



# Le programme d'atténuation des gaz à effet de serre en milieu agricole

## Leadership de l'agriculture dans la réduction des GES



Par Anne Vanasse, agr., Ph.D., Coordonnatrice du programme au Québec

Étant donné l'enjeu global que représentent les changements climatiques issus des émissions de gaz à effet de serre (GES), on comprend que ce sujet suscite de plus en plus de réactions de la part des médias, des citoyens et des différents secteurs économiques. L'agriculture, représentant environ 10% des émissions totales, produit moins de GES que plusieurs autres secteurs de notre économie. Il n'en demeure pas moins que le secteur agricole joue un rôle proactif dans ce dossier et peut avoir une contribution très positive dans la réduction des émissions de GES.

Au cours de l'année 2003, un vaste programme de sensibilisation et de démonstration à la ferme a été mis en place au Québec et dans les provinces canadiennes pour mettre en valeur les pratiques agricoles qui peuvent réduire l'émission des GES. Ce programme, financé par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), est géré au Québec par un comité composé de différents organismes impliqués en agroenvironnement, soit AAC, le Conseil de conservation des sols du Canada, le CDAQ, l'UPA, le MAPAQ et les Clubs-conseils en agroenvironnement. Ce programme, d'une durée de 3 ans (2003-2006), est géré et administré par le CDAQ.

Les pratiques qui permettent d'atténuer les émissions de GES visent une bonne gestion des sols (augmentation de la matière organique, amélioration de la structure) et une optimisation des fertilisants azotés (fumier, lisier, engrais). Ces pratiques permettent d'améliorer la qualité des sols, de l'eau et de l'air, mais contribuent également à améliorer la rentabilité économique des entreprises agricoles. C'est donc une pierre, 4 coups !

Nous présentons ici un résumé des projets qui ont été réalisés au cours de l'année 2003 dans le cadre du programme d'atténuation des gaz à effet de serre (PAGEs) ainsi qu'un article de vulgarisation qui porte sur la gestion de l'azote des fumiers.



## Volet gestion des sols et des éléments nutritifs

Les projets du PAGEs ont été regroupés selon deux axes d'intervention : les réseaux d'essais à la ferme et les activités de vulgarisation. Par le biais de ces activités, plusieurs pratiques agroenvironnementales ont pu être mises de l'avant chez les producteurs.

### Réseaux d'essais à la ferme

Les réseaux d'essais à la ferme ont été implantés dans plusieurs régions du Québec (tableau 1). Au total, on compte 353 sites d'essais qui ont été réalisés grâce à la collaboration de plusieurs intervenants, soit :

- 231 producteurs agricoles
- 30 clubs-conseils en agroenvironnement
- 28 conseillers du MAPAQ et agents en agroenvironnement de l'UPA

Le premier réseau d'essais de semis direct visait à favoriser, entre producteurs agricoles, le partage de semoirs adaptés au semis direct. Par le biais de ce programme, 106 champs d'essai ont été ensemencés, totalisant environ 1100 ha. Ces parcelles pouvaient faire l'objet d'un suivi économique.

Un suivi technique et économique a également été réalisé sur des champs qui sont en travail réduit du sol. Ce réseau est une initiative des conseillers du MAPAQ de la Montérégie, qui ont mis en place un suivi des pratiques de conservation (appelé GR-MAX) depuis 7 ans. Avec la collaboration du PAGEs, ces suivis ont pu être réalisés dans plusieurs régions du Québec.

Un réseau d'essais effectués dans le maïs avait pour objectif de comparer plusieurs doses ou formes d'engrais azotés, en combinaison ou non avec des fumiers et lisiers. Sur les 95 sites d'essais, 20 sites ont été suivis avec la collaboration du Centre de recherche sur les grains (CEROM). Les résultats des essais de 2003, combinés avec les résultats des essais effectués depuis 6 ans (1997-2002), ont

permis de déterminer le rendement économique optimal en fonction de la dose d'azote appliquée.

