

Traitement du lisier à la ferme Bilan d'une filière avec séparation de phases et stockage en bassins peu profonds

Y. COUTON (1), L. SENEZ (2), C. DEVROE (1), J.P. LEMIERE (2), J.C. COQUILLE (2), J.C. GERMON (1)

(1) INRA-CMSE, Laboratoire de Microbiologie des Sols - BV 1540, 21034 Dijon Cedex

(2) ENESAD, Laboratoire des Agro-équipements et des Procédés - BP 1607, 21036 Dijon Cedex

Traitement du lisier à la ferme : bilan d'une filière avec séparation de phases et stockage en bassins peu profonds

Les bilans des charges fertilisantes et polluantes d'une filière rustique de traitement des lisiers de porcs sont réalisés durant un an. L'installation comporte une séparation de phases par tamis centrifuge, des bassins peu profonds (lagunes), et un épandage sur grandes cultures.

Les lisiers sont dilués et représentent 1,6 m³ par équivalent porc charcutier produit (EPC). Ils entraînent : 3,77 kg d'azote, 1,31 kg de phosphore, 30 g de cuivre et 76 g de zinc par EPC. La volatilisation de l'ammoniac sous les bâtiments est estimée à 10% de l'azote excrété. Le tamis centrifuge avec un débit de 22,4 m³/h-1 retient 42,9% de la matière sèche et 38% de la DCO, mais seulement 4,8% de l'azote.

Dans le premier bassin décantent 32% de la matière organique initiale et 28% y sont épurés, la charge partant vers l'épandage n'est plus que de 12%. Seulement 14% de l'azote excrété se retrouvent dans les boues après décantation, 17% sont épurés ou éliminés et 53% restent dans le lisier liquide. La décantation est très importante et globalement semblable pour le phosphore, le cuivre et le zinc, avec 82% des quantités rejetées pour chacun des éléments.

Les boues récupérées en fond de bassin ont une bonne valeur fertilisante en N, P et Mg et sont facilement transportables après 6 mois sur lit drainant, mais leurs teneurs en cuivre, 2047 mg/kg MS, et en zinc, 3678 mg/kg MS, sont excessives.

Les émissions de méthane au dessus des bassins ont été évaluées à 63 t en 1997 et à 52,5 t en 1998, entre temps le bassin a été divisé en trois parties ; 70 % de ce gaz devrait pouvoir être facilement récupéré pour sa valeur énergétique.

On-farm treatment of liquid pig manure : evaluation of a process with separation of solid phase and storage in lagoons

The fertilizing and polluting elements in a rustic process for the treatment of liquid pig manure were evaluated over one year. This system includes a centrifugal sieve as mechanical separator, shallow lagoons for storage and landspreading on cultivated fields.

The liquid manure produced per pig amounts to 1.6 m³ and corresponds to an unusual diluted manure containing 3.77 kg N, 1.31 kg P, 30 g Cu and 76 g Zn per pig. The estimated ammonia volatilization in the building amounts to 10% of excreted nitrogen. The centrifugal sieve treats 22.4 m³/h-1 and removes 42.9% dry matter, 38% COD, but only 4.8% nitrogen.

32% of the initial organic matter is removed by decantation in the first lagoon, 28 % are eliminated by biotransformation and only 12 % are spread on fields. Concerning nitrogen, 14% of the excreted nitrogen can be collected as sludge in the lagoon, 17% are removed by biopurification or volatilisation and 53 % are spread with the liquid phase. The spontaneous decantation of P, Cu and Zn in the lagoon is very great : 82 % for all three elements.

Sludge collected on the bottom of the lagoon has a useful fertilising value for N, P, and Mg and can easily be transported after drying for 6 months on a sand bed, but has an excessive content of Cu and Zn : 2047 and 3678 mg/kg DM respectively.

Methane emission measured above the lagoons was 63 t in 1997. Measurements on the same lagoon divided into 3 sections in 1998 corroborated this order (52.5 t). It is suggested that 70 % of these emissions could be collected easily and used as energy.

