



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration
*Effets sur les matières en suspension et la
production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de
nouvelles approches technologiques



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07





Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de nouvelles approches technologiques

LEXIQUE



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



Filtre rocheux (Rockfilter en anglais) : massif constitué de pierres concassées de granulométrie élevée. Placé en aval d'un lagunage, ce massif est le siège de la décantation de matières en suspension et en particulier des micro-algues produites au sein du lagunage dont elles sont issues. Le filtre rocheux est également le site de la dégradation des matières organiques flottantes (en particulier les algues) par le biofilm bactérien fixé dans ce massif.

Digue filtrante : La digue filtrante est de même constitution que le filtre rocheux mais plus étroite de sorte que le temps de séjour des eaux au sein de la digue est plus restreint que dans un filtre rocheux. Les dimensions de la digue filtrante ne permettent pas d'éliminer physiquement les algues, cependant elle segmente la lagune de finition et modifie ainsi les caractéristiques hydrauliques et l'écosystème épurateur. Leur efficacité est déjà avérée au niveau bactériologique.

Filtre planté de roseaux : Dans le cas présent, le filtre planté est en association avec le lagunage. Placé à l'aval du lagunage, le filtre planté de roseaux à écoulement vertical a pour fonction de retenir les micro-algues en surface et au sein du massif filtrant. L'activité biologique du filtre permet d'assurer la dégradation aérobie de la matière organique qu'il reçoit.

Radeau Végétalisé : Le radeau végétalisé est une structure constituée par des modules flottants. Ces modules supportent des géo-nattes de fibres coco plantées d'espèces végétales héliophytes. Ce radeau végétalisé, par le développement d'un chevelu racinaire dense en face inférieure crée un espace permettant d'occulter l'énergie lumineuse nécessaire aux micro-algues et maintenir une zoogée aérobie consommateur du phytoplancton.

Canal de suroxygénation : Ouvrage hermétiquement clos et disposant d'une surface transparente, recevant une eau enrichie en micro-algues vertes. L'ouvrage est conçu de sorte que l'eau y circule par effet piston selon un temps de séjour défini et suffisant pour sursaturer le milieu liquide en oxygène.



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de nouvelles approches technologiques

INTRODUCTION



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



Sommaire

I.	Contexte.....	3
II.	Objectifs du projet :.....	4
A.	Objectif principal :.....	4
B.	Acteurs du projet.....	4
C.	Le comité de Pilotage	5

I. Contexte

Le Département de l'Hérault possède un parc de stations d'épuration par lagunage d'épuration de près de 90 installations. Cette filière d'épuration qui a rendu service depuis plus de 20 ans est maintenant menacée de part :

- a) Le vieillissement des installations et leur surcharge qui oblige à la réhabilitation des systèmes épuratoires.
- b) L'impact négatif des rejets chargés en algues dans des milieux récepteurs à faibles débits et parfois des niveaux de rejets rédhibitoires.
- c) L'arrivée sur le marché des stations d'épuration des lits plantés de roseaux qui par leur efficacité et l'effet de mode engendré tendent à être proposés assez souvent dans les schémas directeur d'assainissement en lieu et place des anciennes lagunes d'épuration.

De plus, certaines installations ont été réhabilitées par la mise en place de lagunes aérées en tête d'installation. Ces lagunes aérées sont en l'occurrence installées en amont des stations existantes ou mise en place sur le lieu des anciens premiers étages. De même, le conseil général a mis en place des essais de brassage lent dans le but de réhabiliter les étages primaires. Il existe d'autres voies de réhabilitation des lagunages d'épuration utilisées par ailleurs qui devront être expertisées pour en valider l'application dans notre contexte (lagunes anaérobies, ajout de surface contact aérées...).

Une réhabilitation par l'amont des installations, en terme de capacité par rapport à la charge organique, a pour conséquence d'améliorer le rejet (point a). Cependant, cette approche ne répond pas à la problématique du rejet algal des lagunes d'épuration (point b).

En outre, les lagunes d'épurations sont des infrastructures durables, possédant des qualités indiscutables quant à leur fonctionnement rustique, leur faible demande en personnel et des capacités épuratoires reconnues et parfois plus efficaces que les filières concurrentes (bactériologie, acceptation des surcharges hydrauliques...). Cette approche doit être conservée au profit des collectivités détentrices de cette technologie, ainsi que pour une relance du procédé. Outre les investissements consentis à la mise en place, le passage à une autre technologie ne permet pas de conserver cet investissement (point c). Il est donc indispensable de trouver des solutions permettant de faire évoluer le lagunage vers des écosystèmes épurateurs diversifiés et plus efficaces.

Au niveau des coûts engendrés, on peut estimer sur la base d'une installation de 1 000 équivalents habitants une lagune pourrait être réhabilitée avec un budget global de 100 000 € alors que l'acquisition d'une nouvelle station d'épuration représente un ordre de grandeur de 500 000 à 1 000 000 € ce qui peut induire une économie d'un facteur 5 à 10 sur l'opération. Cette économie faite au niveau tant des collectivités maître d'ouvrage que des fournisseurs d'aides financières permettrait une utilisation optimisée des fonds publics.

II. Objectifs du projet :

A. Objectif principal :

Ce projet a pour objectif de mener une investigation sur l'efficacité de l'amélioration des niveaux de rejet des lagunes d'épuration en matière de **rejet algal** avec des techniques rustiques. Ces techniques sont :

- Le filtre rocheux : ce massif constitué de granulats de dimension importante permet d'éliminer une partie des matières en suspension de manière physique par décantation et d'intégrer ces matières principalement algales et donc organiques dans l'écosystème qui se crée au sein du massif.
- Les digues filtrantes : ces digues sont de même constitution que les filtres rocheux mais plus étroites de sorte que le temps de séjour des eaux au sein de la digue est plus restreint que dans un filtre rocheux. Les dimensions de la digue filtrante ne permettent pas d'éliminer physiquement les algues, cependant elles segmentent les lagunes de finition et modifient ainsi les caractéristiques hydrauliques et l'écosystème épurateur. Leur efficacité est déjà avérée au niveau bactériologique.
- L'association lagunage et filtre planté de roseaux à écoulement vertical : cette configuration est apparue comme une évidence lorsqu'il a été question de diminuer les rejets algaux des stations de lagunage.
- Les îles flottantes végétalisées : ces îles flottantes ont un rôle d'occultation de la lumière pour minimiser la production algale. L'occultation est déjà utilisée dans certains pays. De plus, le chevelu racinaire favorise l'élimination des matières en suspension et créera un écosystème épurateur.
- Le Canal de suroxygénation : ce canal consiste dans l'exposition des eaux de lagunes à la lumière du jour en milieu clos. Ce faisant, la photosynthèse induit une suroxygénation capable de désinfection et de lyse présumée de molécules organiques. Les conditions de milieu provoquent en conséquence la décantation des matières dont les algues et une clarification de l'eau.

Outre, les investigations sur les matières en suspension et les rejets algaux, cette étude s'attachera à évaluer l'impact des techniques testées sur les autres variables utilisées dans l'épuration des eaux usées.

B. Acteurs du projet

Etudié à l'échelle du département, le **Conseil Général de l'Hérault** est maître d'ouvrage du programme et participe au financement du suivi. Le **Service d'Assistance Technique aux Stations d'Épuration (SATESE)** assure le pilotage de l'étude pour le compte du département de l'Hérault.

L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse cofinance ce programme. Elle fait également partie du comité de pilotage participant au suivi et à l'interprétation des données de l'étude.

Le **service de la Police de l'Eau** compétent sur le département de l'Hérault et en charge du suivi des rejets vers le milieu récepteur est particulièrement concerné par ce programme. A ce titre, il participe au comité de pilotage mis en place.

L'IRSTEA (Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) dispose d'une expertise dans le domaine des techniques extensives d'assainissement. Son implication dans le programme au sein du comité de pilotage permet de disposer d'un retour d'expérience et d'analyse de situation.

