

## ÉVALUATION D'UN SYSTÈME DE SÉPARATION FÈCES-URINES EN ÉLEVAGE PORCIN

### Influence des choix technologiques sur la composition des produits

*P. MARCHAL, Laurence WALLIAN, P. GROUSSARD*

*CEMAGREF, Division Technologie - 17, avenue de Cucillé, 35044 Rennes Cedex*

La conception d'un équipement de séparation des fèces et des urines sous caillebotis dans une porcherie d'engraissement a conduit à identifier les paramètres optima de base (efficacité de filtration, résistance mécanique, concept de fonctionnement). Les expérimentations réalisées pendant deux années définissent la composition moyenne des fèces (M.S. : 25 % - M.O. 21 % - N. : 1,2 % - P 1,2 % - K. : 0,8 % ..et des urines : - M.S. : 2,4 % - M.O. 1,3 % - N. : 0,5 % - P. 0,1 % - K : 0,3 %).

La cinétique de production pendant la journée et la répartition des fèces et des urines dans une case ont été quantifiées et interviennent dans le choix du rythme de fonctionnement (4 fois par jour) et la position du tamis filtrant (ratio largeur tamis / largeur salle = 1/2).

#### **Separation of faeces and urine under slatted floor : a piggery without slurry**

This paper describes the results obtained from a pilot plant research into the separation of faeces and urine under slatted floor in piggery.

This separation provides a reduction of ammonia and odours emission. The solid part is removed from pig house 1 to 3 times per day and shows an average composition (MS : 25 %, MO : 20.8 %, N : 1.2 %, P : 1.1 %, K : 0.8 %) and compost naturally. The liquid part is spreaded on pasture and grasses with following composition (MS : 2.3 %, MO : 1.3 %, N : 4 %, P : 0.1 %, K : 0.3 %).

Different mechanical devices (remove rate, type of filter ...) have been studied to optimise the efficiency of filtration. The optimum average aperture of the net is 800 nm.

The kinetic and the localisation (in the pen) of urines and faeces production have been measured to determine the position and dimension of the filtration system.

After three years research this separation plant at farm scale is operating reasonably well and is used to increase the management of animal wastes. It can be considered as a pre-treatment of a complete process. Now, a company is producing this equipment for the farmers.

## INTRODUCTION

Les différentes possibilités de traitement des lisiers par voie biologique ou physiochimique ont été présentées (HÉDUIT, MARCHAL, 1986 ; SCHOFIELD, 1987), ainsi que leurs contraintes et limites. Notre problématique scientifique s'est orientée vers le traitement au niveau des élevages et plus particulièrement les possibilités d'éviter la formation de lisier (AVNON, 1980) (figure 1).

Une séparation des urines et fèces sous caillebotis a été envisagée pour deux raisons :

- éviter la formation de lisier et obtenir deux produits permettant une meilleure gestion de la fertilisation.
- améliorer les conditions d'ambiance dans les bâtiments par la diminution des teneurs en ammoniac et par la réduction des odeurs.

Les urines et les fèces sont des résidus du métabolisme animal avec des compositions moyennes caractéristiques, (DUCHO, 1978), les fèces ont une valeur fertilisante élevée du fait de la concentration élevée en azote et phosphore (KROODSMA, 1980) alors que celle des urines est faible bien que contenant une grande part du potassium excrété par l'animal.

Des expérimentations réalisées (KROODSMA, 1986) - (GILBERTSON, 1987) avec des procédés de séparation urine-fèces démontraient que l'application d'urines sur prairie permettait une augmentation des apports de 35 à 50 % sur champs cultivés par rapport au lisier. D'autre part la réduction des odeurs atteignait 50 % entre un bâtiment classique et un bâtiment équipé du système de séparation.

## 1 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour réaliser un bâtiment sans lisier notre recherche a été décomposée en deux périodes expérimentales réalisées de 1990 à 1993 :

- conception et réalisation d'un prototype expérimental, optimisation de ses paramètres de fonctionnement
- évaluation de l'efficacité de ce système de séparation en fonction des choix technologiques

### 1.1. Première période expérimentale

#### 1.1.1. Objectifs

Cette expérimentation a pour objectif la définition de critères technologiques et leur combinaison optimale en vue de la conception d'un prototype séparateur de phases :

- choix de tamis: définition et efficacité de filtration d'un type de maillage
- détermination d'une fréquence optimale de prélèvement
- choix d'un type de nettoyage du tamis.

