



Echantillonnage et méthodes d'évaluation de la composition des lisiers de porcs

Pascal Levasseur

Au moment des épandages, il est important de bien connaître la composition du lisier. La plupart des études (Bassez, 1990; Bertrand, 1990; Beudet, 1996) recommandent de n'utiliser des valeurs moyennes qu'en dernier recours, l'analyse du lisier pour chaque élevage semble de loin préférable si l'on veut optimiser la fertilisation. Plusieurs techniques sont disponibles, toutes n'ont pas la même fiabilité, la même rapidité et le même coût. Chacune d'entre elle pourra répondre à des objectifs différents. Une analyse fiable sera cependant inutile si la technique d'échantillonnage n'est pas également réalisée dans des conditions rigoureuses.

Cet article fait le point sur les principales techniques d'échantillonnage et les différentes méthodes d'évaluation de la composition des lisiers de porc. Etant donné la constitution hétérogène d'un lisier au stockage, beaucoup de rigueur doit être mise en oeuvre pour l'échantillonnage. Il peut s'effectuer dans la fosse de stockage à l'aide d'une sonde à prélèvement. Le carottage doit avoir lieu sur toute la hauteur de la fosse ou sur différentes strates équidistantes. Certains auteurs recommandent plutôt un échantillonnage dans la tonne à lisier au moment de l'épandage, pour avoir un échantillon plus représentatif du lisier épandu. En ce qui concerne l'estimation de la composition du lisier, les méthodes vont des plus simples, avec l'utilisation de densimètre, Quantofix, Agro-lisier, aux plus précises, mais aussi les plus coûteuses, telles que les analyses de laboratoire. Chacune de ces techniques peuvent répondre à différentes priorités: degré de fiabilité, rapidité des résultats, analyse simple ou complète... Depuis quelques années nous assistons au développement de logiciels et de modèles mathématiques. Selon leur degré de complexité, ils permettent de simuler le niveau des rejets, le volume et la concentration des effluents en fonction des spécificités de l'élevage.

Résumé

L'échantillonnage

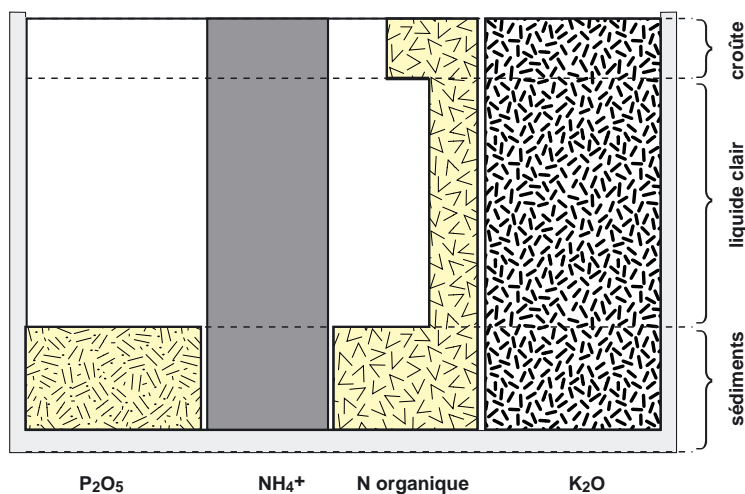
En cours de stockage, le lisier sédimente, il se forme des strates. On observe au fond de la fosse de stockage, une fraction à caractère organique marqué, correspondant aux sédiments.

Cette fraction contient l'azote organique et le phosphore. Une fraction liquide contenant les éléments minéraux solubles, l'azote ammoniacal, le potassium. Une croûte formée par les matières cellulosiques qui remontent à la surface et se dessèchent (figure 1).

Certains éléments très solubles dans l'eau tel que le potassium sont indépendants de la matière sèche, ils sont bien répartis dans le lisier et leur échantillonnage ne présentera pas de difficulté. Par contre l'homogénéisation des strates est souhaitable pour l'échantillonnage des éléments