Pour mener à bien ce programme, le Conseil Général de l'Hérault a lancé une consultation d'entreprises. Val'Eaux Concept, bureau d'études en techniques d'assainissement extensif, installé à Mende (48) et Aquaterra Solutions, Concepteur, producteur et distributeur de solutions techniques pour l'aménagement hydraulique, installé à Clionsclat dans la Drôme ont été retenus. L'entreprise Sogfer, basé à Saint-Gilles a participé à ce programme en tant que sous-traitant.

L'entreprise Sogfer a construit, installé et entretenu le pilote « chenal de suroxydation » sur le site de la station de Saint-Vincent-de-Barbeyrargues. Sogfer a également été en charge d'installer un hydropulse en amont de la structure végétalisée et d'en assurer l'entretien.

Aquaterra Solutions, co-traitant du marché, a fourni et installé le pilote « radeaux végétalisés » ainsi qu'apporté son analyse du point de vue du comportement de la structure mise en place dans les conditions de traitement d'eaux usées domestiques sur la station de Saint-Vincent de Barbeyrargues.

Val'Eaux Concept, titulaire du marché, s'est chargé de la gestion et conduite de l'étude, a mené les campagnes de mesures et prélèvements, a étudié les données et rédigé les différents écrits présentés au cours du programme.

Nous remercions tout particulièrement les communes de **Saint-Vincent-de-Barbeyrargues, Vêrargues, Lespignan** et **Octon** pour avoir accueillis les essais menés dans le cadre du programme de suivi du rejet algal de station d'épuration par lagunage. Leur engagement précurseur dans l'assainissement des eaux usées domestiques est un gage de respect et de protection du milieu récepteur environnant.

C. Le comité de Pilotage

Le Comité de pilotage de ce programme mène une mission d'analyse de l'information et d'interprétation. Il se compose ainsi :

- **Le Conseil Général de l'Hérault**, coordinateur du programme, représenté par Monsieur Jean-Pierre SAMBUCCO.

- **L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse**, cofinanceur du programme, représentée par Madame Anahi BARRERA.
- **Le Service de la Police de l'Eau**, représenté par Monsieur Frédéric BERTEAUD
- **L'IRSTEA**, représenté par Madame Catherine BOUTIN



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de
nouvelles approches technologiques

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



SOMMAIRE

I. Introduction	3
II. Le problème de la surproduction algale :	3
III. Rôle des algues dans les lagunes d'épuration :	3
IV. Facteur influençant le développement algal :	4
A. Le temps de séjour	4
B. La température et ensoleillement	4
C. Le brassage	4
D. La profondeur	4
E. Le mélange	5
F. Le broutage	5
V. Comment lutter contre la production d'algues :	5
A. Approche 1 : limiter leur développement :	5
1. Jouer sur les facteurs limitants ou empoisonnement :	6
a) Limitation contre des nutriments	6
b) Limitation du carbone :	6
c) Couvrir les lagunes :	6
d) Les structures flottantes végétalisées	6
e) Teintures et colorants	7
f) Chloration :	7
g) Les algicides	7
h) Production de formes radicalaires de l'oxygène par sur-saturation du milieu en oxygène	7
i) Utilisation des ballots de pailles	8
j) Les Ultra-Sons	8
2. Jouer sur l'écosystème :	8
a) Favoriser le broutage par le développement des brouteurs	8
b) Gestion des rejets	9
c) Sortie séquencée	9
d) Modification de la circulation des eaux de bassins en bassins	9
e) Modifier l'écosystème par l'adjonction de support	9
f) Ajout d'un chenal d'oxydation	10
g) Consommation des algues	10
B. Approche 2 : extraction du milieu	10
a) La centrifugation	10
b) Le tamisage	10
c) L'ultrafiltration et osmose inverse	11
d) La décantation	11
e) La précipitation chimique avec décantation séparée	11
f) La précipitation chimique au sein des bassins	12
g) Précipitation chimique et flottation	12
h) L'électro flocculation	12
i) Epandage	13
j) Filtre à sous pression	14
k) Filtration lente sur sable	14
l) Zones humides naturelles ou artificielles	14
m) Filtre rocheux	15
n) Le lit bactérien	16
C. Approche 3 : adapter la filière d'épuration	17
a) Le lagunage avancé à haut rendement algal	17
b) Le lagunage aéré facultatif	17
c) Lagunage couvert	18
d) Les lagunes à macrophytes flottantes	18
VI. Synthèse	18
VII. Bibliographie	21

I. Introduction

Cette revue bibliographique sans être exhaustive a pour ambition de faire le point sur les procédés utilisés pour baisser le taux de matières en suspension dans les lagunes d'épuration. Ainsi, elle aborde aussi bien les procédés qui fonctionnent que ceux qui ne donnent pas satisfaction. En effet, les fournisseurs à la recherche de marché n'hésitent pas à présenter aux collectivités leurs solutions, même si dans un passé oublié elles ne se sont pas révélées efficaces. Il est donc nécessaire de faire le point sur la question pour que le conseil général maintienne son niveau d'assistance technique aux communes.

Cette étude bibliographique se borne à une analyse technique des procédés sans en approcher exactement les coûts sinon au travers de considérations générales.

II. Le problème de la surproduction algale :

La production de matières en suspension en sortie de lagunage peut être liée à des surproductions algales, des pertes de boues, des surcharges organiques ou encore l'efflorescence de bactéries dispersées (bactéries du cycle du soufre, de la dégradation...) (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

Dans le cas de lagunages correctement dimensionnés en dehors des situations de surcharge, les teneurs en algues en sortie des lagunes de maturation doivent rester dans les standards (MARA, FICE, MILLS, PEARSON, & ALABASTER, 1992). De plus, il s'avère que l'impact des MES algales n'est pas toujours néfaste pour les milieux aquatiques car les algues ne se dégradent pas immédiatement et peuvent être d'un apport bénéfique au niveau de l'oxygénation des eaux. Les algues peuvent aussi être favorables à la production de certains milieux comme être des concurrentes aux algues toxiques (MARA, FICE, MILLS, PEARSON, & ALABASTER, 1992).

Cependant, en dehors du cas de lagunes surchargées, les dépassements les plus fréquents sont liés à la production algale, surtout dans les derniers bassins. Dans le département de l'Hérault cette situation est souvent plus prégnante en été avec des conditions favorables comme la concentration des effluents du fait de l'évaporation (parfois conjugué à des infiltrations), une importante disponibilité de nutriments liés à une dégradation accrue et un ensoleillement important.

Une concentration algale de 3 à 500 000 cellules/ml peut correspondre à une concentration de 30 mg/l en matières en suspension (RICHARD, 2002).

La prolifération algale représente la majeure part des dépassements de normes de qualité des eaux pour les rejets des lagunes d'épuration ceci se vérifie tant au niveau des lagunages héraultais en filière naturel ou aéré, qu'au niveau international. Ainsi, dans l'état du Colorado, 67 % des cas de dépassements de niveau de rejet sont dus aux surproductions algales (RICHARD, 2002).

III. Rôle des algues dans les lagunes d'épuration :

Le développement algal dans les lagunes d'épuration a plusieurs conséquences sur le milieu dont :

Par la photosynthèse en période diurne :

La production diurne d'oxygène dissous lié directement à l'intensité lumineuse.

Consommation du gaz carbonique dissous comme source carbonée.

Consommation de gaz carbonique atmosphérique.

En période diurne le bilan production / consommation d'oxygène conduit souvent à une augmentation de l'oxygène dissous dans l'eau.

Par la respiration :

- La consommation d'oxygène.
- Une perte de gaz carbonique la nuit.
- La production algale conduit à :
- L'addition de matière organique dans le système.
- L'addition de matières en suspension.

IV. Facteur influençant le développement algal :

A. Le temps de séjour

Au delà de 2 jours de temps de séjour, les algues se développent (RICH L. , 2003) (FLECKSEDER & and al., 1970) (Toms, 1975), une solution peut être de cloisonner les bassins pour obtenir des temps de séjour inférieur. Cependant au delà de 3 à 3,6 jours de temps de séjour global, cette solution n'est plus efficace (RICH L. G., 1999).

