

**300**

**DQ19.1**

Québec, le 22 octobre 2013

Projet de construction d'une usine de fabrication  
d'engrais à Bécancour 6211-19-019

Madame Marie-Josée Harvey  
Coordonnatrice du secrétariat de la commission  
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement  
Édifice Lomer-Gouin  
575, rue Saint-Amable, bureau 2.10  
Québec, Qc G1R 6A6

**Objet : Projet de construction d'une usine de fabrication d'engrais à Bécancour  
Questions complémentaires du 17 octobre 2013 (DQ19, nos 1 et 2)**

Madame Harvey,

Voici les réponses aux questions posées le 17 octobre dernier par la commission à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) au sujet du projet de construction d'une usine de fabrication d'engrais à Bécancour. Ces réponses ont été préparées par plusieurs membres de notre équipe de chercheurs en agroenvironnement.

### **Question no 1**

Quel rôle joue un apport adéquat de matière fertilisante organique – déjections animales ou résidus de culture par exemple – dans la qualité générale des sols destinés à la production agricole et dans l'efficacité d'absorption des minéraux essentiels à la croissance des plantes et ce, dans les cas où ces minéraux proviennent aussi bien de sources organiques que des amendements couramment appelés « engrais minéraux » ou « engrais organiques ».

### **Réponse no 1**

Par Marc Olivier Gasser, agr., Ph. D., et Adrien N'Dayegamiye, agr., Ph. D.

### **Apport de matières organiques au sol par les différentes sources d'engrais**

La plupart des sols minéraux cultivés au Québec ont des teneurs en matière organique qui varient de 3 à 15%. Cette matière organique ainsi que les résidus de culture qui retournent au sol (la matière végétale non récoltée) jouent un rôle essentiel pour assurer les fonctions de base du sol et la croissance des plantes. La matière organique du sol et les résidus de culture alimentent la faune et l'activité microbienne du sol, ce qui permet le cyclage et la rétention des éléments nutritifs dans le sol sous des formes disponibles à la plante. L'activité biologique alimentée par la matière organique du sol assure

---

aussi la formation d'agrégats et la structure du sol qui conditionnent l'infiltration et la rétention de l'eau dans le sol et garantissent l'aération et les échanges gazeux au niveau des racines des cultures.

La mise en culture, le travail du sol et son activité biologique activent la dégradation et la minéralisation de la matière organique qui doit être réalimentée de façon constante avec de la matière organique fraîche, soit en provenance des résidus de cultures ou des apports externes d'engrais ou d'amendements organiques. Certaines productions en grandes cultures ne font pas appel à des sources externes de matières organiques pour maintenir et réalimenter la matière organique du sol. Elles font plutôt appel à des pratiques culturales qui retournent suffisamment de résidus de culture au sol. L'apport en éléments fertilisants est le plus souvent réalisé à partir d'engrais minéraux et/ou des lisiers (qui amènent peu de matière organique au sol) avec des cultures et des pratiques culturales appropriées pour maintenir à l'équilibre les niveaux de matière organique du sol.

D'autres systèmes de production valorisent au champ des engrais organiques qui peuvent être de multiple origine : engrais de ferme, matière résiduelles fertilisantes d'origine industrielle ou municipale, etc., qui servent à la fois comme amendement organique et comme engrais fertilisant. Tel que mentionné plus haut, leur valeur fertilisante et leur valeur comme amendement organique dépendra de la composition de ces engrais organiques.

### **Importance de l'azote dans la fertilisation des cultures**

Les semences et les engrais minéraux sont parmi les principaux coûts de production pour les entreprises agricoles. Parmi les engrais, c'est l'azote qui présente le coût le plus élevé. La gestion de l'azote constitue ainsi un enjeu majeur pour les productions végétales. Selon les experts de la FAO, plus de 12,5 millions de tonnes de fertilisants azotés sont utilisés annuellement pour la production de maïs à travers le monde. Au Québec, à elles seules, les cultures de maïs, de pommes de terre et de céréales nécessitent environ 90 000 tonnes d'engrais azotés par année. Étant donné l'augmentation constante du prix de cet engrais, l'azote est devenu un élément important du coût de production du maïs ou d'autres cultures. De là l'importance de gérer efficacement non seulement les engrais minéraux azotés, mais aussi les autres sources d'azote, tels les fumiers et les autres matières organiques.