#### 1.1.2. Construction du matériel d'expérimentation

Choix des tamis :

Neuf tamis dont les maillages varient de 250 à 2000 microns d'ouverture ont été testés (tableau 1).

Système de prélèvement des urines et des fèces :

Il semblait primordial de disposer d'un système de recueillement des urines et des fèces par bac (figures 2A et 2B)- pour définir la répartition de ces déjections, et les qualités des tamis.

Figure 1 - Une nouvelle voie, la séparation fèces urines

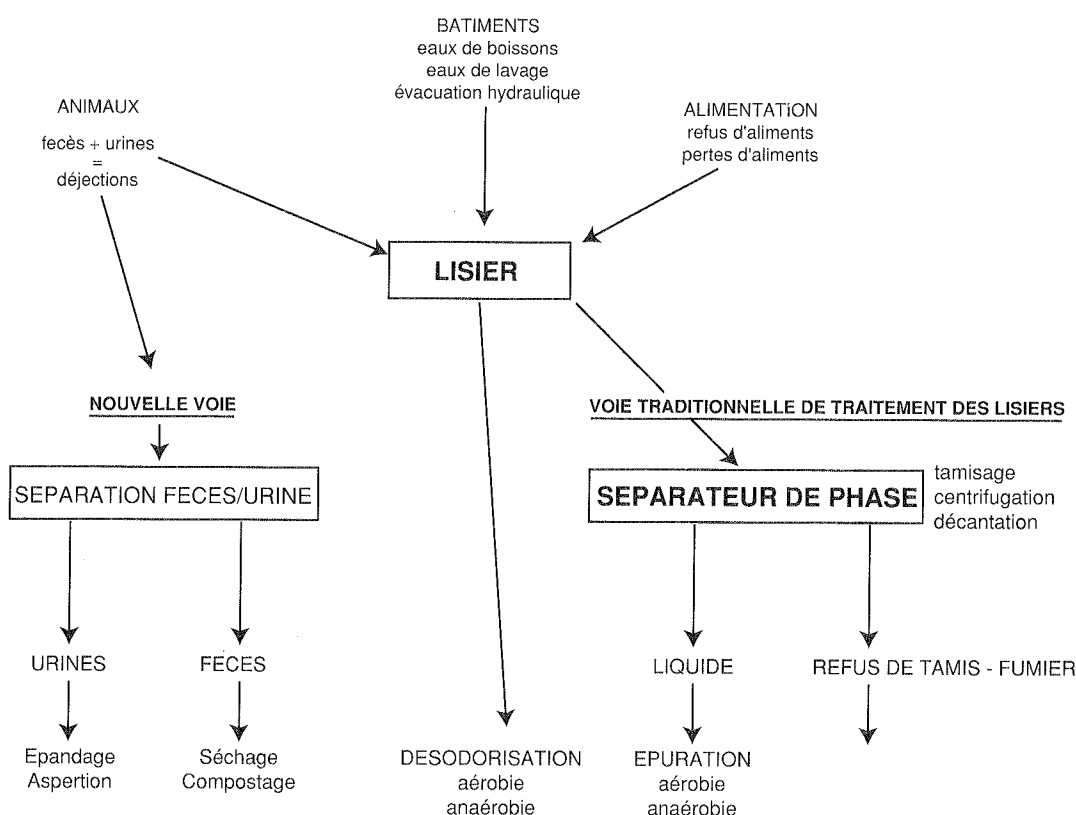


Tableau 1 - Caractéristiques techniques des différents tamis expérimentés

Tamis	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Maillage	700	600	700	2000	1500	800	1000	400	250
Caractéristiques	tricot	tricot	chevron	tissé	tissé	tissé	tissé	tissé	tissé

La répartition des excréments sous le caillebotis étant relativement hétérogène, les différents tamis ont été placés lors de chaque prélèvement à une place différente. Les neuf tamis occupent par permutation, une des neuf places (figure 2C).

#### Déroulement de l'expérimentation :

L'expérimentation se déroule en atelier post-sevrage, pendant une durée de 39 jours. La permutation des bacs est

effectuée tous les 3 jours avec pesée des urines et de fèces à chaque changement. La teneur en matières sèches, matières minérales est mesurée sur les produits récoltés, ainsi que l'azote, le phosphore et le potassium.

Un prototype échelle 1/4 a été construit en tenant compte des résultats précédents pour valider le résultat sur un équipement autonome et identifier les problèmes technologiques à résoudre.