Le temps de séjour dépend aussi de l'ensoleillement dans un rapport inversement proportionnel : $t_s = K/S$ ($S =$ énergie de rayonnement ; K constante dépendant de l'efficacité photosynthétique et de l'énergie de combustion des algues) (Oswald, 1988). Dans les conditions héraultaises les temps de séjour en lagune à profondeur optimale pour la production algale se situe entre 4 et 15 jours.

Il est à noter qu'en lagune d'épuration, les temps de séjour par bassin sont largement supérieurs. Le temps de séjour ne peut donc pas être une variable d'ajustement pour agir sur les proliférations algales.

B. La température et ensoleillement

La température est liée à l'ensoleillement, les conditions estivales étant les plus favorables à la production algale.

C. Le brassage

En lagunage aéré, les puissances de brassage par des aérateurs inférieures ou de l'ordre de $1,6 \text{ W/m}^3$ ne gêne pas le développement algal. Celui-ci est significativement inhibé à partir de 6 W/m^3 (RICH L. , 2003).

Les lagunes naturelles et de finition des lagunes aérées dans l'Hérault ne disposent pas de brasseurs à l'exception de la lagune de LESPIGNAN. La lagune de CAZILHAC bénéficie d'un brassage laminaire sur l'ensemble de ces bassins dont le bassin final.

D. La profondeur

L'activité photosynthétique des algues dépendant de la surface d'exposition, et de la turbidité des effluents. Ainsi, la profondeur optimale pour la production algale dans un bassin brassé pour obtenir une photosynthèse maximale est comprise entre $6000/\text{DBO}_5$ et $9000/\text{DBO}_5$ suivant la présence de matières en suspension non-algale (Oswald, 1988).

Cela conduit à des profondeurs de l'ordre de 50 cm sur un effluent secondaire, ce qui n'est pas le cas en lagunage naturel où la profondeur est de l'ordre du mètre. Pour des bassins plus profonds et un volume fixe, et compte tenu des pentes de berges qui induisent une forme trapézoïdale, la surface d'exposition au rayonnement atteint un pallier à partir d'une certaine profondeur. En conséquence, l'augmentation de profondeur ne limitera pas forcément l'activité des algues car celle-ci dépend de la surface d'exposition (RICH L. , 2003).

E. Le mélange

Comme décrit dans le cas du brassage par des aérateurs avec des puissances supérieures à 6 W/m^3 , il y a suffisamment de matières en suspension remobilisées dans l'eau pour inhiber la photosynthèse et par là la croissance des algues. A contrario, l'absence de mélange favorise la stratification thermique qui crée en surface une zone présentant un temps de séjour supérieur au reste du bassin. Ces conditions de stagnation sont alors idéales pour le développement des algues. En situation mixte de mélange avec un temps de séjour suffisant, les algues auront tout de même la possibilité de proliférer (RICH L. , 2003).

Le mélange même en faible puissance de l'ordre de 1 W/m^3 reste tout de même bénéfique. Dans le cas de l'épuration des eaux usées domestiques en lagunage, il y a un excédent d'azote et de phosphore et le facteur limitant le développement algal est alors la teneur en dioxyde de carbone (RICH L. , 2003). En bassin de lagunage la quantité de CO_2 , peut être égale à 25 mg/l (Williford & Middlebrooks, 1967) ce qui représente une concentration algale d'environ 50 mg/l (Oswald, 1988). Le mélange nocturne permet par le dégazage du dioxyde de carbone de la respiration de limiter la quantité disponible en journée lorsque les algues entrent en photosynthèse. De même, le brassage dans les derniers bassins en maintenant un niveau d'oxygène suffisant permet de limiter le relargage benthique de pollutions carbonées et azotées, éléments favorables à la prolifération algale (RICH L. , 2003).

Il existe sur le marché des matériels de faible puissance (alimentation solaire ou mouvement éolien) qui induisent un brassage laminaire des eaux, ces brasseurs n'influent parfois pas significativement sur la baisse de la production algale (Peter Hobson, 2012). A contrario, le lagunage à haut rendement utilise le brassage par roue à aube pour favoriser la production algale (Craggs, Davies-Colley, Tanner, & Sukias, 2004). L'utilisation du brassage peut donc conduire suivant les conditions à des effets contraires.

F. Le broutage

Le phytoplancton fonctionne souvent en blooms qui lorsque les conditions sont favorables sont contrôlés par l'apparition d'organisme brouteur dont le plus emblématique en lagunage est la daphnie. Cette dernière apparaît en condition aérobie et peut être présente dans la lagune de maturation. Dans les conditions les plus défavorables, les rotifères prospèrent et on les trouve à partir des lagunes facultatives (primaires). Les copépodes sont aussi des organismes planctoniques qui se développent dans les lagunes d'épuration mais leur concentration est généralement plus faible.

V. Comment lutter contre la production d'algues :

A. Approche 1 : limiter leur développement :

1. Jouer sur les facteurs limitants ou empoisonnement :

a) Limitation contre des nutriments

La limitation des nutriments en lagune d'épuration est difficilement envisageable compte tenu du fait des apports constants par les eaux résiduaires. Certains fournisseurs préconisent l'utilisation de bio-activateurs favorisant la mise en place de flores spécifiques favorisant la dégradation des effluents, des sédiments. Ces produits peuvent être efficace en milieux naturels comme des plans d'eau, cependant dans les lagunes d'épuration leur action est limité dans le temps et demande des apports constants dont l'efficacité n'est pas toujours évidente. Il est alors préconisé d'entretenir le système par des compléments réguliers en produits ce qui représente un coût de fonctionnement supplémentaire pour des résultats aléatoires.

b) Limitation du carbone :

Voir en IV-E les effets du brassage.

c) Couvrir les lagunes :

Tout type de couverture naturel ou artificiel occulte la lumière et limite le développement algal. Cependant, si l'aération n'est pas suffisante le milieu peut devenir anoxique (RICH L. , 2003), et entrainer d'autres problèmes comme l'apparition d'une flore bactérienne anaérobie en suspension qui va augmenter le niveau de rejet. Certaines occultations partielles en lagunes facultatives ne diminuent pas significativement la teneur des matières en suspension à cause de l'équilibre qui se crée entre la production algale de la surface restée libre et l'apport de carbone benthique lié à l'anoxie. Dans le cas d'un complément d'aération, les couvertures partielles ou totales peuvent être efficaces.

Dans le commerce, il se trouve des couvertures plastiques flottantes, certains fournisseurs offre des couvertures végétalisées et il peut y avoir un développement naturel de lentilles d'eau qui ombreront le bassin. Ces lentilles d'eau en lagunage naturel, présentent le désavantage de créer par couverture totale une dégradation des eaux par le fonctionnement anaérobie quelles engendrent. Grâce à une aération, le milieu devient favorable à l'obtention d'une eau clarifiée, de plus il semble qu'il ne soit pas nécessaire de récolter les lentilles et que leur croissance n'entraîne pas un surplus significatif d'accumulation sédimentaire [selon des essais menés en Caroline du Nord (RICH L. , 2003)].

d) Les structures flottantes végétalisées

Les îles flottantes végétalisées au départ développées pour la création de biodiversité et l'amélioration de l'eau dans les milieux naturels cours d'eau et lacs naturels ou récréatifs, peuvent être utilisées dans le traitement des eaux usées. Elles présentent une alternative à l'utilisation de végétaux flottants qui ne sont pas toujours pérenne dans nos contrées. On peut ainsi obtenir le même type de fonctionnement. Ces systèmes sont décrits dans la littérature spécialisée (IWA & group specialists, 2000) mais on ne trouve que peu d'applications réelles. Certaines investigations ont été conduites par des fournisseurs de ces matériels (FLOATINGISLANDINTERNATIONAL, Latest Generation Floating Treatment Wetland Technology: Achieving Significant Nutrient Removal in Aerated Wastewater Lagoons, 2011) (FLOATINGISLANDINTERNATIONAL, Demonstrating Treatment of Landfill Leachate Using Floating Treatment Wetland Technology, 2011) (FLOATINGISLANDINTERNATIONAL, Early-Stage Floating Treatment Wetland Technology , 2011). Les résultats obtenus avec ces systèmes sur un essai ont fait passer le niveau de rejet en MES de 40 mg/l à moins de 10 mg/l (FLOATINGISLANDINTERNATIONAL, Proving

the Concept: Field Test of Floating Treatment Wetland Technology's Ability to Treat Simulated Wastewater).

