

Conception et performances d'une filière en trois étapes incluant le lagunage pour le traitement des effluents peu chargés issus des élevages de bovins

J. COILLARD (1), J.L. MENARD (2), D. HOUDOY (3), C. GUEYDON, F. DEBROSSE (4), M. GAUTIER, P. EOUZAN (5), Y. FRANCOISE (6)

(1) Cemagref, Groupement de Lyon, 3 Bis Quai Chauveau, CP 220, 69336 LYON CEDEX 02

(2) Institut de l'Elevage, 9 Rue André Brouard, BP 70510, 49105 ANGERS CEDEX 02

(3) Institut de l'Elevage, 149 Rue de Bercy, 75595 PARIS CEDEX 12

(4) Chambre d'Agriculture de la Loire, 22 Boulevard Charles de Gaulle, 42120 LE COTEAU

(5) Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor, Avenue du Chalutier sans Pitié, BP 40, 22195 PLERIN CEDEX

(6) Chambre d'agriculture de la Manche, Avenue de Paris, 50 009 SAINT LÔ CEDEX

RÉSUMÉ - La première étape de la filière avec une séparation de phases (liquide / solide) des effluents peu chargés, réalisée soit avec un bassin tampon et de sédimentation, soit avec un filtre à paille, permet un abattement des charges de 60 % des matières en suspension, de 40 % de la demande chimique en oxygène (DCO), de 30 % de l'azote total et de 20 % du phosphore. L'effluent ainsi traité est dirigé vers une seconde étape avec trois bassins de lagunage. Le dimensionnement retenu des lagunes permet une réduction des charges entrantes en DCO et en azote voisine de 80 à 85 %. Puis, une bande enherbée de taille réduite à infiltration contrôlée (troisième étape) peut être dimensionnée en respectant un niveau normal de fertilisation en azote et en phosphore. Les filières étudiées s'avèrent plus intéressantes que les solutions le plus souvent proposées (tout couvert, tout stocké), aussi bien en terme d'investissement que de fonctionnement (coût et travail).

Design and performances of a three step process including ponds to treat low concentrated effluent from cattle

J. COILLARD (1), J.L. MENARD (2), D. HOUDOY (3), C. GUEYDON, F. DEBROSSE (4), M. GAUTIER, P. EOUZAN (5), Y. FRANCOISE (6)

(1) Cemagref, Groupement de Lyon, 3 Bis Quai Chauveau, CP 220, 69336 LYON CEDEX 02

SUMMARY - First step of process with phase separation (liquid / solid) of low concentrated effluent allows a charge decrease of about 60 % of materials in suspension, 40 % of chemical demand in oxygen (CDO), 30 % of total nitrogen and 20 % of phosphorus. This first step can be realised by sedimentation in small liquid manure storage or by filtration on concrete platform with walls made of straw. The treated effluent is sent to three ponds (second step). The final size of ponds allows a reduction of charges of CDO and nitrogen of about 80-85 %. Then, a small grassland area with controlled leak level (third step) can be sized through normal fertilization level in nitrogen and phosphorus. In comparison with solutions currently suggested (100 % roof housing and 100 % storage), the complete process with ponds is less expensive for labour and spreading.

INTRODUCTION

Dans le cadre de leur mise aux normes (PMPOA, PMPLEE), de nombreux élevages bovins, disposant de surfaces découvertes, étanches et souillées par les déjections (aires d'exercice, libre accès aux silos, fumière...), doivent trouver une solution techniquement, économiquement et écologiquement satisfaisante pour gérer les effluents ruisselés sur ces aires (eaux brunes, lixiviats). Les effluents de traite (eaux blanches et vertes) peuvent s'y adjoindre, avec d'autres effluents (eaux domestiques...).

Les volumes de ces effluents sont importants, souvent compris entre 500 et 2 000 m³ par an. Ils sont chargés en éléments grossiers, mais peu concentrés en éléments fertilisants et donc peu intéressants et difficiles à gérer agronomiquement avec une tonne à lisier.

Ne pouvant, et ne souhaitant pas, pour des raisons techniques, économiques, sanitaires ou de bien-être animal, avoir recours aux solutions largement développées comme le "tout couvert" ou le "tout stocké", ces élevages étaient demandeurs de solutions alternatives, adaptées à leur situation, pour gérer ces effluents peu chargés.