### **Principales sources d'azote**

Une meilleure gestion de l'azote doit ainsi considérer toutes les sources d'azote disponible à la ferme, soit l'azote des fumiers, des prairies ou des engrais verts. Au Québec, les fermes d'élevage produisent beaucoup de fumiers et de lisiers, certaines étant même excédentaires. Ces quantités de fumiers et de lisiers pourraient couvrir une partie des besoins en azote des cultures dans des régions en cultures commerciales qui ne disposent pas de fumier. Cependant, la production de fumiers et de lisiers est beaucoup plus concentrée dans les régions de production animale (ex. Chaudières Appalaches), et elle est parfois éloignée des régions de grandes cultures commerciales qui pourraient valoriser cette importante source d'azote. De plus, la gestion des fumiers de porcs ou de bovins est en grande majorité sous forme liquide, ce qui augmenterait le coût du transport et de manutention vers d'autres régions agricoles.

---

## **Efficacité de l'azote et «effet indirect des fumiers»**

La disponibilité de l'azote des engrais azotés et des lisiers est plus élevée que celle des fumiers solides et d'autres matières organiques. Les engrais azotés et les lisiers libèrent rapidement l'azote favorisant ainsi une meilleure croissance des plantes et l'augmentation des rendements.

L'azote contenu dans les fumiers solides de bovins et dans d'autres matières organiques (boues de papetières, engrais verts) est principalement sous forme organique, et il doit subir une décomposition microbienne avant de devenir disponible aux cultures.

Cependant, les fumiers solides et les autres résidus organiques enrichissent les sols en matière organique, et stimulent ainsi la croissance et les activités des microorganismes et de la microfaune du sol. Les microorganismes et la microfaune du sol jouent un rôle important dans la formation de la structure du sol, réduisant ainsi la compaction. Les sols ayant une bonne structure présentent une bonne aération, une bonne circulation d'air et un bon régime thermique, ce qui favorise une meilleure croissance et nutrition des plantes.

Par contre, les engrais minéraux et les lisiers qui sont riches en azote mais pauvres en matière organique stimulent fortement les activités des microorganismes qui alors décomposent la matière organique des sols, conduisant ainsi à moyen et long terme à la dégradation de la structure du sol et de la fertilité. Afin de maintenir la qualité et la fertilité des sols, il est ainsi recommandé d'apporter les engrais minéraux et les lisiers dans des systèmes de rotation qui laissent beaucoup de résidus organiques au sol.

## **Doses optimales et pertes d'azote**

Que ce soit pour un engrais minéral, du lisier ou du fumier, le choix de la dose optimale, de la meilleure période d'application et du meilleur mode d'incorporation assure une meilleure gestion de l'azote. Il est ainsi possible de réduire les pertes d'azote par lessivage (nitrates), par volatilisation ( $\text{NH}_3$ ) et dénitrification ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Une dose raisonnée d'engrais azotés permet de diminuer l'azote résiduel après la récolte et de faire des économies sur l'achat d'engrais.

Les pertes d'azote par volatilisation dépendent des périodes d'épandage et des modes d'incorporation. Les épandages des engrais azotés et des lisiers dans des périodes chaudes et humides favorisent les pertes d'azote par volatilisation. Les pertes d'azote par dénitrification ont lieu lorsque l'azote des engrais se retrouve en conditions de sols saturés en eau, soit plus souvent tôt au printemps et à l'automne.

Les pertes d'azote par volatilisation sont plus élevées pour les lisiers et les engrais azotés à base d'urée, lorsqu'ils ne sont pas incorporés aux sols, en comparaison des autres engrais minéraux et des fumiers solides. Les pertes d'azote par dénitrification, lessivage et ruissellement peuvent être comparables pour les engrais minéraux azotés et le lisier, et sont généralement plus faibles pour les fumiers solides dont la teneur en azote ammoniacale est plus faible. L'ensemble de ces pertes va dépendre de la façon dont ces engrais sont gérés.