INTRODUCTION

Les déjections animales représentent en France des volumes très importants. Si les bovins sont les premiers producteurs avec 156 millions de tonnes (Mt) de fumier et 64 Mt de lisier par an, les porcins sont les seconds avec 21 Mt de lisier rejeté. THÉOBALD (1997), évalue les rejets annuels des élevages en France à 1,5 Mt d'azote et 0,37 Mt de phosphore dont 0,116 Mt et 0,051 Mt pour les porcs.

Les élevages sont donc des sources importantes de fertilisants apportant 32,6% de l'azote et 30% du phosphore utilisés en 1990 dans l'agriculture (IFEN^(*) 1994,1995) ; malheureusement la taille grandissante des élevages et leur concentration notamment celles des porcins, a conduit à des épandages excessifs sources de nuisances et de pollutions. Pour enrayer ces pollutions, la législation s'est renforcée et tend à imposer des limites aux quantités épandues, on voit apparaître une exigence " d'équilibre agronomique sur chacune des parcelles utilisées pour l'épandage...N., P., K." (arrêté du 23 décembre 1996 ; J.O. du 9 janvier 1997). Pour aboutir à une bonne gestion de l'épandage il convient de bien connaître l'évolution des lisiers au cours des traitements préalables et pendant le stockage.

Une filière reposant sur une séparation de phases par tamis centrifuge et stockage en bassins peu profonds avant épandage fonctionne depuis plusieurs années. En complément d'une première estimation partielle des bilans de la filière présentée en 1997 (SENEZ et al, 1997a), la présente étude a pour but de suivre les différents éléments fertilisants et polluants à chaque étape du traitement et du

stockage. L'évolution des boues de fond de bassins sur lit drainant est suivie en vue de leur utilisation agronomique. Les émissions de méthane au dessus des bassins sont quantifiées.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Activité de l'élevage

La porcherie du G.A.E.C. de la Sans Fond (21910 Noiron-sous-Gevrey) associée à une exploitation de grandes cultures, développe quatre activités : la sélection, la production de reproducteurs, le naissage et l'engraissement. L'ensemble représente l'équivalent d'un élevage produisant 10760 porcs charcutiers par an entre 1996 et 1998.

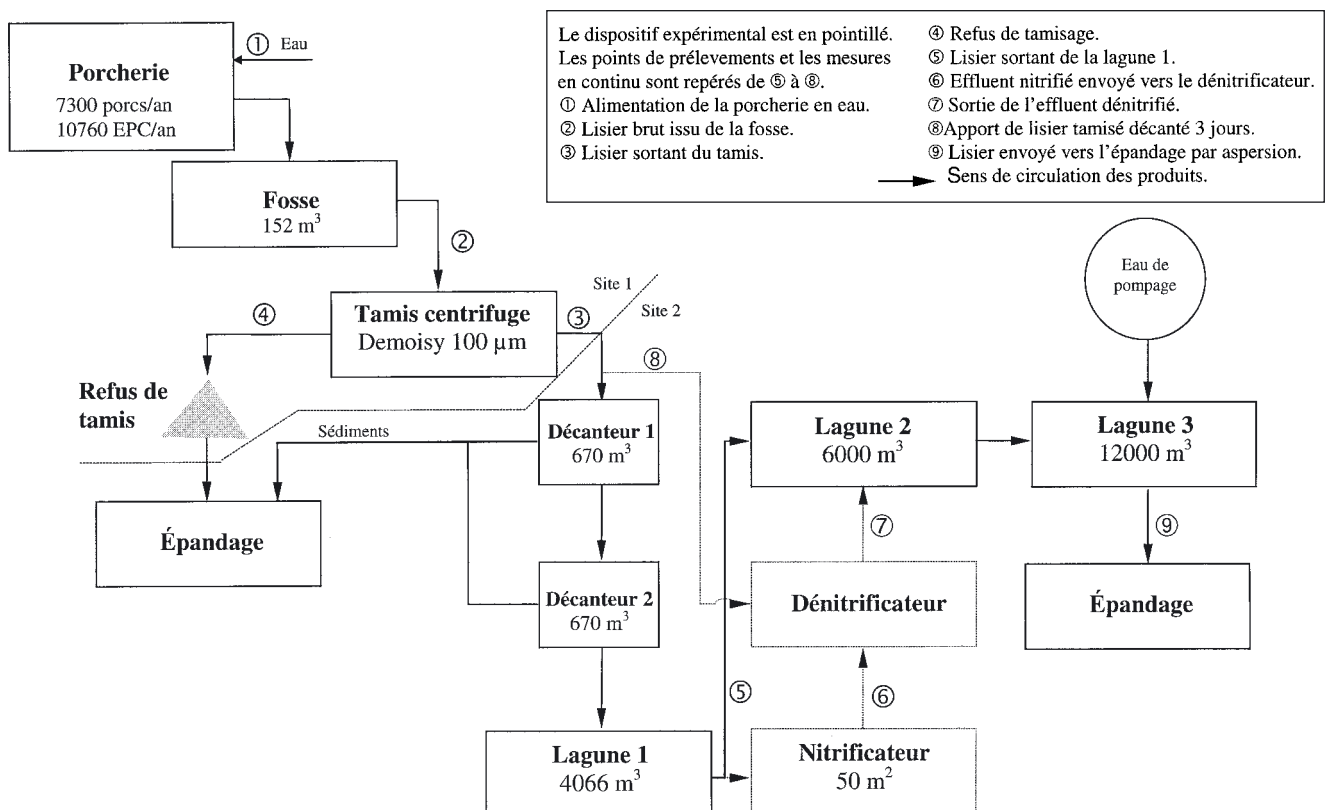
1.2. Description de la filière (figure 1)