Figure 1
Sédimentation normale du lisier en fosse de stockage



liés à la matière sèche (phosphore, azote organique). Un brassage efficace n'est réalisable que dans des fosses de faibles volumes. Dans tous les cas, l'agitation ne doit pas être trop prolongée afin d'éviter des pertes d'azote ammoniacal par dégazage. En l'absence de malaxeur ou pour de grands volumes de lisier, il faut pratiquer des carottages de lisier. Bernard (1994) recommande d'effectuer plusieurs prélèvements sur 3 à 5 strates équidistantes, selon la hauteur de lisier et le degré de précision souhaité. L'échantillon final sera constitué par le mélange d'un même volume de ces 3 à 5 échantillons initiaux. Dans un objectif de recherche où il est demandé une plus grande précision, cette opération peut être renouvelée sur plusieurs sites. Toutefois, l'auteur précise que pour une fosse de stockage à parois verticales, les prélèvements peuvent être réalisés près du mur du réservoir car il ne semble pas qu'il y ait de stratification du bord vers le centre. Cette technique d'échantillonnage à l'entreposage présente l'avantage de pouvoir disposer des résultats avant la période

d'épandage mais nécessite l'usage d'une sonde à prélèvement.

Pour disposer d'un échantillon plus représentatif du lisier épanché, Beudet (1996) recommande de prélever les échantillons à l'épandage plutôt qu'à l'entreposage. Comme la teneur en matières sèches du lisier évolue en cours de vidange de la fosse de stockage (Van Der Hoek, 1977), il est préférable de prendre un échantillon composite à partir de l'épandeur au cours du premier, du second et du dernier tiers de vidange de la fosse de stockage. Les différents prélèvements sont ensuite regroupés et brassés avant d'être analysés.

Le densimètre

L'utilisation d'un densimètre étalonné de 1000 à 1060 g/l permet d'avoir une bonne estimation de la matière sèche du lisier et de ses principaux éléments fertilisants (Bertrand et Arroyo, 1984, Kjellerup, 1985, Tunney et Bertrand, 1989, Piccinini et Bortone, 1991). En France, la méthode a été mise au point par

le CEMAGREF (Bertrand et Arroyo, 1984). Selon les auteurs, les coefficients de corrélation varient de 0,72 à 0,99 (généralement au dessus de 0,90) pour la matière sèche. Tunney et Bertrand (1989) donne l'équation moyenne $D = 1 + 0,0041 \times \% MS$. La lecture est à corriger en fonction de la température (Bertrand, 1985). Un lisier à 7,5 % de matière sèche à 15 °C donnera comme lecture une valeur de 7,0 % à 10°C et une valeur de 8,0 % à 20°C. Cette correction est d'autant plus importante que lors d'un stockage sous les animaux, le lisier peut atteindre 25 °C.

Pour les éléments fertilisants, la précision est moyenne pour l'azote totale et P_2O_5 et plutôt médiocre pour les éléments solubles K_2O et NH_4^+ car ces éléments sont peu liés à la matière sèche. Cependant, la plupart des tables de correspondance (cf annexe) datent d'une dizaine d'année, voire davantage. L'évolution des techniques d'élevage ont pu modifier le rapport entre le taux de matière sèche et la composition du lisier en N, P et K. Dumortier et al. (1996) a constaté que les valeurs obtenues par densimétrie étaient peu différentes ou légèrement inférieures pour la matière sèche et l'azote total et généralement surévaluées de 30 % pour le P_2O_5 . Il serait donc intéressant de réactualiser les correspondances.

A la mise en œuvre du densimètre, l'échantillonnage du lisier doit s'effectuer tel que décrit précédemment et versé dans un récipient profond. Une fois le densimètre stabilisé, la lecture de la densité doit s'effectuer en moins d'une minute car le lisier sédimente rapidement. Si le lisier



est très dense, supérieur à 7-8 % de matière sèche, une dilution de moitié est nécessaire pour réaliser une lecture plus fiable. De nombreux fournisseurs de matériels de laboratoire (Prolabo, Bioblock Scientific ...) proposent des densimètres adaptables aux lisiers pour un prix approximatif de 200 FHT.

Il est probable que le principe de la densimétrie puisse être utilisé pour une gestion automatique des épandages de lisier. Le Centre de Recherche Industriel du Québec (CRIQ) a conçu un prototype d'équipement constitué d'un densimètre électronique et d'un moniteur de dose adaptable à n'importe quel type d'épandeur et tracteur. Ce densimètre, de type nucléo-densimètre, est composé d'une sonde nucléaire à rayonnement gamma. Il mesure la concentration du lisier quelques secondes après la fin du

remplissage de l'épandeur et le moniteur, programmé par informatique, indique en instantané la dose de lisier à épandre selon la vitesse de rotation de la prise de force et la vitesse d'avancement du tracteur (BPR, 1995).