## **Question no 2**

Veillez expliquer à la commission par quel mécanisme les engrais azotés et les autres types d'engrais minéraux utilisés en agriculture libèrent les gaz à effet de serre dans l'atmosphère et quelles mesures les producteurs agricoles peuvent adopter pour réduire ces mêmes émissions.

---

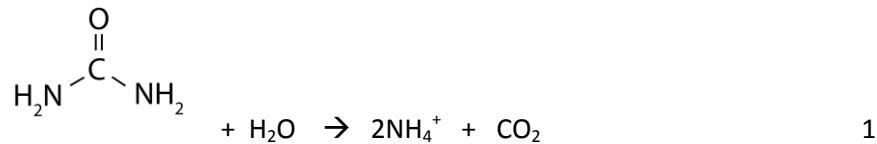
## Réponse no 2

Par Matthieu Girard, ing. jr., Ph.D, Marc-Olivier Gasser, agr., Ph.D., Marie-Hélène Perron, agr., M.Sc., Martin Belzile, ing., M.Sc.

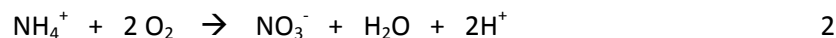
### Mécanismes de production de GES lors de l'application d'engrais au sol

Afin de bien comprendre les mécanismes par lesquels les engrais azotés et les autres types d'engrais minéraux utilisés en agriculture libèrent des gaz à effet de serre (GES), certains principes reliés au cycle de l'azote doivent être revus. En effet, lors de leur application au champ, les engrais azotés de source minérale ou organique sont sujets à des transformations de nature biochimique et à des phénomènes de transfert qui conduisent à la production de GES. Puisque l'urée est le composé principal qui serait produit à l'usine de Bécancour, elle sera le point de départ de la description de ces processus.

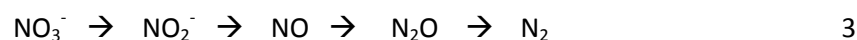
La première transformation que subit l'urée lorsqu'elle entre en contact avec l'eau contenue dans le sol est une hydrolyse qui produit de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ):



Par la suite, sous l'action des bactéries nitrifiantes et en présence d'oxygène, le  $\text{NH}_4^+$  peut être transformé en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) (Metcalf et Eddy 2003) :



Enfin, lorsque les conditions présentes dans le sol sont favorables, le nitrate peut subir une dénitrification, c'est-à-dire une série de transformations qui aboutit à la production d'azote moléculaire ( $\text{N}_2$ ) :



Cette série de réactions s'effectue principalement en absence d'oxygène, sous l'action de bactéries et elle nécessite une source de carbone facilement disponible pour ces dernières. Dépendamment des

---

conditions, la dénitrification conduit également à la libération de composés intermédiaires tels que les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) ou le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Comme le démontre ces mécanismes, l'utilisation de l'urée comme engrais en agriculture a le potentiel de libérer deux gaz à effet serre, soit le  $\text{CO}_2$  lors de l'hydrolyse de l'urée et le  $\text{N}_2\text{O}$  lors de la dénitrification incomplète du  $\text{NO}_3^-$ . En termes de réchauffement climatique, le  $\text{N}_2\text{O}$  présente toutefois un effet de serre qui est 298 fois plus élevé que celui du  $\text{CO}_2$  (IPCC 2007). En fait, il est le principal responsable des émissions des GES provenant des sols agricoles et les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  provenant des engrais azotés minéraux et organiques représentent plus de 25% des émissions totales de GES reliées à l'agriculture (MDDEFP, 2013). Cette valeur inclut les émissions directes des sols agricoles ainsi que les émissions indirectes à l'extérieur des fermes dues aux pertes d'azote. Par exemple, l'apport d'urée ou de tout autre engrais minéral ou organique contenant de l'azote ammoniacal amène aussi des émissions atmosphériques d'azote ammoniacal qui lorsqu'elles retombent au sol, se nitrifient et contribuent à des émissions indirectes de  $\text{N}_2\text{O}$ . De la même manière, les nitrates développés dans le sol sous l'apport d'engrais azotés sont sujets au lessivage, rejoignent les milieux aquatiques et contribuent à des émissions indirectes de  $\text{N}_2\text{O}$ , lorsqu'ils sont dénitrifiés.

