

# Étude en laboratoire du ruissel- l'infiltration de l'eau suite à l'épandage du lisier de porc

G. GANGBAZO<sup>1</sup>, A.R. PESANT<sup>2</sup>, D. CLUIS<sup>1</sup> et D. COUILLARD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRS-Eau, Université du Québec, CP 7500, Ste-Foy, PQ, Canada G1V 4C7; et <sup>2</sup>Agriculture Canada, Station de recherches, C.P. 90, Lennoxville, PQ, Canada J1M 1Z3. Contribution No. 349. Reçu le 4 février 1991; accepté le 22 juillet 1991.

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. *Can. Agric. Eng.* 34:017-025. Le ruissellement et l'infiltration de l'eau à la suite de l'épandage du lisier de porc ont été évalués en simulant des pluies printanières de la région de l'Estrie (sud-est du Québec) sur un loam sablo-argileux Coaticook contenu dans des caissettes ayant 0.26 m<sup>2</sup> de surface. On a utilisé un plan factoriel avec deux facteurs à deux niveaux et deux facteurs à trois niveaux. Ces facteurs (variables indépendantes) sont le taux d'épandage (0, 27,3 et 54,6 m<sup>3</sup> lisier/ha), le mode d'épandage (en surface, par enfouissement à 20 cm de profondeur), le délai entre la journée d'épandage et l'événement de pluie (1, 24, 48h), l'intensité-durée de la pluie (11 mm/h pendant 142 minutes, 22 mm/h pendant 71 minutes). Les variables dépendantes sont le décalage du ruissellement, le volume d'eau de ruissellement et le taux d'infiltration de l'eau dans le sol. Les nombreux effets d'interaction rendent difficile l'interprétation des résultats. L'épandage du lisier de porc à la surface du sol raccourcit le décalage du ruissellement, augmente le volume d'eau de ruissellement et diminue le taux d'infiltration. Le décalage du ruissellement est 10 fois plus court avec l'épandage de la forte dose de lisier (54,6 m<sup>3</sup>/ha) à la surface du sol sous la pluie de 11 mm/h et 5 fois plus court sous la pluie de 22 mm/h. A ce même taux d'épandage, le volume d'eau de ruissellement augmente de 306% alors que le taux d'infiltration diminue de 96%. Lorsque l'intensité de la pluie est doublée et sa durée réduite de moitié, le volume d'eau de ruissellement augmente de 50% dû à l'épandage en surface par rapport à l'enfouissement. Quelque soit le mode d'épandage, l'intensité-durée de la pluie, l'augmentation du délai à 24 ou 48 h diminue le volume d'eau de ruissellement.

Mots clefs: ruissellement, infiltration, lisier de porc, simulation de pluie

Pig manure was applied to a Coaticook clay loam contained in boxes of 0.26 m<sup>2</sup> area and runoff delays, runoff volumes and infiltration rates were evaluated under simulated rainfall at rates typical of those in the Estrie area (southeastern Quebec). The factorial treatment combinations of three rates of manure applications (0, 27.3 and 54.6 m<sup>3</sup>/ha), with and without incorporation; two rainfall intensities (11 mm/h for 142 min and 22 mm/h for 71 min) and three different rainfall delays (1, 24 and 48 h between time of manure application and beginning of each rainfall) were studied. Results showed that surface applications of pig manure decreased runoff delay while increasing runoff volume and lowering infiltration rate. Compared to the runoff delay without any application, runoff delay was one-tenth for a surface application of 54.6 m<sup>3</sup>/ha under the lower rainfall intensity and one-fifth under the highest rainfall intensity. At the same application rate (54.6 m<sup>3</sup>/ha), runoff volume increased by 306% and infiltration rate decreased by 96%. When manure was surface applied, there was a 50% increase of runoff volume under the highest rainfall intensity. Regardless of the method of manure application and the rainfall intensity, the

increase of runoff delay to 24 or 48 h decreased runoff volume.

## INTRODUCTION

L'épandage du lisier sur les sols agricoles crée de sérieux problèmes de pollution de l'eau dans tous les pays où les productions animales sont concentrées sur un territoire restreint (Pagliai et Sequi 1981; André et Dubois de la Sablonnière 1983). La province de Québec ne fait pas exception à cette règle. Au total, les élevages porcins produisent près de 6,0 x 10<sup>6</sup> mètres cubes de lisier par année, soit 25 p.100 de la quantité totale de déjections animales (Thériault 1983). De grandes quantités de lisier de porc doivent être épandues sur les champs très tôt au printemps ou tard à l'automne sans égard aux conditions météorologiques. Le lisier de porc contient en moyenne 95% d'eau et l'épandage de si grandes quantités d'eau sur des champs dénudés ou en pente augmente les risques de ruissellement, si une pluie survient dans les heures qui suivent. Les facteurs qui influent sur le ruissellement et l'infiltration de l'eau pendant une pluie sont bien documentés (Schwab et al. 1981a, 1981b), mais on dispose de très peu de données sur les modifications de ces processus suite à l'épandage du lisier. Pourtant ces informations sont utiles, notamment pour comprendre, modéliser et réglementer le transport d'éléments nutritifs par l'eau de ruissellement ou d'infiltration.

Les processus hydrologiques qui interviennent durant un événement pluvieux sont multiples: on note l'interception par la végétation, l'accumulation dans les dépressions, l'infiltration dans les couches superficielles du sol, l'écoulement hypodermique, la percolation dans les couches profondes du sol, et le ruissellement sur la surface du sol. La pollution générée par l'épandage en surface se manifeste suite à des événements de pluie ou de fonte de neige. Par contre, l'état de la couverture du sol, sa teneur en eau et son contenu en éléments nutritifs avant la pluie sont des facteurs qui déterminent le volume d'eau de ruissellement et la quantité de composés chimiques qui peuvent être transportés vers les cours d'eau (Khaleel 1980; Uhlen 1981; Pagliai et Sequi 1981; Pesant et al. 1986). Le ruissellement dépend grandement de la quantité totale d'eau épandue sur le sol. Comme le lisier de porc contient beaucoup d'eau, les risques de ruissellement sont particulièrement élevés immédiatement après l'épandage, et surtout lorsque de grandes quantités de lisier sont épandues sur le sol pendant une courte période.

La porosité et en particulier la teneur en argile du sol et surtout le colmatage et le durcissement de la surface du sol sont autant de propriétés physiques ou conditions qui déterminent la vulnérabilité d'un sol au ruissellement (Pagliai et Sequi 1981).

