

## Réduire les GES au champ

*Louis Robert, agr, M.Sc.*

*MAPAQ Chaudière-Appalaches*

Les producteurs agricoles de Chaudière-Appalaches peuvent contribuer de façon très significative à la réduction des GES par l'adoption de pratiques culturales appropriées, particulièrement celles visant les émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Bien que ne représentant la plupart du temps que des quantités d'azote à l'hectare somme toute relativement modestes du point de vue traditionnel de la fertilisation (1 à 3 kg N/ha/an), des réductions de l'ordre de 25 à 50 % sont réalisables assez aisément. Un tel résultat, sur une superficie agricole à l'échelle d'un territoire donné (MRC, région, province, etc.) aurait un impact positif très substantiel étant donné que :

- L'émission d'un kg de N<sub>2</sub>O dans l'atmosphère augmente l'effet de serre d'une valeur comparable à l'émission de 310 kg de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>);
- Les activités agricoles produisent plus de la moitié (50 à 80 %) de tout le N<sub>2</sub>O émis par les activités humaines au Canada;
- Plus de 65 % des GES d'origine agricole au Canada sont attribuables aux émissions de N<sub>2</sub>O (référence <sup>14</sup>).

Les pratiques culturales ne causent que peu d'émissions de méthane (CH<sub>4</sub>). Quant au CO<sub>2</sub>, l'agriculture en émet peu, relativement aux autres activités économiques (transport, etc.). Toutefois, les cultures et le sol constituant un puits très important pour sa fixation (séquestration), des mesures seront proposées ici pour accroître la quantité séquestrée. Par ailleurs, réduire la consommation de carburants fossiles, lorsque possible, ne peut qu'aider le bilan du CO<sub>2</sub> (émissions/séquestration). Les émissions de CO<sub>2</sub> des tracteurs, moissonneuses et équipements de transport utilisés sur les fermes ne sont généralement pas comptabilisés dans les statistiques de contribution en GES du secteur agricole.

Dans les sols agricoles, le gros des émissions de N<sub>2</sub>O résulte du processus de **dénitrification** : transformation microbienne (bactéries) des nitrates en azote moléculaire (N<sub>2</sub>, gaz libéré dans l'atmosphère). Pour se produire, la dénitrification requiert : une quantité suffisante de carbone organique (résidus, fumiers, etc.) qui sert de nourriture aux bactéries dénitrificatrices; autant de nitrates disponibles dans le sol; l'absence d'oxygène.



Comme plusieurs de leurs congénères, les bactéries dénitrificatrices sont plus actives en sol réchauffé. Par conséquent, la dénitrification est à surveiller en particulier en début d'été, après de fortes pluies qui font en sorte que les sols se gorgent d'eau pendant une période de plusieurs jours. Il s'agit souvent de la période où les quantités de nitrates disponibles sont à leur maximum, après que les champs aient reçu leur fertilisation. Évidemment, plus un sol est compact, ou à mauvaise structure et faible porosité, plus rapidement sera atteint cette condition de saturation<sup>4</sup>.

De toutes les pratiques culturales théoriquement efficaces pour atténuer les risques d'émissions gazeuses, nous pouvons en retenir 6 principales, en raison bien sûr de leur efficacité éprouvée, mais aussi de leur pertinence dans le contexte agricole de Chaudière-Appalaches :

- 1) Favoriser l'aération du sol
- 2) Raisonner la fertilisation
- 3) Travailler moins le sol
- 4) Diversifier la rotation
- 5) Planter des brise-vents
- 6) Incorporer les engrais azotés

### 1) Favoriser l'aération du sol

Voilà probablement la première cause de rendements sous-optimaux obtenus de nos champs, particulièrement en Chaudière-Appalaches. Il faut se rappeler que les racines de toutes les cultures ont besoin d'un approvisionnement ininterrompu en oxygène (respiration), et qu'un sol bien structuré doit réserver 25 % de son volume en pores occupés par l'air, une fois l'eau de gravité égouttée. Or, les constats terrain (« profils ») nous révèlent fréquemment, dans les champs à faible rendement, soit une carence de structure (battance, compactage, etc.) sur une profondeur variant de 0-35 cm à 0-75 cm, soit un égouttement de surface déficient. Plusieurs croient, à tort, se basant sur les symptômes visuels sur la culture, qu'il s'agit d'un problème de sous-fertilisation, de lessivage d'azote, ou de drainage souterrain. Un mauvais diagnostic, sans aller voir même sous la surface, ne peut qu'entraîner des mesures aussi coûteuses qu'inefficaces.

