

Note

Épuration de la matière organique en milieu salin

Olivier Basuyaux^a, Stéphanie Pétinay^a, Olivier Richard^a, Patrick Vincent^b

^a Syndicat mixte pour l'équipement du littoral, ZAC de Blainville, 50560 Blainville-sur-Mer

smel.blainville@wanadoo.fr

^b Bretagne Biotechnologie Environnement, 29681 Roscoff, France

Les effluents hypersalés produits par les industries de mareyage ne peuvent être traités par les stations d'épuration urbaines dont le fonctionnement est mis en péril par des salinités supérieures à 2‰. En outre, les données sur une approche industrielle du traitement de ces effluents sont très rares, la principale lacune portant sur les agents responsables de l'épuration naturelle. Une étude a donc été menée pour caractériser les effluents produits sur la zone d'activité de Bréville-sur-Mer (Manche), faire un bilan des procédés physico-chimiques et biologiques d'épuration existants et réaliser des essais en laboratoire dans le but de définir celui à retenir pour une expérimentation en pilote. Trois types d'effluents ont été étudiés : des eaux de lavage de seiches (ELS), des eaux de décorticage de coquillages (EDC) et des eaux de cuisson de bulots (ECB). Des contraintes socio-économiques ont conduit à mettre l'accent sur l'eau de lavage de seiches.

Caractérisation des effluents

La caractérisation physico-chimique des effluents a porté sur les diverses étapes de traitement de l'EDC (cuisson / séparation noix-coquille / retrait des impuretés / congélation), de l'ELS (trempage ou décongélation (1) / éviscération (2) / enlèvement des dernières peaux (3) / rinçage final (4) (tab. I) et de l'ECB (bain de cuisson). L'ECB s'est avérée la plus chargée en matière organique (MO) avec 40 g/l de DCO (tab. II) contre 8,5 g/l pour l'ELS (tab. II) et 2 g/l pour l'EDC (tab. IV). Les trois effluents sont riches en protéines mais l'ECB est aussi riche en glucides. Les teneurs en

Tableau I. Caractérisation moyenne de l'eau à chaque étape (1 à 4) de la préparation de la seiche

Étapes	1	2	3	4
NH ₃ (µg/l)	1 553	860	527	989
DCO (mg/l)	2 588	256	3 909	1 065
DBO (mg/l)	-	-	-	698
PO ₄₃₋ (mg/l)	298	11	114	26
P-PO ₄₃₋ (mg/l)	97	4	37	9
COP (µg/l)	451	43	114	28

DCO : demande chimique en oxygène
DBO : demande biologique en oxygène
COP : carbone organique particulaire

Tableau II. Analyse chimique de l'eau de lavage de seiches (étape 1) de trois échantillons

Réalisée au Laboratoire Brest Océan. a- juin 1997 ; b- juillet 1997 ; c- juillet 1998 (après quelques jours de stabulation).

Date d'échantillonnage	a	b	c
COT (mg/l)	3 120	1 890	225
DCO(mg/l)	8 500	6 260	1 908
Azote total (mg/l)	976		370
Salinité (‰)			29,3
Ammonium (mg/l)	36		17,8
Nitrites (mg/l)			0,13
Nitrates (mg/l)	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	183		17,3
Glucides totaux (mg/l)		200	<100
Lipide (mg/l)		500	200
Protides (mg/l)	5 880	5750	905
COT/DCO	0,37	0,30	0,12
Couleur (Hazen)	40 000		

COT : concentration en carbone organique total.

Tableau III. Analyse chimique de l'eau de décorticage de coquillages (étapes 2-3) de deux échantillons Réalisée au Laboratoire Brest Océan. 1- avril 1998

Échantillons	x	y
COT (mg/l)	550	490
DCO (mg/l)	2 240	1 664
Azote total (mg/l)	480	270
Salinité (‰)	-	1,3
Ammonium (mg/l)	0,4	5,5
Nitrites (mg/l)	3	0,05
Nitrates (mg/l)	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	33,9	25,3
Glucides totaux (mg/l)	131	<100
Lipide (mg/l)	50	100
Protides (mg/l)	3 000	1 250
COT/DCO	0,24	0,29

Tableau IV. Analyse chimique de l'eau de cuisson de bulots de deux échantillons Réalisée au Laboratoire Brest Océan. a - avril 1998 ; b- juillet 1998 ; c- août 1998.

