

L7502

DÉSODORISATION DU LISIER DE PORC DANS LA PORCHERIE

B. LEFÈVRE (1), Michèle HÉDUIT (2)

(1) C.T.G.R.E.F. - Division Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture - 14, avenue de Saint-Mandé, 75012 Paris

(2) G.I.D.A. - I.T.P. - 149, rue de Bercy, 75579 Paris Cedex 12

L'aération du lisier pendant le stockage est généralement utilisée pour éviter les dégagements d'odeurs lors de l'épandage.

Un système d'aération intervenant directement dans le caniveau à déjections de la porcherie a été essayé dans un bâtiment de la station expérimentale de l'I.T.P. à Villefranche de Rouergue.

Ce travail avait pour objet :

- d'étudier le fonctionnement de ce type particulier d'aération, et son efficacité sur la désodorisation du lisier.
- de suivre l'évolution des différents paramètres physico-chimiques du lisier aéré pendant les périodes d'engraissement de deux bandes de porcs charcutiers.
- de vérifier l'incidence d'un traitement sous caillebotis sur l'ambiance de la porcherie.

1 - DESCRIPTION DU SYSTÈME D'AÉRATION

Le principe consiste à aérer le lisier directement dans le caniveau à déjection de la porcherie.

Le bâtiment abritant les animaux (porcherie d'engraissement) a une forme ronde, et le caniveau recevant les déjections est circulaire (profondeur 0,60 m, largeur 2,60 m, diamètre extérieur 7,50 m).

L'aération est assurée par 2 aérateurs Aérob-a-jet placés au travers du caniveau, légèrement décalés l'un par rapport à l'autre (voir schéma 1).

Chaque aérateur de puissance unitaire 2,2 kw, est constitué d'une turbine à hélice tripale immergée portée par un axe creux incliné par rapport à la verticale. L'hélice entraîne le liquide, et aspire l'air à travers l'axe d'entraînement (voir schéma 2).

La capacité d'oxygénation, mesurée en eau claire pour une hauteur de 48 cm, est de 0,87 kg O₂/h, ce qui correspond à un rendement d'oxygénation de 0,64 kg O₂/kWh.

Le volume du "chenal" (caniveau circulaire fermé) de 19 m³ assure un temps de rétention hydraulique moyen de 12 à 15 jours environ.

Afin d'augmenter la vitesse du fluide, deux déflecteurs ont été placés dans le caniveau pour le premier essai. Le lisier traité est évacué par surverse. Son volume est mesuré quotidiennement. Après prélèvement d'un échantillon représentatif, le lisier est stocké dans une fosse extérieure. Le volume évacué correspond approximativement à la quantité de lisier produit par les animaux.

