

EAU

Comme l'eau est directement reliée aux sols lorsque l'on considère la gestion des fumiers/lisiers et le cycle des éléments nutritifs/fertilisants, ce chapitre devrait être consulté conjointement avec celui sur les sols pour ainsi avoir une vue d'ensemble sur le sujet.

Lexique

Ammonium: l'ammonium (NH_4^+) est une molécule chargée positivement (cation) composée d'azote (N) et d'hydrogène (H). Une bonne partie du N contenu dans les protéines qui sont métabolisées par les animaux est excrétée sous forme d'urée, qui est rapidement transformée en NH_4^+ . Sa charge positive rend cette molécule peu mobile dans le sol.

Ammoniaque: l'ammoniaque (NH_3) est composé de N et de H. La plus grande partie du NH_3 émis par les activités agricoles à l'atmosphère provient de la transformation de l'urée.

Nitrate: le nitrate (NO_3^-) est une molécule chargée négativement (anion) composée de N et d'oxygène (O). Il résulte de la nitrification de d'autres composés azotés. Le NO_3^- est très soluble et il est mobile dans le sol.

Nitrification: la nitrification est un procédé par lequel les bactéries du sol oxydent les composés azotés (comme les ions ammonium) en nitrite (NO_2^-) qui peuvent ensuite être transformés en nitrate (NO_3^-).

Minéralisation: la minéralisation est un processus par lequel la matière organique est transformée en molécules inorganiques plus simples qui sont plus facilement assimilables par les plantes.

Dénitrification: la dénitrification est un processus où des bactéries décomposent des composés azotés (NO_3^- and NO_2^-) en composés moins oxydés comme le N gazeux (N_2) et les oxydes nitreux (N_2O).

Eutrophisation: l'eutrophisation est un processus qui survient lorsqu'un lac ou un cours d'eau devient riche en minéraux fertilisants. Par conséquent, plus de plantes aquatiques et d'algues se développent et lorsque celles-ci se dégradent la demande en oxygène dans l'eau est grandement augmentée laissant ainsi moins d'oxygène disponible pour la vie aquatique.

Zones rapiennes: les zones rapiennes est une zone de végétation sont situées en périphérie des lacs, étangs, rivières ou cours d'eau et où la végétation sert de filtre pour les éléments fertilisants et les capte avant leur entrée dans l'eau.

QUALITÉ DE L'EAU ET FUMIER/LISIER

Depuis des siècles, le fumier/lisier est appliqué comme fertilisant sur les cultures et ce n'est que depuis seulement quelques décennies qu'autant d'attention n'a été portée sur les taux d'épandage, la distribution des déjections animales par région et l'impact d'une mauvaise gestion du fumier/lisier sur l'environnement (Randall, 1997).

L'épandage du fumier/lisier n'est pas la seule menace sur la qualité de l'eau. Dans les régions rurales, de mauvais systèmes de fosses septiques (contamination possible par les éléments fertilisants et pathogènes provenant des humains), les déchets de production animale (risques provenant de tous les stades de la gestion des fumiers/lisiers) et végétale (incluant les fertilisants commerciaux et les résidus de culture) contribuent tous à l'apport d'éléments fertilisants à l'environnement (OMAF, 1994a). Lorsqu'il y a contamination des eaux, si l'on considère toutes les sources potentielles, une investigation systématique doit être faite pour déterminer la source réelle de pollution.

LES ÉLÉMENTS MENAÇANTS

La contamination des eaux par les fumiers/lisiers provient principalement de deux macro-éléments et de leurs composantes biologiques. L'azote (N), le phosphore (P) et les bactéries coliformes présentent une menace pour la qualité de l'eau lorsque leur concentration est plus élevée que les niveaux déterminés dans la réglementation. Les conséquences peuvent être considérées à deux niveaux soit : une dégradation de la qualité de l'eau, qui n'a pas d'effet direct sur la santé humaine et qui vient généralement de l'eutrophisation par le développement d'algues ou de végétations aquatiques, dû à des niveaux élevés de N et de P (CCMRE 1987; Lorimer 1995) et une contamination qui vient des NO_3^- et des bactéries. Cette contamination peut provenir de deux types de sources: ponctuelle avec les déversements accidentels et/ou un entreposage non étanche, diffuse avec les pertes par ruissellement, lessivage et érosion (OMAF, 1994a). Les sources de pollution diffuse sont toutefois beaucoup plus difficiles à isoler. Un contenu élevé d'éléments nutritifs/fertilisants dans l'eau peut aussi déclencher d'autres réactions chez les micro-organismes aquatiques et avoir un effet néfaste sur la vie aquatique (Anderson, 1998).

