

REPARTITION DE LA CHARGE POLLUANTE DU LISIER DE PORCHERIE EN FONCTION DE SES DIFFERENTS CONSTITUANTS PHYSIQUES

ETUDE D'UN DISPOSITIF DE TAMISAGE

N. STAMBOULI (1) et D. BALLAY (2)

(1) Institut Technique du Porc (I.T.P.) - détaché au C.T.G.R.E.F.

(2) Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts (C.T.G.R.E.F.)
Division Qualité des Eaux Pêche et Pisciculture, 14. av. de Saint-Mandé - Paris 12ème

Qu'on le destine à l'épandage ou à un rejet en rivière, le lisier de porcherie doit de plus en plus souvent être soumis à un traitement préalable visant par exemple à rendre le produit plus facilement pompable ou stockable à le désodoriser ou à le débarrasser autant que possible des matières polluantes organiques ou minérales qu'il contient. Suivant les résultats recherchés, on choisira donc un système de traitement physique, chimique ou biologique.

Or, le lisier est un produit hétérogène qui contient des matières dissoutes, des colloïdes et des particules solides en suspension de toutes dimensions. Ces différentes fractions ne sont pas affectées de la même façon par les divers traitements. Certains procédés physiques tels que le tamisage, la filtration, la décantation, la centrifugation n'agissent presque que sur les matières en suspension.

C'est pourquoi nous avons entrepris d'étudier la répartition de la charge polluante du lisier entre ses différentes fractions physiques. Nous avons choisi de travailler sur le lisier d'une porcherie de naisseage-engraissement qui nous a paru assez représentative d'un élevage moyen.

La deuxième partie de ce travail est consacrée à l'étude des performances d'un des appareils les plus simples de séparation solide-liquide applicables au traitement du lisier : le tamis vibrant.

1/ - REPARTITION DE LA CHARGE POLLUANTE DU LISIER DE PORCHERIE EN FONCTION DE SES DIFFERENTS CONSTITUANTS PHYSIQUES

1.1. Présentation de l'échantillon de lisier ayant servi à l'étude :

Le lisier étudié est un échantillon moyen du rejet journalier d'une porcherie pratiquant le naisseage-engraissement abritant le jour du prélèvement :

- 51 truies en maternité (sur paille)
- 13 truies gestantes (sur paille)
- 69 truies gestantes en semi-plein air (sur lisier)
- 13 truies gestantes en herbage
- 5 verrats
- 126 cochettes de 80 kg (sur lisier)
- 75 porcelets de 20 kg sur paille
- 127 porcelets de 25 kg sur paille.

Le rejet de 5 m³/jour avait les concentrations et charges polluantes suivantes :

| | mg/l | kg/j |
|--------------|--------|------|
| D.B.O. | 8 750 | 44 |
| D.C.O. | 30 000 | 150 |
| M.E.S. | 25.600 | 128 |
| M.V.S. | 19.900 | 100 |
| N total | 1.315 | 6,6 |
| N total | 650 | 3,25 |

1.2. Méthodologie :

L'étude granulométrique du lisier a été effectuée par la méthode du tamisage par voie humide : Une pile de tamis de laboratoire préalablement séchés et tarés a été installée sur un vibreur ; un jet d'eau continu arrosant les tamis a permis de séparer les particules solides qui ont tendance à s'agglomérer en boule ; ainsi, à la fin de l'essai, chaque tamis a retenu les particules dont la taille est comprise entre sa maille et celle du tamis immédiatement supérieur.

Le filtrat et les refus des différents tamis ont été récupérés et analysés. La mesure de la charge polluante revenant au liquide a été effectuée sur le surnageant d'un échantillon de lisier brut préalablement centrifugé (15 mn à 2.200 g).

Les paramètres de pollution pris en compte dans cette étude sont :

- la demande biochimique en oxygène à 5 jours : DBO₅
- la demande chimique en oxygène au dichromate de potassium et à chaud : DCO
- les matières sèches en suspension : MES
- l'azote total
- le phosphore total.