Un programme de **recherche et développement** sur des solutions de traitement a été réalisé par l'Institut de l'Élevage, le Cemagref (Groupement de Lyon) et les Chambres d'Agriculture des départements où sont implantées les cinq unités pilotes. Il a été financé dans le cadre d'une étude inter-agences (l'Agence de l'Eau Loire Bretagne étant pilote de l'étude) et en appoint par le Ministère de l'Agriculture DERF – BARNIS.

Les unités pilotes ont été conçues avec triple objectif :

- maîtriser l'impact des effluents traités sur l'environnement,
- réduire les coûts d'investissement et de fonctionnement, comparés à ceux des solutions préconisées par ailleurs,
- faciliter le travail de gestion des effluents ainsi traités.

Les différents dispositifs après validation par le Comité Technique Permanent du PMPOA pourront être proposés aux éleveurs et constitueront une filière complète de traitement comprenant plusieurs niveaux :

- le **traitement primaire de séparation de phases**, avec deux types d'ouvrages (le bassin - tampon de sédimentation et de flottation (BTS) et le filtre à paille (FAP)),
- le **traitement secondaire**, avec deux types de procédé :
 - le lagunage naturel réalisé par trois bassins en série,
 - l'épandage sur prairies sur sol ressuyé respectant les doses d'azote autorisées en hiver (Farruggia *et al.*, 2002).
- le traitement tertiaire en sortie des lagunes et constitué d'une bande enherbée.

Cet exposé présente les principaux éléments descriptifs de la conception et des performances de traitement des différentes étapes de la filière avec le lagunage naturel.

1. MATERIEL ET METHODES

Les deux élevages équipés de la filière avec lagunage sont comparables au niveau de l'effectif et sur la nature et les volumes d'effluents traités (tableau 1). Contrairement au site 42, le site 22 produit un fumier raclé vers une fumière découverte dont les lixiviats mélangés aux purins sont traités dans la filière de lagunage. Les données ont été obtenues au cours de 3 campagnes de suivi (2000 à 2003).

Tableau 1 : Caractéristiques des deux élevages suivis, nature et volume d'effluents traités

	" Site 22 "	" Site 42 "
Localisation	Côtes d'Armor	Loire
Nombre de VL	60	55
Logement	Logettes (raclage fumier)	Aire paillée (raclage lisier)
Surface découverte	1 856 m ²	2 200 m ²
Volume d'effluents (1)		
- eaux brunes, lixiviats	1 234 m ³	1 220 m ³
- eaux blanches,	256 m ³	233 m ³
- eaux vertes	391 m ³	318 m ³
Total	1 881 m ³	1 771 m ³

(1) volume moyen annuel sur les 3 campagnes

1.1. TRAITEMENT PRIMAIRE DE SEPARATION DE PHASES

Compte tenu de la présence, en quantité abondante, de matières en suspension (MES), grossières et fines, dans les effluents ruisselés et de la grande variation de volume des flux liquides à réceptionner, la présence en "tête de filière" d'une séparation de phases liquide/particules solides est indispensable.

Les dispositifs peuvent être de deux types :

- des BTS réalisés en béton banché ou moellons bancheurs,
- des FAP constitués d'une dalle bétonnée en pente entourée d'une paroi filtrante composée de bottes de paille.

Leurs fonctions principales sont :

- la collecte gravitaire pour les effluents ruisselés,
- la séparation de phases liquide/solides : Pour les BTS, elle se fait par décantation-flottation. Son efficacité est fonction de la charge surfacique de l'ouvrage qui est, dans nos hypothèses de conception, de 1 m³/h/m² maximum (Lagace, 1989). Les boues piégées sont gérées sous forme liquide. Pour les FAP, elle se fait par décantation-filtration et les boues sont gérées sous forme solide.
- l'alimentation à débit contrôlé (gravitaire ou non) du traitement secondaire,
- Le stockage "tampon d'orage" du volume ruisselé lors d'un épisode orageux : Les caractéristiques sont à choisir suivant la région lors du projet (par exemple précipitation de 30 mm en 30 min). Cette fonction a pour objectif de stocker les volumes ruisselés, sans débordement de l'ouvrage, et avec la sortie d'un faible volume d'effluent non traité, pendant la durée de cet épisode.
- Le stockage entre deux périodes de curage des boues liquides (BTS : 6 mois de stockage, soit # 2 curages par an) ou des dépôts solides (FAP : 12 mois soit un curage par an).

