

9. Efficacité d'utilisation de l'azote

AUTEURS :

C. F. Drury,
J.Y. Yang,
R. De Jong,
T. Huffman,
V. Kirkwood,
X. M. Yang
et K. Reid

NOM DE L'INDICATEUR :

Azote résiduel
dans le sol

PORTÉE :

Échelle nationale,
1981 à 2001

■ SOMMAIRE

L'azote résiduel dans le sol (ARS) représente l'apport azoté au sol qui n'a pas été prélevé dans la portion récoltée de la production végétale. L'indicateur d'azote résiduel dans le sol correspond à la différence entre la somme des apports d'azote (engrais, fumier, fixation biologique et dépôt atmosphérique) et la somme des pertes d'azote (azote prélevé par la récolte et azote perdu par la volatilisation de l'ammoniac et par la dénitrification), pour chacune des cinq années de Recensement de l'agriculture de 1981 à 2001.

En moyenne, sur les cinq années de recensement, la plupart des terres agricoles au Canada (63 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (24 p. 100) et faible (39 p. 100). La teneur en azote résiduel dans le sol est demeurée relativement stable de 1981 à 1996 (16,1–18,1 kg N ha⁻¹), puis a augmenté considérablement (de 50 p. 100 environ) pour atteindre 27,6 kg d'azote par hectare en 2001. Cette hausse était principalement due à une augmentation de la superficie consacrée à la culture des légumineuses à grain (c.-à-d. à un accroissement de la fixation biologique naturelle) sans diminution concomitante de l'épandage d'engrais, ainsi qu'à un rendement des cultures nettement plus faible et à une diminution de l'absorption d'azote par les plantes en raison de conditions climatiques défavorables (sécheresse) qui prévalaient dans un grand nombre de régions au Canada en 2001.

■ L'ENJEU

L'azote est un *élément nutritif* essentiel dont toutes les plantes cultivées ont besoin. Les légumineuses (comme le soja, la luzerne et le trèfle des prés) fixent l'azote de l'atmosphère, mais les plantes non-légumineuses (comme le maïs, les céréales et les pommes de terre) nécessitent un apport d'azote pour une croissance et un rendement optimaux (Drury et Tan 1995). De l'azote est ajouté à ces cultures par l'épandage d'engrais et de fumier, les dépôts atmosphériques ainsi que par la minéralisation des résidus de cultures et de l'azote organique du sol. Il est important de bien gérer l'azote afin de réduire les coûts pour le producteur (achats, transport et application d'engrais minéraux), augmenter au maximum la productivité et stopper la dissipation, à part dans l'environnement de cet élément nutritif essentiel des terres agricoles.

Les pertes d'azote se produisent parce que l'azote ajouté aux cultures n'est pas entièrement utilisé et que, forcément, de l'azote *inorganique* demeure dans le sol à la fin de la saison de croissance (azote résiduel dans le sol). Des risques pour l'environnement peuvent être associés à des surplus excessivement élevés d'azote dans le sol, particulièrement dans les *régions humides*. La plus grande partie de l'azote inorganique résiduel, qui se présente sous forme de nitrates, est soluble et donc susceptible d'être lessivée dans les eaux souterraines,

ou d'être emportée avec les eaux de *drainage* vers les fossés, les cours d'eau et les lacs. Une concentration élevée de nitrates dans les eaux de surface contribue à la prolifération des algues et à l'eutrophisation et, s'agissant d'eau potable, peut présenter un risque pour la santé humaine (Chambers et coll. 2001). Dans des conditions anaérobies, les nitrates du sol peuvent également se dissiper (par dénitrification) dans l'atmosphère, sous forme de monoxyde d'azote, d'oxyde nitreux (un gaz à effet de serre puissant) et d'azote gazeux.

La gestion de l'azote est davantage compliquée par certaines conditions climatiques (sécheresse, pluie excessive, gel précoce, etc.) et d'autres facteurs physiques et chimiques du sol, qui peuvent diminuer la croissance des plantes et, par conséquent, l'absorption de l'azote. Cette diminution peut à son tour conduire à d'autres augmentations de la quantité d'azote résiduel dans le sol à la fin de la saison de croissance.