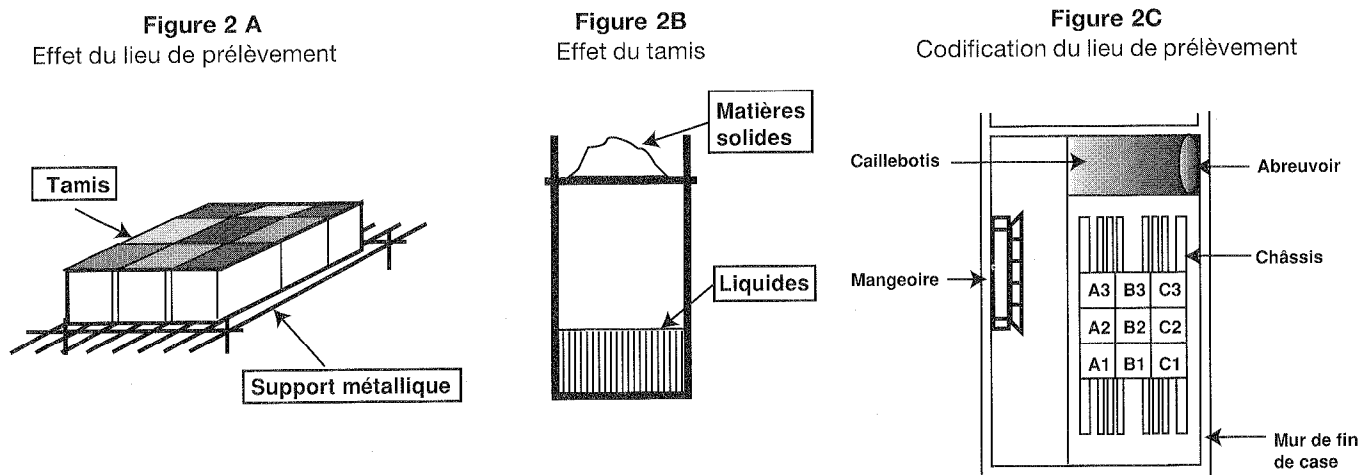
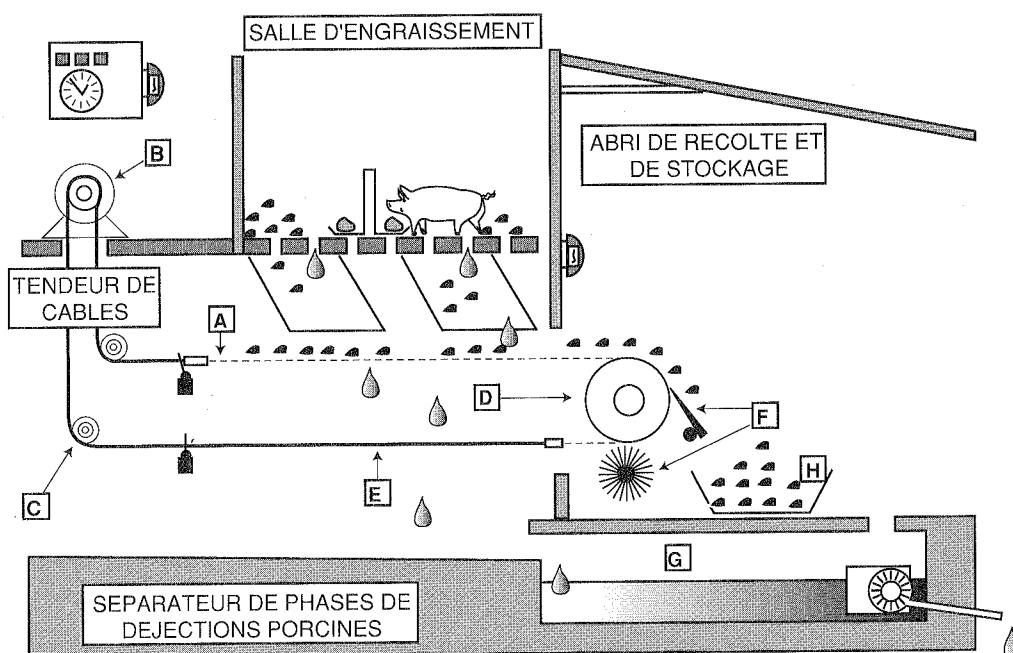


Figure 3 - Schéma de principe de séparateur



Le prototype est composé de plusieurs parties :

- un tamis **A**
- un module d'entraînement **B**
- une poulie de renvoi **C**
- un rouleau **D**
- un module de traction du tamis **E**
- un module de raclage et de nettoyage **F**
- une fosse intermédiaire pour récupérer les urines **G**
- un bac de réception pour récupérer les fèces **H**

## 1.2. Deuxième période expérimentale

### 1.2.1. Objectifs

Cette deuxième expérimentation a permis la conception et la réalisation d'un prototype de recherche à l'échelle 1 (figure 3 p. 353) et de quantifier l'efficacité de séparation et l'aptitude à la fonction.