- Selon ces résultats, un producteur utilisant 170 kg/ha d'azote dans le maïs obtiendrait un rendement économique optimal dans plus de 80% des cas (voir figures 1 et 2). Les rendements diminuent dans plus de 30% des essais lors d'un dépassement de la dose de 170 kg N/ha.

Les 75 autres sites d'essais ont été réalisés en grandes parcelles chez les producteurs. Ils ont permis de confirmer les besoins en azote du maïs en fonction des caractéristiques du champ, soit le

Figure 1  
Rendement de maïs en fonction des doses d'azote [parcelle effectuée chez un producteur]

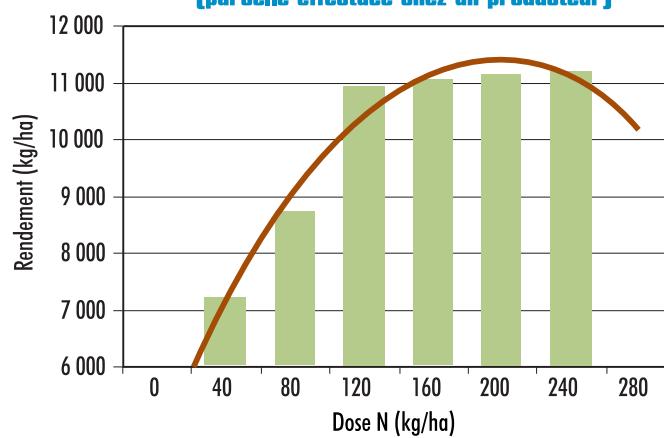
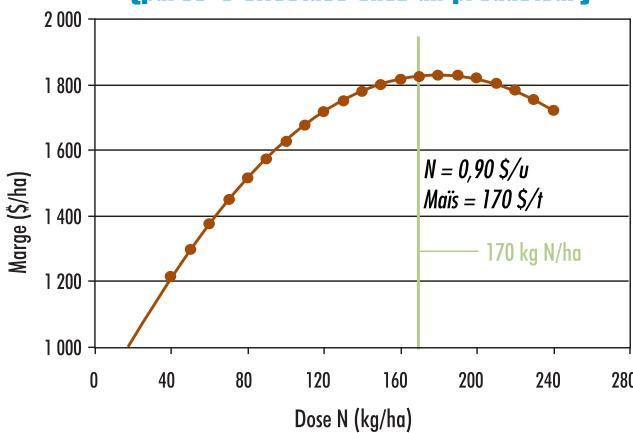


Figure 2  
Dose économique optimale d'azote dans le maïs [parcelle effectuée chez un producteur]



précédent cultural, le type de sol et les applications de fumiers ou lisiers. Ces parcelles ont permis, par exemple, de comparer plusieurs doses d'azote dans le maïs, et ce, sur différents types de sol, ou encore de comparer des types de fertilisants azotés, tels que l'urée, le nitrate, la solution 32 ou encore l'ammoniac anhydre. Dans tous les cas, il y avait suivi des parcelles par des conseillers afin de mesurer les rendements et d'assurer un suivi de l'azote avec des analyses de sol (test de nitrate à différents moments), des analyses foliaires et de tiges de maïs.

Tableau 1  
Essais et suivis à la ferme réalisés dans le cadre du PAGEs (2003)

Activités	Nb de sites	Régions participantes
Essais de semis direct	106 ( 1100 ha)	Montérégie, Lanaudière
Suivi des pratiques de conservation	236 *	Montérégie, Lanaudière, Laurentides, Mauricie, Centre-du-Québec, Chaudières-Appalaches, Saguenay – Lac St-Jean
Doses et formes d'engrais azotés (maïs)	95	Montérégie, Lanaudière, Centre-du-Québec, Mauricie
Périodes d'épandage des fumiers (maïs)	8	Montérégie Est, Lanaudière
Gestion des fumiers et lisiers (prairies)	14	Montérégie Est, Rive Nord (Québec), Côte-du-Sud, Bas St-Laurent, Saguenay – Lac St-Jean, Chaudières-Appalaches, Mauricie
Méthodes de travail primaire du sol	13	Montérégie Est, Lanaudière, Centre-du-Québec

\* Le nombre de suivis de pratiques de conservation inclue les sites d'essais de semis direct.