L'infiltration de l'eau dans le sol peut être limitée par une restriction de la circulation de l'eau en surface ou dans les couches profondes du sol. L'infiltration de l'eau dépend des caractéristiques physiques du sol, de sa couverture végétale, mais certains autres facteurs comme l'évapotranspiration, l'humidité initiale du sol et l'intensité de la pluie sont aussi cités (Gray et al. 1972). Il a été démontré que la végétation favorise l'infiltration, alors que le sol nu subit un colmatage qui la réduit. Un sol humide réduit ou limite le taux d'infiltration. Cette réduction est due généralement au fait que l'eau gonfle les colloïdes, ce qui réduit l'indice des vides du milieu poreux, et par conséquent la circulation interne de l'eau (Schwab et al. 1981a; Gray et al. 1972). La résistance à la pénétration de l'eau dans le sol peut augmenter par suite du colmatage de surface. Ce colmatage résulte de l'impact des gouttes de pluie qui brisent les agrégats du sol. Les particules fines sont alors lessivées et obstruent les pores. Gray et al. (1972) affirment que ce phénomène survient durant les premières heures d'une précipitation de longue durée.

L'effet du lisier sur le colmatage des pores du sol, et la réduction subséquente du taux d'infiltration sont bien documentés (Hills 1976; Barrington 1985). Davis et Weisheit (1973) ont rapporté des résultats où le taux d'infiltration après percolation du lisier de bovin était 200 fois inférieur à celui obtenu avec de l'eau. La réduction du taux d'infiltration est attribuée surtout au colmatage des pores du sol par les matières en suspension ainsi qu'à la haute viscosité du lisier. DeTar (1979) a montré que le taux d'infiltration ( $I_m$ ) du lisier de bovin diminue selon la teneur en solides ( $S_t$ ) du lisier et répond à l'équation suivante:

$$I_m = 0,009 \cdot I_w^{0,11} \cdot S_t^{-0,67} \quad (1)$$

où  $I_w$  est le taux d'infiltration de l'eau dans le sol en question.

Le but de cette expérience est de déterminer l'effet du taux et du mode d'épandage, du délai entre l'épandage et l'événement de pluie, et de l'intensité-durée de la pluie en condition printanière sur le décalage du ruissellement, le volume d'eau de ruissellement et l'infiltration de l'eau.

## MÉTHODOLOGIE

L'expérience a été réalisée au cours de l'hiver 1988-89, à l'intérieur d'un bâtiment chauffé, à une température moyenne de 10°C. On a utilisé un simulateur de pluie conçu d'après un prototype réalisé par Meyer et McCune (1958), pour étudier l'érosion hydrique du sol. Pour les besoins de ce projet, des buses calibrées pour donner les intensités voulues ont été utilisées. Le simulateur est dimensionné pour couvrir 24 m<sup>2</sup> de pluie artificielle, soit une surface de 4,0 m de largeur par 6,0 m de longueur.

Des caissettes en bois recouvertes à l'intérieur d'une feuille en aluminium et dont les dimensions étaient 30 cm de largeur(l), 88 cm de longueur(L) et 46 cm de profondeur(p) ont été utilisées. Chaque caissette est munie d'une gouttière de 5 cm x 30 cm x 5 cm (lxLxp). La gouttière recueille l'eau de ruissellement et l'évacue par un orifice de 1,5 cm de diamètre. Un autre orifice de même diamètre est pratiqué au fond de

chaque caissette pour évacuer l'eau de drainage. Pendant les simulations, les caissettes sont distribuées au hasard sur une plate-forme en bois ayant 6,0 m de long, 1,0 m de large, et 3% de pente.

La terre franche argileuse de Coaticook a été utilisée pour cette expérience (Tableau I). Ce sol provient de la couche de surface (0-25 cm) d'une prairie qui a été décapée et entreposé à l'abri des intempéries, puis recouvert d'une toile en polyéthylène noir, pour minimiser la perte d'humidité. Le prélèvement de la couche de surface se justifie par le fait qu'en pratique, le lisier est surtout en contact avec la couche arable du sol, qu'il soit épandu en surface ou enfoui dans le sol (Crane et al. 1981). Le sol fut tamisé grossièrement à l'aide d'un tamis dont les mailles ont 1,25 cm de côté, pour le débarrasser des pierres et des débris végétaux. Sa teneur en eau au moment de l'échantillonnage était de 19,8%, soit 5,2% en dessous de la teneur en eau à la capacité au champ.

Tableau I. Caractéristiques du sol utilisé pour fins d'expérience (0-25 cm)

Paramètres	Unités	Valeurs
Granulométrie <sup>(1)</sup>		
-sable	%	43.3
-limon	%	28.0
-argile	%	28.7
Densité apparente <sup>(2)</sup>	Mg·m <sup>-3</sup>	1.2
Teneur en eau	% BS	19.8
Teneur en eau (capacité au champ)	% BS	25.0
Matière organique	% BS	4.1
Carbone organique	% BS	3.1

(1) Sol naturel, non tamisé

(2) Densité au champ; sol non remanié

Les caissettes sont remplies par strates successives: au fond 5 cm de pierres concassées (3-6 mm) préalablement lavées, suivi de quatre strates successives de 10 cm de sol compacte chacune à une densité apparente de 1,2 Mg·m<sup>-3</sup>, soit la densité naturelle du sol non remanié. Lorsque la pluie doit être simulée 24 ou 48 h après l'épandage, les caissettes sont recouvertes d'une toile en polyéthylène, pour éviter un assèchement excessif du sol.

Le lisier frais (95% d'eau et 5% de matières solides) provient d'une ferme porcine d'engraissement. Prélevé dans la préfosse attenante à la porcherie après homogénéisation du contenu, il a été pompé dans des réservoirs de 200 L et entreposé à une température de l'ordre de 5°C. L'enfouissement du lisier consiste à l'épandre au dessus des deux premières strates de sol préalablement compactées avant de poursuivre le remplissage des caissettes. Cette méthode simule le retournement du lisier appliqué en surface pour un labour de 20 cm.

Le dispositif expérimental est de type factoriel avec quatre variables indépendantes (deux à trois niveaux et deux à deux niveaux) et trois répétitions, ce qui nécessita 108 caissettes. Les conditions choisies pour l'expérience (variables indépendantes) sont celles qui ont souvent été citées dans la littérature comme ayant un effet sur la pollution de l'eau de ruissellement suite à l'épandage du lisier sur le sol (Ross et al. 1979; Wes-

terman et Overcash 1981; Bottom et al. 1983). Ces variables indépendantes sont:

- 1) le taux d'épandage: T0=0, T1=27,3, T2=54,6 m<sup>3</sup>/ha sur sol nu; pour la superficie efficace des caissettes (0,26 m<sup>2</sup>), ces taux d'épandage correspondent respectivement à 0, 0,71 et 1,42 L de lisier;
- 2) le délai entre l'épandage et l'événement de pluie: D0=1, D1=24, D2=48 heures;
- 3) le mode d'épandage: M1=épandage en surface; M2=enfouissement à 20 cm de profondeur;
- 4) l'intensité-durée de la pluie: C1=11 mm/h pendant 142 min et C2=22 mm/h pendant 71 min, pour une hauteur de pluie égale à 26 mm, soit 6,76 litres d'eau dans chaque cas. Cette hauteur de pluie correspond à une précipitation qui survient à tous les 5 ans dans la région du sud-est du Québec, pour la période visée par l'étude, soit entre le 15 avril et le 15 mai. Durant cette période on procède généralement à la préparation du sol, aux épandages du printemps et au semis. Au cours de cette période, la température moyenne est de l'ordre de 8°C, les champs destinés à la culture du maïs sont nus, la végétation éparsée ou nulle, les pluies fréquentes. Ces conditions accentuent les risques de ruissellement. L'évapotranspiration potentielle est relativement faible, soit 50 mm/mois en moyenne, comparé à un maximum de 127 mm en juillet (Ministère de l'Environnement du Québec 1984).