Ce travail a été réalisé à Quimper dans une salle d'engraissement contenant 94 porcs nourris avec une machine à soupe, de Juin 1992 à Juin 1993. Durant cinq périodes l'influence des principaux paramètres (fréquence de fonctionnement, type de nettoyage, homogénéité de répartition des produits) a été étudiée (figure 4)

Figure 4 - Protocole de la deuxième expérimentation

Bande 0	tests mécaniques		
Bande 1	1ère période n = 23	2ème période n = 60	3ème période n = 32
Bande II	1ère période n = 15	2ème période n = 54	

Bande 0 - tests mécaniques

Bande 1 - 1ère période : fréquence de prélèvement toutes les 6 heures  
- 2ème période : expérimentation sur le tamis  
- 3ème période : fréquence de prélèvement toutes les 3 heures

Bande II - 1ère période : prélèvements effectués sans brosse  
- 2ème période : prélèvements effectués avec brosse

### 1.2.2. Méthodes de prélèvements et analyses

- Les prélèvements sont faits, dans la fosse de réception (10 g de fèces), dans la fosse à prélèvement (25 ml d'urines), sur le tamis (période 2). Ils sont effectués une fois par jour, et cinq jours par semaine.
- Les analyses ont été réalisées par le laboratoire de la Station Agronomique de l'I.N.R.A. à Quimper. Dans chaque échantillon, le laboratoire est chargé de quantifier les teneurs en matières sèches (MS), matière organique (MO), azote totale (N), azote ammoniacal (Na), phosphore ( $P_2O_5$ ), potassium ( $K_2O$ ), cuivre (Cu) et zinc (Zn).

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de ces expérimentations sont présentés chronologiquement.

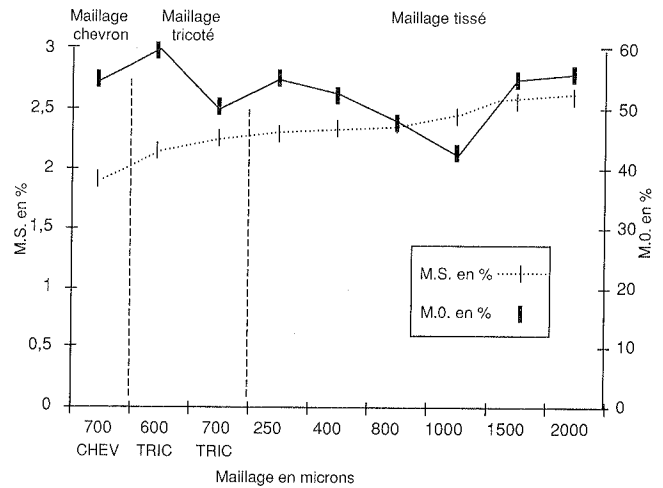
### 2.1. Première expérimentation

L'étude quantitative retrace l'analyse des résultats concernant les variations organiques pondérales sur deux paramètres principaux : la matière sèche (MS) et la matière organique (MO) selon deux critères de différenciation des tamis : le type de maille (aspect, dimension du maillage) et la place occupée dans la case.

#### 2.1.1. Influence du maillage

L'évolution des teneurs en MS et MO des urines en fonction du maillage est proportionnelle à la taille du maillage (figure 5).

Figure 5 - Évolution comparée des Moyennes M.O. et M.S. des urines



En effet, les valeurs moyennes de matière sèche MS varient de 1,95 % à 2,65 % avec une moyenne située à 2,27 % ; Parallèlement, la taille du maillage a augmenté dans un rapport de 1 à 10.

#### 2.1.2. Influence du type de maille

Les premières études effectuées par vision en laboratoire avaient déjà mis en évidence la singularité de trois tamis à porosité horizontale ou latérale (tamis tricotés et chevron). Leur pouvoir filtrant est supérieur ; en effet, ils permettent l'obtention d'urines pauvres en MS.

Les courbes de teneur en MS et MO des urines selon le maillage permettent donc de définir une échelle de filtration en fonction du type et de la taille du maillage. Cependant, les variations constatées sont faibles.