AZOTE (N)

Le N est présent dans le fumier/lisier non traité principalement sous la forme de N organique et de NH_4^+ . Lorsque le fumier/lisier est épandu au sol, différentes réactions surviennent et affectent son contenu en N. Des réactions chimiques qui se produisent au niveau du sol transforment les composés azotés par la nitrification, la dénitrification et l'immobilisation. La nitrification est un processus où les différentes formes de N sont converties en NO_3^- . Ce composé azoté représente une menace pour la santé lorsque sa concentration dans l'eau est supérieure à 10 mg/L. Le NO_3^- et le NH_4^+ sont généralement utilisés par les plantes, comme fertilisants.

Des concentrations élevées de NO_3^- dans les sols représentent un grand risque pour les eaux de surface et souterraines car ce composé azoté est très mobile dans le sol. Si les concentrations de NO_3^- sont très élevées, du lessivage peut survenir et sur une longue période contaminer la nappe phréatique ou sur une période plus courte et s'il y a du drainage souterrain en place le lessivage rapidement drainé va affecter les eaux de surface comme les ruisseaux, rivières et lacs. Les formes organiques de N (N organique, NH_4^+) sont moins mobiles dans le sol mais sont éventuellement transformées en NO_3^- . Toutefois le N organique et le NH_4^+ peuvent aussi être perdus aux eaux de surfaces si le fumier/lisier n'est pas incorporé et qu'une importante précipitation cause du ruissellement.

Comme présenté précédemment, l'impact de fortes concentrations de N dans l'eau est un phénomène qui comporte deux dimensions. Si le N est présent sous sa forme organique, NH_4^+ et NH_3 , la végétation aquatique se développera rapidement par la présence de ce fertilisant. Plus de plantes aquatiques et plus d'algues augmentent le taux de dégradation végétale dans l'eau. Ceci entraîne une augmentation de la demande d'oxygène privant ainsi la vie aquatique de cet élément nécessaire. Ce phénomène est appelé l'eutrophisation. Des concentrations de NO_3^- dans l'eau qui excèdent 10 mg/L pour la consommation humaine (NSCU, 1995) et pour les petits animaux et, 100 mg/L pour les grands animaux (OMAF 1994a-b; CCMRE 1987), représentent une menace sérieuse pour la santé. Des concentrations élevées de NO_3^- dans l'eau absorbée par des organismes ont un effet négatif sur le transport de l'oxygène par le système sanguin. Les petits enfants et les personnes âgées sont particulièrement affectés par le NO_3^- (CCMRE, 1987).

PHOSPHORE (P)

Le P est généralement présent dans le fumier/lisier sous une forme organique et il est minéralisé dans le sol en une forme inorganique. Comme pour le N, le P est utilisé par les plantes et représente une menace seulement si sa concentration dans le sol est trop élevée. Le P inorganique est très immobile et s'attache aux particules de sol; des mouvements de P vont survenir lorsqu'il y a érosion éolienne ou hydrique (OMAF 1994b; Lorimer 1995). Les pertes de P par érosion hydrique seront d'autant plus importantes si

les concentrations dans le sol sont élevées. De plus, lorsque la concentration de P dans le sol est très élevée et qu'il y a saturation dans le sol, du lessivage peut survenir (Evans et al., 1984); ce phénomène de lessivage doit cependant être étudié plus à fond (FB, 1994). Dans les eaux de surface, le P est aussi utilisé par les algues et les plantes aquatiques. Si après un épandage le fumier/lisier n'est pas incorporé et que d'importantes précipitations surviennent, le ruissellement entraînera le P organique jusqu'aux eaux de surface.

