

**LISIER OU FUMIER : CHOIX SELON LEUR INFLUENCE  
SUR LE CYCLE TERRESTRE DE L'EAU**



**PRÉSENTÉ PAR**

Mélanie Desautels, B.sc. Géographie

Benoît Gravel, B.sc. Géographie

**POUR**

La Fédération de protection de l'environnement de l'Estrie

Mémoire présenté à la Commission sur le développement durable  
de la production porcine au Québec

Mars 2003

## TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	2
2. Problématique .....	3
3. Structure générale du substrat en Estrie .....	4
3.1. Géologie .....	4
3.2. Les dépôts estriens.....	5
3.2.1. Les dépôts faiblement perméables.....	5
3.2.2. Les dépôts perméables.....	6
3.2.3. Les dépôts imperméables .....	6
4. Facteurs affectant le cycle agricole de l'eau.....	6
4.1. Topographie.....	6
4.2. Type de sol en fonction de leur perméabilité .....	7
4.3. Facteurs météorologiques.....	9
4.4. Mode de travail et utilisation du sol.....	9
4.5. Facteurs anthropiques.....	11
4.6. Pratiques anti-érosive .....	12
5. Comparaison lisier/fumier sur le cycle agricole de l'eau.....	13
5.1. Lisier.....	13
5.2. Fumier.....	15
6. Interprétation.....	17
6.1. Le sol.....	17
6.2. La couverture du sol.....	18
6.3. La teneur en eau du sol.....	18
6.4. La croûte de battance.....	18
6.5. La pente.....	19
7. Conclusion et recommandations.....	20
8. Références .....	22

## **1. INTRODUCTION**

La Fédération de protection de l'environnement de l'Estrie a pour but de favoriser la protection et la restauration des habitats aquatiques de 12 lacs se trouvant sur le territoire des MRC de Memphrémagog et du Val-Saint-François. Cet organisme cherche à sensibiliser et à informer les riverains de ces lacs sur les meilleurs moyens pour conserver une bonne qualité de l'eau. Il cherche également des solutions pour ralentir l'eutrophisation des lacs et l'apport de sédiments.

Certaines études ont établi un lien entre l'agriculture et la pollution des cours d'eau (Gangbazo, 2000). De plus, selon une étude de Patoine et Simoneau (2002), le tiers du phosphore des rivières est relié à la teneur en phosphore du sol. Selon eux, «les sols agricoles riches en phosphore dans des bassins versants où l'agriculture occupe un fort pourcentage du territoire conduisent nécessairement à des niveaux de phosphore dans les rivières dépassant plusieurs fois (cinq à dix fois) le critère de qualité de l'eau pour l'eutrophisation». Les teneurs élevées en phosphore des sols agricoles sont bien souvent le résultat de la combinaison du fumier, lié à la concentration d'élevage, et des engrais minéraux qui sont épandus comme fertilisant (Berrouard et *al.*, 2001).

Le but de ce mémoire est de déterminer lequel des engrais, entre le lisier ou le fumier, il est préférable d'appliquer en fonction de leurs impacts sur le cycle terrestre de l'eau. Ce rapport vise donc à expliquer les phénomènes hydro-pédologiques découlant de l'épandage d'engrais. L'accent sera mis sur le cycle terrestre de l'eau, soit l'infiltration, le ruissellement et le lessivage.

Nous commencerons par expliquer la formation et l'origine des sols estriens. Ensuite, nous allons décrire leurs caractéristiques afin de bien comprendre les différences qui existent entre ces sols et ceux de la plaine du Saint-Laurent. Les facteurs physiques et anthropiques affectant le cycle terrestre de l'eau seront traités ainsi que l'impact du fumier et du lisier sur ce dernier.

## **2. PROBLÉMATIQUE**

Le lisier est composé de déjections animales, d'autres déchets, comme les poils et les restes de nourriture, ainsi que d'eau de lavage. Il possède un faible contenu en matières solides (environ 5 % en l'absence de litière). Conséquemment, sa teneur en eau est très élevée, ce qui en fait un engrais liquide. Son utilisation permet un apport en azote facilement disponible pour les plantes. Cependant, le lisier ne fournit pas un apport continu comme le fumier. De plus, puisque le contenu en eau de ce dernier est plus faible, il n'agit pas de la même façon que le lisier une fois épandu. (Gangbazo et *al.*, 1996).

L'impact de ces types d'engrais organiques sur le cycle terrestre de l'eau dépend, entre autres, de la perméabilité du sol. Cette dernière représente la propriété d'un sol ou d'un substratum rocheux à se laisser traverser par un fluide. La perméabilité découle donc des caractéristiques du sol que nous aborderons dans la section sur la structure générale du substrat en Estrie. Elle affecte le drainage, le ruissellement, l'infiltration et le lessivage. Donc, indirectement, la perméabilité influence grandement le transfert des éléments chimiques et minéraux.

De plus, il ne faut pas négliger les risques de contamination associés aux polluants provenant des épandages. En effet, les sols recevant du lisier sont susceptibles de contenir des microorganismes pathogènes et d'être une source de contamination à long terme pour les eaux de surface et souterraines (Painchaud, 1999). Les usages récréatifs des cours d'eau peuvent être affectés, tout comme la santé humaine lorsque l'eau sert à la consommation. Les coûts de traitements sont plus élevés et les risques de développer des sous-produits, comme les trihalométhanes, augmentent (Painchaud, 1999).

### **3. STRUCTURE GÉNÉRALE DU SUBSTRAT EN ESTRIE**

Dans ce mémoire, le substrat (sol et sous-sol) sera analysé en fonction de la perméabilité. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la perméabilité a une influence sur le transfert de l'azote et du phosphore. De plus, cette propriété reflète d'autres caractéristiques des sols, comme la texture ou le drainage.

#### **3.1. Géologie**

La structure géologique de l'Estrie est directement liée à la formation des Appalaches qui remonte au Paléozoïque, soit il y a 900 millions d'années. Les Appalaches se sont formées lors de la collision du plancher océanique avec le continent. Plusieurs types de substratums rocheux sont inhérents à ce type de formation. Les plus fréquents sont les roches sédimentaires issues du plancher océanique et les roches métamorphiques qui correspondent à une refonte plus ou moins importante du plancher océanique. On rencontre également des sections de substratums rocheux composées de roches ignées.