■ L'INDICATEUR

On a mis au point l'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) pour estimer la quantité d'azote dans le sol qui est ajoutée en excès des besoins des cultures et, par conséquent, demeure dans les champs après la récolte (MacDonald 2000). L'azote résiduel correspond à la différence entre la quantité d'azote, de toutes les sources, qui est disponible pour la

croissance végétale et celle qui est prélevée dans la portion des cultures récoltée, en moyenne, plus les pertes sous forme gazeuse dans l'atmosphère.

L'indicateur en tant que tel ne donne aucune idée des effets environnementaux de diverses concentrations d'azote résiduel dans le sol dans des conditions environnementales variées. L'azote en excès peut présenter un risque pour l'environnement, mais ce risque est également influencé par d'autres facteurs tels que le type de sol et les conditions climatiques. Dans ces conditions, un deuxième indicateur agroenvironnemental, l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (voir le chapitre 17), met en relation l'azote résiduel dans le sol aux conditions climatiques, ce qui permet d'évaluer la probabilité que de l'azote passe du système agricole aux ressources hydriques.

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol s'exprime par la proportion des terres agricoles attribuée à cinq catégories (voir le tableau 9-1). L'objectif de performance est d'augmenter la proportion des terres agricoles canadiennes se retrouvant dans les catégories d'azote résiduel les plus faibles, soit dans les catégories 1 et 2.

■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol a été calculé, à l'échelle des Pêdo-paysages du Canada (PPC), à l'aide du modèle normalisé CANB (pour Canadian Agricultural Nitrogen Budget, ou bilan azoté de l'agriculture canadienne, version 2.0). Dans ce modèle, on utilise le bilan azoté pour calculer la teneur annuelle en azote résiduel du sol, soit la différence entre les apports et les pertes d'azote, divisée par la superficie totale des terres agricoles dans chacun des polygones du PPC.

Tableau 9-1 : Catégories d'accumulation d'azote résiduel dans le sol (ARS)

Catégorie	Description	Plage de valeurs (kg N ha ⁻¹)
1	ARS très faible	0 – 10
2	ARS faible	10 – 20
3	ARS modéré	20 – 30
4	ARS élevé	30 – 40
5	ARS très élevé	Supérieure à 40

Kg N ha⁻¹ = kilogrammes d'azote par hectare

L'apport d'azote représente l'azote total ajouté aux terres agricoles au cours de la saison de croissance : engrais chimiques appliqués aux cultures, fumier épandu aux cultures et aux pâturages, fixation biologique de l'azote par les légumineuses et dépôts secs et humides d'azote provenant de l'atmosphère. On présume que seulement 50 p. 100 de l'azote total du fumier est disponible pour les cultures, tandis que l'autre 50 p. 100 n'est pas accessible dans l'état où il est (35 p. 100 sous forme d'azote organique, et 15 p. 100 d'azote perdu au cours du stockage et de l'épandage).

Les pertes d'azote correspondent à l'azote total prélevé des terres agricoles chaque année dans la portion récoltée des cultures et dans la portion consommée des pâturages, combiné à l'azote gazeux dissipé dans l'atmosphère, principalement par dénitrification, mais également par volatilisation de l'ammoniac.

Les principales données utilisées sont la superficie des principales cultures et leurs rendements, de même que le type et le nombre d'animaux d'élevage. Comme ces données sont recueillies tous les cinq ans dans le cadre du Recensement de l'agriculture, tous les calculs d'apport et de pertes sont fondés sur l'information d'une année de recensement donnée. Par conséquent, l'indicateur calculé rend compte des changements progressifs dans les pratiques de gestion du sol et des cultures à l'échelle du PPC. Divers coefficients et diverses hypothèses, reposant sur des valeurs expérimentales et sur l'opinion d'experts, sont pris en compte dans les calculs (ex. taux d'excrétion des animaux et teneur en azote des déjections [American Society of Agricultural Engineers 2003], taux de fixation biologique, apports d'azote recommandés par les provinces et teneur en azote des produits récoltés). On présume également que 1,25 p. 100 des apports d'azote provenant d'engrais, de fumier et de la fixation biologique a été perdu sous forme d'oxyde nitreux (N₂O) par dénitrification (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 2001). L'azote du sol est également perdu sous forme d'azote moléculaire (N₂) lors de la dénitrification. Par contre, le ratio N₂O : N₂ est très variable et il n'existe pas assez d'information permettant une estimation fiable des pertes sous forme de N₂.