Les principales caractéristiques du sol qui affectent la dénitrification, et par conséquent les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$ , sont le contenu en nitrate, la disponibilité du carbone et le contenu en oxygène. Puisque la grande majorité de la dénitrification est effectuée par des bactéries qui nécessitent du carbone organique facilement disponible, elle est intimement liée à sa présence dans le sol. À l'opposé, la présence d'oxygène inhibe certains des enzymes impliqués dans la dénitrification. Le contenu en oxygène est influencé principalement par la porosité du sol et par la quantité d'eau qui s'y trouve. En effet, l'augmentation du contenu en eau jusqu'à un niveau qui interfère avec la diffusion de l'oxygène dans le sol permet d'augmenter le potentiel de dénitrification (Paul et Clark, 1989).

Il est difficile de déterminer clairement si l'urée présente un potentiel d'émissions de GES plus élevé ou moins élevé que les autres engrais utilisés en agriculture (minéraux et organiques). Les autres engrais minéraux contiennent généralement un mélange de  $\text{NH}_4^+$  et de  $\text{NO}_3^-$ , occasionnant donc le même potentiel de production du  $\text{N}_2\text{O}$  que l'urée pour les mêmes conditions de sol. Par contre, puisque ces engrais minéraux ne contiennent pas de source de carbone organique, la dénitrification sera directement reliée à la présence de carbone organique dans le sol. Pour ce qui est des engrais organiques tels que les fumiers et lisiers, ils contiennent du carbone organique en plus de l'azote et la dénitrification devient donc indépendante de la quantité de carbone dans le sol.

La littérature présente des résultats très variés pour les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  issues de l'utilisation d'engrais en agriculture. À titre d'exemple, Lopez-Fernandez et al. (2007) et Rochette et al. (2000) obtiennent des résultats contradictoires sur les émissions de certains types d'engrais organiques par rapport à l'engrais minéral. Lopez-Fernandez et al. (2007) ont comparé l'urée à certains engrais organiques (lisier de porc

incorporé, lisier de porc non-incorporé, fumier de mouton et composts de rejets municipaux solides). Par rapport à l'engrais minéral (urée), les engrais organiques ont réduit les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  de 27 % (lisier brut incorporé) à 74 % (composts). À l'opposé, Rochette et al. (2000) ont mesuré des émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  inférieures pour un engrais minéral par rapport au lisier de porc. D'autre part, Gagnon et al. (2011) ont évalué les facteurs d'émissions pour différents engrais minéraux et ont trouvé des valeurs supérieures au facteur d'émissions de  $0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N kg}^{-1} \text{ N}$  retenu par le GIEC (IPCC, 2007).

Il y a deux types d'actions que les agriculteurs peuvent mettre en œuvre pour réduire les émissions de GES issues de l'utilisation des engrais en agriculture : optimiser l'utilisation des engrais azotés sous toute forme (minérale et organique) et améliorer les conditions de production de leur sol.

Puisque l'utilisation des engrais azotés (sous forme minérale ou organique) libère des GES, le meilleur moyen de réduire ces émissions demeure la réduction de l'utilisation des engrais azotés en optimisant l'utilisation de toutes les autres formes d'engrais disponibles et en déterminant de façon plus précise les besoins en engrais azotés des cultures.

En effet, les recherches agroenvironnementales effectuées en fertilisation ont permis de constater qu'il était possible de réduire de façon significative les apports d'engrais pour l'ensemble des cultures sans affecter le rendement, en tenant compte des autres sources d'azote disponibles à la ferme (azote de la matière organique du sol, arrière-effets des fumiers, azote des précédents de culture dont les prairies).