Les roches sédimentaires et métamorphiques sont donc les plus fréquentes dans les Appalaches. Dans le contexte de la formation d'une chaîne de montagnes, le substratum rocheux est plissé. De par leur sensibilité à se fissurer, les roches issues des plissements du plancher océanique vont créer un type de substratum rocheux que l'on appelle schiste (figure 1). Le schiste est peu poreux mais très fracturé à la surface. Il est donc assez perméable, tout dépendant de la quantité de fractures et de fissures (Foucault et Raoult, 1995). Il devient imperméable en profondeur à cause de la disparition des fissures et des fractures.

Dans les secteurs où le substratum rocheux est composé de roches ignées, on peut s'attendre à une imperméabilité du substratum. Cependant, compte tenu du nombre important d'axes de fractures, l'infiltration des eaux dans ce type de roche est fréquente.



Figure 1 – Schiste plissé

## **3.2. Les dépôts estriens**

La structure des dépôts est composée de deux éléments majeurs, soit les formations meubles (géomorphologie) et les sols (pédologie). La géomorphologie consiste en l'étude des formations meubles qui reposent sur le substratum rocheux. Pour sa part, la pédologie est la science qui étudie la couche superficielle des sols, soit celle qui contient tous les éléments physico-chimiques nécessaires à la végétation. Les sols dérivent directement des formations meubles, ils ont donc des propriétés très semblables. De façon standard, la pédologie correspond au premier mètre du sol, alors que la géomorphologie correspond au reste du sol non consolidé. Nous pouvons regrouper tous les dépôts importants de l'Estrie en trois catégories, soit les dépôts imperméables, faiblement perméables et perméables.

### **3.2.1. Les dépôts faiblement perméables**

Les dépôts les plus présents sont sans contredit les dépôts faiblement perméables. Ils correspondent principalement aux formations d'origine glaciaire et aux sols pédologiques qui en découlent. Les formations meubles d'origine glaciaire correspondent principalement au till. En Estrie, le till le plus fréquent est celui de Lennoxville. Il contient une bonne proportion de matières fines (silt et argiles) qui proviennent de la décomposition du substratum rocheux et des éléments transportés par le glacier (Robitaille et Allard, 1996). Il est également important de noter que la mise en place du till sous un glacier fait en sorte que ce matériel est assez compact. La fraction fine du till appalachien est généralement composée, en moyenne, de 35 % de sable,

50 % de silt et 15 % d'argiles (Robitaille et Allard, 1996). L'importante fraction de matières fines et la compaction du dépôt lui confèrent une faible perméabilité. Certains dépôts découlant d'une mise en place fluviale ont aussi une faible perméabilité. On constate souvent une faible perméabilité dans les dépôts fluviaux de débordement ou provenant de fond d'anciens lits où le courant était lent. Ils sont formés de loam, surtout silteux.

### 3.2.2. Les dépôts perméables

Les dépôts dont la perméabilité est élevée sont principalement composés de particules grossières comme le sable et le gravier. Ils correspondent aux formations meubles et aux sols qui ont été mis en place par l'eau, tels les formations meubles fluvioglaciaires, glaciolacustres d'eau peu profonde et fluviales.

### 3.2.3. Les dépôts imperméables

Les dépôts imperméables sont essentiellement composés de silt et d'argiles. Ils correspondent aux formations meubles glaciolacustres d'eau profonde et aux sols qui en découlent.

## **4. FACTEURS AFFECTANT LE CYCLE TERRESTRE DE L'EAU**

Parmi les facteurs affectant le cycle terrestre de l'eau, nous avons intégré des facteurs relevant de la topographie, du sol, du climat ainsi que des pratiques agricoles. En effet, ces éléments ont des impacts importants sur le ruissellement, l'infiltration et le lessivage de l'eau.

### **4.1. Topographie**

La topographie influence grandement la quantité d'eau ruisselée. La topographie présente en Estrie est de type vallonné. Une étude a d'ailleurs démontré que ce type de topographie pouvait augmenter la sensibilité des sols à l'érosion (Guertin et *al.*, 2000). De plus, les pentes comprises entre 9 et 17 % présentent davantage de risques d'érosion. Sur une pente supérieure à 17 %, les risques sont considérables et les cultures annuelles ne devraient pas être pratiquées (Parent et Pineau, 1985).

Outre l'inclinaison de la pente, la longueur de pente joue également un rôle dans le ruissellement et l'érosion des sols (Parent et Pineau, 1985; Wischmeier et Smith, 1978). Aucune étude ne semble avoir isolé le facteur de la longueur de pente sur l'érosion exceptée celle de Wischmeier et Smith (1978) dans le calcul de l'équation universelle de perte de sol (USLE). Lorsqu'on analyse le modèle de calcul de l'USLE, on comprend que la valeur 1 correspond à un seuil critique. En effet, une valeur supérieure à 1 donne un aspect amplificateur au calcul alors que, si cette valeur est inférieure à 1, elle diminue l'importance de l'érosion. Donc, si on part des seuils critiques de l'inclinaison de la pente (9 et 17 %) et que l'on observe les tableaux de la longueur de pente dans l'article du MSWCC (1986), on peut dégager pour le seuil de 9 % une valeur de 1 pour une longueur de pente d'environ 22 mètres. Pour le seuil de 17 %, cette valeur est atteinte après une pente d'environ 3 mètres.

Bref, l'érosion hydrique est fortement influencée par l'inclinaison de la pente et sa longueur. Plus l'inclinaison est importante, plus la longueur doit être petite pour obtenir un risque d'érosion prédéterminé. Or, en Estrie, nous avons de bonnes pentes et souvent très longues (centaines de mètres).

## **4.2. Types de sol en fonction de leur perméabilité**

Dans l'optique d'évaluer la perméabilité des types de sol, nous devons analyser la granulométrie. Cette dernière influence la perméabilité en fonction de la dimension des particules. Plus les particules sont grosses, plus les interstices entre celles-ci seront importants, permettant à l'eau de passer à travers le dépôt. Il s'agit de la porosité du dépôt. Donc, la porosité est fonction de la granulométrie ainsi que de la compaction des particules du sol. En effet, la compaction agit sur la porosité en diminuant les interstices (Champoux et Toutan, 1988). C'est la raison qui fait que le till de fond (le plus courant) est faiblement perméable, alors que sa granulométrie nous indique une perméabilité moyenne. Dans le cas des autres dépôts, ils sont peu compactés lors de leur mise en place. La porosité peut donc expliquer à elle seule la perméabilité du dépôt.