■ LIMITES

La méthode utilisée pour le calcul de l'indicateur d'azote résiduel dans le sol comporte plusieurs faiblesses. L'indicateur peut servir à déterminer les régions à risque d'accumulation et de pertes d'azote dans l'environnement, mais il repose sur de nombreuses hypothèses et approximations. Les résultats sont donc des estimations, et il faut en tenir compte dans l'interprétation.

Dans l'une des hypothèses, on suppose que les recommandations provinciales officielles relatives à l'apport d'azote sont fiables; or, elles peuvent ne pas traduire les plus récents changements et ne sont pas adaptées en fonction de facteurs tels que l'azote libéré du fumier épandu les années précédentes. On a également présumé qu'une proportion fixe (15 p. 100) de l'azote que contient le fumier est perdue pendant le stockage et la manipulation. Cependant, on sait que les pertes d'azote au cours du stockage varient selon la source du fumier, la méthode de stockage et la forme du fumier (liquide, solide ou compost). Avec le temps, de meilleures données et des modèles plus dynamiques devraient devenir accessibles, ce qui permettrait de mieux estimer les apports d'azote, par exemple, en faisant la différence entre les types de fumier et les méthodes de stockage.

Bien que la minéralisation de l'azote (conversion de l'azote organique en azote inorganique) et son immobilisation (conversion de l'azote inorganique en azote organique) dans le sol soient des processus saisonniers, on a présumé que les sols sont dans un état stationnaire, et qu'il n'y a aucun changement net de leur teneur en carbone organique (C) et en azote organique (N) d'une année à l'autre. Si la pratique de gestion adoptée favorise la séquestration de C et de N, alors une portion de l'azote résiduel du sol passera dans le pool d'azote organique jusqu'à ce qu'un nouvel état d'équilibre soit atteint pour le carbone et l'azote organiques. Si on calculait l'indicateur d'azote résiduel dans le sol au cours de ce processus, on surestimerait la quantité d'azote minéral demeurant dans le sol après la récolte. Cette question sera examinée plus en détail dans des études à venir.

Une autre faiblesse évidente dans l'application et l'interprétation des résultats de l'indicateur d'azote résiduel dans le sol est la faible fréquence des recensements (un recensement tous les 5 ans). Cette faible fréquence présente un problème, particulièrement en ce qui concerne la variabilité des rendements découlant de la variation climatique d'une année à l'autre. Dans les années à venir, on évaluera des méthodes complémentaires qui devraient permettre de mieux estimer les teneurs d'azote résiduel dans le sol et régler le problème de l'influence d'une variabilité climatique marquée (et de la baisse de rendement des cultures qui en résulte) coïncidant avec une année de recensement.

■ RÉSULTATS

La proportion estimée de terres agricoles dans chaque catégorie d'azote résiduel dans les sols (ARS) pour chacune des provinces et pour le Canada est présentée dans le tableau 9-2. Dans la figure 9-1, on illustre la répartition géographique des terres agricoles dans les cinq catégories d'azote résiduel en 2001. À des fins de simplification, à moins d'indications contraires, les résultats fournis plus bas sont les proportions moyennes de terres agricoles dans les diverses catégories relevée au cours des 20 années de la période d'étude (cinq années de recensement : 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001). Se reporter au tableau 9-1 pour des détails sur les catégories d'azote résiduel dans le sol.

En moyenne, la plupart des terres agricoles du Canada (63 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (24 p. 100) et faible (39 p. 100).

Canada : En moyenne, la plupart des terres agricoles du Canada (63 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (24 p. 100) et faible (39 p. 100). Cependant, il y a eu une diminution relativement continue de la proportion de terres agricoles dans ces deux catégories, généralement accompagnée d'une augmentation dans la catégorie modérée. De 1981 à 1996, tout au plus 14 p. 100 des terres agricoles du Canada se trouvaient dans les catégories d'azote résiduel élevée et très élevée. Cependant, en 2001, la proportion de terres agricoles dans ces deux catégories a considérablement augmenté pour atteindre 43 p. 100 (élevée : 28 p. 100; très élevée : 15 p. 100).