#### 2.1.3. Influence de la place sous caillebotis

Les résultats obtenus permettent de localiser d'une manière assez précise différentes zones sous les caillebotis et principalement, les influences respectives de la mangeoire et de l'abreuvoir (figure 6).

L'effet «mangeoire» se démontre par une augmentation globale de la matière sèche des urines pour tous les tamis lorsque les bacs sont situés près de la mangeoire (variations moyennes pour les MS des urines de 2,2 % à 6,85 %).

D'autre part, la concentration en MS des urines est plus élevée : pour le tamis 600 mm (4,48%) que pour le tamis de 250 µm (6,84 %).

La zone de gisoir concerne les quatre sites restants et sont géographiquement situés à l'opposé des points d'abreuvement et d'alimentation. Les valeurs de matière sèche sont en cette

Figure 6 - Évolution comparée des moyennes M.O. et M.S.

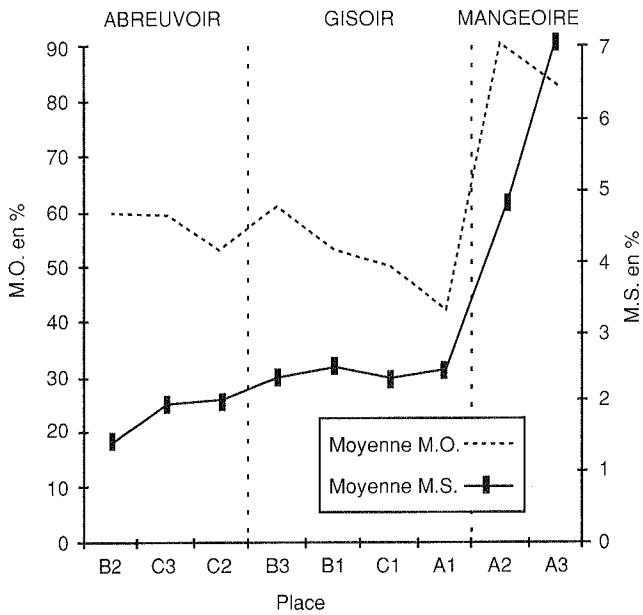
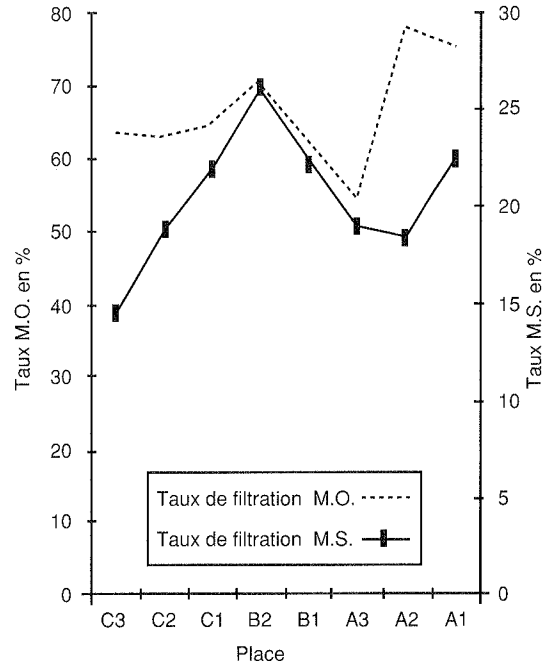


Figure 7 - Évolution des taux de filtration M.S. et M.O.



zone plus homogène et proches des références bibliographiques (urines et fèces à 2 et 25 % respectivement de MS en moyenne).

On observe dans cette zone homogène un comportement des tamis relativement proche de la tendance générale à savoir :

- \* plus de maillage est grossi : (>800 µm), plus la teneur en MS des urines est élevée ;
- \* par contre, la MS des fèces correspondants suit l'évolution inverse.

2.1.4. Analyse de l'efficacité de la filtration au niveau de la composition organique des urines et des fèces.

Afin de définir un critère d'efficacité de filtration, nous avons défini un taux de filtration (DEGREMONT, 1978) qui est le rapport entre la Matière Sèche Urines (MSU) et la Matière Sèche conjuguée des urines et fèces : MS (F+U).

$$\text{Taux de filtration pour la matière sèche (T.F.M.S.)} = \frac{\text{MS U}}{\text{MS (F+U)}} \text{ en \%}$$

L'évolution des taux de filtration pour la MS et la MO des échantillons prélevés est représentée en figure 7 et confirme l'effet lieu du prélèvement précédemment.

