés chaque année, des apports additionnels d'éléments nutritifs sont nécessaires pour assurer qu'ils ne deviennent pas limitant. En 1981, on a estimé que 123 kg N/ha avaient été ajoutés aux terres agricoles, et les apports d'azote ont augmenté constamment pour atteindre 153 kg N/ha en 2006. Les pertes d'azote, attribuables principalement aux rendements des cultures et à l'absorption de l'azote, étaient également les plus importantes de toutes les écozones⁺; estimées à 80,1 kg N/ha en 1981, les pertes ont augmenté jusqu'à 112 kg N/ha en 2006. Il faut noter qu'en 2001, les pertes d'azote étaient de loin inférieures à celles de 1996 et de 2006, principalement en raison d'une sécheresse qui a sévi en 2001 et qui a réduit les rendements des cultures et l'absorption de l'azote. Les valeurs d'ARS étaient très élevées, 42,9 kg/ha d'azote étant restés dans le sol en 1981 et 41,0 kg/ha étant demeurés dans le sol après la récolte en 2006. L'ARS a atteint un sommet, soit 62,8 kg N/ha, en 2001, l'année de la sécheresse. Les valeurs d'ARS dans les plaines à forêts mixtes étaient similaires à celles de l'écozone⁺ maritime du Pacifique, à l'exception de 2006, où la valeur d'ARS dans les plaines à forêts mixtes (41,0 kg N/ha) était nettement inférieure à celle de l'écozone⁺ maritime du Pacifique (57,0 kg N/ha). La fixation de l'azote par les légumineuses était la principale source d'azote dans les plaines à forêts mixtes, et cet apport a augmenté de 47,4 kg N/ha en 1981 à 76,0 kg N/ha en 2006, à la suite de l'augmentation des superficies des cultures de légumineuses comme le soya. Les apports d'azote provenant des engrais sont demeurés relativement constants au cours des 25 années, variant entre 40,2 et 50 kg N/ha. Les ajouts de fumier ont légèrement diminué au cours de cette période, passant de 28,5 kg N/ha en 1981 à une valeur peu élevée de 26,6 kg N/ha en 2006 en raison de la diminution du nombre d'animaux d'élevage et de la production de fumier.

Écozone⁺ maritime de l'Atlantique

L'écozone⁺ maritime de l'Atlantique possédait une superficie de terres agricoles relativement petite (1 130 000 ha) répartie dans 514 polygones PPC en 2006 (Tableau 1). Les apports d'azote, si on les estime par hectare, sont les deuxièmes en importance parmi toutes les écozones⁺ agricoles (Tableau 2). Ils ont augmenté de 95,8 kg N/ha en 1981 jusqu'à une valeur maximale de 137 kg N/ha en 2006. Les apports d'azote provenant de la fixation de l'azote par les légumineuses dépassaient ceux provenant de l'ajout du fumier ou d'engrais. La fixation de l'azote a permis d'ajouter 39,6 kg N/ha en 1981, et cette valeur a atteint 63,9 kg N/ha en 2006 en raison de l'augmentation de la superficie des cultures de légumineuses (Tableau 3). Les apports d'azote par le fumier sont demeurés relativement constants au cours de la période de 25 ans,

allant de 30,3 kg N/ha en 1981 à 32,9 kg N/ha en 2006. Les apports d'azote provenant des engrais ont augmenté constamment, passant de 21,7 kg N/ha en 1981 pour atteindre 36,4 kg N/ha en 2006. Il y a eu des fluctuations des pertes d'azote au cours de cette période, probablement en raison des variations du rendement des cultures et de l'absorption de l'azote. Les pertes d'azote, qui étaient relativement faibles en 1991 (64,6 kg N/ha), ont atteint 81,9 kg N/ha en 1996. Dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique, l'ARS a augmenté, allant de 27,7 kg N/ha en 1981 à 58,6 kg N/ha en 2001, puis a légèrement diminué à 55,6 kg N/ha en 2006. En 2006, l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique avait la seconde valeur d'ARS la plus élevée de toutes les écozones⁺ agricoles, immédiatement après l'écozone⁺ maritime du Pacifique (57,0 kg N/ha).