COLIFORMES

Présents dans le fumier/lisier non-traité, les coliformes fécaux et autres bactéries seront détruits dans le sol avec le temps. Cependant l'eau peut être contaminée par ceux-ci et causer des problèmes de santé aux humains s'il y a ruissellement ou infiltration de fumier/lisier dans les eaux qui sont consommées. Dans certaines régions rurales, la contamination bactérienne survient lorsque la densité humaine est grande et que les habitations ne sont pas équipées de systèmes d'égoût adéquats ou de fosses septiques efficaces (OMAF, 1994a). Des tests doivent être faits pour bien isoler la source bactérienne en cause et solutionner le problème; cette investigation est parfois difficile à réaliser.

MANIÈRE DE CONTRÔLER LE N ET LE P

Taux d'épandage de N et de P

Lorsque l'on considère le cycle des éléments nutritifs/fertilisants et la réduction des impacts environnementaux, il est important de bien connaître son inventaire de fumier/lisier (avec des analyses fournissant le contenu en éléments fertilisants) et de développer un plan de fertilisation qui idéalement intègre sur une longue période les analyses de sols et les rotations des cultures planifiées (Lorimer 1995; Schmitt et Rehm 1997). Les taux d'application de N et de P provenant du fumier/lisier dépendent de deux facteurs; le contenu en N et P dans le fumier/lisier et le taux d'épandage. Le contenu en N et P varie selon: 1) le stade de production ou la ration du porc (généralement des concentrations plus faibles sont mesurées dans le lisier produit par les porcelets comparativement à celui produit par les porcs en croissance/finition) et 2) la gestion et les installations qui sont spécifiques à une ferme. Comme présenté dans d'autres sections de cet ouvrage, différentes diètes, le traitement ou non du lisier et son entreposage auront un impact sur les éléments fertilisants présents dans le fumier/lisier. Si l'on considère ces sources de variations, il devient essentiel de faire des analyses qui fourniront des informations précises sur le contenu en matières fertilisantes, contenu qui peut différer passablement des valeurs que l'on peut trouver dans les tables de référence (Lorimer 1995; Schoenau 1997). Le taux d'épandage du fumier/lisier doit être déterminé en considérant les besoins des plantes, les pertes en éléments fertilisants associées avec l'épandage et les éléments fertilisants qui sont déjà disponibles dans le sol (Lorimer 1995; Schoenau 1997; FB 1994; Goss et al. 1996). Déterminer le taux d'épandage sans connaître le contenu spécifique en N et P du produit à épandre peut résulter en une mauvaise estimation du taux d'application de ces éléments. S'il y a une sur-estimation du taux d'épandage, du lessivage peut survenir et causer des problèmes de qualité d'eau; d'un autre côté, s'il y a une sous-estimation du taux d'épandage, les rendements seront limités et les profits réduits.

Des taux élevés d'application de N résultent en de grandes concentrations de NO_3^- dans le sol et subséquentement dans l'eau et ne résultent pas nécessairement en des rendements beaucoup plus élevés. Randall (1997) présente les résultats d'une expérience réalisée sur un loam limoneux qui montrent que le taux d'application du N avait été optimisé à 165 kg/ha pour une concentration en NO_3^- dans l'eau de 15 mg/L. Lorsque ce taux d'application était augmenté de 35 kg N/ha, la concentration en NO_3^- mesurée était presque le double. Un taux optimal d'application doit être déterminé de manière à satisfaire les besoins des plantes sans trop augmenter les concentrations de NO_3^- dans le sol et dans l'eau car une augmentation des rendements peut être obtenue avec des taux de NO_3^- élevés.

Pour ce qui est du P, des taux élevés d'application résultent en une augmentation des concentrations de P dans le sol avec le temps (Evans et al., 1984). Randall (1997) présente des résultats de tests de P (STP, Soil tests P, un test de sol spécifique pour évaluer le contenu en P) réalisés dans une couche de sol de 0 à 20 cm (loam limoneux). Une augmentation de 50 % de la concentration en P de 42 ppm en 1990 à 63 ppm en 1996 a été observée pour des taux d'application de phosphate de 77 kg/ha-an. Sur la même période, la concentration de P dans le sol est passée de 49 à 85 ppm pour un taux d'application de phosphate de 97 kg/ha-an. Une relation significative entre le STP et les pertes en P par ruissellement et par érosion a été établie suite à des recherches réalisées autour du monde.