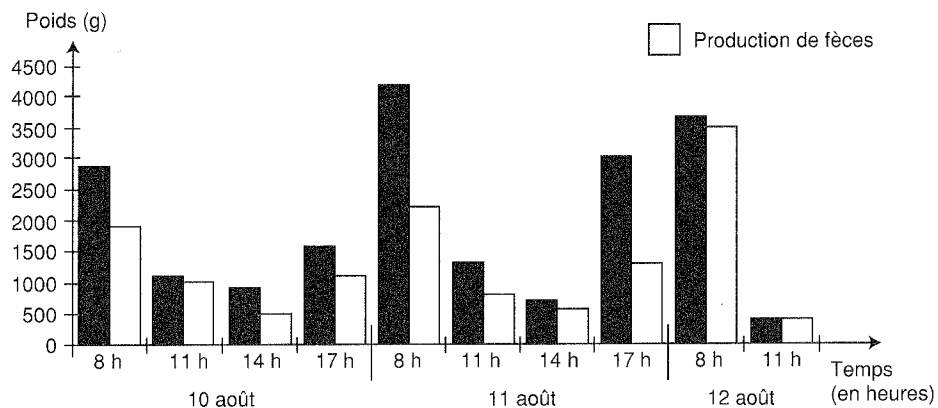
2.1.5. Résultats du prototype échelle 1/4

Le prototype nous a permis d'ébaucher une cinétique de production. En effet, les productions d'urine et de fèces au cours de la journée sont périodiques avec un net fléchissement pendant les périodes 11 h 00 - 17 h 00 et un minimum à 14 h 00. (figure 8).

De plus nous avons vu qu'il existait un décalage spatial entre les zones de défécation et de mixtion (cf § 2.1.2).

Ces fluctuations périodiques peuvent être liées à la conduite d'élevage en post-sevrage avec des interventions à des plages horaires spécifiques.

Figure 8 - Production d'urine et de fèces en fonction du temps.



Les résultats observés sur le prototype confirment les données déjà acquises lors de la précédente expérimentation. En effet, on obtient des phases solides et liquides d'une teneur en MS respectives de 26 % et 2 %.

La modification de la longueur du tamis sous les caillebotis n'altère en rien les capacités filtrantes du maillage (tableau 2).

#### Efficacité de nettoyage :

La combinaison du racler en PVC assurant le décapage en surface du tamis, la brosse rotative permettant un nettoyage efficace à l'intérieur des mailles même lorsque le système restait 15 heures sans fonctionner (de 17 h à 8 h).

Ainsi une fréquence optimale peut se situer entre 2 à 4 raclages par jours soit toutes les douze heures minimum.

#### 2.1.6. Conclusion partielle

\* L'analyse des résultats concernant les teneurs en MS et MO démontre le bon comportement des tamis étudiés.

Les objectifs sont d'obtenir des urines faiblement chargées en MS et de fèces très riches en éléments minéraux. La prise en compte des différents critères de sélection (résistance mécanique, taux de filtration, nettoyage, salissement...) nous a conduit à retenir la type de maille de 800  $\mu\text{M}$ .

\* Le positionnement du tamis sous le caillebotis doit tenir compte de l'hétérogénéité de production dans la case.

\* La fréquence de fonctionnement est un compromis entre le rythme de production et le degré de salissement.

**Tableau 2** - Comparaison des résultats sur tamis et prototype échelle 1/4 atelier de post-sevrage

Paramètres	Prototype 1/4		Tamis		Lisier
	Urines	Fèces	Urines	Fèces	
TFMS %	19,5		18		8,7
MS %	2,5	26	2,27	26,2	
MO / MS %	44	81	52,7	79,5	68
N %	0,34	1,23	0,44	1,37	0,63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0,03	1,10	0,03	1,29	0,56
K <sub>2</sub> O %	0,35	0,36	0,43	0,47	0,20

## 2.2. - Deuxième période expérimentale

### 2.2.1. Expériences mécaniques (bande 0)

Pendant les tests mécaniques effectués dans la porcherie, mais sans animaux, les mesures suivantes ont été effectuées :