Les variables dépendantes mesurées ont été:

- 1) le décalage du ruissellement, DCRUIS, c'est-à-dire, le temps écoulé entre le début de la pluie et le début du ruissellement;
  - 2) le volume d'eau de ruissellement, VLRUIS;
  - 3) le taux d'infiltration de l'eau dans le sol, TINFL.
- Pour les variables indépendantes (le taux d'épandage, le

délai, le mode d'épandage et l'intensité - durée) les composantes linéaires et quadratiques (courbes à 3 points) ont été testées par comparaison orthogonales. Au niveau de l'interprétation des figures, lorsque les composantes quadratiques sont significatives, la pente de la courbe n'est pas la même pour les deux intervalles en question (point 1 à point 2 et point 2 à point 3).

La procédure GLM de SAS PC 6,03 (SAS 1988) a été utilisée pour analyser l'effet des variables indépendantes et celui de leurs interactions sur les variables dépendantes.

## RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### Décalage du ruissellement

Les effets principaux des variables indépendantes sur le décalage du ruissellement sont tous significatifs à l'exception de celui du délai. De même, plusieurs interactions sont significatives à savoir TxM, TxC, MxC et TxMxC (Tableau II).

Sous l'une ou l'autre des pluies simulées, l'effet du taux d'épandage n'est pas significatif lorsque le lisier est enfoui dans le sol. Le décalage est de 75 min quel que soit le taux d'épandage pour la pluie C1 et de 21 min quel que soit le taux d'épandage pour la pluie C2 (Fig. 1). Il s'en suit que l'enfouissement du lisier dans le sol n'a pas d'effet significatif sur le décalage du ruissellement. En effet, la méthode d'enfouissement n'apporte aucune modification aux conditions de la surface du sol, comparée au témoin. Par contre, l'épandage du lisier à la surface du sol diminue le décalage du ruissellement. En effet, lorsque le lisier est épandu à la surface du sol, l'effet du taux d'épandage est quadratique sous la pluie C1: le décalage diminue avec l'augmentation du taux d'épandage, passant de 90 min à 20 puis 10 min lorsque le taux d'épandage augmente de 0 à 27,3 et 54,6 m<sup>3</sup>/ha (Fig. 1a). L'effet du taux d'épandage est linéaire sous la pluie C2: le décalage passe de

Tableau II. Analyse de variance des effets des sources de variation: taux(T), mode(M), délai(D), intensité(C) sur les variables dépendantes: décalage(DCRUIS), volume(VLRUIS), taux d'infiltration(TINFL). Rapport F.

Sources de variation	dl <sup>(1)</sup>	DCRUIS	VLRUIS	TINFL
T	2	31.00**	180.85**	211.73**
M	1	45.95**	567.59**	560.18**
D	2	2.86 <sup>NS</sup>	37.64**	23.95**
C	1	197.80**	76.74**	147.21**
TxM	2	39.43**	156.84**	169.28**
TxD	4	0.42 <sup>NS</sup>	2.71*	1.47 <sup>NS</sup>
TxC	2	9.11**	6.23**	7.85**
MxD	2	0.80 <sup>NS</sup>	0.95 <sup>NS</sup>	12.35**
MxC	1	33.06**	68.90**	0.00 <sup>NS</sup>
DxC	2	0.23 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>	8.11**
TxMxD	4	1.70 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>
TxMxC	2	12.30**	0.47 <sup>NS</sup>	8.08**
TxDxC	4	0.19 <sup>NS</sup>	5.71**	5.84**
MxDxC	2	2.57 <sup>NS</sup>	9.55**	7.65**
TxMxDxC	4	1.36 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>
Erreur	72			

\*sign. au seuil de 5%; \*\*sign. au seuil de 1%; <sup>NS</sup> non significatif.

<sup>(1)</sup> Degré de liberté.

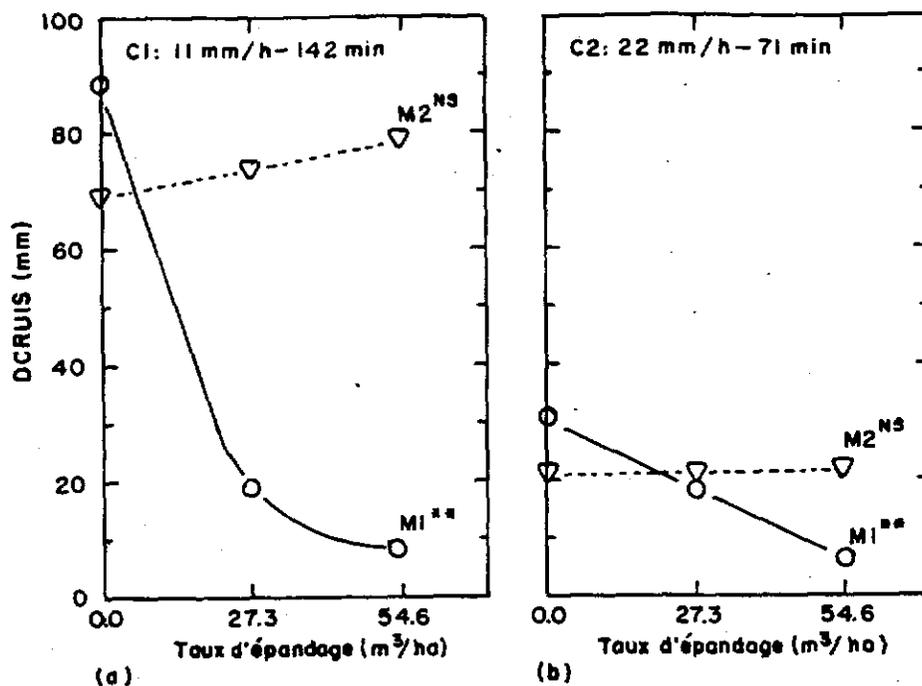


Fig. 1. Effet du taux d'épandage sur le décalage du ruissellement, DCRUIS. Interaction T(Mx C). \*\* significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

30 à 21 et 6 min pour les trois taux d'épandage (Fig. 1b). Il s'en suit que sous la pluie C1, T1 et T2 diminuent le décalage du ruissellement de 4 et 10 fois par rapport à T0. Sous la pluie C2, la diminution est de 1,5 et 5 fois par rapport à T0. La diminution du décalage par l'épandage du lisier à la surface du sol s'explique par la saturation de la couche superficielle du sol par le lisier à cause de sa forte teneur en eau, ce qui confirme les suggestions de Pagliai et Sequi (1981). On remarque que les valeurs de la diminution du décalage du ruissellement observées sous C2 sont environ 2 fois plus faibles que celles observées sous C1 pour un taux d'épandage donné. Ceci s'explique par la différence entre les intensités des deux pluies, C2 étant deux fois plus élevée que C1.