La perméabilité des dépôts a un effet sur le cycle terrestre de l'eau. Elle influence leur capacité d'infiltration et, indirectement, la teneur en eau du sol, ce qui est primordial dans le déclen-



chement du ruissellement. Lors d'une précipitation, outre la faible proportion de l'eau qui est évaporée et interceptée, l'eau peut soit s'infiltrer, soit ruisseler (figure 2).

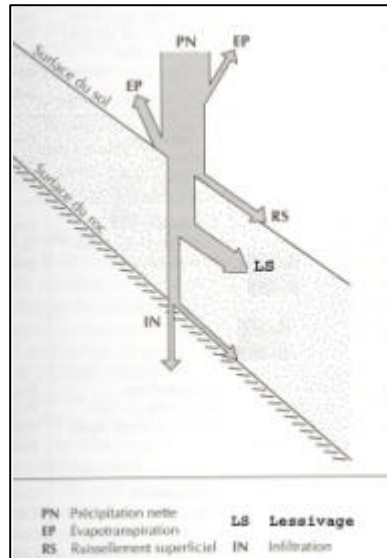


Figure 2 – Cycle simplifié de l'eau de précipitation (adaptée de Lafond et *al.*, 1992)

Les dépôts perméables ont comme caractéristique de laisser infiltrer l'eau facilement, diminuant ainsi le ruissellement. Plus un dépôt est perméable, plus l'eau aura la capacité de circuler librement dans celui-ci. Les interstices de la couche superficielle du dépôt sont alors libres d'eau, favorisant une infiltration continue. Le dépôt a donc moins de chances d'être saturé en eau. Les dépôts faiblement perméables ont la caractéristique de laisser infiltrer l'eau moins facilement. Ils augmentent donc la proportion d'eau ruisselée. Les dépôts remplis d'eau empêchent les précipitations de s'infiltrer. Alors, la presque totalité de celles-ci ruissellent. Pour leur part, les dépôts imperméables ne laissent pratiquement pas infiltrer l'eau favorisant ainsi un ruissellement élevé.

Un élément important dans la composition des dépôts est la mince couche qui peut se former entre le sol et les formations meubles. On parle alors de la présence de gleyification. Il s'agit d'un horizon du sol qui est gorgé d'eau et qui joue le rôle d'une couche pratiquement imperméable (Parent, 1990). Cette couche favorise un écoulement hypodermique important en ne laissant pas s'infiltrer l'eau et les éléments. D'une certaine façon, elle protège la nappe phréatique d'une contamination, mais elle augmente le lessivage de l'horizon qui la précède. Si l'on observe la figure 2, l'importance de la gleyification consiste à combiner la flèche d'infiltration dans le roc

avec celle qui est à la surface du roc. On remarque alors une augmentation du lessivage à la surface du roc.

### **4.3. Facteurs météorologiques**

Dans les facteurs météorologiques, nous tenons compte de la fréquence et de l'intensité des pluies. Ce sont d'ailleurs les principaux facteurs météorologiques affectant la perte de nitrates à l'automne (Berrouard et *al.*, 2001). La fonte des neiges est également un élément à considérer. En effet, le printemps constitue la période où les sols sont les plus fragiles puisqu'il n'y a pas de couverture végétale.

Les périodes de précipitations ou de fonte des neiges affectent la teneur en eau du sol. Lorsque le sol est saturé d'eau, il y a augmentation du ruissellement. Il est donc important que la teneur en eau du sol soit faible (20 – 25 %) et que la nappe phréatique soit à plus de 60 cm de la surface du sol lorsqu'il y a épandage d'engrais liquides (Laflamme et *al.*, 1989). Si le sol est saturé d'eau, les engrais liquides vont ruisseler et augmenter les risques de contamination des eaux de surface (Gangbazo et *al.*, 1996).

L'intensité de la pluie affecte la capacité d'infiltration du sol et conséquemment, le ruissellement. Plus l'intensité est élevée, plus les risques de ruissellement et d'érosion sont importants (Boardman, 1993). Les matières en suspension (MES) issues de l'érosion des sols sont un véhicule de transport privilégié pour les polluants tels les pesticides et les métaux ainsi que pour les éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore (Gangbazo et *al.*, 2002; Larocque et *al.*, 2002; MENV, 1999). Il faut donc éviter l'érosion du sol afin de protéger les eaux de surface.

### **4.4. Mode de travail et utilisation du sol**

En Estrie, nous pouvons regrouper l'utilisation du territoire agricole en trois grandes catégories : les forêts, les prairies et pâturages et les cultures annuelles. Dans l'optique de l'analyse de l'utilisation du territoire agricole sur le cycle terrestre de l'eau, les forêts sont de loin l'utilisation qui engendre le moins de ruissellement. Elles sont d'ailleurs considérées par plusieurs chercheurs comme étant une utilisation ne provoquant aucune érosion. En interceptant l'eau des précipitations par ces divers étages de végétation, en diminuant l'impact des gouttes de pluies sur le sol

ainsi que par la présence de nombreuses racines retenant le sol, la forêt est considérée comme l'antithèse de l'agriculture.

Les prairies et pâturages possèdent eux aussi une bonne capacité à protéger le sol. Essentiellement pour les mêmes raisons que la forêt. On retrouve donc peu de ruissellement et beaucoup d'infiltration dans ces milieux.

Quant à elles, les cultures annuelles sont reconnues pour engendrer beaucoup de ruissellement et d'érosion. C'est principalement dû au fait qu'elles laissent le sol à nu une bonne partie de l'année. Par ailleurs, on retrouve ces sols à nus quand on observe le plus de précipitations et lors de la fonte des neiges. Cependant, une fois que la végétation couvre le sol, c'est le type de culture qui influence le plus le ruissellement. Une culture à grands interlignes, comme le maïs, a un potentiel de ruissellement et de lessivage élevé par rapport à une culture à petits interlignes (Painchaud, 1999; Gangbazo, 2000; Guertin et *al.*, 2000).