Une culture qui croît sur un sol mal aéré montrera, entre autres symptômes, un retard de croissance, et une coloration pâle de son feuillage. On observe de tels signes très souvent dans les endroits qui s'égouttent lentement, près des fossés et cours d'eau, dans les abouts de champs, dans le bas des pentes, etc. D'ailleurs, la topographie d'un champ, et l'égouttement de surface déficient des zones basses, sont associées à des émissions de N<sub>2</sub>O considérablement supérieures à celles des sections mieux égouttées<sup>9</sup>. Ce qui exclu, par définition, le lessivage d'N : si tel était le cas, on observerait ces symptômes de façon plus intense dans les endroits drainés rapidement (coteaux) et moins dans les baissières. Il y a par contre un lien avec la nutrition azotée, et en ce sens la pâleur du feuillage ne ment pas : le système racinaire ne pouvant bien se développer en absence de structure et d'aération, il s'ensuit une impossibilité à explorer le profil et à avoir accès aux éléments nutritifs, l'azote bien sûr, mais d'autres de façon aussi importante (Zn, etc).

L'activité microbienne dans ces zones se trouve également très perturbée : en conditions anaérobiques (privées d'oxygène), elle se trouve réduite, limitant la mise en disponibilité des éléments, mais aussi modifiée au profit des bactéries dénitrificatrices. Les risques d'émissions de N<sub>2</sub>O seront donc proportionnels à la présence de telles zones, en superficie et/ou en durée. Comme tous ces phénomènes ont pour théâtre l'horizon de surface, le drainage souterrain ne sera pas d'un grand secours. D'ailleurs, on observe

parfois un profil plus sec en profondeur, qu'il y ait ou non un système de drains souterrains.

Ce type de problème étant si fréquent, que l'on recommanderait, de façon généralisée à tous les producteurs agricoles, de procéder à un diagnostic détaillé de ses champs, à commencer par ceux qui présentent de faibles rendements, et de préférence avec leur conseiller, et au besoin avec l'aide de spécialistes. Une méthode de diagnostic a d'ailleurs été vulgarisée et s'est avérée très utile dans notre contexte, avec quelques ajustements<sup>3</sup>.

Les correctifs proposés seront appropriés à la cause spécifique au site :

- Sous-solage;
- Installation de structures d'égouttement : tranchées filtrantes, rigoles d'interception, avaloirs, etc.;
- Nivellement;
- Précautions et dispositions pour éviter de travailler, semer ou épandre des amendements sur un sol ne présentant pas la portance minimale (pouvant aller jusqu'à des modifications de l'organisation et/ou de la structure de l'entreprise).

Il est impératif qu'une telle démarche débute par un diagnostic. Procéder à des travaux de correction sans connaître l'origine du ou des problèmes pourrait, tout comme un diagnostic strictement superficiel, faire plus de tort que de bien.

## 2) Raisonner la fertilisation

Concernant l'effet des types d'engrais azotés, les résultats semblent plutôt inconsistants. En Ontario, une étude rapportait que l'urée entraînait des pertes de N- N<sub>2</sub>O supérieures à celles mesurées avec le nitrate d'ammonium, le sulfate d'ammonium, ou le nitrate de calcium<sup>20</sup>. Des essais menés au Québec avec 3 formes d'engrais minéral azoté ont démontré que les conditions climatiques suivant l'épandage, et la dose, avait plus d'importance sur les émissions de N<sub>2</sub>O que la forme d'engrais<sup>24</sup>. En 2004, suite à de fortes pluies, on a mesuré plus de 30 kg N- N<sub>2</sub>O/ha perdu, avec le nitrate calcique, alors qu'en 2005 et 2006, les émissions se sont limitées à environ 10 kg N- N<sub>2</sub>O/ha avec la solution 32 %, et moindres avec l'hydroxide d'ammonium et le nitrate. Il est clair que l'azote apporté en excédent des besoins des cultures est plus sensible aux pertes par dénitrification. À dose optimale dans le maïs par exemple (140-160 kg N/ha) , les émissions de N<sub>2</sub>O tournait autour de 2,0 %, pour monter jusqu'à 5,7 % avec des doses excessives<sup>10</sup>. L'application de N en post levée du maïs semble particulièrement propices aux émissions de N<sub>2</sub>O : on apporte de bonnes quantités de N (souvent par mesure de sécurité), de fortes pluies en juin sont fréquentes, les sol est suffisamment réchauffés, et, en particulier dans notre région, il y a dans le sol d'imposantes quantités de carbone utilisable par les bactéries. Voilà pourquoi les clubs conseils en agroenvironnement de la région ont entrepris il y a déjà quelques années de mesurer l'azote disponible déjà dans le sol, avant l'application « sidedress ». Les résultats de cette année démontrent que le potentiel de réduction de l'azote appliqué est bien réel. Des 81 champs échantillonnés, la teneur moyenne était de 47 ppm N-NO<sub>3</sub>, et seulement 12 (15 %) révélaient une teneur en nitrate inférieure à 22 ppm N-NO<sub>3</sub>, nécessitant un supplément N. Dans le cas du club Agro-champs, aucun des 19 champs n'a finalement reçu d'azote supplémentaire, sans