#### Volume d'eau de ruissellement

Les effets principaux de toutes les variables indépendantes sont significatifs de même que ceux des interactions TxM, Tx D, Tx C, Mx C, Tx D x C et Mx D x C (Tableau II).

**Interaction T(M):** Le taux d'épandage n'a pas d'effet significatif sur le volume d'eau de ruissellement lorsque le lisier est enfoui dans le sol. Le volume moyen d'eau de ruissellement s'est chiffré à 2,15 L, quel que soit le taux d'épandage. Par contre, lorsque le lisier est épandu à la surface du sol, le volume d'eau de ruissellement augmente de façon quadratique, passant de 2,2 à 5,5 et 6,3 L lorsque les taux d'épandage augmentent de 0, à 27,3 et 54,6 m³/ha respectivement (Fig. 2). L'augmentation est de 150% entre T0 et T1 et de 14% entre T1 et T2. Si on tient compte de la teneur en eau initiale du lisier au moment de l'épandage, on peut affirmer que le volume d'eau de ruissellement occasionné par T0, T1 et T2 équivaut à 32, 74 et 78% du volume total de liquide (lisier et pluie) épandu à la surface du sol. Cette observation confirme aussi les suggestions de Pagliai et Sequi (1981), à l'effet que le ruissellement dépend en grande partie de la quantité totale d'eau épandue à la surface du sol. On remarque en effet, que

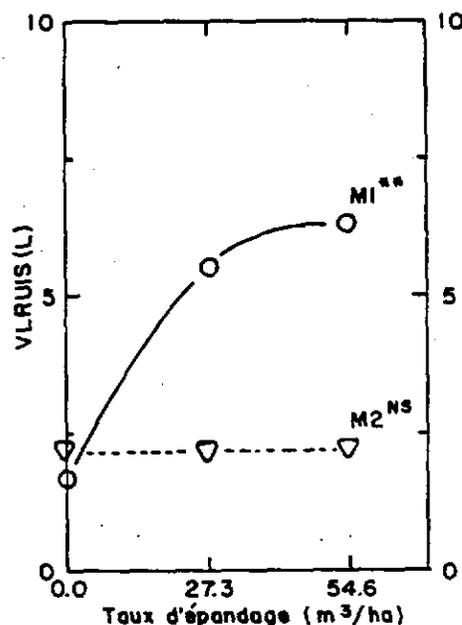


Fig. 2. Effet du taux d'épandage sur le volume d'eau de ruissellement, VLRUIS. Interaction T(M). \*\* significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

plus cette quantité est élevée, plus le volume d'eau de ruissellement est élevé.

**Interaction T(DxC):** L'effet du taux d'épandage est significatif quel que soit l'intensité et le délai utilisés. Le volume d'eau de ruissellement augmente dans tous les cas (Fig. 3). Sous la pluie C1 simulée dans un délai de 1 h ou 48 h après l'épandage, l'effet du taux d'épandage est linéaire. Dans le premier cas, le volume d'eau de ruissellement augmente de 2,3 à 4,5 L et dans le deuxième cas, de 1,4 à 3,6 L pour les taux

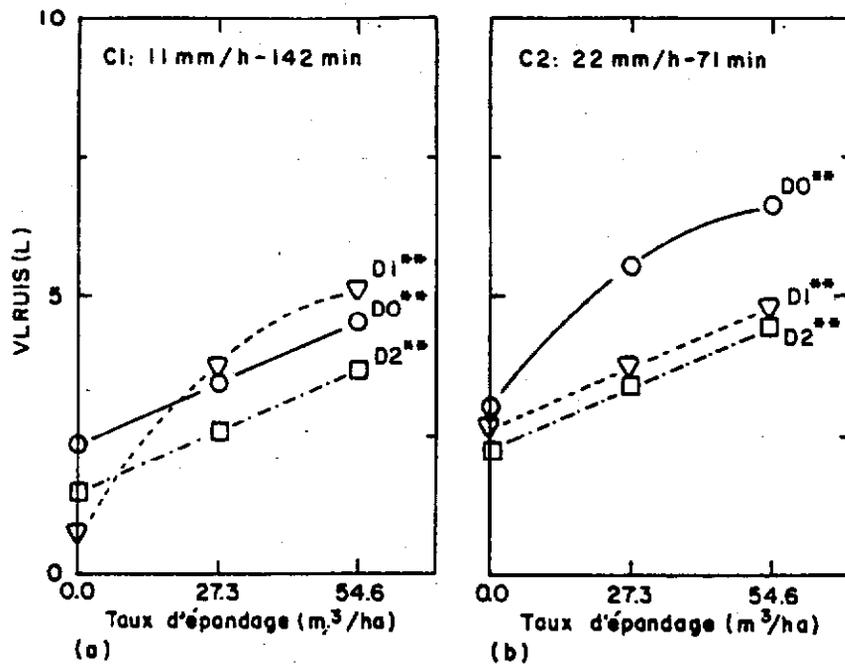


Fig. 3. Effet du taux d'épandage sur le volume d'eau de ruissellement, VLRUIS. Interaction T(DxC).  
significatif au seuil de 1%, NS non significatif.

d'épandage 0 et 54,6 m<sup>3</sup>/ha respectivement. Par contre, lorsque la pluie est simulée 24 h après l'épandage, l'effet du taux d'épandage devient quadratique: le volume d'eau de ruissellement augmente de 0,7 à 3,7 et 5,0 L pour les trois taux d'épandage T0, T1 et T2 (Fig. 3a). Sous la pluie C2 simulée dans un délai d'une heure après l'épandage, l'effet du taux d'épandage est quadratique: le volume d'eau de ruissellement augmente de 3,0 à 5,6 et 6,6 L. Sous la même pluie simulée par contre 24 ou 48 h après l'épandage, l'effet du taux d'épandage est linéaire: les volumes d'eau de ruissellement sont inférieurs à ceux obtenus pour un délai de 1 h (Fig. 3b).