La préparation standard des terres associée à la culture annuelle débute par un labour automnal suivi de passages de vibroculteur au printemps. Cette pratique est celle qui présente le plus de risques pour l'érosion et les pertes d'éléments nutritifs (Guertin et *al.*, 2000). Dans l'étude de Guertin et *al.* (2000), le travail réduit du sol ne semble pas affecter le volume de drainage, mais il a significativement diminué le volume d'eau ruisselée. De plus, la création de labours augmente la rugosité du sol permettant d'accentuer son potentiel d'infiltration. C'est tout de même ce mode de travail qui engendre le plus de ruissellement. Toujours selon Guertin et *al.* (2000), le sol labouré est plus meuble, favorisant ainsi la formation d'une croûte de battance (figure 3). Ce phénomène se produit lors de l'impact des gouttes de pluie qui provoquent un tassement des particules et l'éclatement des agrégats. Les particules de sol ainsi libérées colmatent les pores du sol, créant une couche imperméable à la surface (Cosandey et Robinson, 2000). La croûte de battance augmente le potentiel de ruissellement et diminue la capacité d'infiltration du sol (Guertin et *al.*, 2000). Donc, la formation d'une croûte de battance vient annuler l'effet positif de l'augmentation de la rugosité par le labour.

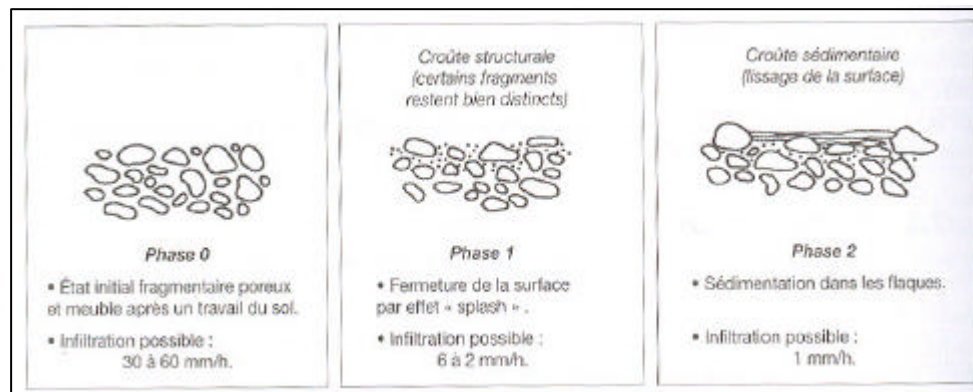


Figure 3 – Formation d’une croûte de battance (Cosandey et Robinson, 2000)

## 4.5. Facteurs anthropiques

L’intensification de l’agriculture a entraîné un drainage des terres agricoles. Ce drainage modifie considérablement le cycle terrestre de l’eau. Par sa présence, il permet d’évacuer l’eau des terres plus rapidement au printemps et lors de fortes précipitations. Il fait également en sorte de diminuer l’écoulement hypodermique de l’eau dans le sol, diminuant ainsi le lessivage naturel des sols. Un autre élément associé aux drains agricoles est que l’évacuation rapide des eaux se fait au détriment de la rétention naturelle des sols. Les débits de pointe lors d’événements pluvieux sont alors accrus.

L’intensification de l’agriculture a également apporté une mécanisation des procédés aux champs, favorisant l’utilisation de grosses machineries qui entraînent une compaction des sols, ce qui réduit la perméabilité et augmente le ruissellement. Le passage répétitif de la machinerie amène également la création d’une semelle de labour qui joue le même rôle qu’une couche gleyifiée. De plus, comme le démontre Gangbazo et *al.* (1996), les traces de roues dans les champs augmentent de 26 % le taux de ruissellement.

De façon à éviter une accumulation d’eau dans les champs, les agriculteurs procèdent parfois à un nivellement des terres. Cette pratique a pour effet d’augmenter la longueur des pentes. Les risques d’érosion sont alors accentués.

## 4.6. Pratiques anti-érosive

Afin d'intégrer l'agriculture au développement durable, plusieurs agriculteurs ont développé des méthodes pour limiter l'érosion de leurs champs. Parmi celles-ci, mentionnons le travail réduit du sol. En diminuant la proportion de particules mobiles à l'automne, ce mode de travail permet de réduire le ruissellement jusqu'à 46 % et la perte de sol de 77 % (Bernard, 1991). Le semis direct limite également le ruissellement et la perte de sol. Selon Bernard (1991), le semis direct du maïs permet une réduction moyenne du ruissellement de 64 % et de 92 % pour l'érosion. Un autre moyen d'atténuer l'effet du ruissellement et de l'érosion est d'effectuer les labours dans le sens des courbes de niveaux. L'utilisation de la pratique agricole en rangs intercalaires permet aussi de restreindre l'érosion (Painchaud, 1999). Une autre méthode est de laisser des résidus de culture au sol. Les résidus augmentent la rugosité du sol, diminuant ainsi le ruissellement (Larocque et al., 2002). Enfin, une autre méthode observée consiste à semer des plantes couvrantes entre les rangs. Cette méthode favorise l'interception des précipitations et du ruissellement. Elle peut également être utilisée à la grandeur du champ à l'automne pour éviter la présence de sols nus.

	Types de dépôt		
	Imperméable	Faiblement perméable	Perméable
<b>Topographie</b>			
<i>Pente</i>			
Faible	ri	ri	I
Moyenne	R	Ri	rI
Forte	RR	R	ri
<i>Teneur en eau</i>			
Faible	rI	I	I
Moyenne	Ri	ri	rI
Forte	RR	RR	R
<b>Utilisation du sol</b>			
<i>Type de culture</i>			
Prairie	I	I	I
Rangs en grands interlignes	RR	RR	R
Rangs en petits interlignes	R	R	Ri
<i>Mode de travail du sol</i>			
Travail conventionnel du sol	RR	RR	R
Travail réduit	R	R	Ri
Semis direct	R	R	Ri

R = Ruissellement

I = Infiltration

Tableau 1 – Synthèse du ruissellement et de l'infiltration en fonction du type de dépôt.

