

En 7415

ETUDE SUR PILOTES DE LABORATOIRE DE L'EPURATION DE LISIER DE PORCHERIE PAR LAGUNAGE AERE *

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

1. - INTRODUCTION

A mesure que l'élevage porcin se développe et se concentre en unités de plusieurs centaines ou plusieurs milliers d'animaux, le problème de l'élimination des déjections se pose avec une acuité croissante.

Pratiqué rationnellement sur des surfaces suffisantes l'épandage reste le moyen le plus satisfaisant d'éliminer ces déchets liquides puisqu'il permet à la fois de se débarrasser du lisier sans polluer les eaux et d'apporter aux sols des éléments fertilisants.

Mais l'éleveur ne dispose pas toujours des terrains nécessaires. Il faut alors envisager d'épurer ces liquides dans une station de traitement qui doit être aussi peu coûteuse que possible, de conduite facile et capable de supporter les grosses variations de charge polluante. Parmi les procédés connus d'épuration biologique le lagunage aéré est certainement celui qui satisfait le mieux à ces exigences.

C'est pourquoi nous avons entrepris d'étudier son application au traitement des effluents de porcherie.

La technique du lagunage aéré consiste à traiter l'effluent par simple aération dans un ou plusieurs bassins en série. L'alimentation est continue, l'évacuation se faisant par surverse.

Les bassins sont en général, simplement creusés dans le sol sans étanchéité artificielle si le terrain est assez peu perméable.

D'une profondeur de 1,5 à 4 m, ils sont équipés d'un système d'insufflation d'air ou d'aérateurs de surfaces fixes ou flottants.

Les micro-organismes qui s'y développent assurent la dégradation des matières organiques. Le système d'aération dimensionné pour satisfaire aux besoins en oxygène de ces micro-organismes a en général une puissance de brassage insuffisante pour empêcher la décantation d'une partie des micro-organismes et des matières en suspension apportées par l'effluent à traiter. Il se constitue donc, normalement au fond du bassin un dépôt qui évolue plus lentement en anaérobiose. Les échanges boues-liquide sont complexes mais on peut admettre que l'essentiel de l'épuration s'effectue dans la zone aérée et agitée.

L'effluent traité qui sort des bassins entraîne sous forme de matières en suspension les micro-organismes aérobies qui se sont développés au cours du traitement et une partie des matières solides apportées par l'effluent brut. C'est pourquoi on peut compléter l'installation en aménageant une zone calme près de la sortie du bassin, ou mieux encore, en construisant un ou plusieurs bassins de décantation.

Dans cette étude expérimentale nous nous sommes intéressés à l'influence du temps de séjour :

- sur l'aspect et les caractéristiques de l'effluent traité.
- sur les rendements d'épuration.
- et enfin sur les qualités et les charges polluantes des matières en suspension de l'effluent traité et des dépôts formés dans les cuves d'aération. Quatre temps de séjour nominaux ont été testés : 23, 43, 95 et 100 jours.

* Ce travail fait partie d'un programme d'étude financé par le F.O.R.M.A.

** Avec la collaboration technique de MM. S. CAROT et M. ROBIEUX.

On a étudié, également, l'influence du tamisage préalable du lisier sur l'épuration biologique par lagunage aéré et surtout sur la qualité et l'importance des dépôts.

Afin de déterminer les limites d'épuration en lagunage aéré, on a enfin étudié le traitement du lisier en deux étages de lagunage aéré.

2. - METHODOLOGIE - MATERIEL EMPLOYE

2.1. Pilotes :

L'étude a été effectuée à l'aide de 6 maquettes de laboratoire ou "pilotes", récipients cylindriques ou parallélépipédiques en matière plastique d'un volume de 6,7 à 28,8 litres.

Les caractéristiques de ces pilotes sont précisées dans le tableau 1.

L'aération était assurée par un diffuseur poreux maintenu au centre de chaque cuve, au tiers de la profondeur et alimenté par un compresseur de 4 w.

On a pu ainsi maintenir des concentrations d'oxygène dissous satisfaisantes (supérieures à 1mg/l) en même temps qu'une agitation très réduite pour simuler autant que possible une lagune aérée peu brassée en laissant se constituer des dépôts de matières en suspension.

- L'influence du temps de séjour a été étudié sur les pilotes B. 20, B. 40, LB1 et LT1 (tableau 1).
- L'influence du prétraitement par tamisage a été étudiée en comparant les comportements des deux pilotes LB1 et LT1.
- Le traitement en deux étages a été étudié sur les pilotes LB1 et LT1, fonctionnant en premier étage et LB2 et CT2 en deuxième étage.