Comme la fertilisation a été faite traditionnellement en considérant les besoins en N, dans certains cas cette pratique a résultée en une sur-application de P d'environ 2 à 3 fois leurs besoins spécifiques des plantes (Evans et al., 1984). En conséquence, les taux d'application devraient être déterminés en considérant le P comme l'élément fertilisant limitant (Evans et al. 1984; Goss et al. 1996), particulièrement lorsque les concentrations en P obtenues par les tests de sol excèdent 30 ppm (Lorimer, 1995). Comme le P n'est pas mobile dans le sol, le fumier/lisier pourrait être épandu à tous les deux ou trois ans si l'on considère seulement cet élément (Randall, 1997).

Gangbazo et al. (1992, 1993) ont mesuré le lessivage d'éléments fertilisants dans les eaux de ruissellement après une pluie. Ils ont trouvé que le taux d'épandage avait un effet direct sur le contenu en éléments dans l'eau de ruissellement, sur le délai de ruissellement ainsi que sur le volume de celui-ci. Des taux d'épandage élevés ont tendance à saturer le sol en surface ce qui entraîne un ruissellement plus important. La charge en éléments varie aussi avec la durée de la précipitation et le délai entre l'épandage et la pluie. Les concentrations en N et en P mesurées dans les eaux de ruissellement, décroît avec le temps écoulé entre l'épandage et la pluie.

TECHNIQUES D'ÉPANDAGE

L'incorporation du fumier/lisier réduit les risques de ruissellement ainsi que les pertes de N par volatilisation du NH_3 (Lorimer 1995; Schoenau 1997; Schmitt et Rehm 1997). Cependant dans les sols qui sont très propices à l'érosion, les risques d'érosion peuvent être augmentés si le couvert de résidus est perturbé (Randall, 1997). Des expériences sur le ruissellement ont été réalisées dans des conditions contrôlées et les résultats ont montré que pour diminuer la pollution par le N et le P, une incorporation devait être réalisée 24 h avant que la pluie ne débute (Gangbazo et al. 1992, 1993). Pour l'épandage en surface, l'impact le plus grand sur le volume total de ruissellement et la charge d'éléments dans celui-ci était observé lorsque la précipitation survenait rapidement après l'épandage et cet effet décroissait avec la longueur du délai entre les deux événements (Gangbazo et al., 1992).

PÉRIODE D'ÉPANDAGE

Les conditions climatiques ont un effet sur les risques potentiels résultant de l'épandage de fumier/lisier. Les pertes de P seront plus importantes durant la période des semis car le couvert végétal est minimal et d'importantes pluies surviennent généralement au printemps. L'épandage en hiver sur des sols gelés (encore fait dans certaines régions) résulte en une augmentation importante des concentrations en P mesurées dans les rivières de mars à juin (Randall, 1997). Si l'on considère la nitrification du N en NO_3^- , un épandage au printemps le plus près possible du temps où la plante utilise les fertilisants, représente le meilleur temps pour optimiser la valeur fertilisante du fumier/lisier. L'épandage réalisé tôt en automne résulte en des concentrations en NO_3^- élevées qui doivent être stockées dans le sol longtemps avant que les plantes ne puissent utiliser cet élément et les risques de lessivage sont ainsi augmentés. Lorsque le fumier/lisier est épandu tard à l'automne, la transformation du N organique en NO_3^- est ralenti. Toutefois des pertes de N organique peuvent survenir par ruissellement durant l'automne et aussi au printemps lorsque les sols sont saturés en eau (Lorimer 1995; Schoenau 1997).

MODÉLISATION ET BESOINS EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS

La qualité de l'eau peut être modélisée à l'aide de simulations par ordinateur (Rousseau et al., 1997). Les modèles utilisés sont complexes et malheureusement certains paramètres qui décrivent le mouvement et l'évolution des éléments dans le sol ne sont pas encore très bien connus ce qui par conséquent, affecte la précision de ces modèles. Plusieurs aspects de la contribution en N doit être mieux connus comme par exemple: la minéralisation du N du sol lui-même, le retour de N provenant de l'atmosphère, la dégradation de la matière organique ainsi que la disponibilité du N aux plantes. La disponibilité réelle des éléments fertilisants dans le sol doit être estimée de manière plus précise en tenant compte de la portion des éléments qui deviennent disponibles avec le temps et ceux qui ne sont pas utilisés la première année suivant l'épandage (Schoenau, 1997).