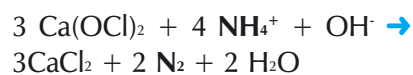
L'analyse rapide de l'azote

Agros, Agro-lisier[®], Quantofix

L'utilisation de ces appareils permettent de mesurer rapidement l'azote ammoniacal des lisiers. Le principe de fonctionnement de ces appareils est le suivant : le mélange d'hypochlorite de sodium (Quantofix) ou d'hypochlorite de calcium (Agros, Agro-lisier[®]) à du lisier de porc, ou tout autre type de déjections animales, provoque un dégagement

d'azote gazeux (N₂), dû à l'oxydation de l'ammoniac. Dans un espace clos, la pression de ce gaz est proportionnelle à la quantité d'ammoniac présent au départ. Elle actionne un manomètre (Agro-lisier[®]) ou déplace un volume d'eau (Quantofix, figure 2). Ces appareils sont directement étalonnés en concentration d'azote ammoniacal (kg/m³).

Réaction chimique avec de l'hypochlorite de calcium :

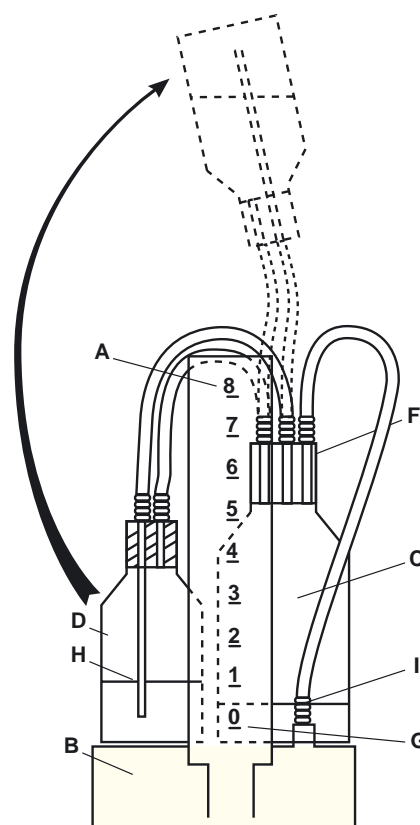


Ces procédés ne sont pas conseillés pour les fumiers qui contiennent peu d'azote ammoniacal. Il semble que d'autres composés azotés (urée, acides aminés...) agissent partiellement avec le réactif de l'Agro-lisier, (Bertrand et Smaghe, 1985) mais également avec le réactif du

Figure 2 - Quantofix

Description de l'appareil et schéma de la vidange du réactif dans le flacon à réaction

- A Eprouvette graduée.
Lecture directe kg/m³ N-NH₄
- B. Base de l'appareil (remplie d'eau)
- C. Flacon recevant le lisier. Flacon siège de la réaction
- D. Flacon à réactif
- E. Tubes destinés à verser le réactif fixé sur le bouchon du flacon
- F Tube de réception du réactif et tube de liaison au plan d'eau de la base, fixés sur le bouchon du flacon siège de la réaction
- G. Zéro de l'éprouvette de mesure du volume déplacé
- H. Tube de prise d'air pour l'écoulement du réactif
- I. Liaison en plan d'eau du socle.





Quantofix (Tunney et Bertrand, 1989). Ce n'est pas gênant pour la fertilisation car ces composés sont très facilement oxydables et minéralisables donc accessibles à la plante. Pour l'azote ammoniacal, la précision des estimations par rapport à des analyses de laboratoire donne, selon les auteurs, des coefficients de corrélation de 0,94 à 0,98 (Tunney et Bertrand, 1989). Comme la teneur en azote organique n'est pas connue, l'azote total est estimé à partir d'un coefficient de majoration: $K = 1,54$ en moyenne pour le lisier de porcs (Ziegler et Héduit, 1991). Ce coefficient peut être précisé selon le taux de matière sèche, la proportion $N \text{ total} / NH_4^+$ varie de 1,4 (MS = 1,1 %) à 1,7 (MS = 9,3 %) (Bertrand, 1985, Annexe 1).