aucun effet négatif visible sur les rendements. Autant d'hectares où les risques d'émissions N<sub>2</sub>O ont été coupés par un facteur de 2 à 3 fois.

**Tableau 1. Sommaire des résultats des test nitrates en Chaudière-Appalaches 2007, par club-conseil en agroenvironnement**

	No de champs	Ppm N-NO <sub>3</sub>	No < 22 ppm	Min/max
Agro-Champs	19	52	1	19-124
Chutes-Chaudière*	16	28	7	11-54
Ferti-conseil rive-sud	16	47	0	29-60
Fertilisation Beauce	10	38	3	18-100
Fertior	20	59	1	16-133

\* Échantillonnage effectuée au stade 4 feuilles

En ce qui a trait aux engrais de ferme, en plus de limiter les doses aux quantités recommandées, respecter la portance du champ, pour éviter les dommages à la structure, et l'incorporation le plus tôt possible près de la surface sont les mesures les plus appropriées en regard des GES. Une expérience menée à la Ferme expérimentale de l'IRDA à St-Lambert-de-Lauzon a démontré que, contrairement à la croyance populaire, l'épandage de lisier de porcs à l'automne pouvait s'avérer moins dommageable en termes d'émissions de N<sub>2</sub>O (1,74 % du N appliqué) que la même dose au printemps<sup>19</sup> (2,73 %; 1,14 % pour le témoin nitrate d'ammonium). L'immobilisation par les microorganismes, plus intense à l'automne, peut avoir été à l'origine de ce résultat. D'autre part, le compactage créé par les travaux du printemps ont résulté en des émissions de N<sub>2</sub>O dans le maïs beaucoup plus importantes (jusqu'à 3 fois plus) que dans les parcelles n'ayant pas subi de compactage<sup>22</sup>.

### 3) Moins travailler le sol

Dans beaucoup de régions agricoles, la réduction du travail du sol, et ultimement l'adoption du semis direct à grande échelle, est retenu comme action prioritaire afin d'améliorer le bilan des échanges de CO<sub>2</sub> et ainsi réduire les émissions de GES. C'est ainsi que, dans un numéro récent du National Geographic Magazine, des scientifiques de renom ont inclus l'adoption du semis direct comme 1 des 15 mesures prioritaires, tous secteurs confondus, à mettre en place si l'humanité veut éviter la catastrophe du réchauffement climatique<sup>11</sup>. Les pratiques agricoles dites « de conservation », comme le semis direct, sont globalement reconnues comme très bénéfiques pour le bilan du carbone en agissant sur les 2 côtés de l'équilibre : humification plus efficace (positionnement, vie microbienne active, etc.) des matières organiques fraîches, et un taux de minéralisation ralenti du fait de l'exposition à l'oxygène et au brassage limités. Le bilan apports (efficaces)/émissions peut ainsi être considérablement amélioré et même servir aux producteurs à atténuer les émissions d'autres secteurs de l'économie (« Bourse de carbone »).

Même en travail du sol conventionnel, une partie importante (environ 20 %) du CO<sub>2</sub> absorbée par la photosynthèse des cultures est fixée et incorporée (« séquestration du carbone ») au sol sous forme de matière organique. Par exemple, une culture de maïs

absorberait 8 tonnes de C/ha, dont 1,6 t/ha se retrouverait sous forme de matière organique stable (humus)<sup>14</sup>; à peu près des quantités du même ordre pour les prairies.

En Chaudière-Appalaches, zone d'élevage où les prairies prédominent sur près de 70 % de la superficie, l'objectif d'augmentation des teneurs en matière organique ne s'impose pas au premier abord : nous enregistrons fréquemment des teneurs en m.o. de 8 % et plus, ce qui est plus que riche pour des sols de texture loam à loam sableux, du moins pour les fonctions courantes de la matière organique (structure, rétention en eau, etc.). Plusieurs autres indices nous confirment également que notre bilan apports/minéralisation est largement excédentaire.