Tableau 9-2 : Proportion des terres agricoles dans les diverses catégories d'azote résiduel dans le sol, 1981 à 2001

Province	Proportion des terres agricoles dans les diverses catégories d'ARS (%)																								
	Très faible					Faible					Modérée					Élevée					Très élevée				
	81	86	91	96	01	81	86	91	96	01	81	86	91	96	01	81	86	91	96	01	81	86	91	96	01
C.-B.	43	37	33	37	26	32	35	32	32	32	13	17	23	19	25	6	6	6	5	11	7	5	7	6	6
Alb.	43	53	42	43	26	50	44	46	41	30	7	2	12	16	34	0	0	0	0	10	0	0	0	0	1
Sask.	14	32	30	22	2	75	56	48	57	16	10	10	18	18	32	1	2	3	2	48	0	0	1	0	3
Man.	1	2	0	0	0	4	10	2	2	1	10	10	13	15	9	42	46	38	63	17	43	32	46	20	72
Ont.	8	11	9	4	1	24	55	23	19	5	47	34	63	68	13	20	0	2	5	29	0	0	3	3	52
Qc	28	1	6	41	8	40	43	39	35	25	18	26	39	8	48	3	19	6	2	5	11	11	10	13	14
N.-B.	0	0	0	2	0	42	0	1	18	16	34	10	24	43	29	13	35	35	15	22	10	55	41	22	33
N.-É.	9	0	0	56	2	65	0	11	10	5	10	47	49	7	38	2	27	14	5	19	14	26	26	23	37
Î.-P.-É.	0	0	0	3	0	35	19	0	48	0	61	81	56	49	8	3	0	44	0	53	0	0	0	0	39
T.-N.	32	0	25	15	3	13	5	4	3	15	10	6	10	10	22	1	2	0	4	9	44	87	60	68	51
Canada	22	32	28	26	10	52	45	39	41	18	13	10	20	20	29	7	8	7	9	28	6	5	7	3	15

Colombie-Britannique : Conformément aux tendances nationales, 68 p. 100 des terres agricoles en Colombie-Britannique se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel très faible et faible, tandis que seulement 13 p. 100 des terres agricoles se situaient dans les catégories élevée et très élevée. De 1981 à 2001, il y a eu, ici aussi, une baisse graduelle du pourcentage de terres agricoles dans la catégorie d'ARS très faible parallèlement à une hausse dans la catégorie modérée.

Prairies : L'Alberta et la Saskatchewan présentaient des profils semblables avec, en moyenne, des proportions élevées de terres agricoles dans les catégories d'azote résiduel très faible et faible (Alb. : 83 p. 100; Sask. : 70 p. 100). Cependant, ces proportions ont changé en 2001 avec une augmentation importante de la proportion de terres agricoles dans les catégories d'ARS modérée et élevée combinées (Alb. : 44 p. 100; Sask. : 80 p. 100). Au Manitoba, la situation est différente : la proportion moyenne de terres agricoles dans les catégories d'azote résiduel très faible et faible n'est que de 5 p. 100. En moyenne, la plupart des terres agricoles du Manitoba (84 p. 100) se rangent dans les catégories d'azote résiduel élevée et très élevée combinées, avec 72 p. 100 des terres agricoles dans la catégorie très élevée en 2001.