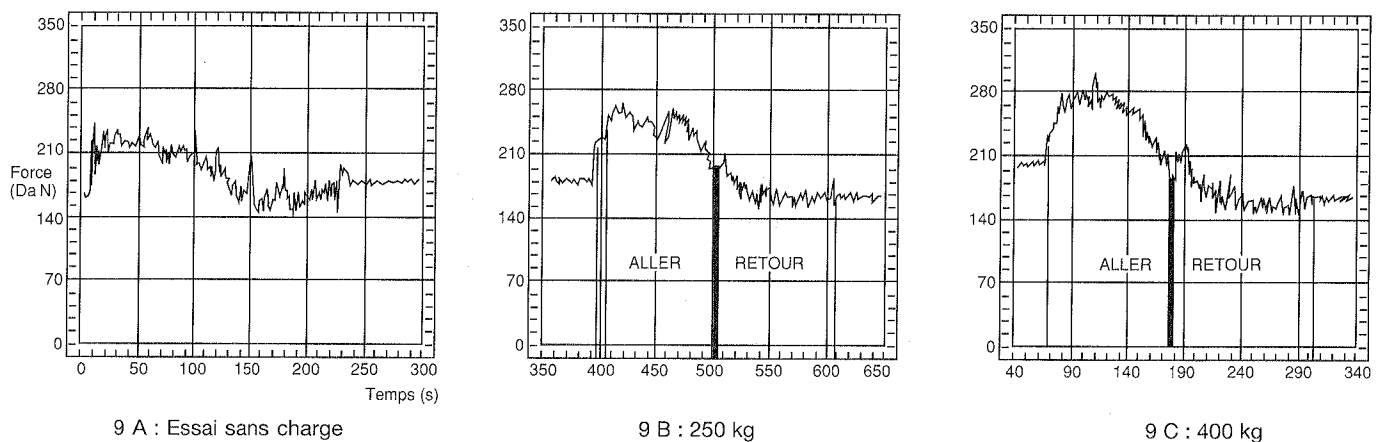
- \* les forces exercées sur les câbles de traction, les couples sur les axes
- \* la charge maximale admissible par le tamis (longitudinale,

transversale, totale)

- \* la fiabilité et la robustesse des systèmes de sécurité
- \* le fonctionnement du cycle d'automatisme.

Ces résultats concordent avec les calculs théoriques de dimensionnement effectués pendant la phase de conception. Ainsi par exemple, l'influence du sens de déplacements, de présence d'eau, du poids à transporter sur le tamis, sont présentés dans la figure 9.

**Figure 9** - Force de traction du câble pendant un cycle de fonctionnement



### 2.2.2. Expérimentations avec «lisier»

- L'influence de la présence de déflecteurs a été étudiée en période 2 de la Bande 1 par mesure de la répartition des fèces sur le tamis (figure 10). Les différences obtenues ne sont pas significatives à 5 % pour la Matière Sèche et la Matière Organique, malgré des accumulations locales.
- Deux systèmes de nettoyage ont été utilisés (Bande 2 - Périodes 1 et 2). L'utilisation conjointe d'un système brosseracleur a un effet significatif sur la composition des fèces et des urines (M.S., M.O.).
- Le changement de fréquence de déchargement du tamis de 8 à 4 fois par jour (Période 1 et 3) a une influence sur la composition des fèces et des urines (au seuil de  $\alpha=5\%$ ), (tableau 3).
- Pour une fréquence de déchargement constante (4 fois par jour), avec le système de nettoyage brosseracleur, nous obtenons les compositions moyennes des fèces et des urines (tableau 4), et leur évolution dans le temps.

Figure 10 - Teneur en Matière sèche des fèces en

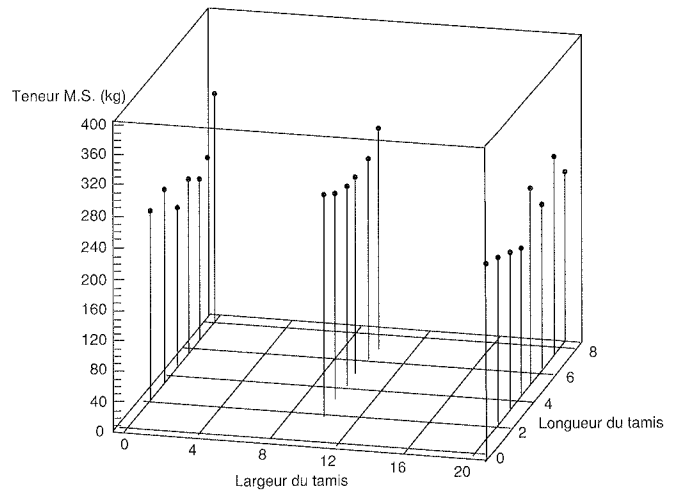


Tableau 3 - Composition des fèces de la bande 1

	Période 1			Période 3		
	Moyenne	Variance	Écart-type	Moyenne	Variance	Écart-type
<b>Humidité</b>	75,08 %	8,46	2,91	73,59 %	3,95	1,99
<b>Matière Sèche</b>	24,92 %	8,46	2,91	26,41 %	3,95	1,99