Écozone⁺ boréale de Terre-Neuve

L'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve contenait la deuxième plus petite superficie de terres agricoles (21 000 ha répartis dans 44 polygones PPC) de toutes les écozones⁺ agricoles en 2006 (Tableau 1). Les apports d'azote ont augmenté d'environ 2,3 fois en 15 ans (de 50,7 kg N/ha en 1981 à 115 kg N/ha en 1996), puis a diminué graduellement à 102 kg N/ha en 2006, soit le double de la valeur de 1981 (Tableau 2). En 1981, le fumier était la principale source d'azote (23,8 kg N/ha), comparativement aux engrais (11,3 kg N/ha) et à la fixation de l'azote par les légumineuses (13,6 kg N/ha). Toutefois, en 2006, la fixation de l'azote par les légumineuses (37,7 kg N/ha) et l'ajout de fumier (34,5 kg N/ha) ont contribué à enrichir les terres agricoles avec des quantités semblables d'azote, alors que les engrais étaient devenus la plus faible source d'azote des trois, avec 28,1 kg N/ha (Tableau 3). Les pertes d'azote ont augmenté de 30,6 kg N/ha en 1981 à 67,3 kg N/ha en 1996, puis a diminué à 48,4 kg N/ha en 2006. L'augmentation des pertes d'azote de 1981 à 2006 est principalement attribuable aux changements des superficies de cultures. Par exemple, la superficie de pâturages non améliorés a diminué de 65 % en 1981 à 46 % en 2006, alors que la superficie de cultures fourragères a augmenté de 12 % à 23 %, la superficie des cultures de luzerne a augmenté de 1 % à 6 % et celle des céréales a augmenté de 2 % à 5 %. En général, les valeurs d'ARS ont augmenté avec le temps, passant d'une valeur peu élevée de 20,1 kg N/ha en 1981 jusqu'à un maximum de 53,9 kg N/ha en 2001, et pour ensuite se stabiliser à 53,6 kg N/ha en 2006.

Changements de catégories de risque d'ARS de 1981 à 2006

Les valeurs d'ARS de 2006 ont été comparées à celles de 1981 (Figure 2). Les terres où les catégories de risque d'ARS ont diminué (c.-à-d. celles qui présentaient des valeurs d'ARS plus faibles) se trouvaient au centre de la Colombie-Britannique, dans le sud de l'Ontario et dans le sud du Québec. La majeure partie des terres de l'écozone⁺ des Prairies situées en Saskatchewan et en Alberta sont demeurées dans la même catégorie de risque. Toutefois, dans les régions de l'est de l'écozone⁺ des Prairies (le Manitoba), les valeurs d'ARS ont augmenté d'au moins une catégorie de risque. Des augmentations de catégorie de risque ont également été observées dans le sud-est du Bouclier boréal et dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique. La partie centrale des

plaines à forêts mixtes comportait également des valeurs d'ARS qui sont demeurées dans la même catégorie de risque au cours de la période de 25 ans.