**Interaction C(MxD):** L'effet de l'intensité de la pluie n'est pas significatif quel que soit le délai, lorsque le lisier est épandu à la surface du sol, ce qui n'est pas le cas pour l'enfouissement. Lorsque la pluie est simulée dans un délai d'une heure après l'épandage en surface, le volume d'eau de ruissellement est identique (5,1 L) quel que soit l'intensité de la pluie (Fig. 4a). Par contre, pour l'enfouissement, la pluie C2 occasionne près de deux fois plus d'eau de ruissellement (3,6 L) que la pluie C1 (1,9 L). Lorsque la pluie est simulée 24 ou 48 h après l'épandage en surface, les volumes d'eau de ruissellement sont de 4,25 et 4,60 L quel que soit l'intensité de la pluie (Figs 4b et 4c). Après l'enfouissement, C2 occasionne plus de 5 fois plus d'eau de ruissellement que C1 dans un délai de 24 h comparativement à 2 fois plus dans un délai de 48 h.

Il n'y a donc pas de différence significative entre les effets des deux pluies sur le volume d'eau de ruissellement lorsque le lisier est épandu à la surface du sol, alors qu'on aurait pu s'attendre à ce que le volume d'eau provoqué par la pluie C2, dont l'intensité est la plus élevée, soit plus élevée que celui provoqué par la pluie C1 dont l'intensité est la plus faible, comme c'est le cas pour l'enfouissement (Fig. 4). Ce résultat est attribuable à la saturation de la couche superficielle du sol, si bien que quel que soit l'intensité de la pluie, la proportion de l'eau qui contribue au ruissellement est la même, même si

sous C1, le ruissellement débute après 90 min comparé à 30 min sous C2 (Fig. 1). Il en résulte que le temps de contact de l'eau de ruissellement avec la surface du sol est plus élevé sous C1 où il est de 52 min que sous C2 où il est de 40 min. Puisque durant une pluie, la zone d'interaction entre l'eau de ruissellement et le sol n'est que de quelques millimètres (Ingram et Woolhiser 1980; Sharpley et al. 1981), le fait que le temps de contact soit plus élevé sous C1 que sous C2 (les deux pluies ayant la même hauteur), peut avoir une certaine influence sur le transport de certains éléments nutritifs dans l'eau de ruissellement. L'étude de l'effet du délai sur le volume d'eau de ruissellement (Fig. 5) montre que l'augmentation du délai de 1 à 24 et 48 h a eu pour effet de réduire le volume d'eau de ruissellement, peu importe le mode d'épandage et l'intensité de la pluie. Les tendances sont quadratiques dans la plupart des cas. Le volume d'eau de ruissellement diminue entre les délais de 1 et 24 h, puis augmente entre 24 et 48 h. Pour l'enfouissement, la réduction du volume d'eau de ruissellement entre 1 et 24 h est de 67% sous C1. Cette réduction s'explique par une diminution de la teneur en eau de la couche superficielle du sol, favorisant l'infiltration de l'eau. Pour l'épandage à la surface du sol, la réduction du volume d'eau de ruissellement entre 1 h et 24 h sous C1 est de 17% sous C1; elle est probablement due à l'effet combiné de ressuyage de la couche superficielle du sol et de l'augmentation de la rugosité de la surface du sol provoquée par la sécheresse des particules solides du lisier à la surface du sol, favorisant par conséquent l'infiltration de l'eau dans le sol. L'augmentation du volume d'eau de ruissellement après 24h est probablement due à une erreur expérimentale.

#### Taux d'infiltration

Les effets principaux de tous les facteurs sont significatifs de même que les interactions TxM, TxC, MxD, DxC, TxMxC, TxDxC et MxDxC (Tableau II).

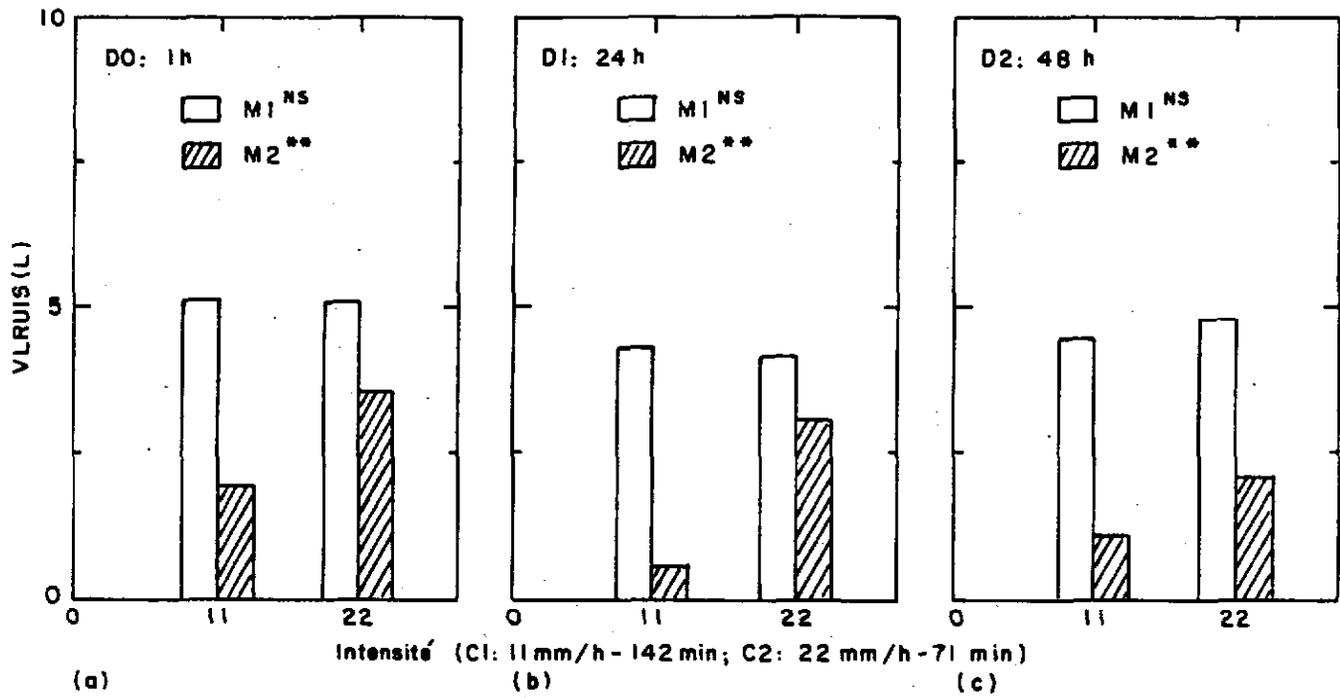


Fig. 4. Effet de la pluie sur le volume d'eau de ruissellement, VLRUIS. Interaction C(MxD). \*\* significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