Au Québec, les agronomes appuient leurs recommandations en fertilisation des cultures sur le Guide de référence en fertilisation du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Les grilles publiées dans ce guide sont élaborées dans le souci de maintenir les rendements et d'éviter les pertes d'éléments nutritifs dans l'environnement. À ce titre, les grilles de référence québécoises sont des modèles à suivre. Par exemple, pour la culture de maïs-grain, les grilles de référence du CRAAQ recommandent des doses d'engrais azotés variant de 120 à 170 kg N/ha selon les régions climatiques du Québec, tandis que pour la pomme de terre, les doses varient de 125 à 175 kg N/ha. Le guide de fertilisation indique comment comptabiliser toutes les sources d'azote provenant du sol et des résidus de culture et indique les modes de calcul de la disponibilité de l'azote des fumiers et d'autres résidus organiques. Ces contributions en azote sont généralement soustraites de la recommandation de bases pour combler le reste en engrais minéral.

À part l'établissement de la dose optimale, les modes d'épandage et d'incorporation des engrais permettent aussi d'améliorer l'efficacité de la fertilisation en réduisant les pertes d'azote par volatilisation. Les périodes d'épandage et d'apports des engrais doivent aussi être optimisées pour rendre disponible l'élément fertilisant au moment où les prélèvements par la plante sont les plus importants. L'usage d'engrais minéraux à libération lente a fait l'objet de plusieurs recherches pour mieux répondre à cette prérogative, mais les gains au niveau des réductions d'émissions de GES ne sont pas clairs. Enfin, le type d'engrais utilisé peut aussi influencer les émissions de GES, mais tel qu'expliqué précédemment, il est difficile d'établir une corrélation entre le type d'engrais et la production de N<sub>2</sub>O.

En ce qui concerne l'amélioration des conditions de production du sol, une augmentation de la teneur en oxygène du sol pourrait limiter la dénitrification et donc, par le fait même, la production de N<sub>2</sub>O. L'amélioration de la structure et de la porosité du sol ainsi que du drainage de l'eau permettrait d'éviter des zones compactées ou inondées ayant un faible taux d'oxygène. La production de N<sub>2</sub>O pourrait également être diminuée en réduisant la quantité de matière organique dans le sol, mais ceci n'est pas envisageable puisque la matière organique offre plusieurs avantages agronomiques.

---

En espérant que cet avis technique saura répondre à vos questionnements, n'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez obtenir des précisions.

Cordialement,



Stéphane P. Lemay, agr., ing., P.Eng., Ph. D.  
Directeur scientifique

p.j. : Références

---

## Références

### Réponse de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement aux questions complémentaires du 17 octobre 2013 (DQ19, no 1 et 2) sur le projet de construction d'une usine de fabrication d'engrais à Bécancour

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2010. Guide de référence en fertilisation, 2e édition, Québec. 473 p.

Gagnon, B. N. Ziadi, P. Rochette, M.H. Chantigny et D.A. Angers. 2011. Fertilizer source influenced nitrous oxide emissions from a clay soil under corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75:595–604

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (éd.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume Uni et New York, NY, États-Unis, 996 pp.

Lopez-Fernandez, S., Diez, J., Hernaiz, P., Arce, A., Garcia-Torres, L. et Vallejo, A. 2007. Effects of fertiliser type and the presence or absence of plants on nitrous oxide emissions from irrigated soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **78(3)**: 279-289.

MDDEFP. 2013. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2010 et leur évolution depuis 1990, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 20 p.

Metcalf et Eddy. 2003. *Wastewater engineering: treatment and reuse* - 4<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill, New-York.

Paul, E. A. et Clark, F. E. 1989. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press Inc, Harcourt Brace Jovanovich, éd. San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto: 273 p.

Rochette, P., van Bochove, E., Prévost, D., Angers, D.A., Côté, D. et Bertrand, N. 2000. Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig slurry for the 19th consecutive year : II. Nitrous oxide fluxes and mineral nitrogen. *Soil Science Society of American Journal*, **64(4)**: 1396-1403.