Deux autres projets visaient à optimiser la gestion des fumiers et lisiers dans le maïs et dans les prairies. Dans le premier cas, les sites d'essais ont permis de vérifier l'efficacité des fumiers et lisiers appliqués à différentes périodes d'épandage. Dans l'autre cas, les sites d'essais ont permis de comparer des doses d'épandage de fumier ou lisier appliqués avec différents équipements tels que les rampes basses.

Un dernier projet sur la gestion de l'eau, mis en place à l'automne 2003, permet de comparer trois méthodes de travail primaire du sol en vue de maximiser la porosité des sols.

Tous ces essais ont débuté en 2003 et pourront se poursuivre jusqu'en 2006. D'autres projets s'ajouteront au cours de l'année 2004. Mentionnons notamment un projet de caractérisation des chantiers d'épandage de lisiers. Pour participer à tous ces essais, les producteurs et conseillers peuvent bénéficier d'un soutien financier.



Test réalisé sur des tiges de maïs provenant d'un champ ayant reçu différentes doses d'azote

## Activités de vulgarisation

Parmi les activités de vulgarisation du programme, on retrouve les journées de champs et la production de matériel d'information.

Les journées de champs permettaient de démontrer chez les producteurs différentes pratiques culturales (travail du sol, gestion de l'azote, engrais vert), outils de diagnostic (profil de sol, test de chlorophylle) ou équipements (rampes d'épandage) reliés à l'agroenvironnement. Dans certains cas, les journées de champs ont été organisées conjointement avec d'autres événements, telles que les portes ouvertes de l'UPA. Elles ont permis alors de rejoindre non seulement les intervenants du milieu agricole mais également le public en général (voir tableau 2).

Des journées de champs ont également eu lieu aux stations de recherche de AAC à l'Acadie et de l'Institut de recherche et de développement en



Démonstration d'équipements chez un producteur en Montérégie

**Tableau 2**  
**Journées de champs sur les pratiques agroenvironnementales (2003)**

Activité	Nombre	Participation	Régions participantes
Journées de champ régionales chez les producteurs	35	2531	Montérégie, Lanaudière, Laurentides, Outaouais, Centre-du-Québec, Mauricie, Rive Nord (Québec), Saguenay – Lac St-Jean, Bois Francs, Chaudières-Appalaches, Côte-du-Sud, Bas St-Laurent
Journées - Centres de recherche(AAC-Acadie et IRDA St-Lambert)	2	352	
Journées de formation aux clubs(diagnostic drainage, aménagement des cours d'eau)	4	105	

agroenvironnement (IRDA) à St-Lambert. À la station de l'Acadie, un projet supervisé par AAC permet de mesurer les GES sur des parcelles établies sous semis direct et labour depuis 12 années (rotation maïs/soya).

Parmi les activités de vulgarisation, quatre formations ont également été organisées par la coordination des clubs-conseils sur le diagnostic de drainage des sols et la protection et l'aménagement des cours d'eau. Enfin, dans le but de promouvoir l'implantation de haies brise-vent, des sites de démonstration ont été aménagés au Salon de l'Agriculture afin de présenter différentes espèces d'arbres et d'arbustes. Toutes ces journées ont constitué une belle occasion de démontrer l'impact positif des pratiques agricoles non seulement sur la qualité des sols et de l'eau mais également de l'air.

Ces 40 journées ont attiré 3000 participants et ont été réalisées grâce à la participation de :

- 75 producteurs agricoles
- 20 clubs-conseils en agroenvironnement
- 20 conseillers du MAPAQ
- 10 agents en agroenvironnement de l'UPA
- plusieurs chercheurs de AAC et de l'IRDA
- plusieurs intervenants des universités, ITA et autres organismes privés

Le matériel d'information développé dans le cadre du PAGES englobe des fiches techniques sur différents sujets. En 2003-2004, les fiches produites sont les suivantes :

- Les pratiques agricoles et les gaz à effet de serre (fiche résumé)
- Les sources agricoles de gaz à effet de serre au Canada (texte complet)
- La gestion des fumiers et lisiers
- Diagnostic et correction des cinq principaux problèmes de drainage
- Une haie pour protéger la bande riveraine

Ce matériel d'information est distribué lors des différents événements (journées de champs ou journées d'information) du PAGES. Ces fiches seront également diffusées par les organismes partenaires du programme, soit AAC, le MAPAQ, l'UPA et les Clubs-conseils en agroenvironnement. Au cours de l'année 2004, ces documents pourront également être consultés sur les sites internet des différents organismes ainsi que sur le site d'Agriréseau.