Date d'échantillonnage	a	b	c
COT (mg/l)	4 100	16 050	10240
DCO(mg/l)	11 920	43 500	27 340
Azote total (mg/l)	169,5	4350	3269
Salinité (‰)	90,0	76,0	72,0
Ammonium (mg/l)	0,1	3,5	<0,1
Nitrites (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrates (mg/l)	2	3	<1
Phosphore total (mg/l)	43,7	179,0	139,5
Glucides totaux (mg/l)	950	16 000	13 100
Lipide (mg/l)	20	200	800
Protides (mg/l)	1 060	27 100	20 431
COT/DCO	0,34	0,37	0,37

ammoniaque, nitrites et nitrates sont faibles. La salinité est très variable: EDC ≤ 5‰, ELS = 30‰, ECB ≤ 90‰. Les flux issus des différentes étapes de traitement ont été estimés.

Épuration par procédés physico-chimiques

Floculation

Des essais d'épuration par floculation ont été réalisés sur l'eau de lavage de seiches en utilisant du Praestol 2011 (Gamlen industrie) qui est un coagulant minéral (sels d'aluminium) et un floculant (polyélectrolyses cationique) à une concentration de 4 à 8 ml/l.

L'évaluation de l'intérêt potentiel de procédés physico-chimiques a montré que la floculation permet une très bonne décoloration de l'effluent (ELS) ainsi qu'une bonne élimination de la matière organique particulaire (400 ml de boue par litre d'effluent pour 7,5 ml/l de floculant) mais pas de la matière organique dissoute. L'écumage en pré-traitement permet de réduire le volume de floculant de 30%.

De même, la diminution du pH de l'effluent par ajout d'acide chlorhydrique 1N permet de réduire considérablement la quantité de floculant (3ml/l).

Flottation

Des essais de flottation assistée mécanique et assistée à l'air ont été réalisés. La première expérimentation est réalisée par circulation de l'effluent et chute d'eau pendant 6 jours. La seconde est réalisée par aération par bulles d'air fines durant 7 jours.

Dans le premier cas, un abattement de 30% de la DCO est observé après 3 jours avec une forte augmentation en ammoniacale. Toutefois, la diminution de la charge en phosphore reste limitée entre 10 et 20%. Dans le second cas, la décoloration de l'effluent est visible dès le quatrième jour pour devenir translucide en fin d'expérimentation. Une quantité importante d'écume se forme et une boue épaisse sédimente au fond du bac mais les analyses physico-chimiques ne montrent pas de différence avec le témoin sans traitement.

Discussion

Le coût de fonctionnement d'une unité d'épuration par floculation est élevé (8 €/m³ traité). Bien qu'il soit possible de réduire la quantité de floculant par diminution du pH, le système est difficile à mettre en place pour des volumes importants qu'il faut neutraliser avant le rejet en mer. De plus, les effets potentiels des floculants sur l'environnement maritime demanderaient des investigations très poussées.

La flottation, quant à elle, ne permet qu'une faible réduction de la charge organique et produit une quantité importante d'écume qu'il faut ensuite traiter. Ainsi, les techniques physiques testées ne sont pas adaptées au traitement des eaux de lavage de seiches.

Épuration par procédés biologiques

Sélection des souches

Préalablement aux essais d'épuration biologique, le potentiel de dégradation de la matière organique et du pigment (mélanine) par les 30 souches bactériennes présentes dans l'ELS a été évalué. Parmi elles, 17% montrent une bonne croissance aux diverses températures et salinités testées et une capacité à dégrader la matière organique, 7% sont capables de nitrifier et 7% sont capables de dénitrifier. Composé d'une sélection de 16 souches, un inoculum de 15 l a été utilisé pour réaliser les tests d'épuration biologique.

Bactéries fixées sur biosphères⁵

Matériel et méthode

Les essais ont été réalisés grâce à deux réacteurs pilotes à lit bactérien fixé, alimentés et aérés par le bas : l'un de 240 l rempli de biosphères, l'autre constitué de deux unités de 50 l contenant 11 biosphères chacune (fig. 1, ci-après). Les expérimentations se sont déroulées en trois phases ; une première phase durant laquelle les bactéries colonisent les supports à partir de l'inoculum, puis une phase de traitement de l'effluent à charge constante et, enfin, une phase de traitement de l'effluent à charge variable (simulation de l'arrêt d'approvisionnement du week-end ou variation de la charge en matière organique). Durant l'ensemble des expérimentations, les analyses physico-chimiques ont été

⁵ Biosphères : billes sur lesquelles se fixent les bactéries.

réalisées sur les eaux brutes et traitées, et des analyses bactériologiques sur les biosphères.

Résultats

Les bactéries ont colonisé les supports en 3 à 4 semaines de montée en charge et un bon potentiel de dégradation de la matière organique a été observé (rendement de 62% en DCO, 65% en DBO et 66% en phosphore dès l'apport d'effluent avec des débits de 25 à 80 l/h). En diminuant le débit à 10 l/h, le rendement en DCO atteint 86% et 99% lorsque l'effluent est stocké quelques jours. Un mois après le fonctionnement du

pilote, l'analyse bactériologique indique que seulement 30% des souches montrent un profil proche de l'inoculum.