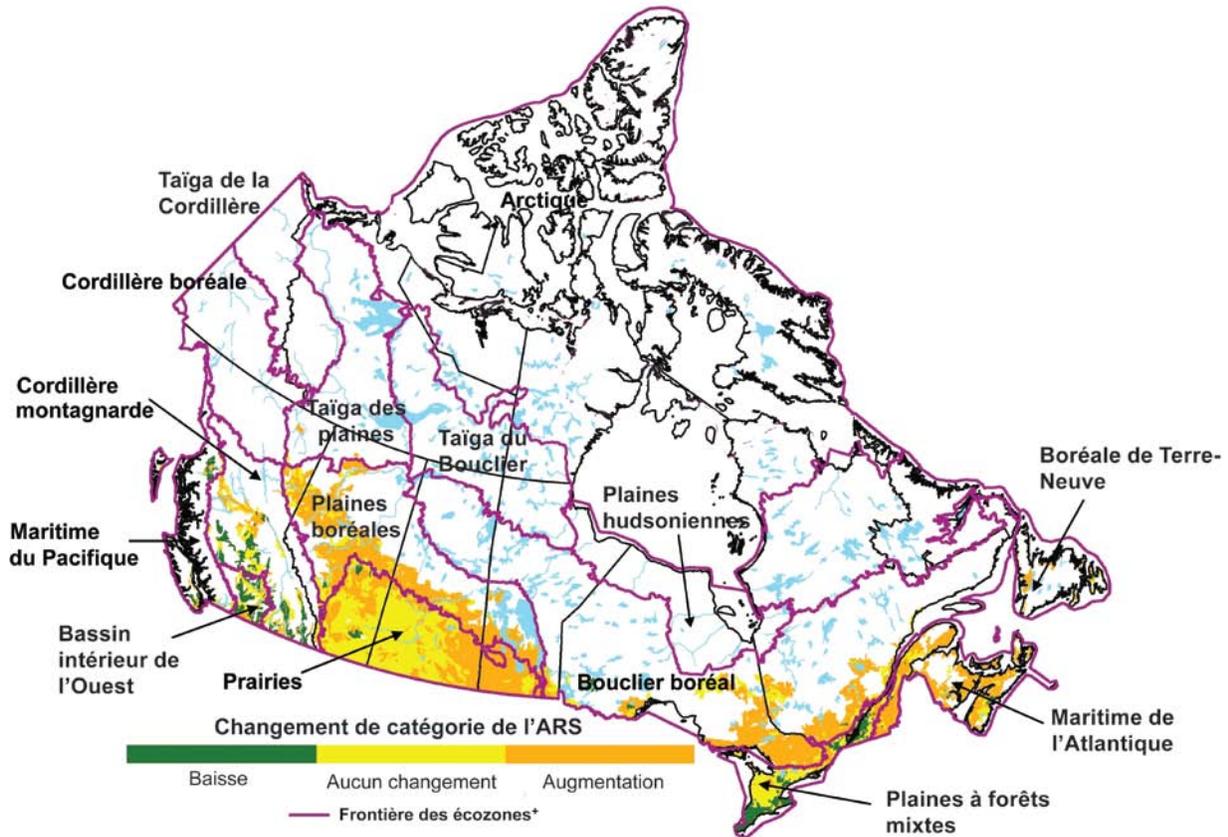


Figure 2. Terres agricoles dont l'ARS a changé d'au moins une catégorie de risque de 1981 à 2006, au Canada.

En résumé, les valeurs d'ARS se situaient dans les catégories de risque très faible et faible dans la majeure partie de l'écozone⁺ des Prairies, mais des valeurs d'ARS élevées et très élevées ont été constatées au Manitoba, dans la partie centrale de l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes et dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique (Figure 1). L'ARS devrait être mesuré dans ces zones à risque élevé, et si les mesures *in situ* correspondent aux estimations du modèle, des pratiques de gestion devraient être mises en œuvre afin de réduire le risque d'exportation d'ARS vers les cours d'eau.