De nombreuses expériences ont démontré l'effet positif de la réduction de travail du sol sur la matière organique. Par exemple, au Québec, on a mesuré sur une période 8 ans une augmentation de 23,9 % du stock de carbone organique (28,9 à 35,8 t/ha) d'un champ soumis à une rotation maïs-grain-céréales-canola en semis direct, alors que la même rotation en travail conventionnel voyait sa matière organique stable baisser de 6,0 %<sup>12</sup> (38,6 à 36,3 t C/ha). Une année de maïs-grain sous semis direct fixerait donc environ 2,0 t C/ha plutôt que 1,6 en conventionnel. En tenant compte de la réduction du CO<sub>2</sub> émis par l'économie de carburant et d'utilisation d'azote minéral, des chercheurs américains ont calculé une quantité séquestrée « nette » de 2,71 t C/ha pour chaque année de maïs grain continu en semis direct et fertilisé au fumier, contre 2,31 pour le semis direct fertilisé au nitrate d'ammonium, 2,24 t C/ha/an pour le maïs au travail conventionnel et fumier, et 2,15 t C/ha pour le conventionnel au nitrate<sup>23</sup>. Évidemment, il faut être prudent avec l'extrapolation de résultats en chiffres absolus, étant donné les nombreux effets et interactions de la multitude de facteurs spécifiques au site. Entre autres, il est très clair que le niveau de matière organique initial, et le nombre d'années auxquels sont soumis les parcelles aux différents traitements sont parmi les facteurs qui peuvent changer l'allure de l'évolution de la matière organique; autrement dit, il faut savoir où se situe un champ donné par rapport à son équilibre à long terme. Ça prend entre 5 et 10 ans avant de voir, sur la teneur en matière organique d'un sol, l'effet d'un changement de régime<sup>1</sup>. Un sol au départ avec un contenu en matière organique élevé, comme c'est souvent le cas dans la région, peut ne pas voir d'augmentation du tout avec le semis direct, même après 30 ans, mais connaître une diminution graduelle suite à plusieurs années de labour à fréquence régulière<sup>8</sup>.

**Tableau 2. Consommation de diesel et émissions de CO<sub>2</sub> pour différents systèmes de travail du sol<sup>2</sup>**

	Conventionnel	Chisel	Billons	Semis direct
Carburant consommé (l/ha)	32,6	22,8	14,5	8,0
Émissions (kg CO <sub>2</sub> /ha)	89	62	40	22

La réduction du travail du sol peut paraître une mesure contradictoire avec le 1<sup>er</sup> objectif, favoriser l'aération du sol. En effet, le non-labour s'accompagne la plupart du temps, les premières années du moins, d'une augmentation de la densité apparente, et de restrictions

de la porosité et de l'aération. Avec les années toutefois, une agrégation plus stable (structure grumeleuse) et des canaux d'aération plus permanents et continus qu'en travail conventionnel s'installent, découlant d'une activité microbienne décuplée et de l'absence de l'effet destructeur du labour sur ceux-ci.

C'est ainsi qu'une étude ontarienne récente démontrait que, six années après leur adoption, le travail réduit sous forme de « zone-till » et le semis direct avaient eu un effet positif sur les émissions de  $N_2O$  : on a mesuré des pertes de 2,64 %, 2,04 %, et 1,64 % du N total appliqué sur du maïs en travail du sol conventionnel, semis direct, et zone till, respectivement, et une réduction moyenne de 23 % des émissions en passant du travail conventionnel au semis direct<sup>5</sup>. Au cours de cette expérience, on a aussi mesuré des quantités de  $NO_3^-$  résiduels à l'automne, et de  $CO_2$  libérées équivalentes dans les différents systèmes de travail du sol, alors que dans la littérature, on attribue souvent un potentiel de réduction du  $CO_2$  émis en semis direct.

Il est fortement recommandé, avant de modifier sa façon de travailler le sol, et à plus forte raison avant d'adopter le semis direct, de procéder à un diagnostic tel que décrit à la 1ère mesure. Un sol qui présente au départ un degré d'aération limite réagira très mal à toute réduction de travail du sol, et parfois de façon irréversible. Dans les cas de: compaction, structure dégradée (sols sableux), agrégats massifs (argileux), tout comme pour les zones mal égouttées, la cessation du labour et, à plus forte raison, le semis direct, risque non seulement d'accroître les risques de dénitrification, mais aussi de causer des baisses importantes de productivité.