TABLEAU 1
CARACTERISTIQUES DES PILOTES

NATURE DE L'EFFLUENT A TRAITER ET DENOMINATION DES PILOTES	DATE DE MISE EN SERVICE	DATE DU DEBUT DE L'ETUDE	DATE DE LA FIN DE L'ETUDE	VOLUME UTILE ET DIMENSIONS DE LA CUVE D'AERATION	VOLUME JOURNALIER D'ALIMENTATION ml.	TEMPS DE SEJOUR NOMINAL (jours)
Lisier brut "B 20"	9/8/72	28/8/72	26/11/72	volume = 6,7 litres diamètre = 20 cm hauteur = 21,5 cm	290	23
Lisier brut "B 40"	9/8/72	28/8/72	26/11/72	volume = 12,4 litres diamètre = 25 cm hauteur = 25,5 cm	290	43
Lisier brut "LB1"	27/1/72	17/7/72	26/11/72	volume = 28,8 litres largeur = 25 cm longueur = 47,7 cm hauteur = 24 cm	290	100
Lisier tamisé "LT1"	27/1/72	17/7/72	26/11/72	volume = 27,6 litres longueur = 47,7 cm hauteur = 24 cm	290	95
Effluent traité de LB1 "LB2"	27/1/72	31/7/72	26/11/72	volume = 9,25 litres diamètre = 20 cm hauteur = 29,5 cm	92	100
Effluent traité de LT1 "LT2"	27/1/72	31/7/72	26/11/72	volume = 9,0 litres diamètre = 20 cm hauteur = 28,5 cm	90	100

2.2. Lisier :

Le lisier utilisé pour l'alimentation des pilotes a été recueilli dans une porcherie de naissance-engraissement. Il a été stocké dans des flacons en plastique de 290 ml et conservé dans un congélateur (à -18°C). Des renouvellements de stock ont été nécessaires en raison de la faible capacité du congélateur.

Les caractéristiques moyennes de l'effluent brut sont, cependant, restées celles d'un lisier deux à quatre fois dilué par les eaux de lavage.

A chaque renouvellement de stock, une partie de lisier était tamisée pour l'étude de l'influence du tamisage sur l'épuration biologique.

2.3. Alimentation :

L'alimentation des pilotes a été effectuée en introduisant, en une seule fois, la dose journalière. L'absence d'alimentation les samedis et dimanches a été compensée en introduisant une double dose les vendredis et lundis. On a pu ainsi reproduire les conditions de la pratique où la charge polluante arrive pour la plus grosse part au moment des nettoyages, de durée généralement courte.

2.4. Mesures et analyses :

Les différents paramètres pris en compte dans notre étude sont les suivants :

- pH (méthode électrique)
- Oxygène dissous (méthode polarographique)
- Température
- DBO₅ : demande biochimique en oxygène à 5 jours (méthode normalisée)
- DCO : demande chimique en oxygène (méthode normalisée)
- L'azote sous toutes ses formes
- MES : matières en suspension
- MVS : matières volatiles en suspension.

Les effluents traités sont récupérés quotidiennement et stockés au réfrigérateur (à $+4^{\circ}\text{C}$). A la fin de chaque semaine on a reconstitué, pour chaque pilote, un échantillon moyen hebdomadaire en regroupant les volumes journaliers d'effluent traité. Une partie de cet échantillon hebdomadaire a été centrifugée (à 2.200 g. pendant 15 mn). Ces échantillons hebdomadaires, centrifugé et non centrifugé ont été ensuite analysés, on a pu ainsi déterminer la part de la charge polluante qui incombe aux matières en suspension présentes dans l'effluent traité.

Chaque nouveau stock de lisier a été trois fois analysé : au début, au milieu et la fin de la période de stockage.

Les observations effectuées, sur chaque pilote ont démarré après une période d'adaptation, de durée proche du temps de séjour nominal.

3. - RESULTATS

3.1. Temps de séjour réel :

Les dépôts formés dans les pilotes, ont réduit au cours de notre étude, les volumes utiles des cuves d'aération. C'est pourquoi nous définissons le temps de séjour réel par :

$$T = \frac{T_0 + T_1}{2}$$

avec $T_0 = \frac{V_0}{v_{\text{eff}}}$ temps de séjour initial.

$$T1 = \frac{V1}{v_{\text{eff}}} \quad \text{temps de séjour final.}$$

où : $V0$ et $V1$ sont les volumes utiles initial et final de la cuve d'aération.

v_{eff} : volume journalier moyen de l'effluent traité.