Ces systèmes conjuguent l'effet d'ombrage, de maintien d'une zoogée aérobie siège de consommateurs de phytoplancton sur le réseau racinaire immergé, la génération de composés organiques inhibiteur de la croissance algale (acide humiques...).

e) Teintures et colorants

Certaines teintures organiques solubles et non toxiques absorbent les radiations utilisées dans la photosynthèse algale et permettent d'éliminer les algues. Certaines d'entre elles donnant la couleur bleu sarcelle on été utilisées en lagunage avec succès. Des colorants tels que le bleu de méthylène donne aussi des résultats similaires.

f) Chloration :

Le chlore a un effet létal sur les algues. Dans le cadre d'une chloration des eaux traitées, les algues augmentent la demande en chlore. Les doses nécessaires pour éliminer les algues va de 5 à 20 mg/l pour un temps de contact de 15 min. à 2 h. Dans ces fortes doses, la lyse des cellules algales peut entraîner une augmentation de la DBO₅ (de 20 à 65 mg/l) imputable à la libération de composés intra cellulaires (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973). Cependant, il s'avère qu'un dosage inférieur (2 à 4 mg/l pour un temps de contact de 10 h) permet une bonne inhibition du développement algal (Eckenfelder & al., 1971). Ceci invite à valider l'utilisation d'une addition continue de chlore en faible concentration en lagune de finition pour baisser le niveau de concentration des algues (RICH L. , 2003). La formation de composés indésirables n'est pas abordée.

g) Les algicides

Le sulfate de cuivre a longtemps été utilisé pour limiter la croissance des algues dans les réservoirs. La dose habituelle est de 1 mg/l. Cependant, ce composé peut être toxique pour la faune aquatique, ainsi la truite, référencée comme étant le poisson le plus sensible, ne tolère pas de concentration supérieure 0,14 mg/l de Cu (Steel & McGhee, 1979). La combinaison entre la chloration et l'ajout de sulfate de cuivre donne d'excellents résultats (Courchene & Chapman). Les algicides à base de cuivre ne présentent pas la même toxicité pour toutes des sortes d'algues et les doses préconisées par les fournisseurs ne sont pas toujours suffisantes. Les caractéristiques physico-chimique du l'eau influent sur l'efficacité des produits (Peter Hobson, 2012). Le peroxyde d'hydrogène est aussi un algicide efficace avec les mêmes restrictions que les algicides au cuivre (Peter Hobson, 2012).

h) Production de formes radicalaires de l'oxygène par sur-saturation du milieu en oxygène

La photosynthèse est un procédé naturel producteur d'oxygène. A ce titre, tout organisme photosynthétisant est capable, en présence de rayonnements lumineux efficaces, de produire de l'oxygène. En phase liquide, sous pression atmosphérique, l'oxygène produit par les algues se retrouve dans l'eau sous forme dissoute et peut atteindre un seuil de saturation à partir duquel, l'oxygène passera en phase gazeuse dans l'atmosphère afin de conserver l'équilibre.

En milieu hermétiquement fermé, le même principe s'opère mais une fois la valeur de saturation de l'eau atteinte, l'oxygène surproduit ne peut passer en phase vapeur. Le milieu liquide s'enrichit en oxygène jusqu'à produire des formes réactives de cette molécule : Peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), oxygène radicalaire (O₂·-), radical hydroxylé

(OH-),... Ces formes réactives ont des effets bactéricides capables de réduire la charge bactérienne d'eaux contaminées.

Les essais menés en laboratoire entre 2002 et 2003 (Université Montpellier II, Ecosite de Mèze) ont mis en évidence, outre l'aspect bactéricide constaté, une décantation des matières en suspension, y compris les micro-algues à l'origine de la surproduction d'oxygène. Ces travaux ont été repris et poursuivis sous forme d'un photo-bioréacteur clos, par l'Université de Séville dans le cadre d'une (Alberto, MORENO MARIN, 2008).

i) Utilisation des ballots de pailles

La paille d'orge est apparue dans certain cas comme une solution efficace pour limiter la prolifération algale dans les milieux aquatiques. D'autres pailles sont utilisées (lavande, lin, maïs, blé, colza), mais l'orge donne les meilleurs résultats (JoAnne Barnett, 2006). Les pailles d'orges trempées dans l'eau et en dégradation aérobie donnent des composés qui inhibent la croissance des algues. La dose efficace va de 10 à 500 g/m² de plan d'eau. L'efficacité apparaît au bout d'environ 2 semaines d'immersion lorsque la paille se dégrade (LAVIALE, 2009), elle est alors efficace pendant environ 4 à 6 mois. Les mécanismes en jeu ne sont pas encore éclaircis cependant le fait que le dosage soit fonction de la surface, on peut présumer une action sur la pénétration lumineuse ou encore la formation de composé tel que les acides humiques. Cela se rapproche de l'utilisation des colorants ou de composés organiques tels que les acides humiques. Les pailles ne doivent pas rester en balles, mais disposées en filets flottants à la surface de l'eau.

Les résultats obtenus par cette méthode sont variables car les conditions de fonctionnement sont relativement strictes avec une dégradation obligatoire en conditions aérobies, et un effet uniquement préventif qui préconise une mise en place des pailles lorsqu'il y a un minimum d'algues dans le milieu.

j) Les Ultra-Sons

L'usage des ultrasons pour le contrôle des algues dans les milieux aquatiques sont d'apparition récente sur le marché. Les fournisseurs affichent des travaux scientifiques et des constats d'efficacité sur plusieurs cas d'application dans diverses conditions (Hutchinson, 2008). D'autres considérations ne concluent pas à l'efficacité de tels systèmes (Peter Hobson, 2012). Il existe actuellement 2 fournisseurs identifiés sur le territoire français à partir de matériel des USA ou de Hollande. Ce type de matériel en test sur la station de PORTIRAGNES sur l'été 2012 n'a pas donné satisfaction, sans pour autant avoir eu le retour critique du fournisseur.

2. Jouer sur l'écosystème :

a) Favoriser le broutage par le développement des brouteurs

Pour favoriser l'apparition de brouteurs dans les bassins d'épuration, il est absolument nécessaire que les conditions restent aérobie ces organismes ne vivant que dans ces conditions. Dans les lagunes d'épuration de dernier étage, il peut arriver que les conditions de milieu ne puissent assurer de telles conditions continuellement sur l'année ou sur une évolution nyctémérale. Ainsi, les situations favorables au zooplancton ne se rencontrent que dans des systèmes très performants ou en situation de sous charge. Dans les cas les plus classiques, le maintien pérenne des brouteurs ne se fera que par l'adjonction de systèmes d'aération supplémentaires. Les organismes zooplanctoniques brouteurs tels que les daphnies se développent en eau libre, d'autres ont besoins de supports, l'adjonction de surface favorisera la formation de film biologique

capable de fixer une zooglye qui concurrence le phytoplancton et abrite une plus grande diversité de brouteurs

b) Gestion des rejets

Certains états des USA comme le Michigan, pour pallier l'impact négatif des effluents de lagunage sur les eaux de surfaces, obligent à l'intégration dans le procédé de volumes de stockage pour libérer les eaux seulement dans les périodes de forts écoulements des eaux de surface (Kothandaraman & Evans, 1972). Dans cet état, les rejets ont lieu 2 fois par an et la faible concentration algale correspond bien à des périodes de hautes eaux (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973). Une autre approche consiste dans la mise en place de rejets raisonnés en fonction de l'acceptabilité du milieu. La première fonction de cette stratégie est de réduire les rejets lorsque le débit du milieu récepteur est bas. L'eau est stockée dans les lagunes d'épuration tant que le débit récepteur est bas et le débit du rejet est adapté en fonction de la capacité du milieu récepteur. Ce concept oblige à prévoir ou réaliser une capacité de stockage dans les lagunes, à la mise en place d'un jaugeage du débit récepteur et à la régulation du débit de rejet par pompage, vannes contrôlées