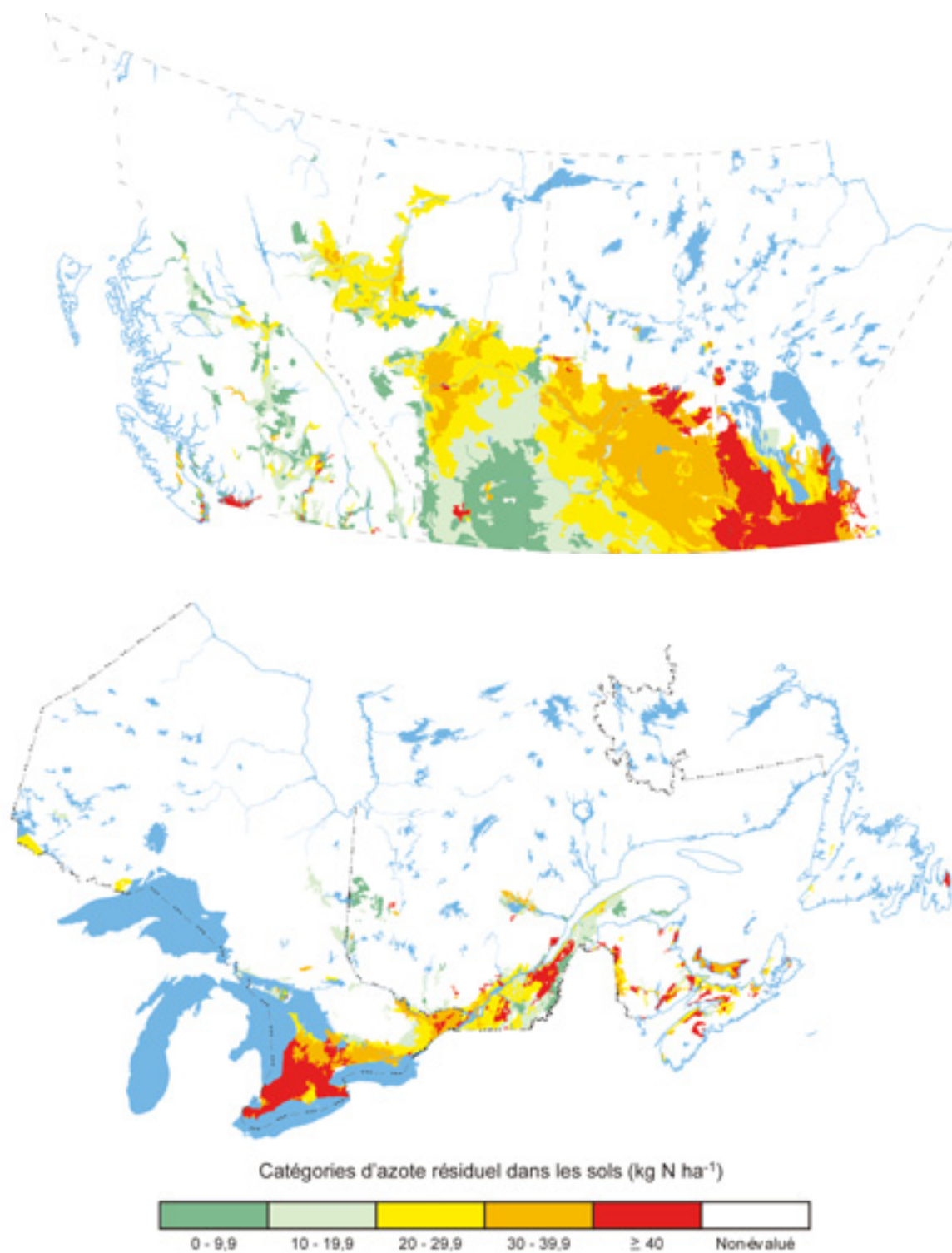
Ontario : En moyenne, la plupart des terres agricoles de l'Ontario (45 p. 100) se situaient dans la catégorie modérée d'azote résiduel dans le sol, tandis que 23 p. 100 des terres agricoles se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel élevée

et très élevée. Dans les régions de catégories d'azote résiduel très faible et faible, la tendance générale était à la baisse, et dans les régions de catégories élevée et très élevée on a constaté une augmentation considérable en 2001 (les deux catégories combinées : 81 p. 100 des terres agricoles).

Québec : En moyenne, la plupart des terres agricoles du Québec (53 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel faible et très faible, et seulement 19 p. 100 dans les catégories d'ARS élevée et très élevée. Cependant, avec le temps, on a noté une diminution graduelle dans la catégorie d'ARS faible ainsi qu'une augmentation graduelle dans la catégorie modérée. À la différence des autres provinces, dont les augmentations dans les catégories élevée et très élevée étaient marquées en 2001 par comparaison aux autres années, il n'y avait qu'une augmentation de 4 p. 100 dans ces catégories d'azote résiduel plus élevée de 1996 à 2001 au Québec.