Le tableau 2, groupe les temps de séjour nominaux et réels des quatres pilotes.

TABLEAU 2
TEMPS DE SEJOUR NOMINAUX ET REELS

PILOTE	B 20	B 40	LB1	LT1
Temps de séjour nominal (j)	23	43	100	95
Temps de séjour réel (j)	18	35	97	110

On note que les temps de séjour réels sont proches des temps de séjour nominaux, puisque l'évaporation et la formation de dépôts agissent en sens inverse ; sauf pour le pilote LT1 qui est le seul à avoir un temps de séjour réel supérieur au nominal ; ce qui démontre l'intérêt du tamisage.

Notons, que l'évaporation appréciable dans le cas de notre étude, serait en partie compensée par les pluies dans le cas d'une installation en vraie grandeur.

3.2. Influence du temps de séjour :

3.2.1. Sur l'aspect du pilote et de l'effluent épuré :

Les pilotes à 18 et 35 jours étaient plus sensibles aux incidents de colmatage du diffuseur d'air et à la double alimentation des vendredis et lundis, cette sensibilité se traduisait par une abondante formation de mousse, inconvénient jamais rencontré pour les pilotes à temps de séjour plus important.

La couleur de l'effluent épuré passait du gris pour les plus faibles temps de séjour au jaune-brun pour les plus élevés. On notait une légère odeur :

- de lisier frais pour le pilote à 18 jours,
- ammoniacale pour le pilote à 35 jours.

Les effluents traités dans les pilotes à 97 et 110 jours de temps de séjour étaient inodores.

Le pH a été, pour tous les pilotes, compris dans l'intervalle 8,5 - 8,6 conséquence sans doute, de la forte concentration en ammoniacale qui a été la principale forme d'azote dans les quatre pilotes. On a cependant enregistré dans les pilotes LB1 et LT1 quelques apparitions irrégulières de nitrites à des concentrations ne dépassant pas les quelques mg/l.

3.2.2. Sur les rendements d'épuration :

Les pilotes ont fonctionné à une température moyenne de 11°C pour B20 et B40 et de 14,5°C pour les deux autres.

Les rendements de réduction de la charge polluante ont été appréciables même pour les faibles temps de séjour. Le tableau 3 qui groupe les principaux résultats obtenus sur ces pilotes indique que le temps de séjour a peu d'influence, tout au moins dans l'intervalle 18-110 jours, sur les rendements d'épuration ; influence encore plus faible sur les rendements calculés par rapport à l'effluent épuré centrifugé : les rendements obtenus avec 35 jours de temps de séjour sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus à 95 et 110 jours. Cette constatation laisse penser que, au-delà d'un séjour de l'ordre de 30-40 jours la dégradation de la charge polluante soluble devient très lente.

TABLEAU 3

QUALITES MOYENNES DU LISIER ET DE L'EFFLUENT EPURE
ET RENDEMENTS D'EPURATION – TEMPS DE SEJOUR

TEMPS DE SEJOUR	18				35				95				110				
	vol par j.	DBO	DCO	N	vol	DBO	DCO	N	vol	DBO	DCO	N	vol	DBO	DCO	N	
Effluent brut (ml ou mg/l)	290	6000	22000	1050	290	5800	21800	1000	290	7100	22700	1260	290	6950	17900	13500	
Effluent épuré non centrifugé (ml ou mg/l)	238	920	2900	430	243	245	1600	320	195	300	2150	240	204	310	1770	370	
Effluent épuré centrifugé (ml ou mg/l)	238	450	1700	–	243	120	840	–	195	100	1400	–	204	175	1380	–	
Rendement calculé par rapport à l'effluent épuré (%)	non centrifugé	–	86,1	88,9	66,3	–	94,8	93,7	70,7	–	97	93,8	89	–	96,8	92,8	82,1
	centrifugé	–	93,8	93,4	–	–	97,7	96,2	–	–	98,3	95,6	–	–	97,6	94,4	–

3.2.3. Sur la qualité des matières en suspension contenues dans l'effluent épuré :

Si le temps de séjour à partir de 30-40 jours, n'exerce que peu d'influence sur la charge polluante soluble, il améliore, en revanche considérablement le degré de stabilisation des matières en suspension de l'effluent, épuré dont la concentration variait de 500 à 1.200 mg/l. Les courbes "temps de séjour-rendement d'épuration" permettent de noter que la différence entre les rendements en DBO de l'effluent épuré centrifugé d'une part et non centrifugé d'autre part, est d'autant plus faible que le temps de séjour est élevé. Cette influence du temps de séjour sur le degré de stabilisation des MES est également mise en évidence dans le tableau 4 qui groupe, en fonction du temps de séjour, la charge polluante apportée par 1 g de MES ou de MVS.