Cette solution peut être intéressante en zone héraultaise d'autant plus que les périodes de hautes eaux correspondent à celles où les niveaux de MES dans les lagunes sont plus faibles qu'en été. Cependant, cette stratégie demanderait avant validation un complément d'information sur les régimes hydrauliques des milieux récepteur et sur les teneurs en algues des bassins suivant les périodes.

c) Sortie séquencée

Les algues répondent à un cycle journalier de migration verticale dans la colonne d'eau, ainsi à 20 cm de profondeur, la DCO particulière en journée peut-elle être quatre fois supérieure à celle de la nuit (King & al., 1970). Un déversement nocturne ou en deux points différenciés en profondeur peut permettre d'améliorer la qualité des eaux déversées dans le milieu.

d) Modification de la circulation des eaux de bassins en bassins

L'utilisation de bassins de faibles dimensions tendrait à minimiser leur brassage par le vent et donc à favoriser la sédimentation des algues. On pourrait donc imaginer que la division des surfaces nécessaires avec des fonctionnements en parallèle associés aux écoulements traditionnels en série permettraient l'amélioration des rejets. Cependant, cette solution ne paraît pas efficace, entre autre raison, on peut citer la tendance des algues à se sélectionner, ainsi lorsque la sédimentation est favorisée, il peut apparaître des populations mobiles qui nageant dans l'eau se départissent de la sédimentation.

La modification de la configuration des bassins et de leur écoulement avec des utilisations en séries ou parallèle, ne permet pas d'obtenir d'amélioration au niveau des rejets en MES (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

e) Modifier l'écosystème par l'adjonction de support

L'adjonction de support bactérien par l'intermédiaire de disques biologiques, cloisons ou canaux aux bassins de lagunages semble a priori être une bonne solution. En effet, les cultures fixées sont en général plus efficaces que les cultures libres. Le biofilm présent sera constitué d'algues fixées et de bactéries. L'inconvénient de ces systèmes consiste dans la nécessité de pompage pour leur alimentation et la production d'une biomasse supplémentaire à exporter. Ces systèmes demandent à être complétés de structures de récupération de matières décantables. Il n'offre pas d'efficacité régulière (Middlebrooks & al., 1974).

f) Ajout d'un chenal d'oxydation

L'ajout d'un chenal d'oxydation pour l'amélioration des rejets de lagunage avec des cycles de fonctionnement entrecoupé d'arrêt d'une heure pour la sédimentation s'avère une solution techniquement réalisable à la suite d'une lagune d'épuration. Cependant, elle présente deux écueils qui sont un coût de fonctionnement élevé et peu ou pas d'essai de validation. Cette méthode n'est donc pas retenue (Middlebrooks & al., 1974).

g) Consommation des algues

Les essais de consommation des algues par des brouteurs zoo-planctonique de type daphnies ou par des poissons phyto-planctophage n'est pas une possibilité envisageable par les difficultés à maintenir ces élevages. En effet, le contrôle des conditions de milieu, de la production d'algue, de l'accumulation de fèces qui produise de la matière organique, de la qualité de l'eau... ne permet pas de pérenniser les populations de consommateurs.

Certains essais fonctionnant par rapport à la production piscicole consiste dans l'utilisation de l'eau de sortie des lagunes en bassin à part. L'eau après stockage retrouve les qualités suffisantes à l'élevage (Mara & Pearson, 1998). D'autres investigations menées par le Oklahoma State Department of Health (test de 7 espèces de poissons) (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973) ont permis d'obtenir de bons résultats avec une moyenne de rejet en MES de 12 mg/l, ces résultats bien qu'encourageants ne sont pas suffisant pour conclure à la faisabilité de cette technique.

En tout état de cause, le maintien de brouteurs dans les bassins d'épuration ne peut être maintenu que si les conditions de milieu favorable peuvent leur être garanties comme des niveaux d'oxygénation suffisante et un taux d'ammoniaque adapté.

B. Approche 2 : extraction du milieu

Fin des années 60 et début des années 70, beaucoup de recherches ont été entreprises pour éliminer les algues issues des lagunes d'épuration. Il existe au moins trois revues de synthèse au sujet de ces investigations (Kothandaraman & Evans, 1972) (Middlebrooks & al., 1974) (Parker, 1975). Beaucoup de procédés épuratoires furent testés sans pour autant obtenir de bons résultats quelle que fut la technique explorée. Il y eut qu'une seule exception avec la filtration alternée sur sable, au départ utilisée pour la nitrification et dont l'usage s'est avéré efficace sur les matières en suspension. Cependant, cette technique n'est pas efficace sur toutes les espèces d'algues. En outre, le retour en lagune des eaux de retro-lavage enrichisse le milieu et en augmentant la fréquence.

a) La centrifugation

La centrifugation n'est pas une solution viable tant au niveau investissement que fonctionnement bien que présentant des résultats intéressants avec 80 à 90 % d'élimination des MES sur un effluent à 200 mg/l. Cette technique n'est pas en adéquation avec la technique extensive du lagunage, elle nécessite une énergie de 2 kWh par m³ traité (Middlebrooks & al., 1974) (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

b) Le tamisage

Le tamisage est indiqué comme étant une solution acceptable par certains auteurs (Middlebrooks & al., 1974) (CNRC, 2004), ces sources bibliographiques donnent des rendements d'élimination de l'ordre de 89% et des teneurs résiduelles en MES de 30 mg/l, les mailles utilisées sont des mailles spéciales de 1 µm de vide de maille (Middlebrooks E. J., 1995).

Selon d'autres sources (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973) (Kothandaraman & Evans, 1972), le micro-tamisage n'est pas efficace car les mailles utilisées généralement

de l'ordre de 23 μm ne sont pas aux espèces de phytoplancton rencontrées dans les lagunes d'épuration, si cette maille est réduite on peut obtenir de bon résultats. Cependant, il y a aussi une grande probabilité de colmatage des mailles par certaines algues, les micro-crustacés ou autres composantes particulaires rencontrés dans les lagunes d'épuration.

c) L'ultrafiltration et osmose inverse

En descendant sur des porosités plus fines, l'ultrafiltration a montré de bons résultats mais il manque un retour d'expérience quant aux modalités de nettoyage des membranes et aux conditions économiques de fonctionnement. Cependant, il faut souligner que l'utilisation de l'osmose inverse à la suite d'un lagunage avancé baisse le coût de moitié par rapport à la même technologie à la suite d'une boue activée (J.B. Downing, 2002).

d) La décantation

La décantation des algues ne donne de résultats significatifs qu'à partir de suspensions concentrées comme dans le cas du lagunage à haut rendement algal qui inclut dans la filière d'épuration des bassins de décantation pour l'élimination des algues produites avec une efficacité de 50 à 80%, avec des bassins de 1 à 2 jours de temps de séjour. (Bailey Green, Bernstone, Lundquist, & Oswald, 1996). La filière complète est appelée lagunage avancé et donne des rejets en MES de l'ordre de 10 à 70 mg/l à la suite d'une lagune de maturation cloisonnée en sous bassins (20 j de temps de séjour et 3 jour par cellule) (Craggs, Davies-Colley, Tanner, & Sukias, 2004). Pour les lagunages naturels l'option des bassins de décantation n'est pas adaptée. Celle des lagunes de maturation cloisonnée n'a aussi pas été testée sur les lagunages naturels et va à l'encontre de III-A le temps de séjour.

e) La précipitation chimique avec décantation séparée

L'utilisation de produits chimiques pour la coagulation floculation des algues, associée à une phase de décantation, a été largement étudiée. Les produits employés peuvent être des sels de fer ou d'aluminium, de la chaux ou encore des poly-électrolytes. Ces produits sont efficaces sur les algues des lagunes d'épuration (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

L'efficacité de l'utilisation de flocculants est liée au pH de l'eau, ainsi, le domaine le plus efficace se situe entre 3 et 4, ce qui oblige pour des raisons d'économie de réactif à corriger le pH des eaux situées souvent à cause de l'activité photosynthétique dans des valeurs basiques. Cette remarque se retrouve dans tous les procédés utilisant la précipitation chimique en décantation comme en flottation (Kothandaraman & Evans, 1972).