La filière de traitement regroupe le système de récupération des lisiers et une séparation de phases sur le site de la porcherie puis l'ensemble des bassins de rétention avant épandage sur les terres avoisinantes. Un dispositif expérimental de traitement de l'azote a été mis en place en 1994 (COUTON et al, 1995 ; SENEZ et al, 1997a) mais il ne perturbe pas le fonctionnement de la filière jusqu'à la sortie du premier bassin, il est représenté en gris sur la figure 1.

1.2.1. Collecte des lisiers

Les porcs sont élevés sur caillebotis. Les déjections et eaux de lavage descendent par gravité vers une fosse de 152 m³ de

Figure 1 - Schéma de la filière de traitement des lisiers



* IFEN : Institut Français de l'ENVironnement.

capacité incluant les 42 m³ de caniveaux. Deux fois par semaine, le mardi et le vendredi, une recirculation forcée permet d'évacuer les dépôts sous les bâtiments.

1.2.2. Tamis centrifuge

Après la recirculation, les lisiers sont homogénéisés dans la fosse et envoyés sur un tamis rotatif (Demoisy, 21200 Beaune) avec une grille de 100 µm. Il sépare les matières solides qui sont entraînées par un racleur. Les refus de tamisage sont stockés et compostés sur place, en tas. Les liquides descendent par gravité jusqu'au premier bassin.

1.2.3. Bassins de stockage

Deux bassins ou lagunes, étanches par compactage, de 3180 m² et 6000 m³, sont placés en série. A partir de l'automne 97, la première lagune est divisée en trois parties de 424 m² pour les deux premières (Décanteurs D1 et D2) et de 2124 m² pour la dernière (Lagune L1'). Les passages d'un bassin à l'autre se font par surverse. Les lisiers sont repris dans le dernier bassin pour être épandus sur les terres les plus proches. Les boues de décantation sont évacuées une fois par an vers d'autres parcelles de l'exploitation.

1.3. Méthodes d'études des flux et des bilans

1.3.1. Bilan au niveau de la porcherie

Les quantités d'eau utilisées sont mesurées par compteurs. Les quantités des autres éléments entrants sont calculées à partir des masses des différents types d'aliment et de leurs compositions moyennes.

1.3.2. Lisiers produits et traités sur le tamis

Les volumes de lisier évacués par la porcherie sont évalués par le temps de fonctionnement du tamis et son débit moyen. Durant 4 journées complètes, réparties dans l'année, le relevé des variations de volume dans la fosse, la récolte des liquides en sortie de tamis durant des temps précis et la pesée des refus solides sont répétés et conduisent à l'estimation des débits moyens. Les volumes rejetés sont également appréhendés à partir des variations des volumes liquides mesurées dans les lagunes par limnimètres avec prise en compte des précipitations. Une fois par semaine on prélève un échantillon de lisier dans la fosse après homogénéisation et en sortie de tamis.