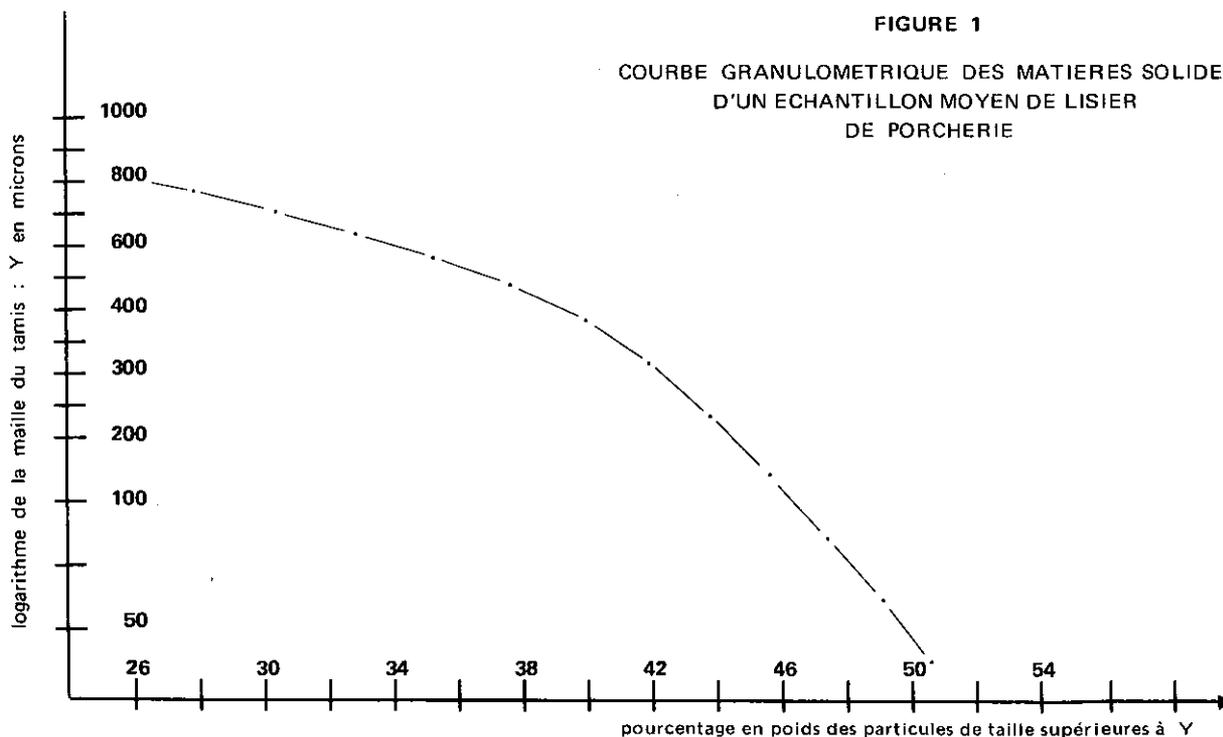
1.3. Résultats :

1.3.1. Etude granulométrique du lisier

Pour une prise d'essai d'un litre, les différentes fractions granulométriques des matières solides du lisier sont groupées dans le tableau suivant :

| Maille du tamis Y en μ | 800 | 630 | 500 | 400 | 200 | 125 | 80 | 63 | 50 | 40 |
|--|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Poids sec du refus (mg) | 6830 | 860 | 450 | 1030 | 1700 | 710 | 530 | 280 | 250 | 284 |
| Pourcentage des particules de dimensions $>$ à Y | 26,7 | 30 | 31,8 | 35,8 | 42,5 | 45,2 | 47,3 | 48,4 | 49,4 | 50,5 |

Les particules de dimensions inférieures à 40 μ représentent donc 49,5 % du poids total des matières en suspension (séparables par centrifugation).



1.3.2. Répartition de la charge polluante

a) **liquide** : obtenu par centrifugation pendant 15 mn à 2.200 g le liquide avait, pour une prise d'essai de lisier brut d'un litre la charge de pollution suivante :

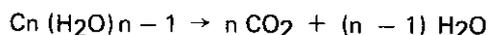
| | | |
|-----------|----------------------|-------------------------|
| – D.B.O. | 3.600 mg soit 41,5 % | de celle du lisier brut |
| – D.C.O. | 6.000 mg soit 20 % | de celle du lisier brut |
| – N total | 1.000 mg soit 76 % | de celle du lisier brut |
| – P total | 140 mg soit 21,5 % | de celle du lisier brut |

b) **solide** :