SCHÉMA 1
CANIVEAU DE LA PORCHERIE

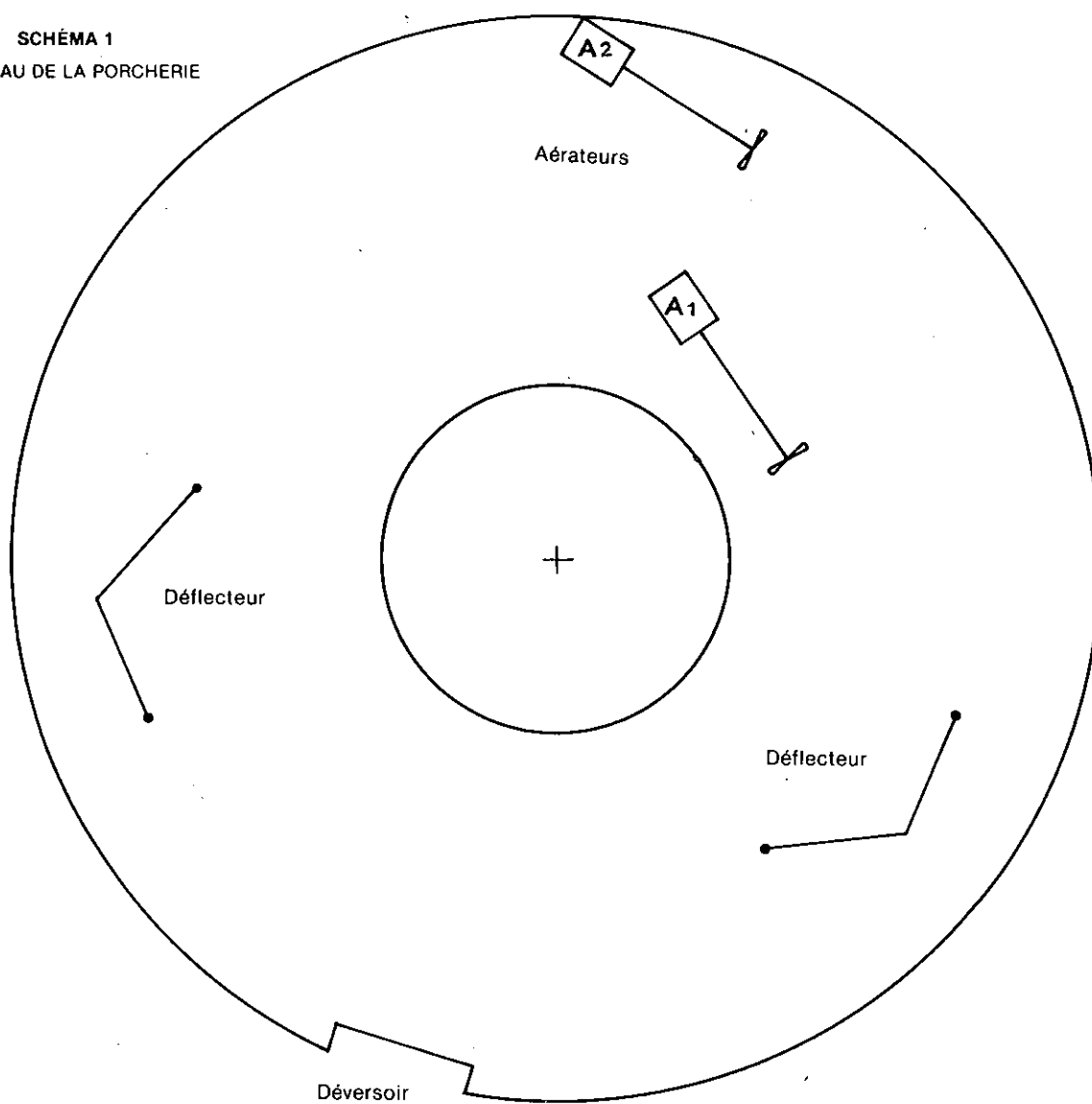
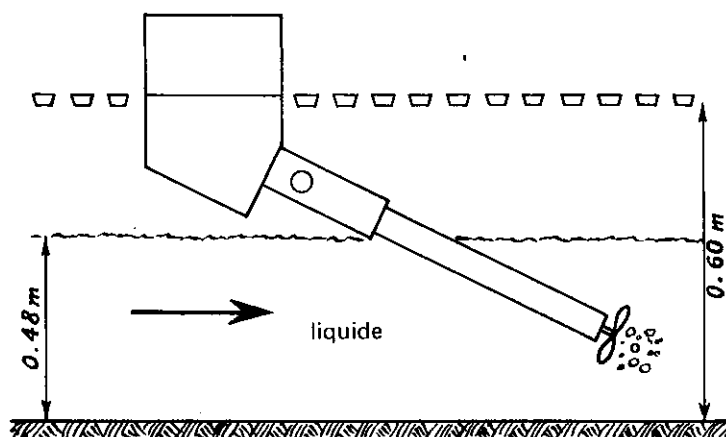


SCHÉMA 2
AÉRATEUR



2 - PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

L'étude porte sur deux périodes d'engraissement de 126 jours.

Les temps d'aération étaient modulés en fonction des variations de la charge organique à traiter. Ils ont été augmentés progressivement avec l'âge des animaux et leur niveau d'alimentation, pour ajuster l'apport d'oxygène à la charge polluante du lisier, estimée à partir de l'aliment distribué, selon les équations établies par l'I.T.P. (1973) :

$$\text{MST (g)} = 210,3 \times A + 17,3$$

$$\text{MVT (g)} = 156,2 \times A + 22,6$$

$$\text{MES (g)} = 161,6 \times A + 1,2$$

$$\text{DCO (g)} = 141,8 \times A + 78,4$$

$$\text{DBO}_5 \text{ (g)} = 79,1 \times A + 3,8$$

$$\text{N Kj. (g)} \simeq 12 A$$

A = quantité d'aliment en kilogrammes.

Pour une charge polluante similaire, l'aération était deux fois plus importante au cours du deuxième essai que pendant le premier.

3 - MESURES EFFECTUÉES

3.1 - Volume

Le volume excédentaire de lisier traité était évacué régulièrement dans une fosse extérieure et mesuré quotidiennement. D'autre part, le volume d'eau (boisson et lavage) entrant dans la porcherie était périodiquement contrôlé.