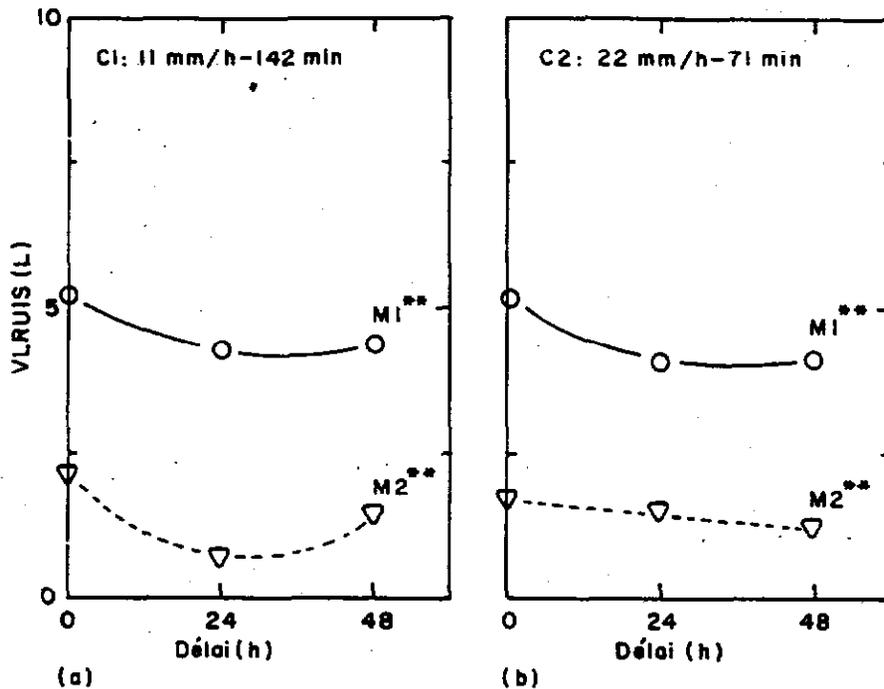


Fig. 5. Effet du délai le volume d'eau de ruissellement, VLRUIS. Interaction D(MxC). \*\* significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

**Interaction T(MxC):** L'effet du taux d'épandage n'est pas significatif lorsque le lisier est enfoui dans le sol. Sous la pluie C1, le taux d'infiltration est de 9,0 mm/h (Fig. 6a), alors qu'il est de 12,0 mm/h sous la pluie C2 (Fig. 6b). Par contre, lorsque le lisier est épandu à la surface du sol, l'effet du taux d'épan-

dage est quadratique: le taux d'infiltration diminue à mesure que le taux d'épandage augmente. Sous la pluie C1, le taux d'infiltration passe de 8,9 à 1,9 et 0,05 mm/h (Fig. 6a) alors que sous C2, les valeurs sont 14,6, 3,9 et 1,2 mm/h pour les trois taux d'épandage (Fig. 6b). Cette diminution résulte de

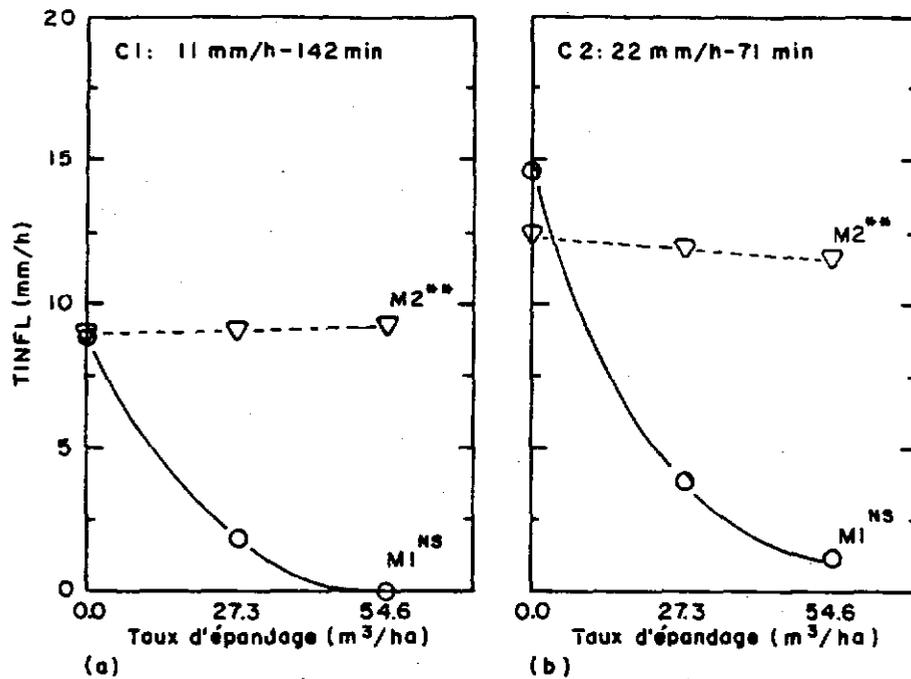


Fig. 6. Effet du taux d'épandage sur le taux d'infiltration, TINFL. Interaction T(MxC).  
significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

l'augmentation du volume d'eau de ruissellement (voir Fig. 2). Sous la pluie C1, T1 et T2 réduisent en effet le taux d'infiltration de 5 et 180 fois par rapport à T0. Par rapport à T1, T2 diminue le taux d'infiltration d'un facteur de 40. Sous C2, T1 et T2 diminuent le taux d'infiltration de 4 et 12 fois par rapport à T0, et T2 le diminue d'un facteur de 3 par rapport à T1.

**Interaction T(DxC):** Quel que soit le délai entre l'épandage et l'événement de pluie, l'effet du taux d'épandage sur le taux d'infiltration est significatif. Dans tous les cas, le taux d'infiltration diminue lorsque le taux d'épandage augmente. L'effet observé est linéaire ou quadratique selon le cas (Fig. 7). Lorsque la pluie C1 est simulée dans l'heure qui suit l'épandage, le taux d'infiltration subit une réduction linéaire de 7,1 à 3,4 mm/h entre T0 et T2. Dans les mêmes circonstances, sous la pluie C2, le taux d'infiltration diminue de façon quadratique, passant de 12,5 mm/h pour T0 à 5,0 pour T1 et T2 (Fig. 7a). A l'occasion d'un délai de 24 h, le taux d'infiltration sous C1 diminue de façon quadratique de 9,6 à 4,0 et 2,7 mm/h pour T0, T1 et T2 respectivement. Dans les mêmes conditions de délai, le taux d'infiltration sous C2 diminue linéairement de 12,7 à 5,8 mm/h entre T0 et T2 (Fig. 7b). Lorsque le délai est de 48 h, l'effet est linéaire sous les deux pluies. Le taux d'infiltration sous la pluie C1 diminue de 8,8 à 5,0 mm/h entre T0 et T2. Parallèlement, sous C2, les valeurs sont 14,6 et 7,5 mm/h pour les deux taux d'épandage respectivement (Fig. 7c).