1.3.3. Suivi de la première lagune entre mars 96 et mars 97

Les échantillons de lisier prélevés à la sortie du tamis et l'évaluation des volumes rejetés permettent de faire un bilan des entrées dans la lagune. Les volumes de lisier sortant du bassin par surverse sont évalués par la variation des volumes dans les bassins 1 et 2. La composition des lisiers sortant est suivie par l'analyse des échantillons prélevés 3 fois par semaine.

L'état du bassin en fin d'hiver et en été est décrit grâce à deux séries de prélèvements et mesures faites le 1^{er} février et le 25 juillet 1996. Les hauteurs de liquide et de sédiments

sont relevées sur toute la surface. Les prélèvements de liquides et de sédiments à trois profondeurs (112 échantillons lors de la première mesure, 79 pour la seconde) permettent de connaître la répartition spatiale de chaque élément (SENEZ et al, 1997b) et les quantités retenues entre les deux dates.

La comparaison des bilans d'entrées et de sorties du bassin et les différences constatées entre les deux séries de mesures, conduisent à évaluer le devenir des différents éléments : sorties dans les liquides, décantation et épuration.

1.4. Suivi des boues de fond de bassin

Les sédiments prélevés en fond du premier bassin L1 avant la restructuration en trois parties, sont déposés le 18 novembre 1997 sur un lit drainant composé d'une couche de 8 cm de graviers siliceux recouverts d'un filet de PVC et d'un géotextile en polypropylène. Les liquides percolés sont recueillis et dosés. Au départ et tous les trois mois durant un an, les sédiments sont pesés, homogénéisés et un échantillon moyen est prélevé avant qu'ils ne soient redéposés sur le lit drainant.

1.5. Émissions de méthane au dessus du bassin

Les émissions de méthane et de gaz carbonique sont mesurées par l'enrichissement de l'atmosphère dans des enceintes flottantes posées à la surface du lisier. Les enceintes cylindriques en PVC de 0,177 m² de section emprisonnent un volume d'air de 17,7 l, les prélèvements de gaz sont faits toutes les 15 minutes durant une heure, dans des tubes sous vide. Une première mesure avec une seule enceinte est répétée deux fois sur le bassin L1 en avril 1997. A trois dates : 4 et 17 septembre puis 28 octobre 1998, les mesures sont faites sur chacun des trois bassins D1, D2, et L1' issus de la segmentation de l'ancien bassin L1. Elles sont faites simultanément sous trois enceintes pour chacun des bassins et permettent de mettre en évidence des dégagements minima de 0,50 kg de C-CO₂ ou de C-CH₄ par jour sur les 424 m².

1.6. Analyses

La matière sèche et la concentration en éléments totaux sont déterminés sur les échantillons de lisier brut. Les éléments solubles et les matières en suspension sont dosés après centrifugation à 1000 G, 20 minutes. La DCO est déterminée par la méthode AFNOR NF T90 101, l'azote total par la méthode Kjeldahl. Les formes minérales de l'azote, les orthophosphates et les chlorures sont dosés par analyses colorimétriques à flux continu (APHA, 1989). Après minéralisation de la matière sèche à 450°C, et reprise des cendres dans l'acide chlorhydrique, on détermine le phosphore total par analyse à flux continu, le magnésium, le cuivre le zinc par absorption atomique, et le calcium, le potassium, le sodium par photométrie de flamme. Les analyses des sédiments de fond de bassin la seconde année sont faites par le Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA d'Arras. La détermination des gaz est faite par chromatographie en phase gazeuse avec détection par catharométrie.

2. RÉSULTATS

2.1. Flux de lisier produits et rejetés

La porcherie consomme 52,3 m³ d'eau par jour en moyenne dont 90% se retrouvent sous forme de lisier (47 m³/j). La pointe estivale de consommation de 62,8 m³/j ne se répercute pas sur le volume des lisiers qui est plus constante. Le rejet de lisier est de 1,6 m³ par porc produit, volume nettement supérieur aux valeurs habituellement retenues de 0,8 m³ environ. Les lisiers sont donc très peu concentrés.