- de taille $> 40 \mu$: l'analyse de quelques fractions granulométriques a donné les résultats ci-après :

| REFUS DU TAMIS DE | g de DCO/g MES | mg DBO/g MES |
|-------------------|----------------|--------------|
| 800 μ | 1,26 | 48 |
| 400 μ | 1,39 | 53 |
| 125 μ | 1,21 | 70 |
| 50 + 40 μ | 0,88 | 185 |

Le refus des tamis de plus de 400 μ de maille est constitué en grande partie de particules de son, de nature donc essentiellement cellulosique. Notons que la cellulose de formule brute $C_n(H_2O)_{n-1}$ se dégrade par oxydation selon la réaction globale suivante :



et nécessite 1,52 g d' O_2 par gramme de cellulose pure, valeur très proche de celles de la D.C.O. des refus des tamis de 800 et 400 μ et qui serait encore, sans doute, plus proche si la D.C.O. du refus était ramenée aux matières organiques qui sont généralement, dans ce cas, à un taux de l'ordre de 85 à 90 %.

- de taille $< 40 \mu$:

Par différences entre les caractéristiques du lisier tamisé et celles du surnageant du même lisier après centrifugation, la charge polluante des particules de moins de 40 μ est la suivante :

| | |
|----------|--------------|
| – D.C.O. | 0,70 g/g MES |
| – D.B.O. | 0,33 g/g MES |

Compte tenu de la part de la pollution apportée par le liquide, une élimination totale des matières solides du lisier permettrait une épuration avec des rendements :

de 59 % en D.B.O.
et de 80 % en D.C.O. et en phosphore total.

En revanche, l'azote essentiellement sous forme ammoniacale ne serait réduit que de 25 % environ.

Le rapport $\frac{DCO}{DBO}$ du liquide, égal à 1,67, montre que celui-ci est facilement biodégradable.

Le graphique ci-dessous (planche 2) donne la répartition de la DBO et de la DCO entre le liquide et les matières en suspension suivant leur taille.

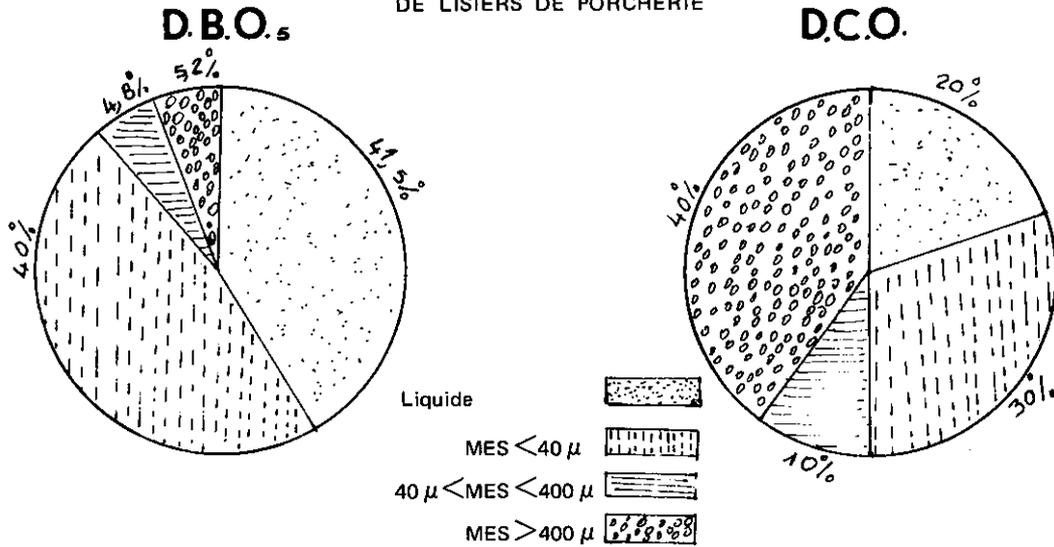
FIGURE 2 - PAGE SUIVANTE

2/ — TAMISAGE

Dans ce chapitre, nous nous efforcerons d'étudier les différents paramètres pouvant influencer le rendement d'élimination des matières solides et aussi les limites de fonctionnement des tamis vibrants type CONTISCREEN.