3.2 - Alimentation

La quantité d'aliments distribués est connue jour par jour, ainsi que le poids moyen des animaux (pesée tous les quinze jours).

3.3 - Composition du lisier

Les analyses effectuées concernent :

- La teneur en extrait sec (Matière Sèche Totale)
- Les Matières en Suspension (MES)
- La Demande Chimique en Oxygène (DCO)
- La concentration en azote total (par la méthode Kjeldhal)
- La concentration en NH_4^+ ($\text{N} - \text{NH}_4^+$)
- La concentration en NO_3 et NO_2

D'autre part des mesures physico-chimiques étaient effectuées régulièrement sur le lisier aéré :

- pH
- potentiel d'oxydo-réduction
- concentration en oxygène dissous mesurée à la sonde oxymétrique
- température

3.4 - Consommation électrique

Le compteur électrique de puissance était régulièrement relevé.

3.5 - Fréquence des observations

Durant la première période (janvier à mai 1977), la plupart des mesures ont été effectuées quotidiennement.

Pour la seconde période (juillet à novembre 1977), on prélevait dans le caniveau un échantillon par semaine, sur lequel se faisaient toutes les analyses. La concentration en oxygène dissous était mesurée plus fréquemment dans le fossé d'oxydation. Les mêmes analyses étaient faites sur un échantillon moyen du lisier évacué dans une capacité de stockage extérieur.

Pendant la seconde période, les observations sur l'air intérieur de la porcherie ont été réalisées avec plus de régularité (détermination du niveau d'odeur au moyen d'un sentomètre, et mesures des concentrations de gaz (NH_3 , CO_2) au moyen d'une pompe Draeger).

4 - OBSERVATIONS ET RÉSULTATS

Première période de fonctionnement

A - Aération et consommation électrique

Les séquences d'aération de chaque appareil étaient fixées par une horloge horaire. Les périodes d'arrêt simultané des deux aérateurs étaient réduites au minimum. La durée d'aération a été progressivement augmentée de 12 % du temps pour les deux aérateurs au départ, jusque 50 % vers la fin de l'essai (tableau 1).

TABLEAU 1
PLANNING DE FONCTIONNEMENT DES DEUX APPAREILS D'AÉRATION (1^{ère} Période)

Semaine engrais.	Poids moyen animaux	Quantité aliment distribué kg/j	% aération	Quantité O ₂ kg/j	Programmation des aérateurs en minute				Consommation électrique moyenne kW/j
					Aérateur 1		Aérateur 2		
					Marche	Arrêt	Marche	Arrêt	
1	24	162	12,5	5,2	5	25	5	25	21,3
2		156							
3	30	309	25	10,4	10	30	10	30	19,6
4		330			10	30	10	30	
5		361			15	45	15	45	
6		386			15	45	15	45	
7	50	432	33	13,8	20	40	20	40	23,6
8		441			20	40	20	40	
9		441			10	20	10	20	
10		464			10	20	10	20	
11	70	464	42	17,5	25	35	25	35	28,5
12		479			25	35	25	35	
13		479			25	35	25	35	
14		488			25	35	25	35	
15	86	448	50	20,9	30	30	30	30	37,2
16		410			15	15	15	15	
17		345	42	17,5	12,5	17,5	12,5	17,5	30,4
18		371			12,5	17,5	12,5	17,5	

Globalement la quantité d'électricité consommée équivaut à 16,5 kW par porc produit.

B - Evolution du lisier aéré pendant le traitement

B.1 - PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

La concentration en **oxygène dissous**, qui était d'environ 3mg/l (à 20° C) jusque la 5^e semaine, s'est ensuite stabilisée entre 1 et 2 mg/l (pour des températures de 27° à 29° C) après la 7^e semaine. La concentration en O₂ était mesurée après 5 mn de marche des aérateurs.

Le **pH** s'est stabilisé rapidement entre 8,5 et 9 et cette valeur est restée constante pendant tout l'essai.

La **température** du lisier augmente dès la 6^e semaine pour se maintenir ensuite autour de 27° C. Une seconde augmentation de température a été enregistrée vers la fin de l'essai pour atteindre 32° C.

Les valeurs du potentiel d'oxydo-réduction ont été presque toujours négatives (valeur moyenne - 200 mV) après avoir atteint + 70 mV lors des deux premières semaines de marche.

B.2 - COMPOSITION DU LISIER DANS LE CHENAL

La figure 3 représente l'évolution de la MST, du taux de minéralisation des MST, de la DCO, et des composés azotés au cours des 18 semaines de traitement.