Réduire les passages de préparation secondaire au printemps peut souvent se faire encore plus facilement que l'abandon du labour, ou concurremment à celui-ci. Dans le but d'obtenir une surface parfaitement émiettée, on a parfois tendance à herser trop intensément nos sols sableux, avec un effet néfaste sur la structure. Comme dans le cas du travail primaire, éviter ces passages aura un effet double : réduire la combustion de carburant, et limiter la décomposition de la matière organique. Chaque passe de herse ou de vibroculteur consomme environ 5 litres à l'hectare et laisse échapper 14 kg de  $CO_2$ <sup>2</sup>.

Des producteurs de la Montérégie ayant converti l'ensemble de leur ferme au semis direct rapportent des économies de carburant allant de 20 à 90 litres/ha, soit une amélioration nette de la rentabilité de l'ordre de \$ 3,000 à \$ 13,500 par année pour une ferme de 150 ha, sans compter le temps de main d'œuvre, et les frais d'opération de la machinerie<sup>2</sup> (fixes et variables).

#### 4) Diversifier la rotation

En Chaudière-Appalaches, comme dans beaucoup d'autres régions, on remarque une tendance à la diversification des cultures, qui se traduit notamment par une diminution de la superficie occupée par les prairies, et une fréquence accélérée des occasions de travail du sol. S'il advenait que cette tendance s'accompagne d'une généralisation du labour annuel, les conséquences seraient néfastes à plus d'une enseigne, entre autre pour les émissions de  $CO_2$ . Si par exemple, la culture de maïs ensilage, qui laisse très peu de

résidus, devait encore gagner du terrain, en travail conventionnel et souvent sur les mêmes parcelles, le bilan de carbone, en plus de la structure et de la qualité de l'environnement, s'en trouveraient menacés.

Par contre, si on profite d'une nouvelle opportunité de culture ou marché pour **vraiment** diversifier la rotation, c'est-à-dire ne pas limiter cette culture à des champs précis mais la faire tourner plutôt dans l'ensemble des champs, on pourra constater une amélioration des rendements de l'ensemble des cultures, et une baisse des émissions. En maïs sur maïs, on a mesuré des N<sub>2</sub>O deux fois plus élevées que lorsque le maïs suivait du soya, et environ 60 % plus élevées qu'en retour de blé d'automne<sup>6</sup>. À l'échelle de la ferme, ces chercheurs ont estimé des pertes N<sub>2</sub>O 27 % supérieures si ces 3 cultures étaient cultivées en monoculture plutôt qu'en rotation annuelle.

Par ailleurs, on attribue un avantage de rendement moyen de 10 % des cultures en rotation par rapport à la monoculture. Des cultures plus productives signifie plus de captage de CO<sub>2</sub>. Dans la région, on voit très souvent des champs occupés depuis de trop nombreuses années par des prairies peu productives, qui démontrent tous les symptômes d'une monoculture avancée. La redynamisation de la productivité de ces surfaces, par l'adoption d'une rotation plus courtes (5-6 ans de prairie maximum), en travail réduit, aurait des impacts positifs sur les émissions gazeuses, tout en réduisant la superficie totale nécessaire, et en améliorant la rentabilité globale de l'entreprise.

L'inclusion d'une culture de céréale d'automne, ou de cultures de couverture, permet de conserver un couvert végétal vivant lors de périodes généralement propices aux émissions : fin de saison, dégel printanier. De cette façon, elles allongent la période de captage du CO<sub>2</sub>, utilisent des nitrates libres, en plus de tous les autres avantages reconnus.

### 5) Implanter des brise-vents

Mentionner l'engouement, l'augmentation en km de brise-vents depuis 2004-2005; Présenter taux de m.o. sols forestiers vs cultivés. Le déboisement et la mise en culture de nouvelles terres émettent assez rapidement de grandes quantités de CO<sub>2</sub>. Avant leur mise en culture, nos sols pouvaient contenir entre 70 et 110 t/ha de carbone; leur exploitation a réduit ces stocks de 20 à 30 %<sup>1</sup>. Comme tous les boisés, l'aménagement de brise-vents permanents peut compenser, partiellement du moins, ce déficit, et fixer, après 5 ans de croissance, et jusqu'à l'atteinte de sa taille adulte (20 ans ?), davantage de carbone qu'une parcelle cultivée entièrement en maïs (Bousquet, J., Faculté de foresterie, U. Laval. comm.pers.).