**Interaction D(MxC):** L'effet du délai n'est pas significatif lorsque le lisier est épandu à la surface du sol. Ce résultat contredit celui obtenu avec le volume d'eau de ruissellement où l'effet du délai est significatif (Fig. 5). Les causes de cette différence sont difficiles à expliquer. Par contre, lorsque le lisier est enfoui dans le sol, l'effet est quadratique sous la pluie C1 et linéaire sous la pluie C2; (Fig. 8). Sous C1, le taux d'infiltration est de 3,4 mm/h quel que soit le délai, si le lisier est épandu à la surface du sol (Fig. 8a). Par contre, si le lisier

est enfoui dans le sol, le taux d'infiltration augmente de 50,6% avec l'augmentation du délai. Quel que soit le délai lorsque le lisier est épandu en surface, la forte pluie (C2) n'a aucun effet significatif sur le taux d'infiltration. Par contre, si le lisier est enfoui dans le sol, le taux d'infiltration augmente avec l'augmentation du délai, passant de 9,2 à 11,8 et 14,4 mm/h (Fig. 8b).

## CONCLUSIONS

Les résultats obtenus dans cette étude peuvent différer de ceux d'une parcelle naturelle ou d'un champ. En effet, la taille limitée des caissettes peut laisser supposer l'existence d'un certain effet de bord non négligeable. De plus, l'utilisation d'un sol remanié, et la compaction de celui-ci, tout en respectant la densité naturelle du sol, modifie l'état physique de la surface du sol, à savoir la rugosité, la porosité et la dimension des pores. Néanmoins, ces résultats donnent une idée de l'ordre de grandeur des modifications possibles des processus hydrologiques responsables du transport d'éléments nutritifs dans l'eau de ruissellement et d'infiltration.

L'épandage du lisier de porc à la surface du sol modifie donc considérablement le ruissellement et l'infiltration. Ces modifications sont mises en évidence par:

- 1) la précocité du ruissellement: l'épandage de 27,3 ou 54,6 m<sup>3</sup> lisier/ha à surface du sol diminue le décalage du ruissellement de 4 et 10 fois par rapport au témoin sous une pluie de 11 mm/h durant 142 minutes, et de 1,5 et 5 fois par rapport au témoin sous une pluie de 22 mm/h durant 71 minutes.
- 2) l'augmentation du volume d'eau de ruissellement: l'épandage de 27,3 m<sup>3</sup> lisier/ha à la surface du sol augmente le volume d'eau de ruissellement de 150% par rapport au témoin. Doubler le taux d'épandage du lisier à 54,6 m<sup>3</sup>/ha n'a que peu d'effet par rapport au taux précédent, car

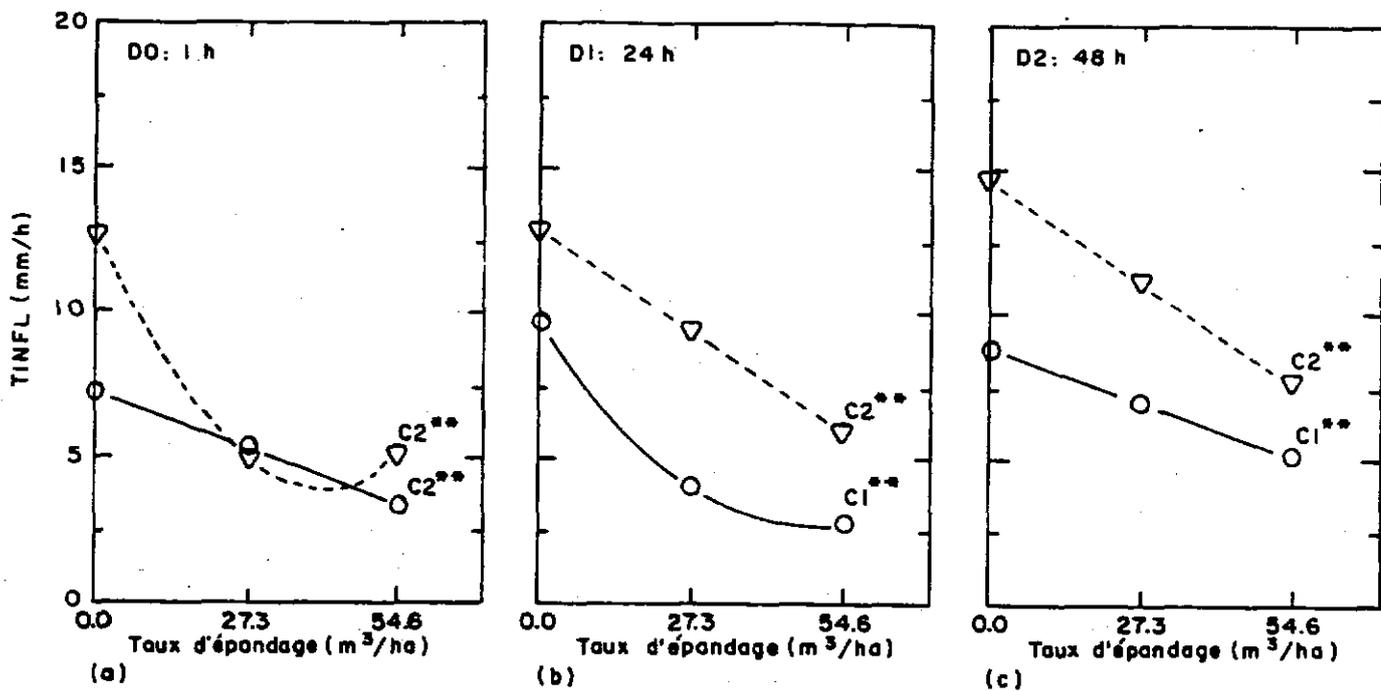


Fig. 7. Effet du taux d'épandage sur le taux d'infiltration, TINFL. Interaction T(DxC).  
 \*\* significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