L'évolution de la DCO suit étroitement la concentration en MST. Le second maximum en MST et DCO est dû en grande partie au brassage accru quand la période de fonctionnement des aérateurs a été augmentée. D'autre part, l'importante formation de mousse explique la diminution de la concentration en MST et en DCO entre la 7^e et la 12^e semaine (évacuation de flottants).

Le pourcentage de matières volatiles totales reste voisin de 60 %, en diminuant légèrement vers la fin de l'essai.

L'évolution des composés azotés est plus régulière. La concentration en nitrates mesurée à plusieurs reprises pendant les 10 dernières semaines a toujours été nulle. La concentration en nitrite des mêmes échantillons (exprimée en N) était faible (de 1 à 2 mg/l). Les concentrations en azote Kj. et en NH₄⁺ ont augmenté régulièrement pendant les deux premiers mois de l'expérimentation. La concentration maximale en azote a été de 5,9 g/l, et en NH₄⁺ de 3 350 mg/l. La période de teneur maximale en azote correspond au maximum de MST. Les variations relatives de la concentration en N semblent d'ailleurs liées en partie à la concentration en matière sèche. Le rapport $\frac{N \text{ Kjeldal}}{M.S.T}$ varie de 10 à 20 % et est légèrement plus élevé vers la fin de l'expérience.

La concentration en NH₄⁺ s'est élevée régulièrement (12 premières semaines) puis a atteint un palier (concentration voisine de 3 g/litre) pendant les 8 dernières semaines. Le rapport $\frac{N. NH_4^+}{N. Kj.}$ est beaucoup plus fluctuant (de 45 % à 67 %), mais une tendance à l'augmentation s'observe vers la fin de l'essai. Après la huitième semaine, les valeurs du rapport sont généralement supérieures à 50 %.

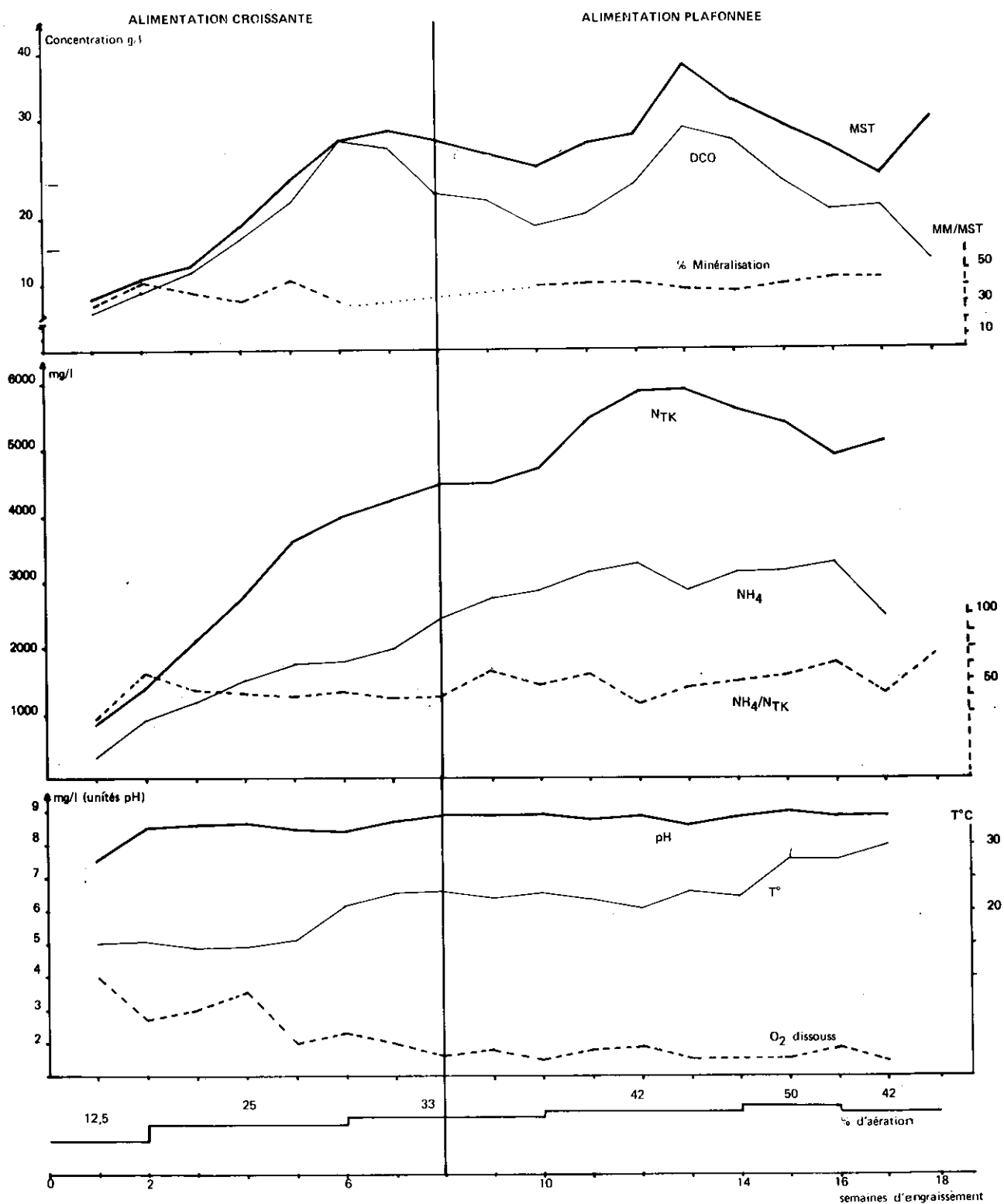
Dans les conditions de températures et de pH observées (27 à 30° C, pH 8,5 à 9), la proportion d'ammoniac non dissocié (NH₃) est importante. Il existe un équilibre entre l'ammoniac dissous et l'ion ammonium NH₄⁺. Il est possible d'évaluer cette concentration en ammoniac, qui, dans les conditions observées à la fin de l'essai s'élevait à 1200 mg/l, et conduisait à des phénomènes de désorption non négligeables. Pendant les deux derniers mois, l'atmosphère de la porcherie était très chargée en ammoniac, provoquant des irritations des yeux et de la gorge, ainsi que des difficultés respiratoires aux animaux (toux).