Ces deux types d'ouvrages de traitement primaire ont fait l'objet de campagnes de suivi d'évaluation de leurs performances (quantification et qualification des influents et effluents) : 3 années pour 3 BTS et 1 année pour 5 FAP.

1.2. LE TRAITEMENT SECONDAIRE PAR LAGUNAGE NATUREL

Il est constitué de trois lagunes en série implantées en pleine terre (suite à une étude géotechnique) avec pour fonctions :

- le traitement biologique de l'azote ammoniacal par volatilisation voire nitrification-dénitrification, de la charge

carbonée organique par fermentation (1^{ère} lagune) puis oxydation (autres lagunes) et une hygiénisation par compétition ou par les U.V. ;

- le piégeage par séparation gravitaire des matières en suspension résiduelles dans la première lagune ;
- des tampons hydrauliques du fait des variations de niveau dans les lagunes (pluie, évaporation) permettant une alimentation gravitaire à débit régulé de la bande enherbée. Le dimensionnement des lagunes a été établi à partir des taux d'abattement surfacique obtenus sur les effluents domestiques et le lisier porc (tableau 2).

Tableau 2 : Taux d'abattelements surfaciques des charges

	D.C.O. (3)	N-NH ₄ ⁺
Effluents domestiques (1)	- 3 kg/m ² /an	- 0,2 kg/m ² /an
Lisier de porc(1)	- 10 kg/m ² /an	- 3,2 kg/m ² /an
Effluents bovins (2)	- 7 kg/m²/an	- 1 kg/m²/an

(1) source : Cemagref ; (2) : hypothèses retenues pour les unités pilotes ; (3) Demande Chimique en Oxygène

La surface totale initiale des 3 lagunes est de # 390 m² pour les deux sites expérimentaux.

Les performances de traitement ont été évaluées à partir des charges entrantes et sortantes en tenant compte, ou non, des stocks dans chacune des lagunes. Différents bilans saisonniers et annuels des performances ont été établis :

- bilans sans tenir compte des stocks dans les lagunes réalisés sur les trois campagnes,
- bilans en tenant compte de la variation des stocks dans les lagunes sur la 3^{ème} campagne seulement.

1.3. TRAITEMENT TERTIAIRE

L'effluent en sortie des lagunes ne peut être rejeté directement dans les eaux de surface. Une bande végétalisée d'environ 3000 m² a été aménagée pour assurer le traitement final. Ce 3^{ème} niveau de traitement permet l'infiltration de l'effluent traité, la filtration physique, chimique, biologique des éléments restants, le traitement aérobie du carbone organique et de l'azote (nitrification) et l'exportation d'une partie des éléments biogènes (N, P, K) par fauchage ou pâturage de la végétation produite. Un suivi des volumes et des charges des différents éléments (DCO, azote, P₂O₅, K₂O...) a été réalisé sur chaque site.

2. PRINCIPAUX RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. LE TRAITEMENT PRIMAIRE

2.1.1. Evaluation de l'efficacité

Les différentes hypothèses de conception et de dimensionnement se sont révélées pertinentes :

- L'efficacité du rôle du tampon d'orage et le volume d'effluent ruisselé à stocker ont pu être appréciés lors d'épisodes orageux conséquents (30 mm à 40 mm pendant 1 heure). Il n'y a eu ni débordement des ouvrages, ni perturbation de la décantation et de la filtration.

Tableau 4 : Performances de traitement du lagunage sur les charges sans variation de stocks (en % d'abattement entre la sortie et l'entrée des ouvrages)

	MS	MO	DCOt	DCOs	NT	NNH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
Site de la Loire (moyenne des 3 campagnes)	- 39	- 44	- 51	- 44	- 63	- 65	- 55	- 33
Site des Côtes d'Armor								
- moyenne des deux premières campagnes	- 51	- 56	- 60	- 53	- 55	- 57	- 34	- 39
- 3 ^{ème} campagne (après agrandissement)	- 78	- 81	- 88	- 80	- 83	- 78	- 78	- 63

- La réalisation de la fonction principale qui est la séparation de phases liquides – particules solides a été jugée très satisfaisante aussi bien pour les BTS que pour les FAP. Le tableau 3 présente les performances de ces ouvrages sur les volumes de boues, le taux de capture des matières en suspension (MES), les taux d'abattement des charges carbonées organiques et des éléments fertilisants par rapport à l'effluent entrant.