## **5. COMPARAISON LISIER/FUMIER SUR LE CYCLE TERRESTRE DE L'EAU**

### **5.1. Lisier**

Le lisier est un engrais organique liquide. Lors de l'épandage, son contenu en eau élevé augmente la teneur en eau du sol, modifiant ainsi le processus d'infiltration de l'eau dans le sol (Gangbazo et *al.*, 1996). Les pertes en phosphore sont donc accrues, particulièrement si l'épandage est suivi de précipitations. Une étude de Gangbazo et *al.* (1996) réalisée en Estrie montre que l'épandage de lisier intensifie le ruissellement ainsi que le temps entre chaque épisode et diminue le taux d'infiltration. En effet, le décalage entre les épisodes de ruissellement était 10 % plus court. Le volume de ruissellement était en moyenne 14 % supérieur avec des pointes allant jusqu'à 300 %. Pour sa part, l'infiltration diminuait de 95 %. Toujours selon cette étude, on note une différence importante du volume d'eau ruisselé entre un épandage à la surface et un épandage enfoui. L'étude a démontré que le volume de ruissellement était 50 % plus élevé si le lisier était épandu à la surface. Le ruissellement dépend en grande partie de la quantité d'eau épandue. Plus celle-ci est élevée, plus il y aura de ruissellement (Gangbazo et *al.*, 1992)

L'épandage de lisier modifie à court terme le ruissellement et l'infiltration, ce qui occasionne une hausse de la pollution. Plus le ruissellement est important et concentré, plus il peut transporter de MES et d'éléments dissous (Gangbazo et *al.*, 1996). Selon une expérience de Gangbazo, une heure seulement après l'épandage de lisier sur une parcelle, il y avait 72 % plus de MES dans les eaux s'écoulant de cette parcelle que dans les eaux s'écoulant de la parcelle témoin. Après 120 heures, il a noté 14 % plus de ruissellement. Il s'agit d'un effet cumulatif. Le transport des MES ainsi que la viscosité du lisier bouchent les pores du sol, intensifiant le ruissellement (Gangbazo et *al.*, 1992).

On observe également qu'une heure après l'épandage, les eaux de ruissellement sont fortement contaminées par des coliformes totaux et des streptocoques fécaux (Gangbazo et *al.*, 1996). L'épandage à la surface du lisier augmente significativement les concentrations de phosphore et d'azote dans les eaux de ruissellement, surtout s'il est suivi de précipitations dans un délai d'une heure (Gangbazo et *al.*, 1996; Gangbazo et *al.*, 2002). Une grande partie du phosphore et de l'azote est transportée en solution par le ruissellement. Les particules de phosphore s'attachent également aux MES. On attribue 81 % des pertes de phosphore par les eaux de ruissellement

comparativement à 19 % dans les drains souterrains. De plus, les deux principaux moyens de migration des nitrates en agriculture sont le drainage et le ruissellement (Berrouard et *al.*, 2001).

Selon plusieurs études, l'épandage à l'automne est la principale cause de la contamination des cours d'eau en azote ammoniacal en hiver et au printemps (Bernard et *al.*, 1996, MEF, 1997, Painchaud, 1999). Selon l'étude du ministère de l'Environnement et de la Faune (1997), l'épandage de la totalité du lisier à l'automne a doublé la charge de phosphates à la sortie des champs. Des résultats semblables ont été obtenus par Gangbazo et *al.* (1996). Hacala et *al.* (1999) considère également que l'épandage de lisier à l'automne est à proscrire, et ce, même sur prairie.

En plus des impacts sur l'environnement décrits précédemment, la production porcine est souvent associée à la culture de maïs. Il y a deux raisons à cette relation. Premièrement, le maïs demande beaucoup d'engrais et dans un deuxième temps, il entre dans l'alimentation des porcs. Malheureusement, pour l'environnement, la culture du maïs est aussi une des cultures les plus polluantes à cause de l'utilisation importante de pesticides et d'engrais (Painchaud, 1999). Un autre facteur qui fait de la culture du maïs une culture polluante, c'est la largeur des rangs et le temps de pousse de la plante. En effet, plus l'espace est important entre chaque rang, plus il y a de sols nus susceptibles d'être érodés et de transporter des polluants. De plus, les pratiques culturales pour le maïs favorisent la vulnérabilité des sols (Guertin, et *al.*, 2000; Painchaud, 1999). Selon Gangbazo et *al.* (1996), sur une base annuelle, les cultures de maïs ont perdu cinq fois plus d'azote, 30 % plus d'azote ammoniacal et six fois plus de nitrates que les prairies. Les effets négatifs du lisier sur le cycle terrestre de l'eau se voient donc amplifiés par la culture de maïs.

Le lisier affecte grandement la pollution des eaux de surface par l'augmentation du ruissellement. Cependant, dans certains types de dépôts très perméables et bien drainés, il est possible que l'épandage du lisier augmente également les risques de contamination des eaux souterraines. Hacala et *al.* (1999) affirment que certains sols sont mêmes impropres à l'épandage du lisier à cause de leur faible potentiel de fixation des nitrates. En Estrie, ces sols pourraient correspondre aux dépôts issus d'une mise en place par l'eau sous fort courant. Ces dépôts contiennent peu de particules fines pouvant fixer les nitrates. Leur conductivité hydrique très élevée permet également au lisier de s'infiltrer rapidement. Cette rapidité d'infiltration diminue la capacité de rétention des nitrates par le sol et les plantes. On peut également remarquer ce phénomène sur des sols lourds et craquelés (Giroux et *al.*, 2002). Les nitrates se retrouvent donc dans les drains

souterrains (Berrouard et *al.*, 2001). En l'absence de drainage agricole, les nitrates ne sont pas interceptées et peuvent s'infiltrer jusqu'à la nappe phréatique. Les nitrates et les coliformes fécaux sont d'ailleurs une des sources de pollution des eaux souterraines les plus importantes.

La méthode d'épandage aréolaire combinée à la diminution des bandes tampons à un mètre des fossés agricoles augmentent considérablement les risques d'épandre du lisier dans les fossés. La pollution ne serait alors même plus diffuse, mais directe tout comme les rejets industriels ou municipaux. L'impact de tels déversements répétitifs serait catastrophique pour les cours d'eau, car la totalité, ou presque, du phosphore, des nitrates, des coliformes fécaux et totaux serait envoyée dans les cours d'eau.