FIGURE 2

D.B.O. ET D.C.O. DES DIFFERENTS CONSTITUANTS PHYSIQUES D'UN ECHANTILLON MOYEN DE LISIERS DE PORCHERIE



21. Description du tamis CONTISCREEN (1) planche 3.

Le tamis CONTISCREEN est un tamis vibrant à alimentation centrale. Les pompes de refoulement du lisier ayant un débit plus élevé que le débit admissible du tamis : une boîte de partition permet, généralement, l'alimentation du tamis avec seulement une fraction du débit refoulé ; le reste retourne par gravité au puits de relèvement. Après chaque arrêt de l'alimentation, le tamis continue à vibrer pendant une minute environ afin de permettre au refus encore sur la toile filtrante de s'égoutter et de s'évacuer.

Les mailles fréquemment utilisées pour les effluents de porcherie sont de 400 - 500 µ.

Il est nécessaire que le tamis fonctionne alternativement avec deux toiles différentes afin de laisser sécher l'une pour, ensuite, la brosser pendant que l'autre est en service.

Le tamis sur lequel ont porté nos observations avait un diamètre intérieur de 90 cm.

2.2. Résultats :

Le même type de tamis a été essayé dans deux élevages différents :

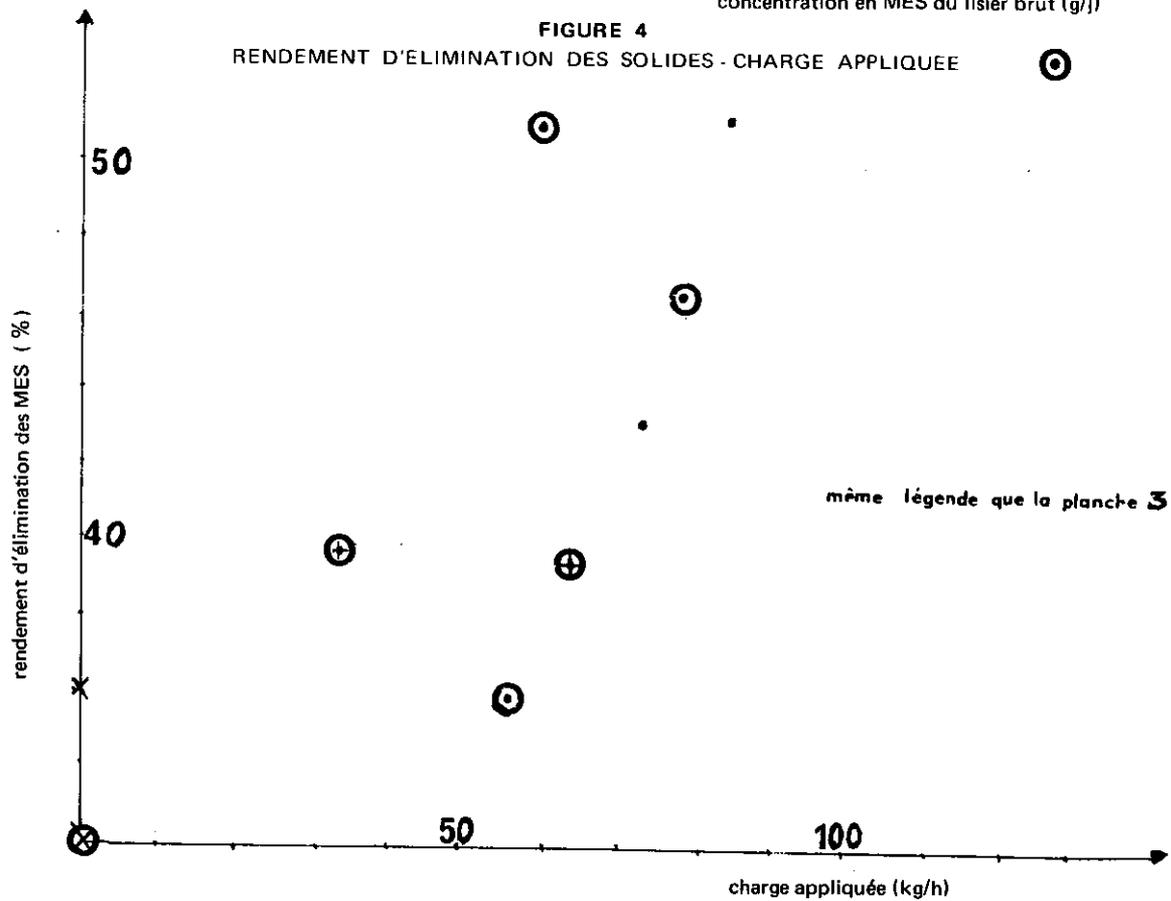
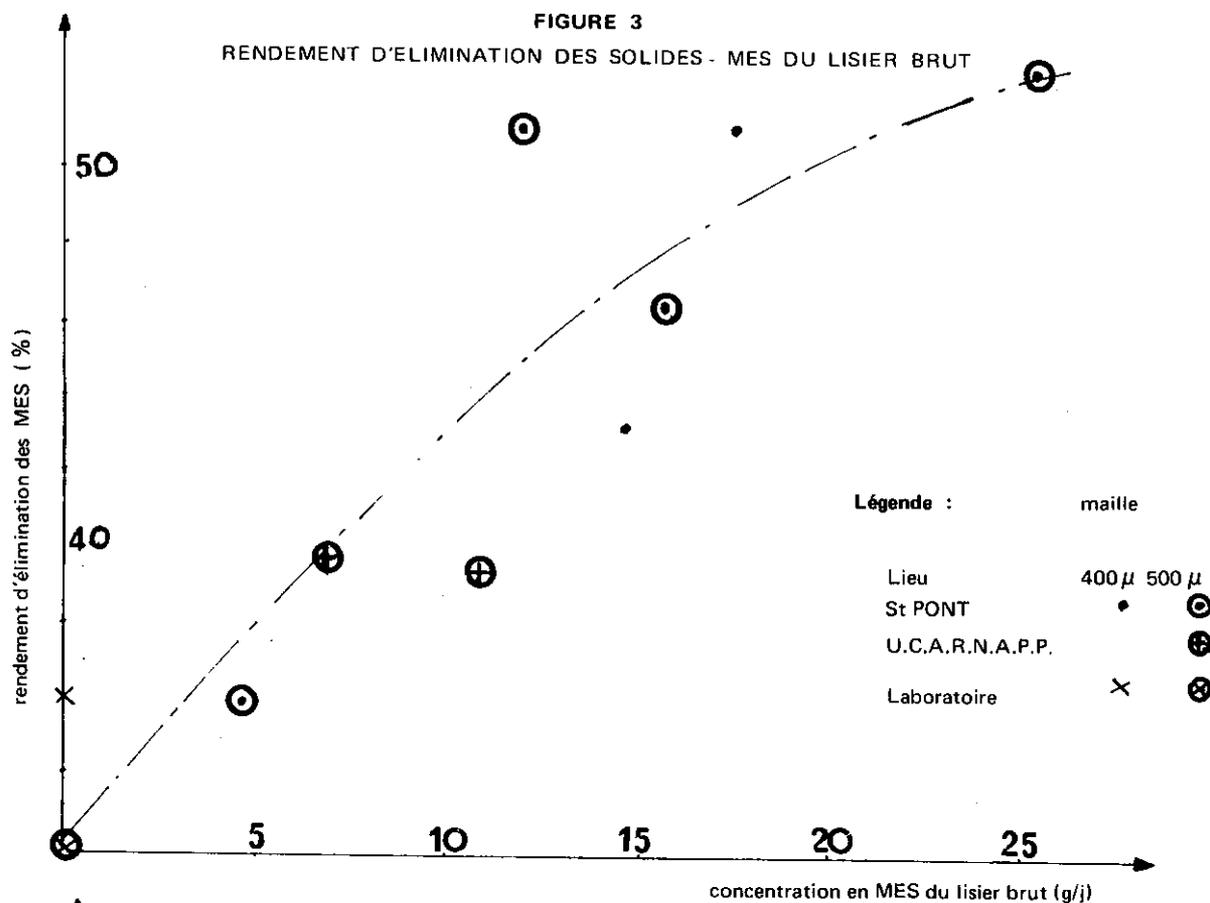
- U.C.A.R.N.A.P.P. (59 Anneux)
- Coopérative des Producteurs de Viande du Bourbonnais (03 - St. Pont).