Provinces de l'Atlantique : En moyenne, entre 15 p. 100 et 31 p. 100 des terres agricoles du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel très faible ou faible. Il y a eu une hausse importante dans les catégories élevée et très élevée entre 1996 et 2001 (N.-B. : 18 p. 100; N.-É. : 28 p. 100; Î.-P.-É. : 92 p. 100). À Terre-Neuve-et-Labrador par contre, la plupart des terres agricoles (de 60 p. 100 à 89 p. 100) se situaient dans les catégories d'ARS élevée et très élevée, de 1986 à 2001.

Figure 9-1 : Concentration d'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles au Canada, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001



■ INTERPRÉTATION

Dans le texte suivant, les teneurs d'apports d'azote, de pertes d'azote et d'azote résiduel dans le sol représentent les moyennes pour les cinq années de recensement, à moins d'indications contraires.

Canada : De 1981 à 1996, les apports et les pertes d'azote ont tous deux augmenté de façon similaire en raison de l'augmentation des ventes d'engrais, de la production de fumier par les animaux d'élevage, de la superficie consacrée à la culture des légumineuses de même que des rendements (pertes d'azote). Les pertes d'azote des terres agricoles sont influencées par la nouvelle technologie, les variétés améliorées de plantes et les conditions météorologiques. La variabilité climatique semble être le principal facteur touchant le rendement, et celui-ci a un effet important sur l'absorption d'azote et la quantité d'azote résiduel dans le sol à la récolte.

En 2001, par rapport à 1996, l'apport d'azote a continué d'augmenter, tandis que les pertes d'azote ont diminué. Plus de la moitié (63 p. 100) de la quantité d'azote résiduel calculée pour la période allant de 1996 à 2001 est attribuable à l'augmentation de l'apport d'azote, et environ 37 p. 100 à la diminution des pertes d'azote. L'augmentation des apports d'azote en 2001 était surtout due à l'augmentation de la superficie des cultures de légumineuses, plantes qui fixent l'azote atmosphérique (et à une diminution concomitante de la superficie des cultures de blé, d'orge et de céréales et des terres en jachère), ainsi qu'à l'augmentation du nombre d'animaux d'élevage qui s'est traduite par une plus grande quantité de fumier épandu sur les terres. La diminution des émissions d'azote a été causée principalement par la baisse de rendement d'un certain nombre de cultures, en raison de conditions climatiques défavorables.

Colombie-Britannique : De 1981 à 2001, les apports d'azote ont augmenté, mais les pertes d'azote ont diminué légèrement. Comme dans cette même période la quantité d'engrais vendu en Colombie-Britannique était relativement constante, l'augmentation de l'apport d'azote est surtout attribuable à l'augmentation de l'azote provenant du fumier (des volailles, surtout). Conformément à la tendance nationale, la superficie consacrée à la culture du blé, de l'orge et des autres céréales a diminué, tandis que celle consacrée à la culture des légumineuses à grain, des fourrages et de la luzerne a augmenté.

Alberta : En Alberta, les apports et les pertes d'azote sont faibles dans le secteur agricole, mais les ventes d'engrais et la production de fumier (de bovins et de porcins) ont augmenté considérablement pendant la période de 20 ans examinée, contribuant ainsi à l'augmentation graduelle de la proportion de terres agricoles rangées dans la catégorie d'azote résiduel modérée (tableau 9-2). Néanmoins, l'Alberta est la province dont la teneur en azote résiduel dans le sol était la plus faible (12 kg N ha⁻¹) pour les cinq années de recensement. On a également constaté une diminution de la superficie des terres consacrées à la culture du blé, des céréales et du lin et des terres en jachère, et une augmentation de la superficie des terres consacrées à la culture de légumineuses à grain, de fourrages, de pommes de terre et de luzerne ainsi que des pâturages améliorés. En même temps, l'augmentation du rendement a contribué à faire augmenter les pertes d'azote, ce qui a limité l'augmentation de l'azote résiduel dans le sol.