TABLEAU 4

QUALITE DES MES EN FONCTION DU TEMPS DE SEJOUR

PILOTE	TEMPS DE SEJOUR REEL	D B O		D C O		M V S M E S
		g/g de MES	g/g de MVS	g/g de MES	g/g de MVS	
B 20	18	0,47	0,62	1,0	1,4	0,75
B 40	35	0,32	0,43	1,1	1,45	0,74
LB1	97	0,19	0,29	0,8	1,20	0,68
LT1	110	0,20	0,33	0,74	1,16	0,60

3.2.4. Sur la qualité et la charge polluante des dépôts :

On ne peut comparer ici que les dépôts des pilotes B 20, B 40 et LB1, car le pilote LT1 a été alimenté avec du lisier préalablement tamisé.

L'analyse des dépôts de ces trois pilotes, effectué à la fin de l'étude, a montré que le poids de matières solides stockées sous forme de dépôts constitue une fraction presque constante de la charge en MES introduite. En revanche leur charge en DBO est relativement plus faible pour le pilote LB1 comme l'indique le tableau 5.

RENDEMENT D'EPURATION - TEMPS DE SEJOUR

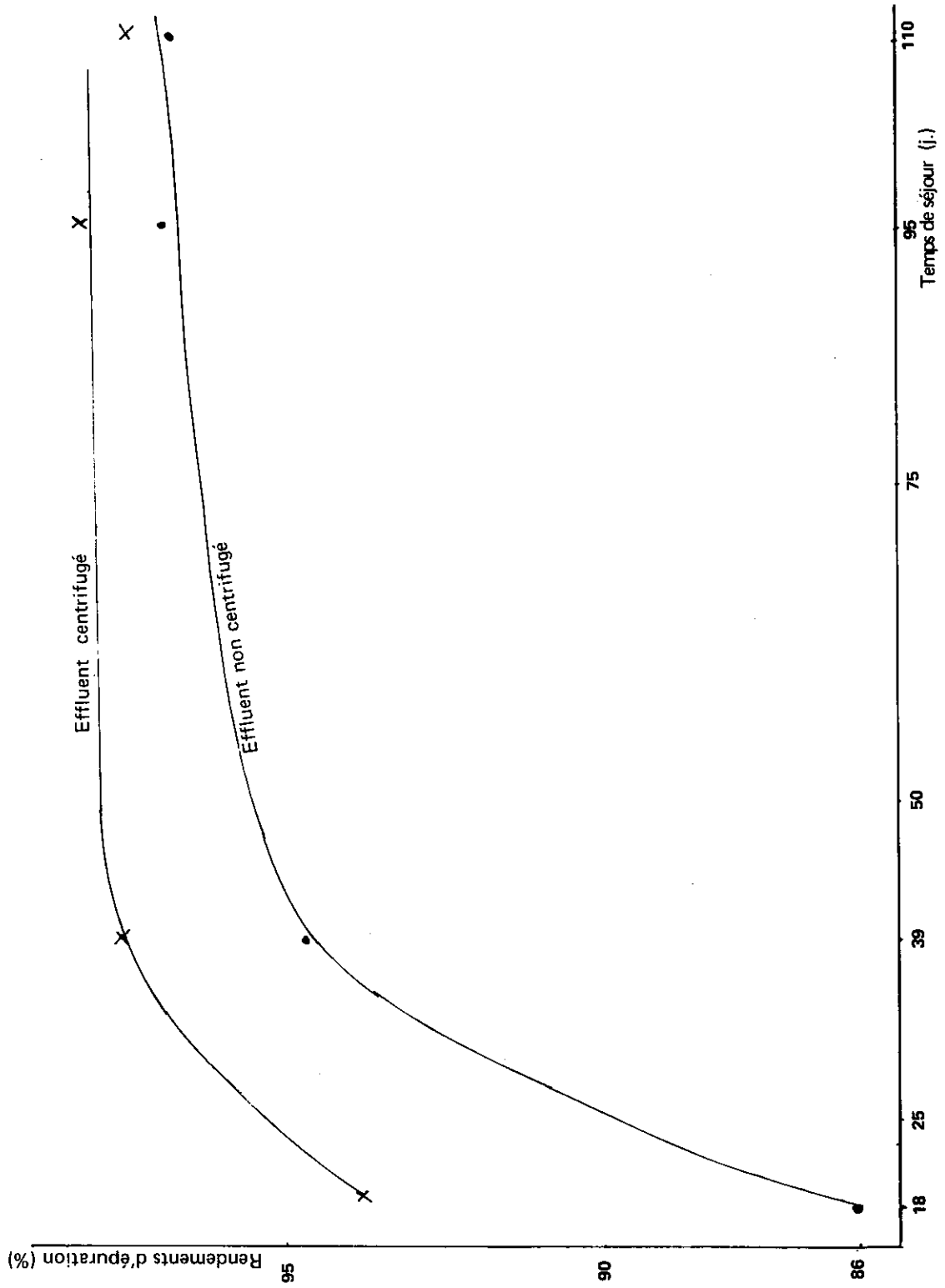


TABLEAU 5
CHARGE POLLUANTE DES DEPOTS

PILOTE	TEMPS DE SEJOUR REEL	% DE VOLUME DE CUVE OCCUPE EN 10 JOURS PAR LES DEPOTS	CHARGE POLLUANTE DES DEPOTS CHARGE POLLUANTE INTRODUITE x 100		
			MES	DBO	DCO
B 20	18	5,5	82	51,5	56
B 40	35	3,3	86	57	62,5
LB1	97	3	87,5	26	47

3.3. Influence du tamisage sur l'épuration biologique par lagunage aéré :

L'influence du tamisage a été étudiée en comparant entre-eux les comportements des pilotes LB1 et LT1 traitant respectivement du lisier brut et du lisier tamisé.

Le tamisage a été effectué sur des tamis de laboratoire de 400 μ . Les rendements moyens obtenus étaient les suivants :

- DBO = 3 %
- DCO = 26,3 %
- MES = 38,6 %
- N total = négligeable.