Les observations, effectuées au cours de deux campagnes de mesures dans chaque élevage, ont porté sur la détermination des rendements (*) moyens journaliers de tamisage :

- à St. Pont, la mesure de ces rendements a été effectuée en comparant les caractéristiques des rejets journaliers bruts à celles du même rejet après tamisage.

(*) On définit par rendement de tamisage le rapport :
$$\frac{\text{Concentration du liquide brut} - \text{concentration du liquide tamisé}}{\text{concentration du liquide brut}}$$

Ce rapport ne donne pas, en fait, le rendement réel puisqu'il ne tient pas compte de la réduction de volume du rejet après tamisage ; les résultats ainsi obtenus sont sous-estimés de 3 à 5 % environ.



— à l'U.C.A.R.N.A.P.P., il a été difficile d'opérer des prélèvements représentatifs de lisier brut. Pour cette raison, la détermination des caractéristiques de ce dernier et la mesure des rendements de tamisage ont été effectuées à partir du poids de refus produit lors de chaque campagne de mesure et de la charge polluante du lisier tamisé dont les prélèvements ont été satisfaisants. Le lisier, dans cet élevage est très dilué car une partie de l'effluent épuré provenant de la station d'épuration biologique est recyclée pour faciliter l'écoulement dans les conduites. Le volume de liquide retenu par les refus humides ne représente qu'un très faible pourcentage du volume total de lisier et peut être légitimement négligé.

L'étude exposée précédemment a été effectuée avec le lisier prélevé lors de la deuxième campagne de mesure à St. Pont.

Le rendement de tamisage en vraie grandeur obtenu lors de cette campagne était de 52,8 % alors que le taux des particules de dimensions supérieures à 40μ n'était que de 50,5 %. Ceci laisse penser que, pour ce type de tamis, le gâteau de refus qui s'accumule sur la toile participe à la filtration et favorise l'adsorption des particules fines sur les plus grossières. On peut donc considérer que l'accumulation des refus sur la toile pendant une période de fonctionnement améliore le rendement de tamisage.

Cette constatation nous a conduit à utiliser la notion de charge de matières solides (Q_s) que l'on définit par :

avec $Q_s = q \times c$ (kg/h)
 $q =$ débit d'alimentation du tamis (m^3/h)
 $c =$ MES du lisier brut en g/l ou kg/m^3 .

Les résultats obtenus en vraie grandeur sur le tamis CONTISCREEN sont résumés dans le tableau suivant :

| ELEVAGE | DATE | DEBIT D'ALIMENTATION m^3/h | MAILLE μ | MES DU LISIER BRUT g/l | CHARGE HORAIRE Q_s Kg/Heure | RENDEMENT D'ELIMINATION DES MATIERES SOLIDES % |
|----------|--------------------|------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------------|--|
| UCARNAPP | 9 au 16 / 03 / 72 | 12 | 500 | 4,64 | 56 | 36 |
| | 19 au 20 / 2 / 73 | 6 | 500 | 10,8 | 64 | 39,5 |
| ST. PONT | 12 au 13 / 10 / 72 | 5 | 500 | 6,75 | 33,7 | 39,8 |
| | 13 au 14 / 10 / 72 | 5 | 500 | 15,70 | 78,5 | 46,5 |
| | 14 au 15 / 10 / 72 | 5 | 500 | 11,90 | 59,5 | 51,2 |
| | 15 au 16 / 10 / 72 | 5 | 400 | 17,50 | 87,5 | 51,2 |
| | 16 au 17 / 10 / 72 | 5 | 400 | 14,60 | 73 | 43,3 |
| | 19 au 20 / 03 / 73 | 5 | 500 | 25,60 | 128 | 52,8 |

Le tamisage réduit la DCO du lisier brut sur la base de 1 à 1,2 gramme de DCO par gramme de refus éliminé. En revanche, la DBO et l'azote total ne semblent réduits de quelques pour cent qu'à partir des rendements d'élimination des MES dépassant 45 %.

L'examen des planches 3 et 4 montre que le rendement d'élimination des matières solides augmente avec la concentration des matières en suspension du lisier brut et aussi avec la charge des matières solides appliquée (Q_s).