## **5.2. Fumier**

Dans le but de comparer les impacts du fumier et du lisier sur le cycle terrestre de l'eau, nous devons tout d'abord nous pencher sur leur composition. Premièrement, la grande différence entre les deux réside dans la teneur en eau beaucoup plus faible du fumier. Deux éléments importants ressortent de ce constat. Premièrement, l'aspect solide du fumier offre une couverture du sol qui diminue l'importance de l'impact des gouttes de pluies. De plus, le fumier augmente la rugosité du sol, ce qui réduit le ruissellement et accroît l'infiltration. On observe également que l'apport de fumier permet de conserver la teneur en matière organique du sol et ce, même sous monoculture de maïs (Hacala et *al.*, 1999; N'Dayegamiye et Côté, 1996). La matière organique est également un élément qui influence le cycle terrestre de l'eau. De part sa présence, elle entraîne la création de plus gros agrégats dans le sol ainsi qu'un taux d'humus plus élevé, favorisant l'infiltration au détriment du ruissellement (Hacala, 1999; N'Dayegamiye et Côté, 1996). Le fumier améliore également la stabilité structurale du sol, car on observe une forte corrélation négative entre la fraction fine (petits agrégats) et la stabilité structurale du sol (N'Dayegamiye et Côté, 1996). La présence de gros agrégats diminue la formation de la croûte de battance puisqu'ils sont plus difficiles à désagréger. L'épandage répétitif de fumier permet également d'obtenir deux fois plus de vers de terre que les épandages répétitifs de lisier. Encore une fois, les vers de terres améliorent le potentiel d'infiltration du sol en augmentant les macropores. Tous ces éléments ont pour effet de diminuer l'importance du ruissellement, même sur les sols nus, ce qui nous permet de conclure à une diminution de l'érosion et du transport des polluants.



Deuxièmement, le fait que le fumier est solide diminue sa rapidité à s'infiltrer dans le sol. Une fois épandu, le fumier se décompose, laissant du même coup échapper les éléments chimiques et minéraux qu'il contient, dont l'azote et le phosphore. Il laisse également échapper une partie de ces éléments lors de précipitations par lessivage de son contenu. Il constitue donc un apport continu en minéraux et autres éléments nécessaires à la plante. L'effet de cet apport continu permet à la plante d'utiliser presque tous les éléments lessivés du fumier. Ainsi, il y a diminution des pertes dans l'environnement. En effet, selon une étude de Berrouard et *al.* (2001), seul le fumier de poule a laissé échapper plus de nitrates que le lisier de porc par les drains. Cependant, le fumier de poule a été appliqué à plus du double de la concentration du lisier de porc et les pertes qui en résultent sont pratiquement les mêmes (22 kg/ha comparativement à 20 kg/ha). En ce qui concerne le fumier de bœuf et les engrais minéraux, les auteurs indiquent des pertes deux fois inférieures aux précédentes. Un apport continu d'azote est l'un des meilleurs moyens de diminuer le lessivage des nitrates dans les drains agricoles. De plus, si l'on observe deux fois moins de pertes de nitrates dans les drains, cela signifie également que les fumiers produisent deux fois moins de nitrates aptes à contaminer la nappe phréatique.

L'apport continu en éléments chimiques et minéraux aux sols par les fumiers est diamétralement opposé à la rapidité de l'apport par le lisier. Comme nous l'avons vu lors de l'analyse du lisier, certains sols sont inaptes à l'épandage du lisier, car ils ne possèdent pas une bonne capacité de fixation. Un apport lent et continu est la seule façon, sans risque, d'apporter les éléments nécessaires à la croissance des plantes. Les fumiers possèdent cette capacité d'apport lent et continu qui permet aux plantes de récupérer les éléments libérés. De plus, ce type d'apport fournit des nutriments aux plantes pour un long moment, ce qui peut diminuer la fréquence d'épandages. Selon Hacala et *al.* (1999), la décomposition du fumier et le lessivage de ses nutriments sont tellement lents que les fumiers doivent être gérés sur deux, trois ou quatre ans comparativement au lisier qui comble les besoins en l'espace de quelques jours.

Un apport continu de fumier au sol a une action indirecte sur celui-ci en lui conférant un meilleur rendement agricole (N'Dayegamiye et Côté, 1996). Enfin, un autre élément à considérer dans l'analyse du fumier est sa capacité à stocker le gaz carbonique dans le sol pour une longue période de temps comparativement à l'épandage du lisier qui lui, en produit (Hacala et *al.*, 1999). L'utilisation de fumier permet donc de stocker du carbone, ce qui est essentiel avec les nouveaux

objectifs environnementaux des différents paliers gouvernementaux issus des ententes du protocole de Kioto.

## **6. INTERPRÉTATION**

Suite aux analyses précédentes, s'il y a une chose qui est évidente, c'est que plus un sol permet de ruissellement, plus il crée de la pollution diffuse. Il faut donc diminuer le ruissellement afin d'éviter l'érosion et le transport de polluants. Les méthodes et les périodes d'épandage ont une influence directe sur les pertes de phosphore et d'azote vers les cours d'eau (Painchaud, 1999). Pour empêcher le ruissellement, on doit contrôler cinq facteurs principaux. Le ruissellement est directement lié aux types de sols et à leur texture. Par la suite, il faut trouver des façons de limiter la présence de sols nus. Nous devons également diminuer la teneur en eau des sols, car la plus grande partie des pertes de phosphore et de nitrates s'effectue au printemps ou lors d'événements pluvieux. Ensuite, on doit empêcher la formation d'une croûte de battance. Enfin, on doit contrôler la pente. D'autres éléments sont également à considérer, mais ils sont de moindre importance. Parmi ceux-ci, notons la teneur en humus et en matière organique du sol, la quantité de gros agrégats, la quantité de vers de terre ainsi que la présence d'une bande tampon importante.

La seule façon de réussir à diminuer la pollution diffuse, c'est de contrôler ces cinq facteurs. Pour ce faire, on doit les prendre séparément et trouver des solutions pour chacun et ensuite mettre en commun ces méthodes de mitigation.

### **6.1. Le sol**

Dans le cas d'un sol perméable, il est préférable de fractionner la dose d'engrais afin de diminuer les risques de pollution des eaux souterraines et de surface. Pour les sols faiblement perméables et imperméables, l'épandage de lisier peut entraîner un ruissellement important. Il faut donc fractionner l'apport afin d'éviter la saturation en eau du sol. Par contre, l'apport de fumier dans l'un ou l'autre de ces cas, n'implique pas de fractionnement parce qu'il se décompose tranquillement. De plus, pour éviter un enrichissement des sols en phosphore, il est préférable d'appliquer la dose nécessaire à la plante. Un autre élément favorisant l'épandage du fumier, c'est qu'il diminue le nombre de passages dans les champs réduisant ainsi la compaction des sols.