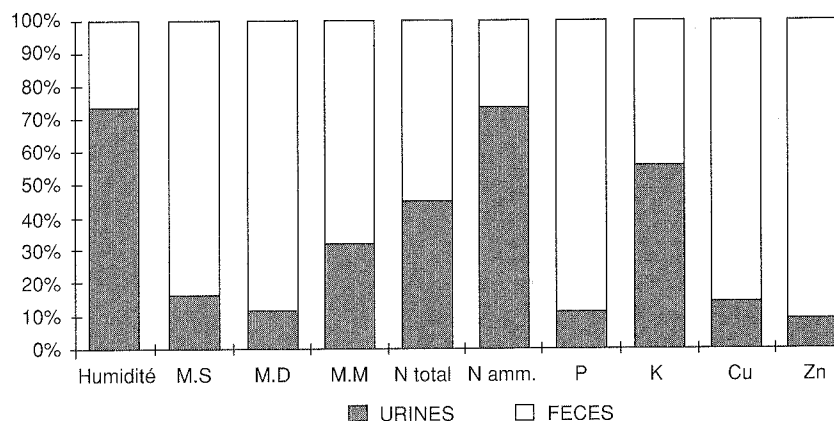
Tableau 4 - Compositions moyennes des fèces et des urines

	Proportion massique ‰	Fèces	Urines
<b>Matière Sèche</b>	Moyenne $\pm$ écart type	250,19 $\pm$ (30,58)	23,55 $\pm$ (4,62)
<b>Matière Organique</b>	Moyenne $\pm$ écart type	208,35 $\pm$ (28,39)	13,36 $\pm$ (3,59)
<b>Azote Total</b>	Moyenne $\pm$ écart type	12,35 $\pm$ (1,37)	4,60 $\pm$ (1,07)
<b>Phosphore</b>	Moyenne $\pm$ écart type	11,72 $\pm$ (2,30)	0,69 $\pm$ (0,38)
<b>Potassium</b>	Moyenne $\pm$ écart type	8,43 $\pm$ (4,46)	3,5 $\pm$ (1,72)
<b>Cuivre</b>	Moyenne $\pm$ écart type	0,068 $\pm$ (0,022)	0,06 $\pm$ (0,004)
<b>Zinc</b>	Moyenne $\pm$ écart type	0,128 $\pm$ (0,026)	0,007 $\pm$ (0,003)

La répartition quantitative de la production de fèces et d'urines provenant de porcs à l'engrais séparée par cet équipe-

ment pendant la durée de la deuxième expérimentation (Bande 1 et 2) est la suivante :

Figure 11 - Répartition de la production entre urines et fèces



## CONCLUSION

Les différentes étapes de la conception de ce séparateur fèces-urine pour porcherie ont permis la confirmation des résultats bibliographiques (efficacité de filtration, composition

des produits).

Le transfert actuel de cette technologie à un industriel nécessite la validation des post traitements associés à cette séparation (compostage,...) et une approche technico-économique dans le contexte actuel des élevages porcins.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AVNON A., 1980. Problems in choosing Equipements for liquids and solid separation. A Case study. Livestock waste : A renewable resource. ASAE.
- DEGREMONT, 1978. Mémento technique de l'eau. 8ème édition.
- DUCHO P., JURICEK J., KOVAK S., 1978. Spécific weight of pig excrements. Acta Technologica Agriculturae, Nitra, CSSR.
- GILBERTSON C.B.; SCHULTE D.D., CLANTON C.J., 1987. Dewatering Screen for hydraulic Settling of Solids in swine Manure. Transactions of ASAE, 30, (1), 202-206.
- HÉDUIT M., MARCHAL P., 1986. In :Le porc et son élevage (PEREZ, MORNET, RÉRAT), 483-499. Maloine, éd. Paris.
- KROODSMA W., 1980. Separation of pig feces from urine using synthetic nets under slatted floor. Livestock waste : A renewable Resource. ASAE.
- KROODSMA W., 1986. Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. The british society for research in agricultural engineering.
- SCHOFIELD C.P., 1987. Livestock waste characterisation for the design of handling systems, National institut of agriculture engineering (AFRC), U.K.