Les doses employées sont de l'ordre de 75 à 100 mg/l de sulfate d'alumine, de 2 à 3 mg/l de poly-électrolytes, de 100 à 250 mg/l de chaux, de 100 à 200 mg/l de chlorure ferrique. Cependant les doses de réactifs peuvent être largement réduites en ajoutant 1mg/l de chlorure ferrique dans le bassin de lagunage, ainsi un taux de traitement en sulfate ferreux de 140 mg/l passera à 5 mg/l (Kothandaraman & Evans, 1972). Les efficacités de traitement sont importantes avec des éliminations de 90 à 95 %.

Cependant la variabilité des populations et des concentrations dans les bassins obligerait à une présence constante de spécialiste pour régler les doses de produits à appliquer pour pouvoir obtenir une efficacité constante (Middlebrooks & al., 1974).

Dans certains cas, il peut arriver que les algues fassent de l'auto-flottation du floc. Pour prévenir ce phénomène, il est nécessaire d'éviter les dégazages issus de la sursaturation

en oxygène dissous due à la photosynthèse. Ainsi, les eaux devront être pré-aérées pour dégazage et les bassins de décantation couverts (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

Cette technologie, n'est pas en accord avec la rusticité de la technique de lagunage et ne pourrait être réservé qu'aux cas où un besoin de production d'eau justifierait son usage, de plus le besoin de spécialiste pour le réglage du procédé n'est pas adapté au contexte du lagunage, technique rustique utilisée en petite collectivité.

L'utilisation de chaux comme floculant donne de bons résultats. Des essais avec des clarificateurs à flux ascendant et lit de boue ont donné satisfaction avec des dosages de l'ordre de 100 à 200 mg/l de Chaux et un temps de séjour en clarification de 1 h. Des problèmes apparaissent avec la prise en masse du lit de boue algue chaude. (Kothandaraman & Evans, 1972)

f) La précipitation chimique au sein des bassins

Cette option semble se heurter au problème d'une accumulation de boues supplémentaire dans le bassin de lagunage concerné. Cette accumulation peut conduire à des conditions anaérobies de fond, une charge polluante supplémentaire du bassin et de mauvaises odeurs.

Ces inconvénients peuvent être contrés suivant les cas. Si la lagune est suffisamment dimensionnée elle pourra accepter la charge supplémentaire. Dans d'autres cas, la sédimentation peut être circonscrite en un point spécial par adjonction de matériel (cloison...) et des curages réguliers envisagés. Ces options conduisent à des surcoûts de fonctionnement et d'investissement difficile à évaluer (Middlebrooks & al., 1974).

L'utilisation de sels d'aluminium conjuguée à la gestion des rejets permet d'obtenir de bons résultats (Ontario (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973)) avec un rejet inférieur à 10 mg/l de MES. Dans certaines conditions, cette méthode qui demande peut de moyen humain et reste rapide, les réactifs étant épandus à partir de la circulation d'un bateau à moteur. L'accumulation des boues est mentionnée comme restant faible de l'ordre de 0,25 cm par application, ce qui n'induit pas de curage avant de nombreuses années de pratique. Par contre cette utilisation valable en climat nordique avec 2 interventions annuelles demande d'être validée en climat plus chaud où la production algale peut être plus importante. Pour les filières alimentées en flux continu, il est conseillé de disposer le traitement au niveau de la dernière lagune (CNRC, 2004).

g) Précipitation chimique et flottation

A l'image de la coagulation floculation avec décantation, plusieurs investigations ont été conduites en ce qui concerne cette technique avec des résultats probants. Les techniques utilisées consistent dans l'usage de sels métalliques et de polymère pour la floculation des algues. La flottation peut être obtenue par injection d'air en fines bulles (flottation), le dégazage d'oxygène en saturation (auto-flottation, ce phénomène peut être aléatoire) ou le dégazage d'air pressurisé (flottation à l'air dissous). La flottation a lieu dans un réacteur raclé en surface (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

Ces solutions, techniquement complexes et coûteuses, ne sont pas adaptées au contexte du lagunage (Middlebrooks & al., 1974).

h) L'électro floculation

Cette technique consiste dans l'application d'une différence de potentiel électrique entre des plaques métalliques d'aluminium ou de fer. La libération d'ions métalliques entraîne la précipitation des composés aux caractéristiques colloïdales.

Dans le cas des algues, à la suite de l'étape d'électro-floculation, les algues précipitées sont récoltées dans un réacteur en partie par décantation et l'autre par flottation. A partir de plaques d'aluminium, les puissances nécessaires sont de 100 W/l pendant 30 min pour obtenir la diminution de l'ensemble des algues tandis qu'une puissance inférieure de 31 W/l permet l'élimination de la majorité de celles-ci (GH Azarian, 2012). Si les résultats obtenus sont concluants au niveau technique, la publication citée ne tient pas compte d'une approche optimisée au niveau économique. Cependant l'analyse des données obtenues permet de dégager les ordres de grandeurs suivants :

Puissance appliquée	Temps de séjour	Elimination des Mes	Consommation électrique	Consommation électrique pour 50
100 W/l	30 min	≈ 100 %	50 Wh/l	2500 kWh/j
500 W/l	15 min	≈ 100 %	125 Wh/l	6250 kWh/j
500 W/l	10 min	≈ 90 %	83 Wh/l	4200 kWh/j
150 W/l	10 min	≈ 80 %	25 Wh/l	1250 kWh/j
40 W/l	10 min	≈ 70 %	7 Wh/l	350 kWh/j
20 W/l	10 min	≈ 50 %	3 Wh/l	150 kWh/j

Ces considérations démontrent l'intérêt d'optimiser cette technique en fonction des résultats désirés. Cette approche demande à être optimisée en fonction de la qualité des eaux traitées, en effet, d'autres variables rentrent en compte dans l'efficacité du traitement comme la teneur en MES de départ.

i) Epandage

Compte tenu des capacités épuratoires des sols, ils ont la capacité de consommer la matière organique algale. Un système correctement dimensionné sur des sols adaptés permet de se défaire de la contrainte de rejets chargés en algues dans le milieu superficiel. Les systèmes d'épandage iront de l'infiltration avec une part d'évapotranspiration à l'irrigation. Compte tenu de la localisation de bons nombres de lagunes d'épuration en zone rurale, cette alternative peut être une solution économiquement viable et de nombreuses références et cas d'études sont disponibles dans la littérature et les documents de l'USEPA (Middlebrooks & al., 1974).

En termes d'application des effluents de lagunage en production végétale, il s'avère que les eaux issues des lagunes d'épuration délivrent en plus de l'irrigation de justes quantités de nutriments (N, P, K) et de micronutriments (Fe, Mg...) (MARA, FICE, MILLS, PEARSON, & ALABASTER, 1992).