La 2^e série d'essais avec le double pilote de 50 l a permis d'atteindre des rendements d'épuration proches de 100% en 3 mois de fonctionnement, avec une décoloration totale de l'effluent. En régime stationnaire, les charges traitées sont de 3 à 4 kg/m³/j de DCO avec, toutefois, une grande sensibilité du système aux variations de charge. Ceci conduit à recommander un réacteur de 45 à 60 m³ pour épurer 100 m³/j en régime stationnaire avec une charge de 179 kg/j de DCO. En outre, des traitements secondaires (décanteur) et tertiaires (UV...) sont nécessaires. L'investissement total d'un tel procédé est estimé à 300 k€ pour traiter 100 m³/j.

Traitement par boues activées

Matériel et méthode

Deux pilotes ont été utilisés successivement pour les essais de boues activées ; le premier est composé d'une unité de 60 l dans lequel baigne une membrane perméable de 0,5 m² (Biocep), le second est composé de trois unités indépendantes de 20 l chacune avec une membrane de 0,5 m² permettant la comparaison des traitements en simultanée.

Le premier pilote a été utilisé uniquement avec de l'eau de lavage de seiches en régime stationnaire puis

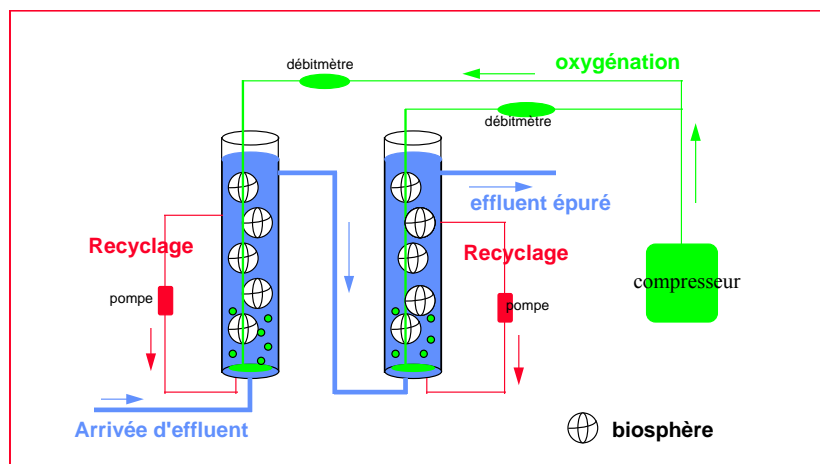


Figure 1. Pilote d'épuration à bactéries fixées

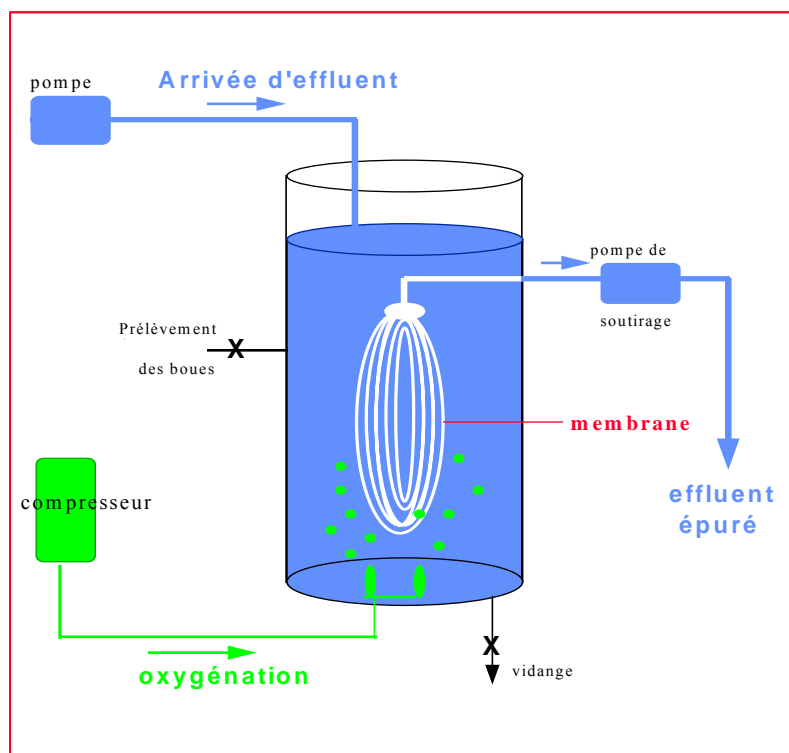


Figure 2. Pilote d'épuration à boue activée

en régime fluctuant. Durant l'ensemble des expérimentations, des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les eaux brutes et traitées ainsi que des analyses bactériologiques sur les boues du réacteur.