Le Quantofix est intéressant car il est fabriqué en matériau non corrosif et le réactif liquide est plus commode d'emploi (1/5 de lessive de soude à 30 % + 4/5 d'eau de Javel à 48° chlorométrique). Outre la rapidité et la bonne précision de ces méthodes d'analyse, l'importance du volume de l'échantillon (100 ml) et le faible coût du réactif (notamment pour le Quantofix) constituent un avantage certain. Le coût approximatif est de 1600 FHT pour un Quantofix et de 1200 FHT pour un Agro-lisier.

Electrodes sélectives

Pour l'ammoniac, l'utilisation d'électrode spécifique a montré d'excellents résultats pour les déjections animales par rapport à des analyses conventionnelles de laboratoire (Bertrand et Arroyo, 1984). Cette méthode a fait l'objet de quelques publications (Tunney et Bertrand, 1989), elle

met en oeuvre un matériel assez sophistiqué et demande un peu de technicité. L'électrode ammoniac réagit en fonction de la pression partielle d'ammoniac de l'échantillon. L'ammoniac passe au travers d'une membrane perméable au gaz jusqu'à ce que la pression partielle dans la couche de solution de remplissage entre la membrane de l'électrode de verre et la membrane de la sonde soit égale à celle de la solution de l'échantillon (Bertrand et Arroyo, 1984). Les coefficients de corrélation par rapport à des analyses de laboratoire sont de 0,94 pour l'azote ammoniacal et de 0,80 pour l'azote total.

De la même façon, la concentration de potassium peut être évaluée par potentiométrie (Bertrand et Arroyo, 1984) avec une électrode spécifique.

Kit d'analyse

Il existe des kits d'analyse qui déterminent assez précisément l'azote ammoniacal (relativement à des analyses de laboratoire) et un peu moins précisément l'ortho-phosphate (Chescheir et Westerman, 1984, cité par Tunney et Bertrand, 1989). Le principe de ce kit est basé sur des mesures colorimétriques après addition de réactifs chimiques dans du lisier de porc dilué.

Analyse par un laboratoire

Du fait de leur degré de précision, les analyses de laboratoire constituent les valeurs de référence. En 1998, le coût d'une analyse courante (MS, N total, P_2O_5 , K_2O) est de l'ordre de 350 FHT.

Pour une analyse courante, l'échantillon final ne devra pas

dépasser 1 à 2 kg car le laboratoire n'utilisera finalement que 250 cl (dont seulement 3 à 5 cl pour la matière sèche). La faible quantité de lisier réellement utilisée par le laboratoire montre comme il est essentiel de réaliser l'échantillonnage dans des conditions très rigoureuses. Avant d'envoyer l'échantillon au laboratoire, il est indispensable de l'étiqueter en y indiquant la date de prélèvement, son origine et ses conditions d'obtention. L'analyse doit être effectuée dans les 48 H et dans tous les cas, il est préférable de réfrigérer (ou mieux de congeler) l'échantillon à cause de sa grande activité biologique et de sa forte proportion de matières organiques.

Lorsqu'il est souhaitable d'avoir une fiabilité maximale, Bernard (1994) suggère de pratiquer deux sous-échantillons à partir de l'échantillon initial et de procéder à des analyses dans deux laboratoires différents. En élevage, les résultats peuvent être également compilés sur 2 ou 3 années successives (Beudet, 1996). Le point faible de l'analyse de laboratoire par rapport à l'ensemble des méthodes vues précédemment, est son manque de rapidité. Plusieurs jours sont nécessaires pour les délais d'envoi des échantillons, leurs analyses et la réception des résultats.

Modélisation

Depuis le début des années 90, des chercheurs ont établi des modèles mathématiques et des logiciels de calcul pour estimer les quantités d'éléments fertilisants excrétés au niveau de l'animal et d'un élevage et estimer la composition du lisier à l'excrétion, au stockage et/ou à l'épan-



dage (Aarnink et al., 1992; Balsari et al., 1992; Dourmad et al., 1992 ; Guillou et al., 1993 ; Cemagref, 1995).