L'écoulement sur pente herbeuses (Overland flow) peut être une bonne alternative pour éliminer les algues des effluents de lagunage, en effet le tissu herbacé est très performant les algues étant bloquées dans la trame végétale et dégradées. Cela constitue un moyen rustique et économique de traitement assurant un effluent à faible teneur en DBO₅ et de MES (MARA, FICE, MILLS, PEARSON, & ALABASTER, 1992). Il est nécessaire de porter un soin particulier pour éviter les écoulements préférentiels afin d'assurer un bon niveau de traitement (Middlebrooks E. J., 1995). Cette technique est considérée parmi les systèmes les moins performants suivant l'étude de Neder & al. coût efficacité des systèmes rustiques pour la lutte contre les algues en lagunage (K.D. Neder, 2002). Les règles d'usages de cette technique demandent des mises aux points et essais particuliers avant que d'être dimensionnée lorsqu'elle est destinée à des eaux de lagunage (Rich, 1991).

j) Filtre à sous pression

Les filtres sous pression largement utilisés par ailleurs en traitement des eaux, a des caractéristiques suffisantes pour que son utilisation soit favorable dans le cadre des lagunes d'épuration. Economiquement, cette solution est présentée comme viable sous réserve des contraintes d'adaptation de la technologie (bon média filtrant, adjonction de coagulant...) (Middlebrooks & al., 1974). Les algues ont peut d'affinité de filtration avec le sable cela oblige à l'utilisation de coagulants pour éviter les colmatages rapides (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973). De manière générale les algues étant très comatantes la filtration directe de celles-ci est impossible en forte concentration (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973). Des essais avec des filtres à diatomées comme média ont donné des résultats satisfaisants (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973)

Il n'y a tout de même pas d'exemple d'utilisation (une de ces unités avait été installée sur le lagunage de Montbazin dans le cadre d'une étude sur la réutilisation des eaux de lagunage).

k) Filtration lente sur sable

La filtration sur sable, en alternance sur plusieurs bac, donne de bons résultats en traitement des eaux usées, il y a cependant peu de retour d'expérience sur le sujet (Middlebrooks & al., 1974). Le procédé consiste dans l'alimentation alternée de filtre à sable dont les 5 à 8 cm supérieur arrêtent les matières en suspension de la dernière lagune d'épuration. Les phases de repos permettent une régénération partielle du filtre qui fini par se colmater. La tranche utile de filtration est alors enlevée et remplacée. Le volume de sable souillé peut être lavé et réutilisé. Suivant la qualité requise au niveau du rejet, un seul étage de filtration peut être utilisé avec du sable de granulométrie moyenne (DBO₅ et MES sous les 30 mg/l). Dans les cas plus contraignant l'usage de 2 étages de filtration peuvent être envisagés avec une diminution de la granulométrie sur le deuxième étage. Les charges hydrauliques admises sur les filtres doivent être de l'ordre de 0,19 à 0,56 m/j. En général 3 filtres représentent un optimum pour faciliter rotation et entretien (Middlebrooks E. J., 1995).

La régénération des sables de filtration représente une opération difficile et coûteuse, ce qui économiquement l'exclut des procédés économiques (Caldwell, Parker, Uthe, & Stenquist, 1973).

Le Filtre à sable est considéré parmi les systèmes les moins performants suivant l'étude de Neder & al. coût efficacité des systèmes rustiques pour la lutte contre les algues en lagunage (K.D. Neder, 2002).

Les unités fonctionnant de la sorte dans le département de l'Hérault sont toutes en dysfonctionnement, en effet les algues sont très comatantes et il se peut que les systèmes est été sous dimensionnés ce qui fait que cette solution, à part d'être reprise au niveau de sa conception, n'est pas efficace. De plus, les collectivités n'ont pas entretenus ces systèmes.

l) Zones humides naturelles ou artificielles

Les capacités épuratoires des zones humides à végétaux sont largement utilisées et il y a plusieurs alternatives décrites dans la littérature appliquées à la finition des effluents de lagunage. On distingue les zones humides naturelles plus ou moins réaménagées ou encore la création de zones humides à partir du rejet des stations, les lagunes à macrophytes ou lit planté de roseaux (joncs, massettes ou autre hélophytes) à écoulement horizontal de surface, ou les lits plantés de roseaux à écoulement de sous-

surface (massif de granulats planté d'espèces végétales) (Middlebrooks E. J., 1995), il existe aussi, les lits plantés de roseaux à écoulement vertical (IWA & group specialists, 2000), particulièrement développés en France. Les systèmes construits spécifiquement donnent de meilleurs résultats dans l'ensemble par la maîtrise des écoulements (Middlebrooks E. J., 1995).

Les zones humides naturelles utilisées comme finition des lagunages donnent de bons résultats sur les MES, la DBO₅. Les filtres horizontaux à écoulement de sous-surface présente l'avantage d'éviter le développement de moustiques, le contact des personnes avec l'eau et les odeurs (rares en finition). Cette technique est considérée parmi un système moyennement performant suivant l'étude de Neder & al. coût efficacité des systèmes rustiques pour la lutte contre les algues en lagunage (K.D. Neder, 2002). Cette position n'est pas due à un manque de performance sur les MES mais à une moindre efficacité sur les sels nutritifs.

Les lagunages à macrophytes à écoulement libre sont moins consommatrices d'espace pour une efficacité similaire (Middlebrooks E. J., 1995).

Les systèmes à écoulement verticaux connaissent quelques applications en France. La conception de ces ouvrages sont issus d'un transfert de technique utilisée habituellement sur des effluents bruts. La qualité de la filtration dépend de la finesse du sable utilisé et il y a peu de connaissances sur le sujet de la filtration des algues de lagunages par ces systèmes. Ainsi, leur dimensionnement est surtout hydraulique et ne tient pas compte de mises au points particulières quand à la qualité des eaux à filtrer. Ceci exprimait un besoin de retour d'expérience sur le sujet. Le filtre planté de roseaux à écoulement vertical est préconisé pour l'amélioration des rejets de la filière lagunage (BOUTIN, 2008), dans ce cadre, la surface nécessaire correspond à 1 m²/hab. Cette possibilité permet d'envisager de nouvelles filières d'épuration permettant l'atteinte d'un niveau D4 et de définir des modalités de dimensionnement.

Les zones humides mises en place en finition de lagunage peuvent être constituées d'un simple bassin comme d'un agencement complexe d'écosystèmes aquatiques plus ou moins complexes (IWA & group specialists, 2000).

m) Filtre rocheux

Les ROCK FILTERS sont des ouvrages bon marché en investissement et fonctionnement et sont adaptés au contexte des petites collectivités. Les effluents passent au travers d'un substrat rocheux dans lequel les algues sédimentent et se décomposent (MARA, FICE, MILLS, PEARSON, & ALABASTER, 1992). Ils sont constitués d'une seule pièce et réalisés en unité distincte ou intégrés en fin de bassin. Le dimensionnement des ROCK FILTERS se fait sur la base de la charge hydraulique appliquée par unité de volume de filtre. Les critères de dimensionnement ont été établis aux Etats Unis et au Royaume Uni sur les bases d'études expérimentales et de terrain (BOWMAN, MIDDLEBROOKS, & REED, 2002).

Le dimensionnement des ROCK FILTERS dépend de la qualité de l'effluent accepté ainsi :

En sortie de lagune facultative la charge hydraulique sera de 0,15 j⁻¹ pour obtenir un effluent sous 60 mg/l de MES et 40 mg/l de DBO₅ pour 95 centile des résultats.

En sortie de lagune de maturation la charge hydraulique sera de 0,3 j⁻¹ pour le même résultat (Mara D. , 2005).

Ces données de dimensionnement ne tiennent pas compte de la vitesse transversale dans l'ouvrage (vitesse appliquée à la surface transversal). Cependant, cette vitesse paraît importante quant à l'efficacité du procédé, l'élimination des micro-algues doit être comprise entre un minimum de 0,3 à 0,5 m/h (Wegelin, 1997) 1 m/h étant la vitesse maximale destinée aux matières décantables. Cette vitesse est respectée dans des exemples d'installation fonctionnant de manière satisfaisante. Les ROCK FILTERS doivent être réalisés avec des granulats de l'ordre de 40 à 100 mm (certains donnent 75 mm à 200 mm). La hauteur d'eau dans le filtre sera de 0,5 à 2 m avec une garde de matériaux au dessus de 10 à 20 cm pour éviter les problèmes de proliférations de moustiques ou de cyanophycées à l'origine de nuisances liées aux piqûres ou aux mauvaises odeurs (MARA & JOHNSON, Wastewater treatment in facultative waste stabilization ponds and rock filters : a better quality effluent at a lower cost and using less land, 2005). La construction est identique à celle des bassins de lagunages. Cependant pour éviter d'abîmer les membranes un lit de sable grossier de 75 mm doit être placé en fond d'ouvrage. La forme du bassin peut épouser en long celle de la lagune d'épuration. Les écoulements dans les ROCK FILTERS peuvent être horizontaux ou verticaux avec une admission de l'influent par le fond et une récupération en surface. Il est conseillé de réaliser les filtres rocheux dans des bassins spécifiques pour faciliter les opérations d'entretien.