Le comité de gestion du PAGES tient à remercier particulièrement tous les responsables de réseaux qui, grâce à leur collaboration, ont rendu possible la réalisation de ces nombreux essais à la ferme. Ces responsables sont : Odette Ménard, Roger Rivest et Jean Cantin (MAPAQ-Montérégie), Louis Robert (MAPAQ-Chaudières-Appalaches) et André Brunelle (MAPAQ-Nicolet). Nous aimerions également remercier Gilles Tremblay (CEROM) ainsi que le laboratoire d'analyses de l'IRDA.

**Pour toute information complémentaire concernant le PAGES, vous pouvez communiquer avec la coordonnatrice du programme, Mme Anne Vanasse (avanasse@videotron.ca).**



Parcelle de démonstration de semis direct au site du Salon de l'agriculture à St-Liboire

## Mesure des émissions de gaz à effet de serre chez un producteur de pois

À Côteau-du-Lac, des instruments ont été installés dans un champ de pois comestible chez le producteur Guy Vincent afin de mesurer les émissions de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O tout au long de la saison. Ces mesures vont permettre de valider les émissions provenant des cultures de légumineuses qui seraient révisées à la baisse. Cette expérience menée par Agriculture et Agroalimentaire Canada fait partie du projet des fermes virtuelles du programme d'atténuation des GES et a pour but de créer un calculateur de GES des activités agricoles qui pourra être disponible via internet aux producteurs agricoles. Des informations plus détaillées sur ce projet seront diffusées au cours de l'année 2004.

# Gestion de l'azote des fumiers: Comment réduire la volatilisation de l'ammoniac

Par Philippe Rochette, Martin Chantigny et Denis Angers, chercheurs scientifiques, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy



**Tunnels ventilés utilisés à AAC (Ste-Foy) pour la mesure de la volatilisation de l'ammoniac suivant l'application de fumiers au sol.**

Un producteur agricole peut-il en même temps protéger l'environnement, améliorer les relations avec ses voisins et sauver de l'argent? La réponse est Oui, s'il réduit les pertes environnementales d'azote de ses fumiers, en particulier la volatilisation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ).

L'épandage des fumiers sur les terres agricoles est le meilleur moyen de recycler l'azote qu'ils contiennent; cela ne se fait toutefois pas sans risque. Les voies de perte environnementale d'azote liées aux épandages de fumier sont multiples. En termes quantitatifs, la volatilisation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) représente la principale voie de perte d'azote des fumiers; en situation de volatilisation élevée, la valeur fertilisante du fumier est diminuée de façon significative forçant le producteur à compenser par l'ajout de fertilisants minéraux. De plus, l'ammoniac est un gaz dont la volatilisation est étroitement corrélée avec celle des autres substances malodorantes des fumiers. Diminuer la volatilisation d'ammoniac, c'est donc aussi réduire les émanations d'odeurs.

La présence d'ammoniac dans l'atmosphère a aussi des impacts environnementaux importants. Il contribue entre autres aux pluies acides, à la formation du smog, au déséquilibre écologique des milieux naturels et à la dégradation des surfaces extérieures des bâtiments. Récemment, le gouvernement canadien l'ajoutait à la liste des polluants atmosphériques dont la concentration atmosphérique devait être suivie et contrôlée. Dans les pays développés, l'agriculture est la source la plus importante d'ammoniac (jusqu'à 90 % des émissions nationales) et les émissions agricoles sont largement dominées par la volatilisation à partir des fumiers.