La modélisation mathématique développée par Dourmad et al. (1992) et Guillou et al. (1993), permet d'estimer la quantité totale d'azote excrété par un porc pour différents stades physiologiques et pour différents niveaux de performances, à partir de critères facilement accessibles en élevage. Les simulations montrent les possibilités de réduction des rejets d'azote par l'alimentation. Le CORPEN a utilisé ces modèles pour établir les références de 1996. Il propose également une approche de type bilan simplifié où la détermination des rejets peut s'effectuer globalement au niveau de l'élevage, pour cela il est indispensable de collecter les informations sur les quantités d'azote et de phosphore rentrant et sortant de l'exploitation (aliments, animaux). Les calculs donnent des quantités d'azote et de phosphore excrétées mais aussi stockées sur la base d'un taux de perte d'azote par volatilisation de 25 % dans les bâtiments et de 5 % au stockage. Par contre ils ne donnent d'indication ni sur le volume ni sur la concentration du lisier.

Aarnink (1992) a développé un modèle mathématique (MES-PRO) pour l'estimation de la quantité et de la composition du lisier de porc à l'engrais, de 20 à 110 kg. Les éléments de compo-

sition sont la matière sèche, l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Il existe 2 niveaux de sortie, soit à l'excrétion par les animaux, soit après un temps de stockage. Les données prises en compte sont le poids et la vitesse de croissance des animaux, les eaux de lavage, la consommation d'eau et d'aliment ainsi que leur composition, la température ambiante et des effluents et le temps de stockage.

Le logiciel DIALSTO porc développé par le CEMAGREF (1995) permet de réaliser un diagnostic de la production de déjections en fonction de l'alimentation et du stockage. Il a été développé en partenariat avec l'UCAAB. Ce logiciel comprend un module alimentation permettant de calculer les volumes et la composition des effluents. Le second module concerne les capacités de stockage internes et externes indispensables. Il fournit par ailleurs divers critères synthétiques.

Toutes ces approches présentent l'avantage de personnaliser les références sans avoir recours à des analyses de lisier. Elles permettent également de simuler l'impact d'une modification des techniques d'élevage sur le niveau des rejets et le volume des effluents. La détermination de la quantité d'élément à l'excrétion serait relativement fiable mais plus on se rapproche de la phase d'épandage, plus les facteurs de variation sont nombreux et plus

les risques d'erreur sont importants. La fiabilité de ces logiciels s'améliore avec l'évolution des connaissances.

Conclusion

Dans un contexte d'agriculture durable, la valeur fertilisante du lisier de porc doit être estimée au plus juste. Il existe plusieurs techniques d'analyses mais pour se développer en élevages, elles doivent être fiables et simple d'emploi. La densimétrie et les méthodes d'estimation rapide de l'azote ammoniacal semblent pour cela satisfaisantes. Elles sont particulièrement bien adaptées à du lisier de porc. Leur faible coût permet à l'éleveur de pouvoir disposer de son propre matériel ce qui est utile au moment de la période d'épandage. Dans un objectif de fertilisation, elles pourront être occasionnellement complétées par des analyses de laboratoire pour une plus grande précision. Un échantillonnage de qualité est également primordial afin de ne pas nuire à la fiabilité des analyses. Au moment de l'épandage, la mise en oeuvre d'un brassage puissant dans la fosse de stockage permettra de réaliser un prélèvement représentatif. Le cas échéant, un échantillonnage sur quelques tonnes à lisier en cours d'épandage fournira une composition représentative du lisier épandu. Avec les méthodes d'analyse rapide proposées, la perte de temps sera peu importante. ■



Annexe 1

Estimation des concentrations des différents constituants du lisier brut de porcs en fonction de la densité (kg/kg - température 15 °C). Bertrand (1985).

Densité	lisier dilué	MS	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄ ⁺
1006	1003	10,8	2,1	0,7	1,2	1,5
1008	1004	14,9	2,3	1,0	1,3	1,7
1010	1005	19,0	2,5	1,3	1,5	1,8
1012	1006	23,1	2,8	1,7	1,7	1,9
1014	1007	27,2	3,0	2,0	1,8	2,0
1016	1008	31,3	3,2	2,4	2,0	2,1
1018	1009	35,4	3,5	2,7	2,2	2,3
1020	1010	39,5	3,7	3,1	2,3	2,4
1022	1011	43,6	3,9	3,4	2,5	2,5
1024	1012	47,7	4,2	3,7	2,6	2,6
m (1)		49,0	4,3	3,8	2,6	2,7
1026	1013	51,8	4,4	4,1	2,8	2,7
1028	1014	55,9	4,6	4,4	3,0	2,9
1030	1015	60,0	4,9	4,8	3,1	3,0
1032	1016	64,1	5,1	5,1	3,3	3,1
1034	1017	68,1	5,3	5,5	3,4	3,2
1036	1018	72,2	5,5	5,8	3,6	3,3
1038	1019	76,3	5,8	6,1	3,8	3,4
1040	1020	80,4	6,0	6,5	3,9	3,6
1042	1021	84,5	6,2	6,8	4,1	3,7
1044	1022	88,6	6,5	7,2	4,3	3,8
1046	1023	92,7	6,7	7,5	4,4	3,9