Finalement, afin de diminuer la perte de sol par érosion, il est préférable d'effectuer un travail réduit du sol. Il est également important de noter que le type de travail du sol (conventionnel, réduit ou semi-direct) ne semble pas affecter la production de maïs (Guertin *et al.*, 2002).

## **6.2. La couverture du sol**

La couverture du sol par la végétation joue un rôle important dans la diminution du ruissellement et de l'érosion en protégeant le sol. De façon générale, l'utilisation de fumier est préférable puisqu'il offre une protection au sol et augmente la rugosité. Par ailleurs, la meilleure façon de protéger le sol reste toujours d'offrir une couverture constante du sol. Nous croyons que le meilleur moyen d'y parvenir est d'utiliser des cultures couvrantes entre les rangs et à l'automne. Enfin, un autre moyen d'assurer la protection du sol à l'automne est de laisser des résidus de culture.

## **6.3. La teneur en eau du sol**

Concernant la teneur en eau du sol, le fumier est de loin préférable puisqu'il est davantage solide. Il ne vient donc pas augmenter la teneur en eau déjà élevée des sols au printemps. Il est primordial d'attendre que la nappe d'eau soit en dessous de 60 cm de la surface avant d'épandre. De plus, pour le printemps, le lisier devrait contenir au moins 10 % de matières solides. Par ce fait, la teneur en éléments nutritifs sera plus élevée puisque le lisier sera moins dilué. Il en résultera un épandage moins fréquent.

## **6.4. La croûte de battance**

Suite à nos lectures, nous ne pouvons déterminer aucun lien valable entre la formation de la croûte de battance et le type d'engrais utilisé. Cependant, le fumier permet la formation de gros agrégats qui sont plus difficiles à désagréger. Les risques sont donc moindres d'avoir un détachement des particules.

## 6.5. La pente

L'effet de l'épandage de fumier sera moindre sur les pentes fortes. De telle sorte que nous avons déterminé un seuil critique pour chacun des types d'engrais. Pour le lisier, nous avons déterminé que la pente ne devrait pas dépasser un seuil de 9 %, alors que pour le fumier, il est de 17 %. En France, il y a même un règlement qui interdit l'épandage d'engrais liquides lorsque la pente est forte puisque les risques d'érosion sont trop élevés (Hacala *et al.*, 1999). Outre les seuils limites, nous croyons que l'utilisation d'avaloirs plutôt que le nivellement est préférable pour éviter les accumulations d'eau dans les champs. Cependant, cette mesure est seulement applicable dans les champs qui sont déjà drainés. Finalement, il faut éviter d'augmenter les longueurs de pente. Donc, pour diminuer la longueur de pente de certains champs, nous conseillons la mise en place de fossés agricoles perpendiculaires à la pente (figure 4).

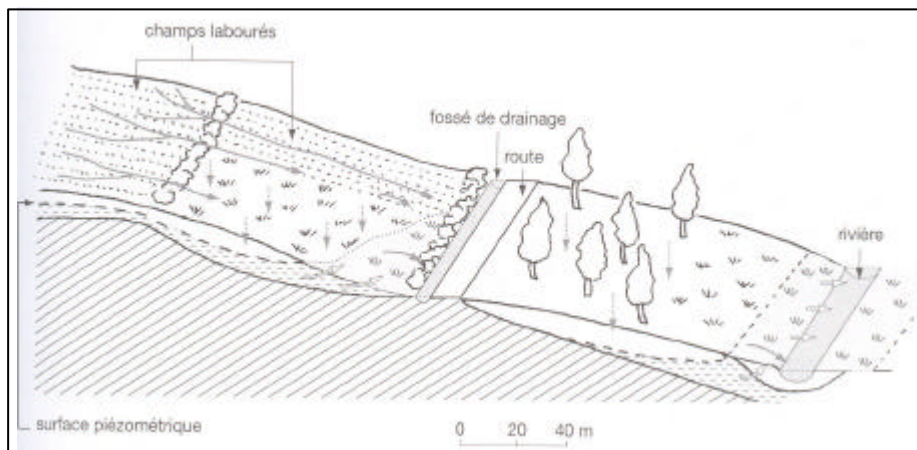


Figure 4 - Diminution de la longueur de pente par un fossé (Cosandey et Robinson, 2000).

Comme nous l'avons vu pour chacun des facteurs, l'épandage de fumier est toujours préférable à celui du lisier. Cependant, dans le cas où l'épandage de lisier ne peut être évité, nous suggérons, comme le démontre plusieurs études, d'enfouir le lisier (Giroux *et al.*, 2002; Gangbazo *et al.*, 1996). La quantité de matières solides du lisier devra également être plus élevée (minimum 10 %). Les pertes par ruissellement seront alors beaucoup moins importantes.

## 7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La région de l'Estrée est caractérisée par une topographie vallonnée et composée en grande partie de sols issus de dépôts d'origine glaciaire, donc faiblement perméables. L'inclinaison et la longueur des pentes combinés à la perméabilité des sols, généralement faible, font de l'Estrée un territoire plutôt susceptible à l'érosion.

Suite à ces caractéristiques, plusieurs conclusions découlent de ce rapport. Premièrement, l'épandage de lisier est plus susceptible de polluer que l'épandage de fumier. Les dates et les méthodes d'épandages en sont grandement responsables, mais c'est la teneur élevée en eau du lisier qui est la cause principale de cet effet. Le lisier augmente considérablement le rapport ruissellement/infiltration au profit du ruissellement. Un ruissellement plus important accroît la capacité d'érosion et de transport des MES, des polluants dissous et des éléments chimiques et minéraux. De plus, le fumier est préférable comme engrais puisqu'il donne un apport plus soutenu aux plantes. Il permet également d'obtenir et de conserver un meilleur sol. Son apport est toutefois déficitaire au printemps.

Par contre, il a été prouvé que le lisier, s'il est bien géré et bien épandu, peut ne pas produire de pertes significatives de phosphores et de nitrates. Pour ce faire, le lisier doit être enfoui et être appliqué lorsque le sol est sec et qu'aucune pluie n'est prévue avant 72 heures. Toutefois, ces conditions sont rarement rencontrées en Estrie au printemps. Nous avons également identifié plusieurs pratiques agricoles qui peuvent diminuer l'importance de l'érosion des sols.