Le second pilote a été utilisé pour tester les trois effluents (eau de lavage de seiches, eau de décorticage de

coquillage et eau de cuisson de bulot) seuls ou en mélange.

Résultats

Le traitement par boues activées a montré une bonne dégradation de la matière organique de l'eau de lavage de seiches (fig. 2, ci-dessus). Des concentrations satisfaisantes en boues (10g/l de MES) sont obtenues après 2 mois de montée en charge pour atteindre 25 g/l de MES en 4 mois et la nitrification est obtenue après 3 mois. Les charges traitées sont alors de 2 à 3 kg/m³/j de DCO, avec un rendement en DCO de 95 à 100%. Néanmoins, les variations rapides de la teneur en O₂ perturbent le fonctionnement (arrêt de la nitrification pour les teneurs basses, perte de boues par débordement en cas d'aération trop forte).

Les analyses de la flore bactérienne montrent une grande diversité lors des premières mesures puis une spécialisation. Le nombre de profils se stabilise à 6 ou 7 mais il est constaté une évolution rapide de ces souches d'une mesure à l'autre.

Des essais effectués sur l'eau de cuisson de bulots avec le même inoculum ont donné un rendement de 80 à 90% en 8 j. Une DCO dure (perdurant après traitement) supérieure à 350 mg/l a été observée ; elle peut être réduite à 180 mg/l lorsque l'ECB est mélangée à l'ELS. Les charges massiques sont de 0,2 kg de DCO/kg de MES par jour, ce qui représente un réacteur de 25 m³ à 20 g/l de MES pour traiter 100 kg de DCO, soit l'équivalent de 3 t de seiches ou 1,3 t de pétoncles ou 17 t de bulots. Le coût d'investissement de ce procédé est évalué entre 450 et 800 k€ pour traiter 100 m³/j d'eau de lavage de seiches.

Les quantités de boues produites ont été évaluées pour les divers types d'effluents et varient de 0,1 m³/j pour traiter une tonne de bulots (ECB) à 1 m³/j pour traiter une tonne de coquillages (EDC). Leurs épandages n'étant pas réglementaire, leurs compactages puis leurs incinérations sont à envisager. La caractérisation de ces boues n'a pas été réalisée.

Choix du procédé

En conclusion, l'épuration biologique par lits bactériens ou par boues activées permet, contrairement aux procédés physico-chimiques, de dégrader la matière organique des effluents produits par les activités de mareyage. Le coût d'investissement est très variable de 300 k€ d'investissement pour traiter 100 m³ d'eau de

lavage de seiches par lit bactérien à 450 à 800 k€ par boue activée associée à une filtration membranaire. Cette seconde technique permet toutefois l'obtention d'une barrière physique (la membrane) entre les réacteurs bactériens et le rejet en mer. Ainsi, cette technique, bien que plus coûteuse, a été choisie pour être testée à une échelle supérieure.

Un pilote industriel à boues activées (1 m³), installé sur le site pendant 5 mois, a montré des performances similaires aux essais en laboratoire (OTV). Les boues activées avec séparation membranaire fonctionnent mieux en régime fluctuant et fournissent un rejet exempt de bactéries.

Cette phase de recherche suivie d'une phase de développement et d'application ont permis d'envisager dès 2000, la construction d'une station d'épuration traitant les rejets de la zone d'activité Logimer de Bréville-sur-Mer, dans le département de la Manche. Les concertations ont abouti en 2001 à la construction d'une station d'épuration basée sur la technique des boues activées couplée à une filtration membranaire (biocep) d'une capacité de 8 000 éq./hab. La station fonctionne 7j/7j, elle est apte à traiter un flux de 2 000 m³ par semaine, en s'adaptant à la saisonnalité des produits de la mer et aux différents rythmes d'activité journaliers. Le montant de l'investissement de cette station d'épuration est de 1 877 k€.

En fonctionnement depuis plusieurs mois, les rendements d'épuration se révèlent excellents même lors des changements d'effluents à traiter avec une concentration en matière organique finale de 55 mg/l de DCO et une quasi-absence de coloration. Dans les conditions actuelles de fonctionnement, aucune boue n'est produite par la station, la charge dans le pilote n'étant que de 5 g/l de MES ■

Cette étude a été financée par le Syndicat mixte de l'équipement du littoral et l'agence de l'eau Seine-Normandie. Nous remercions F. Bruchon pour sa participation à la rédaction du texte ainsi que les membres du comité technique : E. Florin (AESN), J. Dufils (DDASS), S. Allix (DDASS), H. Jeanneret (IFREMER) et A. Deffontaines (DDE). Nous remercions également nos partenaires ; Granvil' mer, M. Barbelenet, BIE, BBE, OTV, ainsi que les laboratoires d'analyses LDA 50, le LEA du Havre et le LA de Brest-Océan.