Références

- Agriculture et Agroalimentaire Canada et Statistique Canada. 2008. Customized tabulations. Census of Agriculture, CGC Base 1996, 2001, 2006. Ottawa, ON.
- ASABE. 2005. Manure production and characteristics. ASABE Standards 2006: ASAE D384.2. American Society of Agriculture and Biological Engineers. St. Joseph, MI. 727 p.
- Beaulieu, M.S. 2004. La gestion des fumiers au Canada. Gestion environnementale des fermes au Canada. Vol. 1 n° 2. Koroluk, R. (éd.). Statistique Canada. Ottawa, ON. 55 p.
- Bourque, L. et Koroluk, R. 2003. L'entreposage des fumiers au Canada. Gestion environnementale des fermes au Canada. Vol. 1 n° 1. Vani, R. (éd.). Statistique Canada. Ottawa, ON. 47 p.
- Chambers, K. 2001. Assessing the feasibility of applying the co-operative model to First Nations community based development initiatives: a case study of the Xaxl'ep and a native plant nursery. Occasional Paper n° 1. BC Institute for Co-operative Studies. Victoria, BC.
- Chambers, P.A., Guy, M., Roberts, E.S., Charlton, M.N., Kent, R., Gagnon, C., Grove, G. et Foster, N. 2001. Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada. Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Santé Canada, Ressources naturelles Canada. Ottawa, ON. 271 p.
- Drury, C.F., McKenney, D.J. et Findlay, W.I. 1992. Nitric oxide and nitrous oxide production from soil: water and oxygen effects. *Soil Science Society of America Journal* 56:766-770.
- Drury, C.F., Tan, C.S., Reynolds, W.D., Welacky, T.W., Oloya, T.O. et Gaynor, J.D. 2009. Managing tile drainage, subirrigation and nitrogen fertilization to reduce nitrate loss and enhance crop yields. *Journal of Environmental Quality* 38:1193-1204.
- Drury, C.F., Yang, J., De Jong, R., Huffman, T., Yang, X., Reid, K. et Campbell, C.A. 2010. Azote résiduel dans le sol. *Dans L'agriculture écologiquement durable au Canada. Série sur les indicateurs agroenvironnementaux. Rapport n° 3.* Eilers, W., Mackay, R., Graham, L. et Lefebvre, A. (éd.). Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa, ON. Chapitre 12. pp. 82-88.
- Eilers, W., Mackay, R., Graham, L. et Lefebvre, A. (éd.). 2010. L'agriculture écologiquement durable au Canada. Série sur les indicateurs agroenvironnementaux. Rapport n° 3. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa, ON. 252 p.
- Guy, M. 2008. Ideal performance standards for the nitrate ion. Initiative sur les normes agroenvironnementales nationales. Rapport n° 4-54. Environnement Canada. Gatineau, QC. 73 p.
- Guy, M. 2009. Normes de rendement idéales pour prévenir la toxicité des nitrates. Rapport de synthèse de l'Initiative sur les normes agroenvironnementales nationales n° 12. Environnement Canada. Gatineau, QC. 30 p.

- Huffman, E.C., Yang, J.Y., Drury, C.F., De Jong, R., Yang, X.M. et Liu, Y.C. 2008. Estimation of Canadian manure and fertilizer nitrogen application rates at the crop and soil-landscape polygon level. *Canadian Journal of Soil Science* 88:619-627.
- Huffman, T., Ogston, R., Fiset, T., Daneshfar, B., Gasser, P.Y., White, L., Maloley, M. et Chenier, R. 2006. Canadian agricultural land-use and land management data for Kyoto reporting. *Canadian Journal of Soil Science* 86:431-439.
- Javorek, S.K. et Grant, M.C. 2011. Tendances de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada, de 1986 à 2006. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 14. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 49 p.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- Lefebvre, A., Eilers, W. et Chunn, B.(éd.). 2005. L'agriculture écologiquement durable au Canada. Série sur les indicateurs agroenvironnementaux. Rapport n° 2. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa, ON. 228 p.
- McConkey, B.G., Lobb, D.A., Li, S., Black, J.M.W. et Krug, P.M. 2011. Érosion des terres cultivées : introduction et tendances au Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 16. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iv + 22 p.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- Mcgurk, M.D., Landry, F., Tang, A. et Hanks, C.C. 2006. Acute and chronic toxicity of nitrate to early life stages of lake trout (*Salvelinus namaycush*) and lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 25:2187-2196.
- Statistique Canada. 2008. Recensement de l'agriculture de 2006 [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm> (consulté le 8 août 2008).
- Yang, J.Y., De Jong, R., Drury, C.F., Huffman, E.C., Kirkwood, V. et Yang, X.M. 2007. Development of a Canadian agricultural nitrogen budget (CANB v2.0) model and the evaluation of various policy scenarios. *Canadian Journal of Soil Science* 87:153-165.
- Yang, J.Y., Huffman, E.C., Drury, C.F., Yang, X.M. et De Jong, R. 2011. Estimating the impact of manure nitrogen losses on total nitrogen application on agricultural land in Canada. *Canadian Journal of Soil Science* 91:107-122.