C'est à partir de ces éléments de réflexion que nous en sommes venus à déterminer des recommandations visant autant la gestion des épandages de déjections animales que les méthodes de travail du sol.

- Transformer les déjections animales en engrais minéral;
- Semer des cultures couvrantes à l'automne et entre les rangs;
- Effectuer un travail réduit du sol;
- Labourer dans le sens des courbes de niveau pour les terrains à forte pente;

- Orienter les rangs dans le sens des courbes de niveau pour les terrains à forte pente;
- Retourner principalement au fumier;
- Établir une réglementation interdisant les épandages à l'automne;
- Interdire l'épandage de lisier sur des pentes supérieures à 9 %;
- Interdire l'épandage de fumier sur des pentes supérieures à 17 %;
- Couvrir les fosses à lisier afin de diminuer sa teneur en eau;
- Appliquer les normes environnementales liées à l'agriculture et aux PAEF;
- Développer des normes d'épandage spécifiques aux sols perméables.

Le but ultime serait de transformer les déjections animales en engrais minéral. Nous savons que cette transformation comporte un coût important. Cependant, nous considérons que ce coût en est un social. L'environnement comporte un coût social au même titre que la santé. D'autant plus que la qualité de l'eau influence grandement notre santé. Il faut donc travailler en concertation avec le milieu et leur donner les outils et les moyens pour intégrer l'agriculture dans le développement durable.

## 8. RÉFÉRENCES

- Bernard, C. (1991) La conservation du sol et de l'eau à l'échelle du bassin versant. *Agrosol*, Vol 4, No. 1, p. 37-44.
- Berrouard, A., Giroux, M. et Blackburn, M. (2001) Effets comparatifs de différentes cultures et modes de fertilisation sur la teneur en nitrates dans les sols en fin de culture et dans les eaux de drainage souterrain à l'automne. *Agrosol*, Vol. 12, No. 2, p. 64-73.
- Boardman, J. (1993) The sensitivity of downland arable land to erosion by water. p. 229-240, *in* Thomas, D.S.G. et Allison, R.J. (ed.) *Landscape sensitivity*. John Wiley & Sons, Chichester, 347 p.
- Cosandey, C. et Robinson, M. (2000) *Hydrologie continentale*. Armand Colin, Paris, 360 p.
- Foucault, A. et Raoult, J.-F. (1995) *Dictionnaire de géologie*. Masson, 4<sup>e</sup> édition, Paris, 324 p.
- Gangbazo, G. (2000) Relations empiriques entre les utilisations du territoire agricole et la qualité de l'eau des rivières. *Vecteur environnement*, Vol. 33, No. 2, p. 42-49.
- Gangbazo, G., Cluis, D. et Buon, E. (2002) Transport des sédiments en suspension et du phosphore dans un bassin versant agricole. *Vecteur environnement*, Vol. 35, No. 1, p. 44-53.
- Gangbazo, G., Bernard, C. et Côté, D. (1996) Effets de l'épandage du lisier de porc sur les eaux de ruissellement et de drainage. *Agrosol*, Vol. IX, p. 46-51.
- Gangbazo, G., Pesant, A.R., Cluis, D. et Couillard, D. (1992) Étude en laboratoire du ruissellement et de l'infiltration de l'eau suite à l'épandage du lisier de porc. *Canadian agricultural engineering*, Vol. 34, No. 1, p. 17-25.
- Giroux, M. et Tran, T.S. (1996) Critères agronomiques et environnementaux liés à la disponibilité, la solubilité et la saturation en phosphore des sols agricoles du Québec. *Agrosol*, Vol. IX, No. 2, p. 51-57.
- Guertin, S.P., Barnett, G.M., Giroux, M., Mackenzie, A.F., Pesant, A. et Parent, L.E. (2000) Effet de pratiques culturales dans la culture de maïs, en terrain vallonné, sur le risques de contamination des eaux de ruissellement et de drainage. *Agrosol*, Vol. 11, No. 2, p. 107-113.
- Hacala, S., Dolle, J.-B., Le Gail, A. et Vallet, A. (1999) Lisier ou fumier : quelle chaîne choisir de l'étable au champs. Article journée du 26 octobre 1999, p. 1-15.
- Laflamme, G., Rompré, M., Carrier, D. et Ouellet, L. (1989) Étude pédologique du comté de Mégantic. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Division de pédologie, Service des recherche en sols, Québec, 160 p.
- Lafond, R., Cauchon, C. et Ducruc, J.-P. (1992) *Pédologie forestière*. Modulo, Montréal, 146 p.

Larocque, M., Patoine, M., Banton, O., Rousseau, A.N. et Lafrance, P. (2002) Quantification des pertes de phosphore en milieu agricole – Outil LoPhos. Vecteur environnement, Vol. 35, No. 5, p. 48-56.

Ministère de l'Environnement du Québec (MENV) (1999) Étude d'impacts environnementaux associés aux modifications du règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole relatives à la fertilisation phosphatée et à l'entreposage des fumiers de bovins de boucherie. Direction des politiques des secteurs agricoles et naturels, Direction des écosystèmes aquatiques, 17 p.

Ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) (1997) Effets de l'épandage des engrais minéraux et de grandes quantités de lisier de porc sur l'eau, le sol et les cultures. Direction des écosystèmes aquatiques, 40 p.

Maine soil and water conservation commission (MSWCC) (1986) Erosion and sediment control for developing areas of Maine ; environmental quality handbook. Department of Environmental Protection, State of Maine, 39 p.

Painchaud, J. (1999) La production porcine et la culture du maïs, impacts potentiels sur la qualité de l'eau. Le naturaliste canadien, hiver 1999, p. 41- 46.

Parent, G. et Pineau, M. (1985) Intégration de quelques critères géomorphologiques et géotechniques dans le processus de planification écologique des milieux urbains et périurbains. Les cahiers du CRAD (Centre de recherche en aménagement et en développement), Université Laval, vol. 9, n° 3, 151 p.

Robitaille, A. et Allard, M. (1996) Guide pratique d'identification des dépôts de surface au Québec. Les publications du Québec, Québec, 109 p

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978) Predicting Rainfall Erosion losses. USDA Agriculture Handbook 537, USDA, Washington D.C., 58 p.