m = valeur moyenne des 108 fosses étudiées



Références bibliographiques

- AARNINK A.J.A., VAN OUWERKERK E.N.J., VERSTEGEN M.W.A., 1992. A mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 31 : 133-147.
- BALSARI P., CALVO A., AIROLDI G., WATSON D.G. (ed.), ZAZUETA F.S. (ed.), BOTTCHEA A.B., 1992. Development of a computer program (UTILIS) for correct pig slurry management. *Computers in agricultural extension programs (Abstract)*. Proceedings of a conference held in Orlando, Florida, USA, 28-31 January 1992, 559-564.
- BASSEZ J., 1990. Lisiers: connaître leur valeur. *La France Agricole*. Octobre : 36-37.
- BEAUDET P., 1996. Evaluation des éléments fertilisants des engrais de ferme. *Compte rendu de recherche en science du sol. Agrosol*, vol. 9, n°1, p21-30.
- BERNARD F. INC., 1994. Mise au point de techniques de caractérisation standardisées pour les déjections animales. *Rapport de synthèse*, 92 p. Ministère de l'environnement et de la faune du Québec.
- BERTRAND M., ARROYO G., 1984. Méthode rapide d'appréciation de la valeur fertilisante des lisiers de porcs. *Bulletin d'information du CEMAGREF*. n° 321 : 21-34.
- BERTRAND, 1985. Méthode d'estimation de la valeur fertilisante des lisiers de porcs. *CEMAGREF-RNED*.
- BERTRAND M., SMAGGHE D., 1985. Mise au point de méthodes rapides d'appréciation de la valeur fertilisante azotée et potassique des lisiers de porcs. *Journées Rech. Porcine en France*, 17 : 327-338.
- BERTRAND M., 1990. Caractérisation des lisiers et des fientes. *Perspectives agricoles*. Février. 144: 86-92.
- BPR, 1995. Développement et mise au point d'un moniteur de dose et d'un NPKmètre en vue d'optimiser l'épandage de lisier. *Consultants BPR*. Ministère de l'environnement et de la faune du Québec.
- CEMAGREF, 1995. Diagnostic sur la production de déjections en fonction de l'alimentation et du stockage. *Logiciel*.
- DOURMAD J.Y., GUILLOU D., NOBLET J., 1992. Development of a calculation model for predicting the amount of N excreted by the pig : effect of feeding, physiological stage and performance. *Livest. Prod. Sci.*, 31 : 95-107.
- DUMORTIER J., JEGOU J.Y., CALLAREC J., TOULARASTEL P., QUILLIEN J.P., 1996. Volumes et rejets en azote, phosphore et potasse dans 4 élevages. Ed. EDE et Chambres d'Agriculture de Bretagne, *Production Porcine*, 68 p.
- GUILLOU D., DOURMAD J.Y., NOBLET J., 1993. Influence de l'alimentation, du stade physiologique et des performances sur les rejets azotés du porc à l'engrais, de la truie et du porcelet. *Journées Rech. Porcine en France*, 25: 307-314.
- KJELLERUP V., 1985. Agros Nitrogen Meter for estimation of ammonium nitrogen in slurry and liquid manure. In : *Efficient land use of sludge and manure*. Ed. A. Damkofoed. Elsevier Appl. Sci. Publ. p 216-223.
- PICCININI S., BORTONE G., 1991. The fertilizer value of agricultural manure: simple rapid methods of assessment. *Journal of Agriculture Engineering Research*, 49 : 3, 197-208.
- TUNNEY H., BERTRAND M., 1989. Rapid field tests for estimating dry matter and fertilizer value of animal slurries. *Proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering*. Dublin. 4-8 september 1989, p 363-370.
- VAN DER HOEK K.W., 1977. Sampling techniques for liquid swine manure. In *utilization of manure by landspreading*. Ed. J.H. Vooburg. CEC EUR 5672 C.