## Mécanismes conduisant à la volatilisation de l'ammoniac

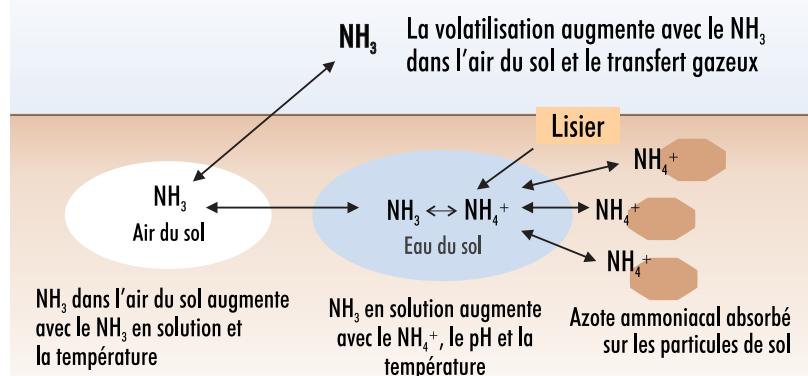
La volatilisation de l'ammoniac se produit lorsqu'il y a accumulation d'azote ammoniacal près ou à la surface du sol. Dans les écosystèmes naturels (forêt ou prairie non fertilisée), il y a très peu d'azote ammoniacal car sa transformation en nitrates et son absorption par les plantes sont plus rapides que sa formation par la décomposition de la matière organique. Les pertes d'ammoniac à l'atmosphère y sont donc presque nulles. Dans les sols agricoles, cet équilibre est rompu lorsque des fumiers (surtout des lisiers) apportent de grandes quantités d'azote ammoniacal. C'est durant les premières heures suivant les applications que les risques de volatilisation d'ammoniac sont grands.

La figure 3 montre les équilibres physico-chimiques qui relient l'azote ammoniacal du sol à la volatilisation de l'ammoniac dans l'atmosphère. Lorsque le lisier est ajouté au sol, il augmente immédiatement la quantité des deux formes de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ ) dans l'eau du sol. Cette augmentation du  $\text{NH}_3$  en solution entraîne à son tour une augmentation du  $\text{NH}_3$  gazeux dans l'air du sol. Finalement, une partie plus ou moins grande de ce  $\text{NH}_3$  gazeux s'échappe dans l'atmosphère selon l'épaisseur et les conditions (teneur en eau, compaction, texture, etc.) de la couche de sol à franchir. Les quantités d'ammoniac volatilisé après une application de fumier dépendront donc essentiellement de la quantité d'azote ammoniacal apporté et de son exposition à l'atmosphère.

## Comment réduire la volatilisation de l'ammoniac des fumiers

Les lisiers sont plus riches en azote ammoniacal et peuvent donc perdre plus d'ammoniac que les fumiers solides suivant l'épandage. La gestion des fumiers sous forme liquide permet de conserver efficacement l'azote excréte par les animaux aux

**Figure 3**  
**Équilibres entre les différentes formes d'azote ammoniacal dans le sol**

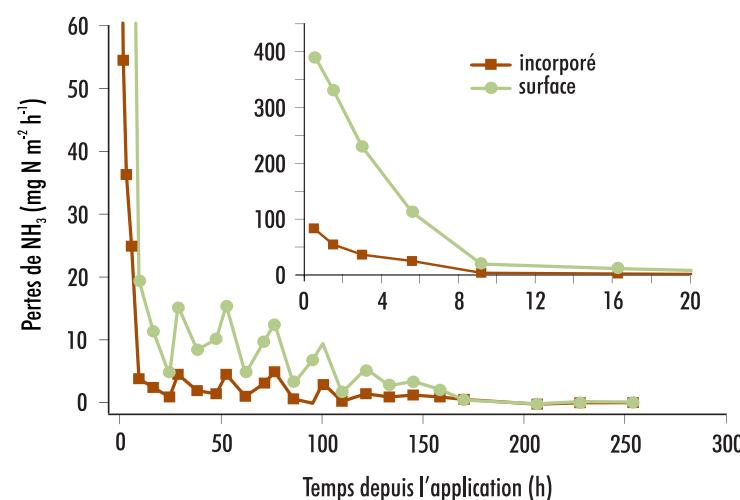


bâtiments et durant l'entreposage. Cependant, cet avantage peut-être rapidement perdu lors de l'application au champ si certaines précautions ne sont pas prises.