C - Bilan des charges

C.1 - CHARGE ENTRANTE

La quantité de charge polluante introduite liée à l'aliment distribué, augmente jusqu'à la 8^e semaine pour atteindre un palier correspondant au plafonnement de l'alimentation (105 kg DCO/jour).

FIGURE 3
ÉVOLUTION DES DIVERS PARAMÈTRES ENREGISTRÉS (1^{er} essai)



C.2 - CHARGE SORTANTE

Elle est calculée d'après le volume journalier évacué et la concentration de l'échantillon moyen (ces charges n'apparaissent qu'à partir de la 9^e semaine). Les moyennes calculées pour l'ensemble de l'essai sont les suivants :

MST = 38,9 kg/jour
 DCO = 34,8 kg/jour
 DBO₅ = 13,9 kg/jour
 N. Kjel. = 5,6 kg/jour
 N - NH₄ = 2,5 kg/jour

C.3 - RENDEMENTS

Les rendements globaux ont pu être calculés pour les différents paramètres en tenant compte des 8 m³ de dépôts constatés en fin d'expérience (voir tableau 3).

SECONDE PÉRIODE DE FONCTIONNEMENT

A - Aération et consommation électrique

Lors du second essai, le mode de fonctionnement était identique à celui du premier essai. Mais la durée d'aération, pour des charges polluantes identiques, a été sensiblement augmentée par rapport à la période précédente. La durée d'aération a été progressivement portée de 50 % au départ à 100 % du temps à la fin de l'essai (tableau 2).

TABLEAU 2
 PLANNING DE FONCTIONNEMENT DES DEUX APPAREILS D'AÉRATION (2^e Période)

Semaine engrais.	Poids moyen animaux	Quantité aliment distribué kg/j	% aération	Quantité O ₂ kg/j	Programmation des aérateurs en minute				Consommation électrique moyenne kW/j
					Aérateur 1		Aérateur 2		
					Marche	Arrêt	Marche	Arrêt	
1 2	25	173 231	50	20,9	10	10	10	10	27,8
3 4	30	267 274	67	28	10	5	10	5	40,3
5 6		312 316	75	31,3	15	5	15	5	37,0
7 8	50	341 346	83	34,7	25	5	25	5	42,3
9 10 11 12 13		371 372 401 399 380	92	38,4	25	5	30	0	51,6
14 15 16 17 18		413 413 413 380 400	100	41,8	30	0	30	0	59,0

Il n'y avait jamais d'arrêt simultané des deux aérateurs.

Globalement, la quantité d'électricité consommée équivaut à 38,8 kW par porc produit.