MONITORING ET AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS CONTENUS DANS L'EAU

L'approche d'étude par bassin versant représente une démarche plus complète dans la compréhension du mouvement de l'eau, des risques de contamination et de l'impact de pratiques culturales durables. Cette approche est très exigeante car des données doivent être recueillies sur plusieurs années et celles-ci doivent tenir compte de toutes les sources d'éléments fertilisants et/ou contaminants et leurs mouvements dans la région concernée (Enright et al. 1997; Rousseau et al. 1997). Pour améliorer les problèmes de qualité de l'eau dans une région spécifique, un ruisseau ou un bassin versant, du monitoring (Firehock 1992; Kolega and Jeffrey 1988) et un système complet d'investigation doivent être développés (EPA, 1994).

Les zones ripariennes le long des cours d'eau et des marais peuvent avoir un effet de traitement bénéfique car beaucoup d'éléments fertilisants qui se draineraient vers les cours d'eau sont captés par les plantes et transformés par celles-ci (OMAF 1994a; NCSU 1995).

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES?

Des recherches additionnelles sur la disponibilité des éléments fertilisants dans le sol sont requises, car la disponibilité a un impact direct sur la détermination des taux d'épandage et par conséquent sur la qualité de l'eau (Schoenau, 1997). D'autres aspects touchant la contribution du N doivent aussi être étudiés comme par exemple: les quantités provenant de l'atmosphère, la minéralisation des sols selon les conditions et la dénitrification qui prélève des quantités de N du sol (FB et al. 1994; Goss et al. 1996).

Un monitoring fréquent des puits en régions rurales, des bassins versants et des cours d'eau est aussi nécessaire de manière à contrôler la qualité de l'eau et aussi à évaluer l'impact de nouvelles pratiques culturales et l'impact de déversements accidentels.

Un meilleur contrôle des taux d'épandage et aussi le développement de nouvelles techniques d'épandage qui permettent l'épandage le plus près possible de la saison de croissance sont des aspects technologiques qui doivent aussi faire l'objet de travaux plus intensifs.

Les nouvelles technologies et le développement des connaissances ne peuvent à eux seuls assurer la protection de la qualité des eaux; plus d'énergie doit être investie au niveau de la conscientisation et de la formation des producteurs. Une meilleure sensibilisation aux questions environnementales et aux pratiques culturales durables est essentielle car la manière de faire les choses sur la ferme (gestion des fumiers/lisiers, des cultures, etc.) a un impact important et direct sur l'environnement (NCSU 1995; Lasley 1997).

Références

(N.B. Certaines références présentent une lettre suivant l'année de publication. Cette lettre aide à retrouver la bonne référence dans le texte mais aussi dans la base de données.)

Anderson, B.B. 1998. Facts on Pfiesteria. Hogs Today. Janvier, p. 26.

CCMRE - Conseil Canadien des Ministres des Ressources et de l'Environnement. 1987. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Division des recommandations pour la qualité de l'environnement.

Enright, P., F. Papineau et C. Madramootoo. 1997. Water Quality and Pollutant Concentrations on Paired Agricultural Watersheds in Quebec. Comptes rendus de la Conférence annuelle de la société canadienne de génie rural - 1997. Édité par D.I. Norum et P. Savoie, pp. 142-151.

EPA - United States Environmental Protection Agency. 1994. The Watershed Protection Approach. 1993-1994 Activity Report. EPA840-S-94-001.

Evans, R.O., P.W. Westerman et M.R. Overcash. 1984. Subsurface Drainage Water Quality from Land Application of Swine Lagoon Effluent. Transactions of ASAE. V:27(2): 473-480.

FB - F. Bernard experts-conseils et INRS-EAU. 1994. Évaluation environnementale, agronomique et économique de différentes méthodes de gestion des engrais de ferme au champ à l'aide du logiciel FECES. Québec: ministère de l'Environnement et de la Faune. 1996, p. 188. AE96-6/6.