Les pratiques qui diminuent la volatilisation durant et après l'épandage sont celles qui réduisent le contact entre le lisier et l'atmosphère. Il faut donc :

- Apporter le lisier rapidement de la citerne au sol. La période de contact entre le lisier et l'air sera plus courte pour les applications basses que pour les applications hautes (irrigation > aéroaspersion > déflecteurs > aspersion basse > pendillards).
- Minimiser le rapport surface/volume de lisier. La volatilisation de l'ammoniac est un phénomène de surface. Pour une durée d'exposition égale, le lisier perdra plus d'ammoniac si sa surface exposée est plus grande. Il faut donc minimiser la surface de

**Figure 4**  
**Volatilisation de l'ammoniac suivant l'application de lisier de porcs au sol**



Source : Rochette et al. 2001; Can. J. Soil Sci. 81 : 515-523

lisier exposée durant l'application; la pulvérisation du lisier est donc le scénario conduisant à la plus grande volatilisation. (irrigation > aéroaspersion > déflecteurs > aspersion basse > pendillards).

- Ne pas laisser le lisier à la surface du sol. Un lisier laissé à la surface du sol perdra en moyenne 50 % (entre 5 et 100 %!) de son azote ammoniacal par volatilisation. Plus de la moitié de cette volatilisation se fera dans les 4 premières heures suivant l'application (Figure 4).

Il faut donc incorporer le lisier le plus rapidement possible; le lendemain, c'est trop tard ! Idéalement, il faudrait que l'application et l'incorporation se fassent dans la même opération. Il existe plusieurs méthodes. L'injection ou le travail immédiat du sol est la plus efficace (Figure 4); la volatilisation est alors limitée à moins de 5 % de l'azote ammoniacal.

Certaines rampes d'épandage sont équipées de disques ou de dents de herse qui permettent une incorporation immédiate au sol. Une incorporation superficielle (5-10 cm) semble un meilleur compromis que l'injection plus profonde; cette pratique permet de réduire la volatilisation et en même temps d'obtenir une bonne efficacité fertilisante en évitant de placer l'azote sous la zone de croissance des racines. Une incorporation trop profonde favoriserait l'apparition de nitrates sous la zone des racines et augmenterait les risques de pertes par lessivage.

L'application en bande entraîne moins de volatilisation qu'une application en pleine surface car elle réduit la surface du lisier exposée et permet une meilleure infiltration.

Certains applicateurs commerciaux déposent le lisier à l'arrière d'une roue dentée qui ouvre un sillon dans le sol, permettant ainsi à une certaine quantité de lisier de s'infiltrer. Un tel système peut réduire les émissions de 50% par rapport à une application de surface.

L'application sous un couvert végétal à l'aide de pendillards permet aussi de diminuer la volatilisation car le feuillage non seulement change les conditions atmosphériques à la surface (vent, humidité, température) mais il absorbe également une partie de l'ammoniac émis à la surface du sol. Là encore, une réduction de près de 50% peut-être obtenue.

Les conditions du sol et atmosphériques influencent aussi la volatilisation. On peut donc réduire la volatilisation en choisissant l'endroit et le moment de l'application.

- Une application sur sol à texture grossière, ayant une bonne structure, ou ayant été travaillé superficiellement favorisera l'infiltration du lisier et minimisera ainsi la volatilisation.

- Au contraire, un sol saturé en eau retardera l'infiltration et augmentera les pertes d'ammoniac. Une lente infiltration augmentera également les risques de ruissellement.
- Une application en fin de journée diminue les pertes. Les équilibres physico-chimiques favorisent le NH<sub>3</sub> gazeux lorsque la température est élevée. La volatilisation est donc maximale aux moments les plus chauds de la journée.
- Il faut être particulièrement vigilant avec les lisiers plus épais (jusqu'à 12% de matière sèche). Ces lisiers ont un plus grand potentiel de volatilisation car une teneur en matière sèche plus élevée augmente la concentration en azote ammoniacal et réduit la vitesse d'infiltration dans le sol.