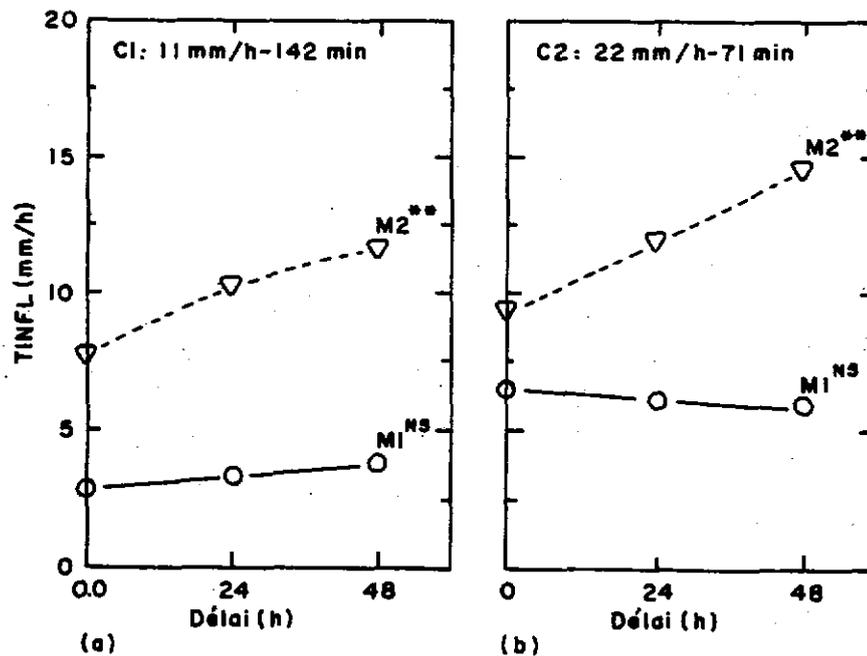


Fig. 8. Effet du délai sur le taux d'infiltration, TINFL. Interaction D(MxC).  
 \*\* significatif au seuil de 1%; NS non significatif.

l'augmentation additionnelle du volume d'eau de ruissellement est de 14%. De plus, à cause de la saturation de la couche superficielle du sol par le lisier, la proportion de la pluie qui contribue au ruissellement est la même, quelle que soit l'intensité-durée de la pluie.

3) la diminution du taux d'infiltration: l'épandage de 27,3 ou 54,6 m<sup>3</sup> lisier/ha à la surface du sol diminue le taux d'infiltration de 5 et 180 fois par rapport au témoin sous une pluie de 11 mm/h durant 142 minutes, et de 4 et 12 fois par

rapport au témoin sous une pluie de 22 mm/h durant 71 minutes.

La précocité du ruissellement, l'augmentation du volume d'eau de ruissellement et la diminution du taux d'infiltration sont très marquées surtout dans la première heure qui suit l'épandage. Elles sont attribuables à la forte teneur en eau de lisier de porc, qui sature la couche superficielle du sol. Le colmatage de la surface du sol par les particules solides contenues dans le lisier est négligeable. L'effet dû à la sécheresse de

ces matières solides à la surface du sol, augmentant la rugosité de la surface du sol et favorisant l'infiltration de l'eau, d'où la diminution du volume d'eau de ruissellement a été démontré comme une des causes des modifications observées, surtout lorsque le délai entre l'épandage et l'événement de pluie est de 24 h.

#### RÉFÉRENCES

- André, P., et F. Dubois de la Sablonnière. 1983. Elevage intensif et qualité des eaux souterraines dans un département Breton. *Techniques Sciences et Méthodes* 5: 251-258.
- Barrington, S.T. 1985. The sealing of soils by manure. Unpublished Ph.D. thesis, Department of Agricultural Engineering, McGill University, Montreal, PQ.
- Bottom, J.D., J.L. Taraba and I.J. Ross. 1983. Quality of runoff as function of time delay between manure application and rainfall event. Paper No. 83-2614. St. Joseph, MI: ASAE.
- Crane, S.R., P.W. Westerman and M.R. Overcash. 1981. Short-term chemical transformations following land application of poultry manure. *Transactions of the ASAE* 24(2):382-390.
- Davis, S. and H. Weisheit. 1973. Dairy waste ponds effectively self-sealing. *Transactions of the ASAE* 16(1):69-71.
- DeTar, W.R. 1979. Infiltration of liquid manure into soil. *Transactions of the ASAE* 22(3):520-528,531.
- Gray, D.M., D.I. Norum and J.M. Wigham. 1972. Infiltration et physique de l'écoulement de l'eau en milieu poreux. In *Manuel des principes d'hydrologie*, ed. D.M. Gray, 5.1-5.58. Ottawa, ON: Canadian National Research Council.
- Hills, D.J. 1976. Infiltration characteristics from anaerobic lagoons. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 48(4):695.
- Ingram, J.J. and D.A. Woolhiser. 1980. Chemical transfer into overland flow. In *Proceedings of the American Society of Civil Engineers Symposium on Watershed Management*, 40-53. New York, NY: ASCE.
- Khaleel, R. 1980. Hydrologic processes affecting nonpoint source pollution from agricultural lands. In *Environmental Impact of Nonpoint Source Pollution*, eds. M.R. Overcash, and J.M. Davidson, 375-396. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers, Inc.
- Meyer, L.D. and D.L. McCune. 1958. Rainfall simulation for runoff plots. *Agricultural Engineering* 39:644-648.
- Ministère de l'Environnement du Québec. 1984. Statistiques annuelles et mensuelles - Station de Lennoxville. Service de la météorologie, Sainte-Foy, PQ.
- Pagliai, M. and P. Sequi. 1981. The influence of applications of slurries on soil properties related to run-off: Experimental approach in Italy. In *Nitrogen Losses and Surface Run-off from Landspreading of Manures*, ed. J.C. Brogan, 45-65. London, England: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.
- Pesant, A.R., J.L. Dionne et M.R. Laverdière. 1986. Effect of fall manure application and plowing on surface runoff during the growing season of corn. In *Volume IV of the International Society of Soil Science*, 1595. Hambourg, Germany: ISSS.
- Ross, I.J., S. Sizemore, J.P. Bowden and C.T. Haan. 1979. Quality of runoff from land receiving surface application and injection of liquid dairy manure. *Transactions of the ASAE* 22(5):1058-1062.
- SAS. 1988. *SAS/STAT User's Guide; Release 6.03*. Cary, NC: SAS Institute, Inc.
- Sharpley, A.N., L.R. Ahuja and R.G. Menzel. 1981. The release of soil phosphorus to runoff in relation to the kinetics of desorption. *Journal of Environmental Quality* 10(2):386-391.
- Schwab, G.O., R.K. Frevert, T.W. Edminster and K.K. Barnes. 1981a. Infiltration, evapotranspiration and transpiration. In *Soil and Water Conservation Engineering*, 3rd ed., 49-67. New York, NY: John Wiley and Sons Inc.
- Schwab, G.O., R.K. Frevert, T.W. Edminster and K.K. Barnes. 1981b. Runoff. In *Soil and Water Conservation Engineering*, 3rd ed., 68-91. New York, NY: John Wiley and Sons Inc.
- Thériault, J. 1983. Inventaire du cheptel québécois. In *Manuel de gestion agricole des fumiers*, 21-24. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec, PQ.
- Uhlen, G. 1981. Surface run-off and the use of farm manure. In *Nitrogen Losses and Surface Run-off from Landspreading of Manures*, ed. J.C. Brogan, 34-43. London, England: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.
- Westerman, P.W. and M.R. Overcash. 1981. Short-term attenuation of runoff potential of land-applied swine and poultry manure. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Wastes/1980*, 289-292. St. Joseph, MI: ASAE.