Firehock, K. 1992. Do Your Best Management Practices Really Work? Assessing Effectiveness of Manure Management Practices through Biological Monitoring. National Livestock, Poultry and Aquaculture Waste Management. Comptes rendus du 1991 National Workshop. Édité par J. Blake, J. Donald et W. Magett, pp. 63-66.

Gangbazo, G., A.R. Pesant, D. Cluis et D. Couillard. 1992. Étude en laboratoire du ruissellement et de l'infiltration de l'eau suite à l'épandage. Canadian Agricultural Engineering. 34(1): 17-25

Gangbazo, G., D. Cluis, A.R. Pesant et D. Couillard. 1993. Effets du lisier de porc sur la charge d'azote et de phosphore dans l'eau de ruissellement sous des pluies simulées. Canadian Agricultural Engineering. 35(2): 97-103.

Goss, M.J., P.D. Zwart et R.G. Kachanoski. 1996. Transport of Nitrogen, Phosphorus and Disease Organisms from Manure into Surface and Groundwater. Dans Managing Manure for Dairy and Swine - Towards Developing a Decision Support System. Édité par M.J. Goss, D.P. Stonehouse et J.C. Giraldez. Chapitre 7.

Kolega, J.J. et R.F. Jeffrey. 1988. A Self Environmental Audit for Dairy Farm Ground Water Quality. Livestock Environment III. Comptes rendus du Third International Livestock Environment Symposium. April 25-27, Toronto. Publié par American Society of Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan. 49085-9659, pp. S-46 - S-51.

Lasley, P. 1997. Social Consequences of Environmental Concerns. Dans Environmental Issues in Pork Production. The Allen D. Leman Swine Conference. 20 septembre. Minnesota Extension Service. University of Minnesota, pp. 5-8.

Lorimer, J. 1995. Manure Nutrient Management. Document électronique: www.ae.iastate.edu/waste/manmgmt.txt. Consulté le 23/12/1997.

NCSU. 1995. Water Quality and the North Carolina Swine Industry. Document électronique: www.ces.ncsu.edu/whpaper/Wqswine.html. Consulté en 09/1997.

- OMAF - Ontario Ministry of Agriculture and Food and Agriculture Canada. 1994a. Water Management - Best Management Practices. Best Management Practices. Ontario Ministry of Agriculture and Food, p. 93.
- OMAF - Ontario Ministry of Agriculture and Food and Agriculture Canada. 1994b. Nutrient Management - Best Management Practices. Best Management Practices. Ontario Ministry of Agriculture and Food, p. 64.
- Randall, G.W. 1997. Ground and Surface Water Concerns During Land Application of Manure. Dans Environmental Issues in Pork Production. The Allen D. Leman Swine Conference, pp. 17-24.
- Rousseau, A.N., A. Mailhot, S. Morissette, J.F. Tremblay, P. Bolduc, M. Duchemin, J. Dupont, R. Turcotte et J.P. Villeneuve. 1997. GIBSI - A Watershed-Based Software System for Water Resources Management. Comptes rendus de la Conférence annuelle de la société canadienne de génie rural - 1997. Édité par D.I. Norum et P. Savoie, pp. 112-121.
- Schmitt, M. et G. Rehm. 1997. Fertilizing Cropland with Swine. Document électronique: www.mes.umn.edu/Documents/D/C/DC5879.html. FO-5879-GO.
- Schoenau, J.J. 1997. Soil Fertility Benefits from Swine Manure Addition. Saskatchewan Pork Industry Symposium, 13 et 14 novembre. Saskatoon, Saskatchewan, pp. 59-63.

Abstract ou résumé de publications intéressantes

Enright, P., F. Papineau et C. Madramootoo. 1997. Water Quality and Pollutant Concentrations on Paired Agricultural Watersheds in Quebec. Comptes rendus de la Conférence annuelle de la société canadienne de génie rural - 1997. Édité par D.I. Norum et P. Savoie, pp. 142-151.