Saskatchewan : La Saskatchewan compte la plus importante superficie de terres agricoles au Canada ainsi que le plus faible apport d'azote. En outre, la densité d'animaux y est relativement faible. Ces caractéristiques se sont traduites par le deuxième rang dans l'ensemble des faibles teneurs en azote résiduel dans le sol, quoique les apports et les pertes d'azote aient augmenté graduellement au cours de la période de 20 ans examinée. L'augmentation des apports d'azote est principalement attribuable à une hausse considérable des ventes d'engrais et de la production de fumier. Conformément à la tendance nationale, les superficies consacrées à la production de légumineuses à grain, de canola, de foin et de luzerne ont augmenté, tandis que la superficie consacrée à la culture du blé a diminué.

Manitoba : C'est au Manitoba que la teneur calculée d'azote résiduel dans le sol est la plus élevée par rapport aux autres provinces des Prairies (37 kg N ha⁻¹), surtout en raison d'apports d'azote relativement élevés (81 kg N ha⁻¹). De 1981 à 2001, les apports d'azote ont ici aussi augmenté de façon linéaire à cause de l'augmentation des ventes d'engrais, du nombre d'animaux d'élevage et de l'azote de fumier. Ici encore, les superficies consacrées à la culture des légumineuses à grain et du canola ont augmenté considérablement, celles consacrées à la culture de la pomme de terre et de la luzerne ont augmenté modérément, tandis que les superficies en jachère ont diminué.

Ontario : En Ontario, les apports (112 kg N ha⁻¹) et les pertes (87 kg N ha⁻¹) d'azote sont plus élevés que dans les Prairies; ils ont tous deux augmenté au cours de la période de 20 ans examinée. De 1986 à 2001, les ventes d'engrais ont diminué, mais les apports d'azote ont augmenté en général, en raison surtout d'une plus importante fixation biologique, attribuable à l'augmentation de la superficie des cultures de soja (20 p. 100 annuellement) et de luzerne, ainsi qu'à une augmentation du nombre d'animaux d'élevage (azote provenant du fumier de volailles et de porcs). L'augmentation de la superficie consacrée à la culture du blé a été contrebalancée par la réduction de la culture d'autres céréales. En outre, les superficies en pâturage ont diminué régulièrement.

Québec : Au Québec, les apports et les pertes d'azote ont augmenté. Les apports (110 kg N ha⁻¹) et les pertes (84 kg N ha⁻¹) ainsi que l'azote résiduel dans le sol (26 kg N ha⁻¹) étaient semblables à ce qui a été observé en Ontario. L'augmentation des apports d'azote a été causée par l'augmentation constante des ventes d'engrais et par l'augmentation de la production de fumier en raison du nombre accru de volailles et de porcs. La superficie des cultures de légumineuses (légumineuses à grain, soja et luzerne) a augmenté, tandis que les pâturages ont diminué.

Provinces de l'Atlantique : Les apports d'azote élevés et les pertes relativement faibles ont donné lieu à des teneurs d'azote résiduel dans le sol plus élevées au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador comparativement aux résultats obtenus en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario et au Québec. De 1981 à 2001, les apports d'azote ont augmenté dans toutes les provinces de l'Atlantique au cours de la période de 20 ans examinée, et les pertes se sont accrues au Nouveau-Brunswick et à Terre-Neuve-et-Labrador. L'augmentation des apports d'azote était principalement attribuable au nombre accru d'animaux d'élevage (volailles et porcs). La superficie consacrée à la culture du blé, du soja, du canola, de fourrage et de la luzerne a augmenté, tandis que les superficies en pâturage et en jachère ont diminué. En général, dans l'Île-du-Prince-Édouard, les apports d'azote étaient modérés et les pertes élevées, ce qui a donné des teneurs d'azote résiduel dans le sol plus faibles par rapport aux autres provinces de