Ces dispositifs de traitement primaire protègent efficacement le lagunage naturel des dépôts et allègent les charges carbonées à y traiter. Les prévisions de volume de stockage des "boues piégées" ont permis de respecter les fréquences de curage souhaitées. Les volumes de boues liquides retenues dans les BTS sont de l'ordre de 30 à 40 m³ par an, et moitié moins pour les boues solides issues des FAP et ce pour 1500 à 2000 m³ d'influent par an.

Tableau 3 : Performances moyennes du traitement primaire (abattement en % des charges entrantes)

	Volume	MES	DCO	DCOs	NT	N-NH ₄ ⁺	P	K ⁺
BTS	- 2	- 60	- 40	- 50	- 30	0	- 20	0
FAP	- 1	- 60	- 40	- 50	- 30	0	- 20	0

2.1.2. Maintenance / entretien

Pour les BTS, deux curages par mixage, puis pompage des boues avec une tonne à lisier, nécessitent environ 2 fois 2 heures par an.

L'entretien des FAP consiste en un curage des boues avec la paille, et le rebâtissage avec de nouvelles bottes soit environ 6 heures de travail par an. Périodiquement, l'éleveur doit s'assurer de la propreté du caniveau extérieur d'évacuation de l'effluent.

2.1.3. Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement, pour le traitement de 1 500 à 2000 m³ d'effluents par an, sont de # 7 500 € pour un BTS de 100 m³ et # 4 500 € pour un FAP de 150 m².

2.2. LE LAGUNAGE NATUREL

Les performances de traitement obtenues avec le dimensionnement initial sont jugées insuffisantes avec des abattements moyens annuels sur la DCO et sur l'azote de 50 à 60 % (tableau 4). Cela semble dû à :

- la sous-estimation de 30 % des charges entrantes du fait de forts volumes ruisselés (années pluvieuses),
- la sur-estimation des taux d'abattement surfacique ayant servis d'hypothèse de dimensionnement.

L'agrandissement des lagunes sur le site des Côtes d'Armor (surface multipliée par 2,25 soit au total 878 m²) a permis d'améliorer les résultats avec des abattements de charges en DCO et en azote voisins de 80 à 85 % (tableau 4).

La surface des lagunes (tableau 5) est calculée à partir des charges annuelles à traiter à la sortie du traitement primaire en kg de DCO, d'azote total et d'azote ammoniacal (tableau 3). Le dimensionnement à retenir doit correspondre à la surface la plus élevée des 3 éléments pris en compte.

Tableau 5 : Proposition de dimensionnement des lagunes et des abattements des charges annuelles en DCO et en azote.

	DCO	NT	N-NH ₄ ⁺
Surface de lagunes par kg de charge à traiter (m ² /kg)	0,15	1,57	2,4
Abattement de charge surfacique avec rendement épuratoire de 80 % (kg/m ² /an)	- 5,4	- 0,51	- 0,33

2.3. LE TRAITEMENT TERTIAIRE

L'agrandissement des lagunes du site 22 (de 390 à 878 m²) a eu pour effet d'abaisser la concentration de l'effluent en sortie des lagunes (tableau 6). Les valeurs en azote sont considérées comme représentatives d'un effluent à la sortie d'un lagunage correctement dimensionné.

Les charges fertilisantes azotées à gérer sur le site 22, importantes pour les deux premières campagnes (tableau 6), tendent à montrer que la surface à disposition était insuffisante. Par contre, les résultats de la 3^{ème} campagne sont bien meilleurs, malgré des apports en période hivernale. Cependant, durant la période d'octobre à janvier, le traitement tertiaire a reçu des volumes importants mais très peu chargés, du fait du traitement actif de la période chaude. Les charges azotées rejetées sont plus importantes de février à avril, période favorable à la pousse de l'herbe.

Lors de la troisième campagne sur le site 22, la part d'éléments fertilisants contenue dans les effluents à l'entrée du traitement tertiaire par rapport à l'ensemble des déjections du troupeau est très faible : 1,5 % de l'azote total et 1,4 % du phosphore (tableau 7). Ces résultats sont inférieurs à ceux des deux premières campagnes (respectivement 3,5 et 2,9 %) du fait de l'amélioration de la capacité épuratoire des lagunes suite à leur agrandissement.