Les effluents représentent une charge de 643 t de DCO par an. Ils contiennent 40,6 t/an d'azote, soient 62,5% des apports par les aliments. Si on considère que les animaux retiennent 30% de l'azote ingéré, soit 19,5 t/an, on peut estimer qu'ils excrètent 45,5 t d'azote par an et que la différence, 4,9 t N/an, avec la quantité mesurée dans les lisiers, est volatilisée sous les bâtiments, sous forme d'ammoniac. Cette perte représente 10% de l'azote excrété ; elle a lieu surtout en été.

Les rejets dans les lisiers de 3,77 kg d'azote et de 1,32 kg de phosphore sont proches des moyennes de référence de 3,5 et 1,31 kg (CORPEN, 1996). Le taux de 84,5% du phosphore apporté, retrouvé dans les lisiers paraît très fort et laisse penser à une surestimation due à l'échantillonnage.

Les quantités mesurées de 328 kg de cuivre et de 821 kg de zinc, ou 30 g et 76 g par EPC, sont très grandes par rapport aux quantités calculées avec la concentration théorique dans les aliments, 218 kg et 327 kg respectivement. Le problème de l'utilisation du cuivre et du zinc en élevage porcin est posé depuis longtemps (COPPENET, 1974).

2.2. Devenir des différents éléments le long de la filière

2.2.1. Matière organique et fertilisants majeurs

Le tableau 1 résume l'évolution des éléments à chaque étape du traitement et les quantités rejetées dans les phases liquides, solides ou gazeuses.

Le tamis centrifuge a un débit moyen de 22,4 m³.h⁻¹, il retient 42,9% de la matière sèche et 38% de la DCO, mais seulement 4,8% de l'azote excrété, dans un refus de tamisage solide contenant 75% d'humidité en moyenne. Ce refus peut facilement être composté et épandu comme un fumier.

Par différence entre les flux entrant et sortant de la lagune L1 et en étendant sur l'année les variations de stock constatées entre le 1^{er} février et le 27 juillet 1996, on peut établir un " bilan de masses " des transformations subies dans la lagune au cours de l'année. La charge organique reçue est de 462 t DCO/an dont 205 t se retrouvent dans les boues et 76 t dans la phase liquide. L'épuration est donc de 181 t DCO/an (28,1%) soit 156 g DCO.m²/j, efficacité en accord avec les charges admissibles de 100 à 400 g

DCO.m⁻².j⁻¹ citées par PEARSON (1996) dans les lagunes en général.

Le bassin a reçu 38,4 t d'azote en un an, 24,5 t ressortent avec le lisier liquide. En prenant comme traceur les éléments P, Cu, Zn et les rapports des concentrations de N et de ces éléments dans les sédiments, on peut évaluer à 6,3 t l'azote décanté en un an (SENEZ et al, 1997b). Le défaut de bilan de 7,6 t, constaté est dû essentiellement à la volatilisation d'ammoniac, dans un milieu constamment anaérobie. Cette perte d'azote ammoniacal (6,55g N/m²/j) est nettement supérieure aux valeurs de 1,53 g/m²/j mesurées par SHILTON (1996) ou légèrement plus grande que celle de 4,15 g.m²/j citée par SOMMER et al (1996). Elle est du même ordre de grandeur que les moyennes données par ISERMAN (in BURTON, 1997) pour le stockage des lisiers en général.

La décantation dans la lagune permet de retenir 82% du phosphore rejeté, par contre le potassium traverse le bassin sans rétention ni transformation.

A la sortie de la lagune le lisier destiné à l'épandage ne contient plus que 12% de la matière organique initiale, 53,3% de l'azote et 9% du phosphore, mais encore 89% du potassium.

2.2.2. Devenir du cuivre et du zinc

Le tableau 2 montre que le cuivre et le zinc se retrouvent en fortes quantités dans les lisiers. Une petite partie, 8% et 10%, part avec les refus de tamis. Leur décantation est importante dans la lagune où ils sont piégés à 82%. Leur teneur moyenne en 1996 dans les boues est de 1100 mg Zn/l et de 462 mg Cu/l ou 4,54 et 1,89 g/kg MS, respectivement. A l'automne 1997 les concentrations dans les sédiments, 3,47 g Zn/kg MS et 1,98 g Cu/kg MS confirment ces fortes teneurs.