l'Atlantique. Pendant la période de 20 ans examinée, on a observé là encore, une augmentation de la superficie consacrée à la culture des céréales, du soja, des pommes de terre et de la luzerne, mais une diminution pour les pâturages améliorés. À Terre-Neuve-et-Labrador, on a enregistré des résultats d'ARS les plus élevées de toutes les provinces et ce, pour toutes les années de recensement. L'azote résiduel dans le sol pour cette province dépassait 100 kg N ha⁻¹ en 1986, en 1996 et en 2001. Ces valeurs élevées rendent compte du nombre plus important d'animaux d'élevage et de la superficie réduite des terres agricoles utilisables pour l'épandage de fumier. Par exemple, en 2001, 75 p. 100 des apports d'azote provenaient du fumier et 21 p. 100 de la fixation biologique par les légumineuses, mais seulement 2 p. 100 étaient attribuables à l'engrais azoté épandu et 1 p. 100 au dépôt atmosphérique. De 1981 à 1986, l'apport d'azote sous forme de fumier a plus que doublé et a continué d'augmenter de 1991 à 2001. La superficie en pâturages prédominait dans les types de cultures, mais elle a tout de même diminué, tandis que la superficie des terres vouées à la culture du foin et de la luzerne a augmenté.

■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

On devrait examiner plus en détail la situation des régions qui présentent des concentrations élevées et très élevées d'azote résiduel (catégories 4 et 5) afin d'en déterminer la cause probable. On peut confirmer les résultats par une analyse des sols. Là où les concentrations élevées sont confirmées, des mesures doivent être prises pour corriger la situation, et des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) employées pour freiner ou réduire l'ARS à la fin de la saison de croissance. Des analyses de sol à intervalle régulier, une réduction des épandages d'engrais azoté, des estimations améliorées de la minéralisation de l'azote et la synchronisation avec la demande d'azote des cultures représentent d'autres avenues pour l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote. Il est également nécessaire de tenir compte des apports d'azote des cultures de légumineuses dans les recommandations concernant la fertilisation azotée. C'est particulièrement vrai pour les plantes fixant beaucoup d'azote, comme le soja et la luzerne. On peut utiliser des plantes de couverture

dans les régions où l'ARS est élevée, non seulement pour éliminer le nitrate présent dans le sol à la fin de la saison de croissance, mais également pour augmenter la concentration de carbone organique et améliorer la qualité physique du sol (Drury et coll. 1999).

Dans les régions où une densité élevée d'animaux d'élevage est un facteur contributif déterminant des niveaux élevés et très élevés d'azote résiduel dans le sol (la région des basses-terres continentales de la Colombie-Britannique, la région centre-sud de l'Alberta, le Sud de l'Ontario, les basses-terres du fleuve Saint-Laurent au Québec et les régions côtières des basses-terres du Canada atlantique), à moins que le nombre d'animaux d'élevage ne soit réduit ou que les terres disponibles pour l'épandage de fumier n'aient augmenté, il peut être nécessaire d'examiner d'autres méthodes de traitement du fumier ou d'utiliser celui-ci à d'autres fins, comme dans la production de biogaz. L'amélioration des pratiques de gestion ou l'utilisation d'additifs alimentaires pour améliorer l'efficacité de l'alimentation du bétail peut également contribuer à une réduction des quantités d'azote excrétées dans le fumier. Dans les régions où les épandages d'engrais et les cultures de légumineuses sont importants, la réduction des épandages constitue une autre pratique de gestion qui peut être utilisée dans une plus grande mesure pour diminuer l'azote résiduel dans le sol.

■ BIBLIOGRAPHIE

American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2003. « Manure Production and Characteristics ». Pages 683-685 dans *ASAE Standards 2003*, 50^e éd. ASAE-The Society for Engineering in Agricultural, Food, and Biological Systems. St. Joseph (Michigan).

Chambers, P.A., M. Guy, E.S. Roberts, M.N. Charlton, R. Kent, C. Gagnon, G. Grove, et N. Foster, 2001. *Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada*. Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

Drury, C.F. et C.S. Tan, 1995. *Long-Term (35 Years) Effects of Fertilization, Rotation and Weather on Corn Yields*. Revue canadienne de phytotechnie. 75 : 355-362.

Drury, C.F., C.S. Tan, T.W. Welacky, T.O. Oloya, A.S. Hamill et S.E. Weaver, 1999. *Red Clover and Tillage Influence on Soil Temperature, Moisture and Corn Emergence*. *Agronomy Journal*. 91 : 101-108.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques – Contribution du Groupe de travail 1 au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (J.T. Houghton et coll., éd.). Cambridge University Press, Cambridge (R-U). www.ipcc.ch/pub/un/giecgt1.pdf

MacDonald, K.B., 2000. « Azote résiduel », dans McRae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich (éd.). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/