B - Evolution du lisier aéré pendant le traitement

1 - CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

La concentration en oxygène dissous a été pratiquement toujours supérieure à 4 mg/l (entre 4 et 6 mg/l), pour des températures variant entre 20 et 25° C. Le pH égal à 8, a diminué pour se stabiliser après 3 semaines à pH 6,5. Une seconde chute a été observée pendant les 4 dernières semaines (pH = 6).

La température a fort peu variée et s'est toujours maintenue entre 20 et 25° C, la température finale étant de 20° C.

Le potentiel d'oxydo-réduction a toujours été positif (avec des minimums de 80 mV au début de l'essai, et un maximum de + 300 mV vers la fin). Les valeurs de ce potentiel étaient très variables d'une mesure à l'autre.

2 - COMPOSITION DU LISIER

La figure 4 représente l'évolution des divers paramètres enregistrés.

Les variations de la DCO et de la concentration en MST sont sensiblement parallèles.

L'augmentation des concentrations est également rapide mais plus régulière que pour la première expérience. Les concentrations maximales observées sont voisines de celles mesurées lors de l'expérience précédente.

L'augmentation du temps de fonctionnement des turbines a contribué à un meilleur brassage et évité la formation de mousses trop importantes.

Le rapport de minéralisation est par ailleurs constant au cours du traitement.

On observe par ailleurs une augmentation régulière lente et parallèle de la concentration en azote et en ammoniacale. La concentration en azote maximale atteinte, a été de 2,6 g/l et en NH_4 de 1550 mg/l. Les variations de la concentration en N.Kj sont liées à la teneur en MST. Le rapport $\frac{(\text{N. H}_4 +)}{(\text{N.Kj})}$ augmente assez régulièrement de 33 % vers le début à 62 % à la fin de l'expérimentation.

La concentration en nitrites et nitrates ne devient significative qu'après 4 semaines d'aération. La concentration en nitrites est constamment supérieure à celle des nitrates.

La concentration maximum en nitrates est atteinte après sept semaines (700 mg/l), puis elle diminue rapidement pour varier entre 0 et 200 mg/l jusqu'à la fin de l'expérience, où elle est nulle.

Le pourcentage de nitrification (% de nitrification = $\frac{(\text{NO}_2)}{(\text{NH}_4 +) + (\text{NO}_2)}$) varie entre 70 et 60 %.

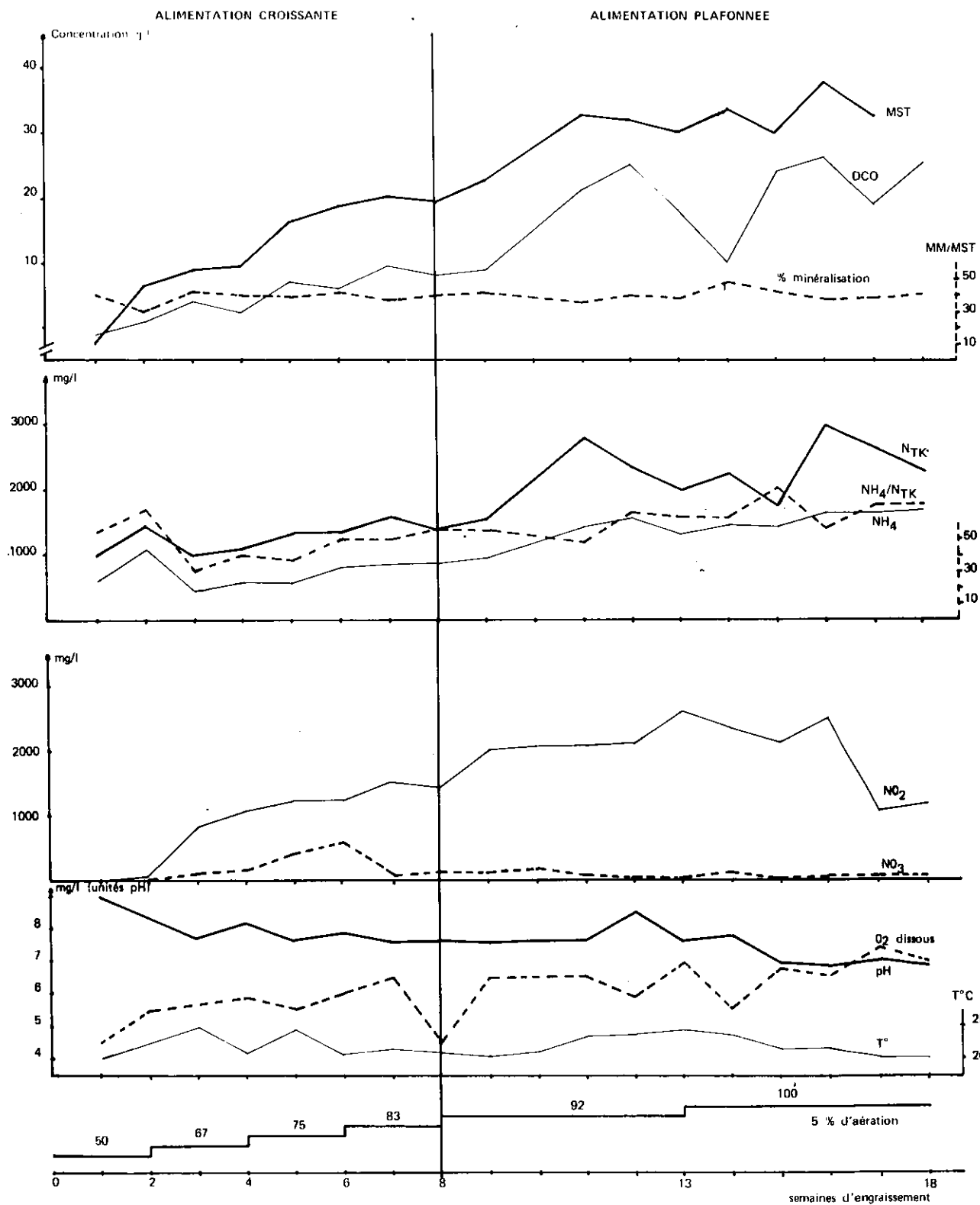
Il tend à diminuer vers la fin de l'expérimentation avec une concentration en oxygène dissous constamment supérieur à 5 mg/l : l'aération est donc suffisante pour la croissance des bactéries nitrifiantes.