Dans le tableau 6 on a reporté les charges polluantes introduites dans les pilotes LB1 et LT1 pendant toute la durée de fonctionnement de ces derniers, et les charges polluantes des dépôts formés pendant cette même période et les rendements d'épurations de ces deux pilotes.

TABLEAU 6
COMPARAISON DES CHARGES POLLUANTES DES DEPOTS DES PILOTES LB1 et LT1

NATURE DU LISIER	BRUT					TAMISE				
	Volume (l)	DBO (g)	DCO (g)	MES (g)	MVS (g)	Volume (l)	DBO (g)	DCO (g)	MES (g)	MVS (g)
Charge polluante introduite	—	603	1950	1347	1078	—	585	1437	827	612
Charge polluante des dépôts	15,5	169	933	1186	838	8,2	62,6	397	509	278
Charge polluante de l'effluent épuré	—	19	121	44	29	—	19	103	27	17
Rendement d'épuration (%)	—	97	93,8	96,7	—	—	96,8	92,8	96,7	—

Le tamisage préalable du lisier n'a pas d'influence appréciable sur les rendements d'épuration. Il permet, comme l'indique le tableau 6, de réduire la formation des dépôts de moitié environ en volume et de 40 % en poids. Cette différence de poids entre les dépôts des pilotes LB1 et LT1, est légèrement supérieure au poids du refus éliminé lors du tamisage du lisier d'alimentation du pilote LT1. Ce qui démontre que les matières solides séparables par tamisage à 400 μ n'ont pas été touchées par l'épuration biologique. Elles auraient, au contraire augmenté le poids et la charge des dépôts en entraînant dans leur décantation une partie des matières vivantes.

3.4. Traitement en deux étages de lagunage aéré :

Pour connaître les limites de l'épuration du lisier de porcherie en lagunage aéré, on a traité les effluents déjà épurés dans les pilotes LB1 et LT1, respectivement dans les pilotes LB2 et LT2, de 100 jours de temps

de séjour nominal. Compte tenu de la forte évaporation leurs temps de séjour réel a été de l'ordre de 180 jours.