Démonstration d'un épandeur de lisier en post-levée dans le maïs

### En conclusion ...

La diminution de la volatilisation d'ammoniac à partir des fumiers est possible par le choix de pratiques qui réduisent leur exposition à l'air ambiant. Au moment de l'épandage, l'incorporation superficielle immédiate est de loin la méthode d'application la plus efficace. La réduction de la volatilisation de l'ammoniac aura bien sûr des conséquences environnementales positives sur les écosystèmes agricoles et naturels, mais elle bénéficiera également aux agriculteurs sur deux plans. D'abord, elle facilitera la co-habitation de l'entreprise avec son voisinage car la diminution de la volatilisation d'ammoniac s'accompagne presque toujours d'une diminution des odeurs émises. Ensuite, elle aura des conséquences économiques favorables en évitant les dépenses additionnelles nécessaires au remplacement de cette perte d'azote, élément essentiel à la fertilisation des cultures.



Présentation du projet sur les GES à la station de l'Acadie



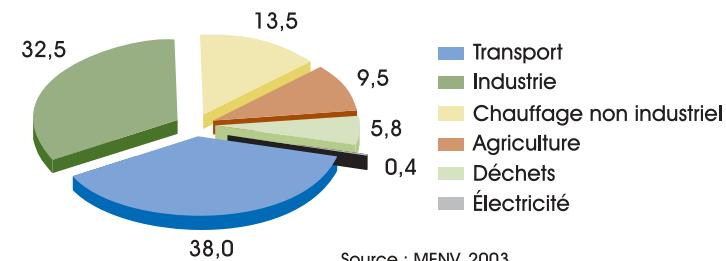
### Saviez-vous que ...

L'agriculture, avec environ 10 % des émissions totales, produit moins de GES que plusieurs autres secteurs de notre économie tels que les secteurs du transport et de l'industrie.

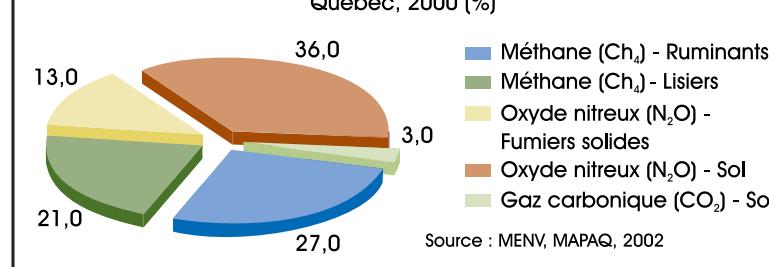
Les différents GES produits par l'agriculture sont :

- Le méthane (CH<sub>4</sub>) qui provient de la fermentation qui se produit dans le système digestif des ruminants et dans les solides déposés au fond des fosses à lisier.
- L'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) qui peut être produit dans le sol lors de transformations biologiques de l'azote minéral ainsi que lors de l'entreposage des fumiers solides. Pour diminuer le N<sub>2</sub>O dans les sols, il faut éviter l'accumulation des nitrates et assurer une bonne oxygénéation des sols. La bonne gestion des fumiers, lisiers et engrains azotés, l'utilisation des engrains verts et l'amélioration du drainage des sols sont toutes des pratiques qui contribuent à réduire les émissions de N<sub>2</sub>O.

Répartition des émissions québécoises de gaz à effet de serre en 2000 (%)



Sources agricoles des gaz à effet de serre Québec, 2000 (%)



- Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) est produit en très faible quantité par les activités agricoles. Toutes les pratiques qui augmentent la matière organique du sol (par exemple, via les résidus de culture) vont permettre de capturer le CO<sub>2</sub> atmosphérique, constituant ainsi ce qu'on appelle des puits de carbone. Le stockage de CO<sub>2</sub> peut aussi être augmenté par la plantation de haies brise-vent.