2.3. Évolution des sédiments du fond de la lagune sur lit drainant

Les boues très liquides collectées en fond de lagune et déposées sur lit drainant en novembre 1997, se ressuient rapide-

Figure 2 - Évolution des sédiments sur lit drainant

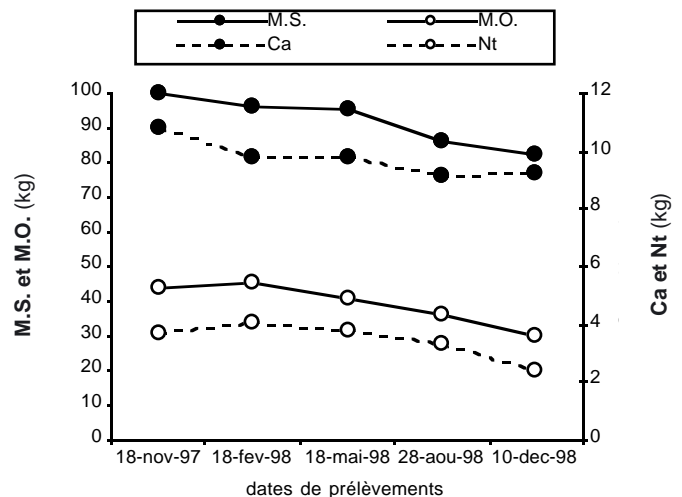


Tableau 1 - Devenir de la matière organique et des éléments fertilisants majeurs à chaque étape de la filière

	DCO		Azote		Phosphore		Potassium	
	t	%	t	%	t	%	t	%
Excrétion des animaux	643	100	45,5	100	14,2	100	15,5	100
Pertes sous élevage			4,9	10,8				
Rejet dans le lisier	643	100	40,6	89,2	14,2	100	15,5	100
Rétention sur tamis	181	28,1	2,2	4,8	1,3	9,1	0,9	5,8
Décantation dans la lagune	205	31,9	6,3	13,8	11,6	81,7	0,8	5,1
Élimination ou épuration lagune	181	28,1	7,6	16,7				
Lisier envoyé à l'épandage	76	11,8	24,5	53,8	1,3	9,1	13,8	89

Tableau 2 - Devenir du cuivre et du zinc à chaque étape du traitement de lisier

	Cuivre		Zinc	
	Kg	%	Kg	%
Rejet dans le lisier	328	100	821	100
Rétention sur le tamis	25,4	7,7	85	10,3
Décantation dans la lagune	271	82,6	670	81,6
Lisier envoyé à l'épandage	32	9,7	66	8,0

Tableau 3 - Composition des sédiments de fond de bassin lors du prélèvement et après 6 mois d'évolution sur lit drainant, et pertes en masse

	Teneurs des produits analysés			Perte en masse après 6 mois
	Unités	Sortie du bassin	Après 6 mois sur un lit drainant	% du produit initial
Eau	g/kg Mat.Humide	899	427	92
Matière Sèche	"	101	573	4,7
Matière organique	g/kg Mat.Sèche	441	431	7
N total	"	36,9	39,3	0
P total	"	66,3	62,9	9,8
Ca total	"	108	103	9,5
Mg total	"	25,2	30,7	0
K total	"	13	5,2	61
Na total	"	3,0	1,11	65
Fe total	"	8,5	9,4	0
S total	"	12,5	10,3	24
Cu total	mg/kg Mat.Sèche	1980	2047	1,5
Zn total	"	3470	3678	0
Cd total	"	2,4	2,5	3
Cr total	"	18,3	21,3	0
Hg total	"	0	0	0
Ni total	"	19	20	0
Pb total	"	11,7	9,9	18
Se total	"	6,9	8,8	-

Tableau 4 - Émission des gaz au dessus des bassins de rétention des lisiers, (mesures faites en 1998)