Il est donc souhaitable que la conception des bâtiments d'élevage et surtout du système de nettoyage et d'évacuation des déjections permette à celles-ci d'être le plus concentrées possible.

Toutefois, pour un rejet donné, il est difficile de jouer sur la concentration des matières solides. En revanche, il est possible de modifier la charge appliquée en faisant varier le débit d'alimentation.

Dans ce cas, on peut pallier les faibles concentrations en MES de l'effluent brut en augmentant le débit d'alimentation entraînant ainsi une accumulation plus rapide des refus sur le tamis.

2.3. Conditions de fonctionnement optimales du tamis CONTISCREEN :

Les observations effectuées sur le tamis CONTISCREEN installé à St. Pont et à l'U.C.A.R.N.A.P.P. indiquent que les conditions optimales de tamisage sont définies par les trois paramètres suivants :

- charge des matières solides
- limite hydraulique du tamis
- durée maximum d'une alimentation.

2.3.1. Charge des matières solides

L'examen de la planche 4 indique que la charge optimale est de 100 kg de MES par heure, valeur à partir de laquelle le rendement de tamisage croît très peu. Ceci démontre que le débit optimum devrait être au moins égal à :

$$q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{100}{c} \frac{\text{(kg/h)}}{\text{(kg/m}^3\text{)}} \quad \text{avec } c = \text{MES de l'effluent brut,}$$

$$\text{soit par m}^2 \text{ de toile : } \quad q \text{ m}^3\text{/h} = \frac{160}{c} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

2.3.2. Limite hydraulique du tamis

On a constaté d'autre part que pour un diamètre de toile de 90 cm, le débit maximum admissible est de 13 m³/h soit **20 m³/h par m² de toile.**

2.3.3. Durée maximum d'une alimentation

Pendant l'alimentation du tamis une très faible quantité seulement de refus s'évacue, le reste s'accumule sur la toile. Il arrive que le volume accumulé atteigne une importance telle que le liquide ne puisse plus traverser la toile ; il empruntera alors le circuit des refus.

Deux moyens permettent a priori de remédier à cet inconvénient :

- réduire le débit d'alimentation,
- limiter la durée d'une alimentation.

Cependant, compte tenu de la constitution du lisier, et pour de faibles débits, il est difficile de régler ceux-ci avec suffisamment de précision. Le seul moyen permettant d'éviter l'engorgement du tamis reste donc la limitation de la durée d'une alimentation.

Les observations effectuées sur le tamis de St. Pont ont montré que le poids limite en MES du gâteau de refus accumulé sur la toile est proche de 9,5 kg soit **15 kg par m² de toile filtrante**, ce qui limite la durée d'une alimentation à :

$$t = \frac{15 \text{ (kg MES/m}^2 \text{ de toile)}}{Q_s \text{ (kg MES/h)}}$$

3/ – CONCLUSION

Une part importante de la charge polluante du lisier est liée aux particules en suspension. Les traitements physiques de séparation solide-liquide présentent donc un intérêt certain.

On a montré que les particules les plus grossières apparaissent dans les mesures de DCO et de MES mais affectent très peu la demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO) et contiennent très peu d'azote. La DBO est essentiellement liée aux matières dissoutes ou colloïdales et aux particules de taille inférieure à 40 microns.

Pour des raisons pratiques, il semble actuellement exclu d'utiliser des tamis aussi fins qui donneraient un refus trop humide.

C'est pourquoi il ne faut pas attendre du tamisage, avec les mailles habituelles de quelques centaines de microns, une réduction notable de la DBO ni de l'azote du lisier.

On retient les particules dont la taille est supérieure à la maille du tamis mais aussi, dans certaines conditions, une partie des particules plus fines qui sont retenues par la masse des refus.

Pour le type de tamis étudié, cela nous a conduits à rechercher une alimentation discontinue, à débit aussi fort que possible, pour constituer rapidement, à chaque période de fonctionnement, un gâteau de refus qui joue le rôle de précouche. Le gâteau s'égoutte alors et s'évacue après l'arrêt de l'alimentation.

Le même phénomène explique que les rendements de tamisage soient d'autant meilleurs que les lisiers sont plus concentrés.

Ce devrait être une incitation supplémentaire pour concevoir et exploiter les bâtiments d'élevage de telle sorte que la collecte des déjections se fasse avec le moins possible d'eau.