Voilà une action bien engagée par les producteurs agricoles, particulièrement les membres des clubs-conseils en agroenvironnement, en collaboration avec le MAPAQ. On estime que, depuis 3 ans dans la région, on a planté plus de 230 km de brise-vents, dont 125 seulement dans la dernière année, pour une superficie totale protégée (à maturité) de 2100 ha (Lemelin, D. comm. Pers.). Comme chaque km de brise-vent fixerait environ de

0,8 (épinette blanche) à 1,2 (pin rouge) tonnes de CO<sub>2</sub>/an<sup>21</sup>, les brise-vents de la région fixe donc 230 t/ha/an, en augmentation de 125 t/ha/an.

#### 6) Incorporer les engrais azotés, organiques et minéraux

Bien que n'étant pas un gaz à effet de serre directement, l'ammoniac est de plus en plus reconnu comme un gaz hautement toxique pour l'environnement, impliqué dans la formation de smog, et plusieurs pays légifèrent déjà ses émissions. Il figure maintenant sur la liste des substances toxiques au Canada (Environnement Canada, 2005). On estime que l'agriculture est responsable de 90 % de toutes les émissions anthropiques d'ammoniac (découlant des activités humaines), dont 80 % proviendrait des engrais de ferme.

Bien que très variables selon les conditions au moment de l'épandage, des données de recherche québécoise récente démontrent que ces pertes peuvent atteindre 50 % de l'azote, dans les 6 heures suivant l'épandage<sup>16</sup> ! Dans les 24 heures suivantes, un épandage de 3000 gallons/acre (34 t/ha) de lisier de porcs type laissé en surface d'une prairie peut perdre de 0 à 100 kg N/ha. La présence de résidus de culture accentue les pertes. En termes monétaires, on estime la perte moyenne à \$50,00 l'hectare. Autant d'azote qui ne bénéficiera pas à la culture, souvent l'élément limitatif au rendement. Cet effet a aussi été vérifié avec les engrais minéraux, particulièrement pour ceux de type ammoniacaux, comme l'urée<sup>18</sup>.

Pour incorporer de façon efficace, il n'est pas nécessaire de tout défaire la structure de sol avec un outil qui bouleverse la terre : une simple brassage des 2-3 premiers pouces de sol suffisent à obtenir 100 % des effets désirés. Pour ce faire, on devrait utiliser un outil disponible sur la ferme (herse à pacage, herse à disques, etc.). Sans coûter cher (on estime à \$12-15/ha), cela stimulera en plus la vie microbienne, sans pour autant briser la qualité de la structure.

Les prairies répondent aussi très bien à l'application d'engrais, surtout les plus vieilles, dominées par les graminées. D'ailleurs, dans les régions où les prairies dominent le paysage, l'épandage sur prairies est une pratique des plus courantes. À défaut de pouvoir incorporer sur les prairies en production, on suggère aux producteurs sur gestion solide de passer une « herse à pacage », qui en plus permettra d'émotter un peu plus le fumier, et, dans le cas des lisiers clairs et purins, d'utiliser une rampe à pendillards.

**Tableau 3. Perte d'azote ammoniacal suite à l'épandage de lisier de porcs sur prairie de graminées<sup>7</sup>**

Année	Assiettes déflectrices	Pendillards	Patins glissants	Aérateur « Aerway »
2003	19 %	9 %	17 %	-
2004	43 %	24 %	21 %	-
2005	35 %	11 %	21 %	12 %

L'utilisation de pendillards permet de se rapprocher le plus des avantages de l'incorporation, sans bien sûr détruire la végétation, créer de lissage (patins), ou nécessiter de puissance supplémentaire (et réduction de la largeur d'épandage) comme dans le cas d'un équipement lourd comme l'aérateur. L'aérateur dans ce cas passait juste devant l'application du lisier par rampe basse.

Le principe de l'incorporation rapide et superficielle peut être respecté dans la majorité des systèmes de travail du sol, c'est-à-dire là où on peut procéder à l'épandage juste avant une opération de sarclage, hersage, etc. Le problème se pose de façon plus aigüe dans le cas du semis direct. Là encore, il vaut mieux envisager l'incorporation mécanique superficielle, ou du moins un brassage des quelques premiers pouces de sol, qui fera en sorte que l'engrais ne sera plus laissé sur les résidus, mais sous la couche de résidus. Si effectuée en surface et seulement lors d'épandage d'engrais de ferme, une telle opération ne saurait affecter les bénéfices tirés du semis direct.