Une évaluation réalisée sur une période de trois ans a étudié les paramètres hydrologiques et climatiques et la qualité de l'eau dans deux petits bassins versants (26.1 and 17.9 km²) du sud-ouest du Québec. Dans un de ces bassins versants, un agronome a travaillé avec les producteurs agricoles pour réduire l'impact environnemental de leurs pratiques agricoles sur l'eau; l'autre bassin versant a été étudié comme contrôle ou référence. Les résultats montrent que la pollution diffuse est le problème majeur dans les bassins versants et que la plupart des paramètres de qualité d'eau étaient influencés par le patron des précipitations. Le phosphore et les coliformes fécaux étaient les deux paramètres qui ont dépassé les normes de qualité de l'eau le plus fréquemment. L'atrazine et le métolachlore (pesticides) étaient aussi souvent détectés. Les données collectées sont très précieuses pour une meilleure compréhension des bassins versants et de la dynamique de pollution sur la qualité des eaux. Cependant l'analyse complète doit être faite pour comprendre l'effet des paramètres mesurés sur la qualité de l'eau des bassins versants et aussi pour évaluer l'impact des meilleures pratiques culturales sur les bassins versants. La base de données construite avec les informations recueillies durant les 3 ans de l'étude sera très utile pour le développement et la validation de modèles de prédiction de la qualité de l'eau.

Evans, R.O., P.W. Westerman et M.R. Overcash. 1984. Subsurface Drainage Water Quality from Land Application of Swine Lagoon Effluent. Transactions of ASAE. V:27(2): 473-480.

Les taux d'épandage utilisés pour cette expérience sont très élevés et ont été sélectionnés pour vérifier l'effet à long terme d'épandages excessifs comparativement à un épandage qui vise l'optimisation et la valorisation des ressources. Dans cette expérience, le ruissellement représentait moins de 1% et le drainage souterrain environ 25% de l'apport annuel total d'eau. Les taux d'épandage étaient de 325, 650 et 1300 kg N/ha - an représentant 1 fois, 2 et 4 fois le taux d'épandage recommandé pour le « Coastal bermudagrass ». Les taux d'épandage moyen et élevé ont tous deux résultés en des concentrations de NO₃⁻ plus élevées que la norme recommandée de 10 mg/L. Une accumulation de P a résulté de ces taux d'épandage, même au plus bas taux recommandé pour combler les besoins en N. Si l'on considère le N comme élément limitant dans la détermination du taux d'épandage, les quantités de P appliquées sont

trois fois supérieures au taux d'application de P recommandé. Le P était fixé par le sol, cependant durant la cinquième année des concentrations élevées de P ont été mesurées dans les eaux de ruissellement. Même si plusieurs années sont nécessaires avant que le P ne soit lessivé, le P ainsi que le N devraient être considérés pour déterminer les taux d'épandage.

Gangbazo, G., D. Cluis, A.R. Pesant et D. Couillard. 1993. Effets du lisier de porc sur la charge d'azote et de phosphore dans l'eau de ruissellement sous des pluies simulées. *Canadian Agricultural Engineering*, 35(2): 97-103.

La charge de N total Kjeldahl (TKN), d'ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), des nitrates ($\text{NO}_3\text{-N}$), de phosphore total (PT) ainsi que d'orthophosphates ($\text{PO}_4\text{-P}$) a été mesurée dans les eaux de ruissellement suivant une pluie après que du lisier de porcs ait été épandu sur un loam argileux (Humic Gleysol). Le sol était disposé dans des boîtes de 0.26 m² de surface ayant une pente de 3% et ayant une épaisseur de 400 mm de sol. Une combinaison factorielle de traitements de trois taux d'épandage (0, 27.3 and 54.6 m³/ha) avec ou sans incorporation, deux simulations de pluie printanière d'intensité courante au Québec (11 mm/h pour 142 min et 22 mm/h pour 71 min, pour un total de 26mm d'eau) et trois délais différents de précipitation après épandage (1, 24 et 48 h) ont été étudiés. Le lisier de porcs a eu peu d'effet sur le taux de TKN et $\text{NO}_3\text{-N}$ dans les eaux de ruissellement. Plus de 99% des pertes de TKN mesurées dans les eaux de ruissellement étaient sous la forme de $\text{NH}_4\text{-N}$. Le ruissellement provenant des sols ayant reçus les plus hauts taux d'épandage (54.6m³/ha soit 230 kg de $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha) avait une concentration en $\text{NH}_4\text{-N}$ onze fois plus élevée que pour des sols où aucun lisier n'avait été épandu. L'épandage en surface augmente significativement les pertes de toutes les formes de N et de P, particulièrement lorsque la pluie survenait une heure après l'épandage. L'incorporation du lisier dans le sol n'avait pas d'effet significatif sur la charge de N et de P. Pour le délai de précipitation d'une heure après l'épandage, l'épandage de surface a produit un effet drastique sur la charge en $\text{NH}_4\text{-N}$ dans l'eau de ruissellement, soit 0.06, 6.8, et 40.6 kg/ha respectivement pour les taux d'épandage présentés précédemment. Pour les deux autres délais de précipitation (24 h et 48 h) les taux d'épandage avaient un effet linéaire résultant en des charges dans l'eau beaucoup plus élevées. La charge de phosphore total et d'orthophosphates a eu une tendance similaire à celle du $\text{NH}_4\text{-N}$ mais pour des concentrations beaucoup moins élevées. Pour minimiser la pollution dans l'eau de ruissellement par le N et le P, les quantités optimales de lisier qui rencontrent les besoins des plantes doivent être incorporées dans les 24 h précédant une pluie.