3 - BILAN DES CHARGES

a) charge entrante

L'évolution de la charge entrante est identique à celle du premier essai.

FIGURE 4
ÉVOLUTION DES DIVERS PARAMÈTRES ENREGISTRÉS (2^e essai)



b) charge sortante

Le même calcul que précédemment a conduit aux moyennes suivantes :

MST = 50 kg/j

DBO₅ = 11,50 kg/j

DCO = 38,70 kg/j

N.TK = 3 kg/j

N_{NH₄} + = 1,10 kg/j

c) rendement

Aucun dépôt n'ayant été observé à la fin de la bande, les calculs de rendement ont été effectués en ne tenant compte que des charges entrantes et sortantes (cf. tableau 3).

Commentaires des résultats

TABLEAU 3
BILAN DES CHARGES ET RENDEMENT

	M.S.T.			D.B.O ₅			D.C.O.			N. Kjeldahl			N _{NH₄} ⁺		
	introd.	sortant	Rdt	introd.	sortant	Rdt	introd.	sortant	Rdt	introd.	sortant	Rdt	introd.	sortant	Rdt
essai 1	11255	6538	42 %	3723	1752	53 %	11129	4384	61 %	591,5	353	40 %	245	177	28 %
essai 2	9893	5600	43 %	3252	1283	62 %	9765	4334	56 %	517	311	40 %	215	120	44 %

1 - RENDEMENT D'ÉPURATION ET CONSOMMATION ÉLECTRIQUE

Le tableau 3 regroupe les divers rendements d'épuration en ce qui concerne le 1^{er} et le 2^e essai, et porte sur les quelques paramètres enregistrés :

- en ce qui concerne les MST et l'N. Kj, on observe des rendements similaires entre les deux essais.
- en ce qui concerne la DBO₅ et la DCO, les rendements sont peu différents :
 - l'aération poussée permet un abattement plus important de la DBO₅.
 - la réduction de la DCO semble liée à la température (on peut émettre l'hypothèse d'une meilleure dégradation de la cellulose lorsque la température du milieu est plus élevée).
 - les rendements relatifs à l'ammoniac sont liés au phénomène de nitrification.

Si on considère la charge totale en azote (N. Kj + NO₂ - NO₃), on constate que la réduction est sensiblement plus élevée dans le premier essai. En effet, dans le deuxième cas, la moitié de l'azote se retrouve sous forme de nitrites et nitrates alors que dans le premier cas, une forte quantité était volatilisée sous forme d'ammoniac.

Pour le premier essai, la consommation électrique enregistrée fut de 16,5 kW/porc produit contre 38,8 kW/porc pour le deuxième essai, soit 2,3 fois plus.