TABLEAU 7
CARACTERISTIQUES MOYENNES ET BILAN DES CHARGES POLLUANTES,
AU COURS DE L'ETUDE, DES PILOTES LT2 et LB2

Volumés ml/j	LT 2				LB 2			
	ENTREE		SORTIE		ENTREE		SORTIE	
	90		52		92		49	
	mg/l	g	mg/l	g	mg/l	g	ml/g	g
DCO C	174	1,86	12,4	0,077	103	1,13	13,1	0,077
	260	2,85	29	0,179	230	2,51	24	0,1417
DCO NC	1370	14,67	1370	8,48	1400	15,35	1500	8,76
	1700	18,16	1400	8,64	1930	21,1	1600	9,376
MES	440	4,71	207	1,28	660	7,20	214	1,25
MVS	277	2,97	119	0,73	440	4,79	137	0,797
N TOTAL	397	4,25	448	2,77	252	2,75	393	2,28
NH4 ⁺	330	—	85	—	180	—	42	—
NO2 ⁻	0 à 4	—	304	—	0 à 60	—	246	—
NO3 ⁻	0 à 5	—	39	—	0 à 20	—	62	—
pH	8,4 à 8,8 moyenne 8,6		5,8 à 7,1 moyenne 6,5		8,2 à 8,9 moyenne 8,5		5,8 à 7,7 moyenne 6,5	
Température °C	9 à 21°C moyenne 14°C		8,5 à 21°C moyenne 13°C		9 à 21°C moyenne 14°C		8,5 à 21°C moyenne 13°C	

Note : C = effluent centrifugé.
NC = effluent non centrifugé.

L'effluent ainsi traité, limpide mais très jaunâtre, avait malgré la forte évaporation dans les pilotes, des faibles concentrations de DBO mais la DCO reste supérieure à 1.300 mg/l.

Le pH était, contrairement à celui de l'effluent épuré de LB1 et LT1, légèrement acide, dû vraisemblablement à une bonne nitrification comme en témoigne les fortes concentrations de nitrites et de nitrates de l'effluent traité.

Le rendement global des deux étages d'épuration a été pour les deux séries de pilotes de 99,8% en DBO.

4. - CONCLUSION

A l'issue de cette étude expérimentale on a pu montrer que le traitement du lisier de porcherie par lagunage aéré aboutit à des bons rendements d'épuration :

- 97 % en DBO avec un étage de 100 jours et 99,8 % avec deux étages de 100 jours chacun de temps de séjour nominal;

Au-delà de 30 jours de temps de séjour réel, le rendement d'épuration varie très peu. Mais les dépôts et les matières en suspension obtenus, avec ce temps de séjour, sont mal stabilisés ; leurs stockages, dans un bassin

de décantation par exemple, risque de provoquer à la suite d'une forte élévation de température des remontées de boues et un relargage de substances dissoutes susceptibles de détériorer la qualité de l'effluent traité, même s'il était bien épuré au départ de la lagune.

On a démontré d'autre part qu'il est possible, avec deux étages de traitement, d'aboutir à des concentrations en DBO plus faibles mêmes que celles requises pour les effluents domestiques, ceci malgré la forte évaporation due au long temps de séjour de l'effluent dans les pilotes ; en revanche la concentration en DCO reste très élevée, sa réduction nécessiterait sans doute l'appel à d'autres procédés de traitement, physico-chimique par exemple.

Le tamisage préalable du lisier réduit de moitié environ le volume et de 40 % le poids des dépôts accumulés dans le bassin d'aération. Mais il ne semble pas cependant, avoir une incidence directe sur les rendements d'épuration. Ceci peut-être rapproché à la nature difficilement biodégradable des matières solides du lisier séparables par tamisage à quelques centaines de microns.



Compte-tenu des résultats de cette étude expérimentale, on peut proposer de constituer ainsi une station de traitement du lisier par lagunage aéré.

- un poste de tamisage à 400 - 500 μ
- un bassin d'aération permettant un séjour d'une centaine de jours au moins. Cette valeur qui semble, à première vue, très élevée correspond, en réalité à un volume du même ordre que les cuves de stockage classiques de lisier de porcherie.
- et enfin un ou mieux deux bassins de décantation de l'effluent épuré.

Un choix judicieux de la puissance d'aération doit permettre de transférer l'essentiel des dépôts dans les bassins de décantation qui peuvent être curés alternativement.

Une station en vraie grandeur conçue selon ce schéma est en service depuis un an ; les premiers résultats semblent correspondre aux prévisions. Un rapport particulier paraîtra à la fin de l'étude dont elle fait l'objet.