Goss, M.J., P.D. Zwart et R.G. Kachanoski. 1996. Transport of Nitrogen, Phosphorus and Disease Organisms from Manure into Surface and Groundwater. Dans *Managing Manure for Dairy and Swine - Towards Developing a Decision Support System*. Édité par M.J. Goss, D.P. Stonehouse and J.C. Giraldez. Chapitre 7.

Dans ce chapitre, les facteurs qui ont un impact sur la qualité des eaux sont revus particulièrement si on considère la contamination des eaux de surface et souterraines par les NO_3^- , le P et les micro-organismes pouvant transmettre des maladies. Le focus est porté sur la contamination potentielle causée par les épandages de fumier/lisier sur les sols. La première étape présente le déséquilibre du ratio des éléments fertilisants N:P:K du lisier de porcs et du fumier de bovins laitiers (2:1:1.5 et 4:1:3 respectivement) comparativement aux besoins d'une culture à haut rendement comme le maïs (7:1:7). Ceci suggère de ne pas utiliser le N comme élément limitant dans la détermination du taux d'épandage mais plutôt de considérer le P et de compléter pour les éléments déficients. Toutefois la disponibilité des éléments est difficile à déterminer particulièrement pour le N car des pertes importantes peuvent survenir selon les conditions climatiques et aussi selon les modes d'épandage. Le NH_3 peut être émis directement à l'atmosphère, la nitrification peut survenir et des NO_3^- peuvent être perdus par lessivage et la dénitrification peut aussi survenir entraînant des émissions gazeuses de N_2O et N_2 . Une déposition de N peut aussi provenir de l'atmosphère et représente une quantité très difficile à évaluer. La survie de différentes bactéries pathogènes dans le sol dépend de différents paramètres du sol comme par exemple: le pH, le contenu en matière organique, la quantité d'eau présente, la texture, la température et d'autres encore. Il devient donc difficile de prédire le devenir de ces bactéries de manière générale. Le transport

des contaminants dépend de leurs concentrations dans le sol et aussi du mouvement de l'eau qui peut les entraîner. Le taux d'épandage et aussi le nombre d'années où il y a des épandages répétitifs ont un impact direct sur les quantités de NO_3^- pouvant potentiellement se lessiver. Plus les taux d'épandage sont élevés et plus il y a d'années où le fumier/lisier est épandu plus grands sont les risques de lessivage de contaminants dans l'eau. Réaliser l'épandage le plus près de la saison de croissance des plantes réduit grandement les risques de lessivage des nitrates. L'injection plutôt qu'un épandage en surface réduit aussi les risques de ruissellement des éléments et pathogènes. Certaines pistes sont aussi données pour continuer la recherche particulièrement sur la disponibilité du N et des autres éléments fertilisants du fumier/lisier, le transport de ces éléments qui peuvent devenir contaminants dans certaines conditions ainsi que sur les organismes pouvant causer des maladies aux humains et les facteurs affectant leur transport.