## CONCLUSION

En connaissant de mieux en mieux les phénomènes à la base des émissions gazeuses, on se rend compte qu'il existe de nombreuses façons de les réduire, et que, fort heureusement, bien peu occasionnent des effets contradictoires entre elles : les meilleurs moyens de réduire les pertes ammoniacales ne causent pas plus, et la plupart du temps, permettent aussi de réduire les risques relatifs au  $N_2O$  et  $CO_2$ .

Aucune de ces pratiques n'est incompatible avec des objectifs de rentabilité (très actuels) non plus. On ne peut certainement pas dire « ça va coûter cher au producteur, encore une fois ». En plus, la réduction du travail du sol va avoir beaucoup d'effets positifs « accessoires » : diminution du P ruisselé (cyanobactéries, etc), réduction des coûts de main d'œuvre, etc. C'est d'ailleurs cette grande cohérence qui explique pourquoi plusieurs de ces pratiques sont déjà introduites par un nombre grandissant de producteurs, où il ne s'agit que d'adapter et d'ajuster aux conditions de la ferme (« finetuning »). Pour les autres, il faut continuer à multiplier les démonstrations, et abattre les dernières réticences.

Les producteurs agricoles et leurs conseillers devraient donc aborder la question des GES, et la stratégie à adopter, comme un ensemble de pratiques inter-reliées; on peut difficilement choisir « à la carte » parmi les techniques proposées. Par exemple, si on diversifie effectivement une rotation au départ dominée par des prairies de longue durée, par des cultures annuelles, mais labourées annuellement, on s'en va dans le mauvais sens. Autre exemple : si on passe au semis direct, mais sur un sol compact, mal aéré, on risque d'augmenter les pertes de  $N_2O$ . De plus, cet ensemble fait partie d'un système de pratiques culturales encore plus large, mais dont toutes les composantes visent les mêmes objectifs de productivité, rentabilité, et de protection de l'environnement.

Cette démarche entraînera ultimement une remise en question de la notion même de développement, croissance économique, tant à l'échelle de l'entreprise que du territoire.

L'objectif de rentabilité ne passe pas nécessairement par une augmentation de la superficie cultivée, mais de la maximisation du revenu à l'hectare.

### **Tableau récapitulatif**

	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
Favoriser l'aération du sol	+++	+	
Raisonner la fertilisation	++		+
Travailler moins le sol	+	+++	
Diversifier la rotation	+	+	
Planter des brise-vents		++	
Incorporer les engrais azotés			+++

### **RÉFÉRENCES**

<sup>1</sup>Angers, D. 2002. Rôle des sols agricoles dans la séquestration de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Texte de conférence présentée au 65<sup>e</sup> Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec.

<sup>2</sup>Bérubé, C., Ménard, O., Lease, N., et Théberge, L. 2006. Coupez la facture de carburant et respirez mieux. Brochure publiée dans le cadre du Programme d'atténuation des gaz à effet de serre.

<sup>3</sup>Brunelle, A., et Savoie, V. 2000. Diagnostic et correction des problèmes de compaction et de drainage. [Module 7 du] *Guide des pratiques de conservation en grandes cultures*. Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture; CPVQ; FPCCQ; MAPAQ; MENV; AAC. Conseil des productions végétales du Québec inc., 500 p.

<sup>4</sup>Chantigny, M. 2002. Contribution des amendements organiques, des fertilisants minéraux et du labour aux émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Texte de conférence présentée au 65<sup>e</sup> Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec.

<sup>5</sup>Drury, C.F., Reynolds, W.D., Tan, C.S., Welacky, T.W., Calde, W., et McLaughlin, N.B. 2006. Emissions of nitrous oxide and carbon dioxide: influence of tillage type and nitrogen placement depth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 570-581.

<sup>6</sup>Drury, C.F., Yang, X.M., Reynolds, W.D., et McLaughlin, N.B. 2007. Nitrous oxide and carbon dioxide emissions from continuous and rotational cropping of corn, soybean and winter wheat. [Conférence]. Résultats présentés au Congrès annuel de la Société canadienne de science du sol et de l'Association québécoise des spécialistes en science du sol (conjoint SCSS/AQSSS), Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Carier, Québec, 3-7 juin 2007.

<sup>7</sup>Guilmette, D., Rochette, P., Chantigny, M., Angers, D., Bertrand, N., et Parent, L.-É. 2006. Volatilisation de l'ammoniac du lisier de porc dans les prairies de graminées : effet du type de rampe d'épandage. Présentation au 20<sup>e</sup> Congrès annuel de l'Association québécoise de spécialistes en science du sol. 5 au 8 juin 2006, Université McGill, Montréal.