Bassins	Dates des mesures	Émissions de CH ₄		Émissions de CO ₂		C-CH ₄ /C-biogaz
		kg C/j	t C/an	kg C/j	t C/an	%
D1 (424m ²)	04 sept 98	78,25		29,00		73
	17 sept 98	73,16		30,83 _a		70
	28 oct 98	77,13		35,72		68
	moyenne	76,22	27,8	31,85	11,6	70
D2 (424m ²)	04 sept 98	12,55		6,57		66
	17 sept 98	14,00		7,80		64
	28 oct 98	42,64		15,77		73
	moyenne	23,10	8,43	10,0,5	3,67	68
L1 (2124m ²)	04 sept 98	8,68		11,93		45
	17 sept 98	7,59		9,12		45
	28 oct 98	8,77		9,38		48
	moyenne	8,66	3,16	10,14	3,70	46

ment, la matière sèche passe de 10,1% au départ à 30,8% en trois mois et à 57,3% en 6 mois. Elles ne dégagent pas de fortes odeurs. Leur évolution a été suivie durant un an mais dès six mois on obtient un produit pelletable bien stabilisé (figure 2). La valeur fertilisante est conservée (tableau 3, p93) avec 4% d'azote, 6,3% de phosphore et 3% de magnésium. Cependant les teneurs en cuivre et en zinc restent supérieures aux normes retenues pour les boues de station d'épuration qui sont respectivement de 1000 et 3000 mg/kg MS (GERMON, 1997). Il faut être très prudent dans l'utilisation de ces boues riches en cuivre et en zinc car ces deux éléments s'accumulent dans les sols (SHIOU KUO, 1981 ; COPPENET et al, 1993). Les autres éléments normalement surveillés dans les boues de station, sont en quantités assez faibles pour ne pas poser de problèmes. Les éluats n'emportent que 15% de l'azote mais peuvent être très concentrés en azote ammoniacal, jusqu'à 1 g/l. Ils sont également riches en sels (712 mg/l de potassium par exemple) et ne peuvent être rejetés dans le milieu naturel.

2.4. Émission de gaz au dessus des bassins

En avril 1997, une mesure ponctuelle a permis d'évaluer à 61,9 g C.m⁻².j⁻¹ le flux de biogaz contenant 70% de méthane. Si on retient la quantité de 181 t de DCO épurée en un an et qu'on considère que tout le carbone correspondant se dégage dans le biogaz et dans les mêmes proportions que lors de la mesure, on peut alors estimer les émissions de méthane à 63 t/an.

Les mesures faites en 1998 sur chacun des trois bassins D1, D2, L1 (tableau 4), montrent que les émissions de biogaz sont beaucoup plus importantes dans le premier bassin (108 kg C/j) qui reçoit la matière organique non stabilisée du lisier et où se dépose la plus grande partie des matières solides. C'est sur ce bassin que le gaz est le plus riche en méthane : 70%. L'augmentation de la production de gaz

dans le bassin D2 entre septembre et fin octobre (tableau 4) suit l'accumulation des sédiments dans ce bassin à partir du bassin D1; elle montre l'importance de la gestion des boues sur la production de méthane.

Si on extrapole les résultats de 1998 sur l'année, on peut estimer l'émission globale à 52,5 t de méthane, quantité inférieure mais du même ordre de grandeur que l'estimation sur l'année précédente. Les évaluations des émissions de méthane sont donc de 5,9 kg par EPC la première année et de 4,9 kg par EPC la seconde année. Elles sont très proches de la valeur de 10 kg par place occupée et par an, proposée par l'IPCC* (1996) si on considère un rapport de 1,7 entre la population porcine et le nombre de porcs charcutiers produits en un an. Il serait intéressant, du point de vue énergétique comme du point de vue environnemental, de récupérer les 37 t de méthane produit par le premier bassin D1, sur une surface faible (424 m²). PICCININI (in BURTON, 1997) cite une installation de même taille qui fonctionne et est amortie en 4 ans.

En même temps que les émissions de méthane, la production de protoxyde d'azote est mesurée; elle s'avère toujours nulle dans ce milieu sans oxygène dissous.

CONCLUSION

Cette étude montre qu'on peut concevoir une filière de traitement des lisiers, composée de dispositifs simples qui aboutit à un fort abattement des charges polluantes dans la phase liquide. L'épandage qui suit peut être revu sur d'autres bases en prenant en compte seulement 54% de l'azote initial mais sans négliger les sels solubles notamment l'apport de K₂O.

* IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

La quantité d'azote peut être encore divisée par deux par un dispositif de nitrification et dénitrification sur massif de graviers et en cuve (SENEZ et al, 1999). Les sous produits, refus de tamisage et boues de fond de bassin sont transportés sur d'autres parcelles. Le premier ne pose pas de problème de valorisation. Les sédiments après séjour sur lit drainant, sont facilement manipulables et d'une bonne valeur fertilisante, mais les teneurs en cuivre et en zinc limitent ou interdisent leur utilisation. La diminution des apports dans les aliments est la seule solution puisqu'il n'est pas envisageable de les récupérer dans les lisiers.

Les grandes quantités de méthane produit lors du stockage confirment les données sur la contribution des élevages aux émissions de gaz à effet de serre, mais elles peuvent être récupérées et elles représentent un potentiel énergétique intéressant.

Ce travail mériterait d'être complété pour connaître la survie des micro-organismes fécaux et les risques de leur dissémination (HUMBERT, 1997) ainsi que le devenir, tout au long de la filière, des produits biologiques ajoutés. Il serait bon d'évaluer les émissions d'ammoniac, pour, à terme, les maîtriser.

Avec une bonne connaissance du devenir des lisiers, le choix des dispositifs de traitement et de stockage peut être fait en fonction de l'élevage, des possibilités d'épandage et des contraintes économiques et environnementales.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce à l'aide de l'ADEME et elle a reçu le soutien du Conseil régional de Bourgogne. Elle a bénéficié de l'appui technique du personnel du GAEC de la Sans Fond.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APHA, 1989. Standards methods for the examination of waste and wastewater. American Public Health Association, New York.
- BURTON C.H., 1997. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Lister and Durling Prs, Flitwick, Bedford, UK, 181 p.
- COPPENET M., 1974. Ann. Agro., 25, 403-423.
- COPPENET M., GOLVEN J., SIMON J.C., LE CORRE L., LE ROY M., 1993. Agronomie, 13, 17-83.
- CORPEN, 1996. Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, Ed., Paris, 23 p.
- COUTON Y., BOIRAN M., DEVROE C. et al, 1995. Journées Rech. Porcine en France, 27, 359-366.
- GERMON J.C., 1997. In Environnement et production porcine, Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine, 149-160, Maisons-Alfort, France.
- HUMBERT F., 1997. In Environnement et production porcine Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine, 161-170. Maisons-Alfort, France.
- IFEN, 1994-1995. L'environnement en France. Dunod Éditeur Paris, 399 p.
- I.P.C.C., 1996. Revised guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference manual, 413 p.
- ISERMAN, 1997. In BURTON C.H., 1997. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Lister and Durling Prs, Flitwick, Bedford, UK, 181 p.
- PEARSON H. W., 1996. Water Sci. Tech. 33(7), 1-9.
- PICCININI, 1997. In BURTON C.H., 1997. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Lister and Durling Prs, Flitwick, Bedford, UK, 181 p.
- SENEZ L., COUTON Y., DEVROE C., THÉOBALD O., GERMON J.C., 1997a. Journées Rech. Porcine en France, 29, 327-334.
- SENEZ L., COUTON Y., LEMIERE J. P., COQUILLE J. C., GERMON J. C., 1997b. Étude d'une filière de traitement du lisier à la ferme comportant un dispositif pilote d'épuration de l'azote. Rapport ADEME, Angers France, 44 p.
- SENEZ L., COUTON Y., LEMIERE J. P. et al, 1999. Bilan de fonctionnement d'une installation de traitement des lisiers de porc à la ferme intégrant un système de nitrification dénitrification. Rapport ADEME, Angers France, 63 p.
- SHILTON A., 1996. Water Sci. Tech. 33(7), 183-189.
- SHIOU KUO, 1981. J. Environ. Qual., 10, 365-368.
- SOMMER S. G., SIBBESSEN E., NIELSEN T., SCHOERRING J. K., OLESEN J. E., 1996. J. Environ. Qual 25, 241-247.
- THÉOBALD O., 1997. Recyclage des éléments nutritifs issus des déchets et de sous produits en agriculture : perspectives et contraintes. Document ADEME, Angers, France, 8 p.