2 - LES NUISANCES OLFACTIVES

a) le lisier

Le lisier traité présentait, dans les deux cas, les mêmes caractéristiques de désodorisation. Cependant, on a noté dans le premier essai, une odeur d'ammoniac, rapidement dissipée à l'air libre.

b) ambiance de porcherie

Des tests d'odeur ont été effectués à l'aide d'un sentomètre par un jury composé de 6 personnes.

En fin de première bande, l'air de la porcherie était chargé en ammoniac gazeux, provoquant des irritations des yeux et de la gorge.

Les animaux étaient sales et agressifs, mais venaient facilement sur la caillebotis. Le seuil de perception se situait à la deuxième dilution soit la dilution d'un volume d'air de la porcherie pour 170 volumes d'air filtré sur charbon actif.

Aucune odeur désagréable n'a été enregistrée au cours de la deuxième période, même aux dilutions les plus faibles. Quelques mesures de concentration des gaz présents dans l'atmosphère ont été réalisées à la pompe Draeger. Il n'a été décelé aucune trace d' H_2S ni de CO . Par contre, CO_2 et $\text{NO} + \text{NO}_2$ étaient présents à l'état de trace. La concentration maximale en NH_3 était de 5 ppm (enregistré le 91^e jour).

Cependant, la différence entre les deux ambiances ne semble pas avoir eu d'incidence très prononcée sur l'état sanitaire des animaux, vu le faible laps de temps pendant lequel ils ont été soumis à ces fortes concentrations en ammoniac.

Les performances enregistrées au cours du 1^{er} et du 2^e essai, étaient respectivement de :

$$\text{GMQ}_1 = 624$$

$$\text{IC}_1 = 3,26$$

$$\text{GMQ}_2 = 690$$

$$\text{IC}_2 = 3,08$$

soit un gain supplémentaire de 7 kg de poids vif pour une durée de 100 jours pendant la deuxième période.

3 - EFFICACITÉ DU SYSTÈME

L'appareil que nous avons testé présente une CO^* suffisante pour la charge à traiter mais, malgré une puissance spécifique installée (kW/m^3) importante, la capacité de brassage est très moyenne.

(* C.O. = capacité d'oxygénation)

A cause de l'importance des dépôts constatés lors du premier essai, nous avons été amenés à augmenter le temps d'aération, ce qui a conduit à maintenir un taux d'oxygène dissous élevé. De ce fait, au cours du deuxième essai, nous n'avons jamais eu à déplorer la formation de mousses importantes ni d'élévation de température.

Or, si la formation de mousses reste contrôlable, ce phénomène permet de bénéficier de l'élévation de température, ce qui améliore le rendement du traitement.

Les formes d'azote obtenues dans les deux cas sont très différentes. Pour une aération limitée (1^{ère} période) visant simplement à éviter les fermentations aérobies, une augmentation importante en ammoniac s'est produite. Si l'on maintient des teneurs en oxygène plus élevées dans le liquide (2^e essai), la nitrification survient, mais s'arrête au stade des nitrites.

Remarque : Ces essais ont été conduits dans une porcherie dont les caniveaux n'avaient pas été initialement conçus pour une aération sous caillebotis. Une utilisation optimum des appareils eût nécessité une modification fondamentale de la géométrie des caniveaux.

D - CONCLUSIONS

Le traitement aérobie du lisier sous les animaux présente certains avantages (économie des fosses, bénéfice de l'augmentation de température...) mais les contraintes sont beaucoup plus strictes que lorsque l'on envisage un stockage extérieur.

En effet, la mise en œuvre d'appareils de ce type suppose que la conception du bâtiment soit réalisée en vue du traitement du lisier sous caillebotis, afin de prévoir une ventilation adaptée (surpression) et une profondeur des caniveaux suffisante, pour une hauteur de lisier traité de 50 cm.

Il semble que l'on puisse obtenir des résultats de désodorisation satisfaisants avec un fonctionnement se situant entre 40 et 60 % du temps pour 200 porcs présents, ce qui nécessiterait une consommation de 30 kW/porc produit.

BIBLIOGRAPHIE

- Ilting af gylle - Statens Husdyrbrugsforsog - Arne Madsen - Keller Nielden - Avril 1975 - Mars 1976.
- Nutrient availability from oxydation ditches - Harmon et Day - Managing Livestock Wastes. 1975.
- Rapport Annuel de la Station Expérimentale de Villefranche de Rouergue
Institut Technique du Porc, 1973 à 1977.