Tableau 6 : Valeurs des effluents à la sortie des lagunes et fertilisation du traitement tertiaire

	NT	N-NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
Valeur effluent (kg/m³)				
dimensionnement initial ^a	0,15	0,10	0,07	0,40
après agrandissement ^b	0,08	0,05	0,03	0,20 ^d
Fertilisation (kg/ha) ^c				
- dimensionnement initial	690	395	200	1028
- après agrandissement	285	195	117	681 ^d

^a : moyenne des 2 sites (5 années) ; ^b : site 22 – 3^{ème} année

^c : site 22 : traitement tertiaire = 3 330 m² ;

^d : valeurs à confirmer par une année de suivi complémentaire, le potassium n'étant pas traité.

2.4. EVALUATION DES COUTS ET DU TRAVAIL

Sur le site 22, la solution réalisée est moins coûteuse que la solution "tout stocké" (tableau 8) contrairement au site 42.

Les coûts de fonctionnement qui comprennent les charges d'épandage, d'entretien des ouvrages et de main-d'œuvre liée aux divers travaux sont moins élevés pour la solution avec le lagunage. Cette solution est également plus économe en temps de travail que la solution "tout stocké". La nature du travail et sa répartition dans le temps sont aussi plus faciles à gérer par les éleveurs.

CONCLUSION

La conception et le dimensionnement des BTS comme des FAP permettent de réaliser un traitement primaire des effluents de façon efficace sans pollutions ou nuisances et facile d'entretien. Les FAP sont plus économiques à l'investissement car autoconstructibles. La dimension initiale des lagunes s'est avérée insuffisante après les deux premières années d'essais sur les deux sites étudiés. De nouvelles bases de dimensionnement pratiquées sur les lagunes des Côtes d'Armor ont permis d'obtenir de meilleures performances épuratoires et des charges azotées et en phosphore à la sortie compatibles avec la bande enherbée mise à disposition pour le traitement tertiaire final. Les filières étudiées s'avèrent plus intéressantes que les solutions actuellement proposées (tout couvert, tout stocké), aussi bien en terme d'investissement que de fonctionnement (coût et travail des éleveurs).

Tableau 8 : Coûts (€ HT) d'investissements et de fonctionnement annuel, et temps de travail (heures) selon deux options (lagunage ou "tout stocké") sur les deux sites

	Site 22		Site 42	
	lagunage	Tt stocké	lagunage	Tt stocké
Investissements				
bétons, stock.	45 660	79 184	51 480	60 078
filière lagunage	15 190	/	18 000	/
fonctionnement	2 246	3 810	1 284	3 438
temps de travail	79	93	53	68

Coillard J., Tanguy L., Houdoy D., Ménard J.L., Troussolier C. et al., 2003 : "Evaluation technico-économique de deux unités pilotes de traitement des effluents peu chargés, basées sur le lagunage naturel" (à paraître).

Farruggia A. et al., 2002 : CR 2033310, Institut de l'Elevage. CA36, 39, 50, 39p + annexes.

Lagace R., 1989 : Fac. des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation. Université Laval (Québec). Rapport RD 89.

Ménard J.L., Coillard J. et al., 2003 : "Guide technique de conception et d'exploitation d'un filtre à paille" (à paraître).

Ménard J.L., Houdoy D., Coillard J. et al., 2003 : "Guide technique de conception et d'exploitation d'un bassin tampon de sédimentation et de flottation" (à paraître).

Racault Y., 1997 : Lagunage naturel. Cemagref éditions, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Antony (France), 46p.

Tableau 7 : Part annuelle d'azote, de P₂O₅ et K₂O dans les effluents avant et après lagunage et dans les déjections du troupeau – site 22

	Volume (m ³)	Azote total (kg/an)	P ₂ O ₅ (kg/an)	K ₂ O (kg/an)
Ensemble des déjections du troupeau		6 880	2 965	9 805
Effluent (campagnes 1, 2)				
- entrée lagunes (<i>en % du troupeau</i>)	1 874	508 (7,8 %)	172 (5,9 %)	729 (7,9 %)
- entrée traitement tertiaire (<i>en % du troupeau</i>)	1 287	230 (3,5 %)	82 (2,9 %)	448 (4,8 %)
Effluents (campagne 3)				
- entrée lagunes (<i>en % du troupeau</i>)	1 664	561 (8,7 %)	175 (6,3 %)	607 (6,6 %)
- entrée traitement tertiaire (<i>en % du troupeau</i>)	1 248	95 (1,5 %)	39 (1,4 %)	227 (2,5 %)