<sup>8</sup>Hooker, B.A., Morris, T.F., Peters, R., et Cardon, Z.G. 2005. Long-term effects of tillage and corn stalk return on soil carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 188-196.

<sup>9</sup>Izaurrealde, R.C., Lemke, R.L., Goddard, T.W., McConkey, B., et Zhang, Z. 2004. Nitrous oxide emissions from agricultural toposequences in Alberta and Saskatchewan. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1285-1294.

<sup>10</sup>MacKenzie, A.F., M.X. Fan, and F. Cadrin. 1998. Nitrous oxide emission in three years as affected by tillage, corn-soybean-alfalfa rotations, and nitrogen fertilization. *J. Environ. Qual.* 27:698–703.

<sup>11</sup>McKibben, B. Carbon's New Math. *National Geographic Magazine* Vol. 212 No. 4 (October 2007), pp 33-37.

<sup>12</sup>N'Dayegamiye, A. 2003. Impacts des régies agricoles sur la séquestration du carbone et de l'azote dans les sols pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O). Rapport de synthèse présenté dans le cadre du Programme d'atténuation des gaz à effet de serre.

<sup>13</sup>Rochette, P. 2007. Emissions gazeuses à la ferme: impacts agronomiques et environnementaux. Conférence présentée aux intervenants en agroalimentaire de Chaudière-Appalaches, Ste-Marie, 28 septembre 2007.

<sup>14</sup>Rochette, P. 2002. Sources agricoles de gaz à effet de serre. Texte de conférence présentée au 65<sup>e</sup> Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec.

<sup>15</sup>Rochette, P., Angers, D.A., Chantigny, M.H., Bertrand, N., et Côté, D. 2004. Carbon dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1410-1420.

<sup>16</sup>Rochette, P., Chantigny, M.H., Angers, D.A., Bertrand, N., et Côté, D. 2001. Ammonia volatilization and soil nitrogen dynamics following fall application of pig slurry on canola crop residues. *Can. J. Soil Sci.* 81: 515-523.

<sup>17</sup>Rochette, P., Chantigny, M., Angers, D., Bertrand, N., et Gasser, M.-O. 2007. Volatilisation de l'ammoniac suivant l'application d'urée à la surface d'un sol sous semis direct. Rapport final de projet remis à Action semis direct.

<sup>18</sup>Rochette, P., Gasser, M.-O., Angers, D., et Chantigny, M. 2006. Gestion de la fumure azotée sous semis direct : volatilisation de l'ammoniac. Fiche d'information IRDA/AAC no. FT041012Fa.

<sup>19</sup>Rochette, P., Simard, R.R., Ziadi, N., Nolin, M.C., et Cambouris, A.N. 2004. Atmosphere composition and N<sub>2</sub>O emissions in soils of contrasting textures fertilized with anhydrous ammonia. *Can. J. Soil Sci.* 84: 339-352.

<sup>20</sup>Tenuta, M., et Beauchamp, E.G. 2003. Nitrous oxide production from granular nitrogen fertilizers applied to a silt loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 83: 521-532.

<sup>21</sup>Tremblay, S., Ouimet, R., et Périé, C. 2007. Planter des arbres pour capter le CO<sub>2</sub> ! *Avis de recherche forestière n° 8*, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Gouvernement du Québec.

<sup>22</sup>VandenBygaart, B., Gregorich, E., McLaughlin, N., Lapen, D., et Ma, B.-L. 2007. Compaction effects on soil properties, N<sub>2</sub>O emissions and crop production. [Affiche] Résultats présentés au Congrès annuel de la Société canadienne de science du sol et de l'Association québécoise des spécialistes en science du sol (conjoint SCSS/AQSSS), Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Carier, Québec, 3-7 juin 2007.

<sup>23</sup>Watson, S.L. 2007. Economic analysis of carbon sequestration in continuous corn. Site internet du CASMGS [Consortium for Agricultural Soils Mitigation of Greenhouse Gases]. <http://www.casmgs.colostate.edu/insider/vigview.asp?action=2&titleid=453>.

<sup>24</sup>Ziadi, N. 2007. Utilisation des engrais minéraux azotés en grandes cultures : description des différentes formes et leurs impacts en agroenvironnement. Texte de conférence présentée au Colloque sur l'azote, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Drummondville, 28 mars 2007.