Les résultats obtenus par les filtres rocheux sont en général satisfaisant, cependant, ils sont peu étudiés du fait d'un faible développement, leur mécanismes sont donc mal connus et demande plus d'investigations pour obtenir des règles de dimensionnement générales (Middlebrooks E. J., 1995).

Bien que donnant de bons résultats les filtres rocheux peuvent conduire à une légère dégradation de l'effluent compte tenu des conditions d'anoxies du massif filtrant. Le maintien de conditions aérobies par des moyens d'aération permet d'améliorer de manière significative la qualité de l'effluent. Ceci a été vérifié en étude pilote mais sans applications connues sur le terrain (JOHNSON & MARA, 2005).

Le ROCK FILTER est considérée parmi les systèmes les plus performants suivant l'étude de Neder & al. coût efficacité des systèmes rustiques pour la lutte contre les algues en lagunage (K.D. Neder, 2002).

Remarque : Le cas des digues filtrantes

Les digues filtrantes constituées comme les filtres rocheux sont des dispositifs qui coupent transversalement les lagunes d'épuration et permettent l'amélioration du traitement par redistribution des flux. Cet effet améliorateur est prégnant sur la bactériologie mais un doute persiste quant aux matières en suspension algales. Compte tenu de l'utilisation importante de cette technique dans l'Hérault, une mise au point est nécessaire sur le sujet.

n) Le lit bactérien

Une étude conduite à l'échelle pilote tend à conclure sur la bonne efficacité du lit bactérien utilisé pour minimiser les MES algales des lagunes d'épuration (Kaya, Dilek, & Gokçay, 2007). Le système consiste au passage d'eau de sortie de lagunage sur un lit bactérien bénéficiant d'un apport complémentaire d'eau brute pour maintenir une bonne population bactérienne. Le mécanisme biologique mis en jeu correspond à une consommation des algues au niveau du biofilm. Les performances obtenues dépendent de la teneur initiale en algue et de la charge hydraulique du système.

<i>Charge hydraulique sur une colonne de 65 cm avec un garnissage de cailloux de 1,3 à 1,9 cm.</i>	<i>MES initiales</i>	<i>MES finales</i>	<i>Elimination MES</i>
4 m ³ /m ² /j	65 mg/l	22 mg/l	66 %
4 m ³ /m ² /j	98 mg/l	31 mg/l	68 %
2 m ³ /m ² /j	65 mg/l	2,7 mg/l	99 %
2 m ³ /m ² /j	98 mg/l	13 mg/l	87 %
0,5 m ³ /m ² /j	65 mg/l	1,6 mg/l	97,5 %
0,5 m ³ /m ² /j	98 mg/l	3 mg/l	96,9 %

Les résultats obtenus tendent à démontrer qu'un biofilm est capable de se créer et de consommer les algues. Dans le contexte des rejets de lagune d'épuration dont les concentrations en MES peuvent atteindre entre 100 et 400 mg/l les charges hydrauliques devront être faibles.

Ce système au stade expérimental n'est en l'état pas transposable en situation réelle et demanderait des mises aux points techniques et économiques.

C. Approche 3 : adapter la filière d'épuration

a) Le lagunage avancé à haut rendement algal

Le lagunage avancé est un concept qui vise à segmenter les mécanismes épuratoire des lagunages d'épuration en créant une filière d'épuration comportant :

un étage de dégradation anaérobie (dans une lagune facultative à fosse anaérobie ou une lagune anaérobie éventuellement couverte),

un étage à haut rendement algal (lagune à circulation de faible profondeur), une récupération des algues (bassin de décantation ts : 1 j ou autre dispositif comme la flottation si justifié)

une lagune de finition cloisonnée ts = 20 j avec des cellules de 1 jour de temps de séjour.

Ce système optimise la production algale et ne sélectionne pas les algues mobiles ce qui favorise leur élimination. Les teneurs en MS en sortie de ces système est de l'ordre de 30 mg/l avec des valeurs limites sur 95 centiles des valeurs sous les 50 mg/l et des valeurs extrêmes hautes vers les 80 mg/l.

Ce système d'épuration est réalisable en réhabilitation de lagune d'épuration ou pour des installations neuves. (Craggs, Davies-Colley, Tanner, & Sukias, 2004).

b) Le lagunage aéré facultatif

Le lagunage aéré est souvent employé pour la réhabilitation de lagunes d'épuration. Le concept généralement utilisé est la création de lagunes de têtes aérées suivies de lagunes de maturation sans aération. Ces systèmes ne sont pas destinés spécialement à la diminution de la production algale. Cependant, l'écosystème épurateur étant différent et plus performant sur le premier étage ces réhabilitations peuvent avoir sans les

garantir un effet positif sur les rejets en MES. Lorsqu'un résultat en MES est espéré ou tout autre traitement plus poussé, les fournisseurs préconisent souvent une aération de tous les bassins.

c) Lagunage couvert

Certains concept de lagunage aéré comporte une couverture totale des bassins associé à une aération fine bulle ou par hydroéjecteur, cela permet d'obtenir des effluents peu chargés en MES (Department-of-Natural-Resources--, 2008). Cette solution peu permettre la réhabilitation de lagunages surchargés (Madeline-sanitary-district-staff, 2010) (LEMNA-Technologies-inc., 2012). Les solutions techniques de couverture de lagunes d'épuration ne sont pas utilisées dans notre département. Les solutions techniques consistent dans la mise en place de structures flottantes constituées de géo-membranes, certaines permettent le déplacement sur leur surface ; d'autres solutions sont constituées d'éléments flottants en plastiques ou encore de balles de la même matière. Les fournisseurs de ces matériels sont largement représentés à l'étranger USA, Australie, en Europe, il semble y avoir peu de fournisseur (une est identifiée en Hollande Setfos bv. Steenberger Foil Solutions).

d) Les lagunes à macrophytes flottantes

Les macrophytes flottantes comme les jacinthes d'eau ou les lentilles sont efficaces pour concurrencer le développement des micro-algues dans les bassins d'épuration. Les plantes servent d'ombrage et minimisent la photosynthèse. Ces végétaux consomment aussi les nutriments et concurrence ainsi les algues. La jacinthe présente une forte propension à l'élimination des molécules organiques micropolluante (Middlebrooks E. J., 1995). Sous nos climats, les jacinthes d'eaux ne peuvent être utilisées qu'en été tandis que les lentilles sont plus pérennes. Ces systèmes peuvent être utilisés de l'eau brute aux bassins de finition. Cependant, ils doivent être dimensionnés spécifiquement en fonction de la charge admise et de la saisonnalité des cultures. Il faut aussi prévoir des processus de gestion et de récolte de ces végétaux pour exporter la biomasse produite qui est valorisable.

Ces systèmes ne se sont pas développés chez nous, cependant, il arrive sur certaines lagunes que les lentilles se développent spontanément. Dans ce cas, si le développement couvre la majorité du bassin, celui-ci passe en anoxie et la qualité du rejet en pâti. Il est difficile de se débarrasser de ces lentilles d'eau et les collectivités sont démunies face à ce problème. Une des solutions peut être d'aérer les bassins envahis pour recréer des conditions aérobies et limiter le développement des lentilles.

La technique utilisant les jacinthes d'eau est considérée parmi les systèmes les plus performants suivant l'étude de Neder & al. coût efficacité des systèmes rustiques pour la lutte contre les algues en lagunage (K.D. Neder, 2002).

VI. Synthèse

Dans le contexte du lagunage héraultais, ces stations sont destinées à des collectivités de petite importance. Les solutions pour lutter contre les rejets algaux doivent donc s'adapter à ce contexte et on ne peut préconiser que des systèmes rustiques. Il faudra donc écarter :

les systèmes qui donnent des résultats aléatoires ou ne fonctionnent pas :

Les bio-activateurs

La limitation des nutriments

Le brassage pour la limitation du carbone dissous : le brassage n'est pas utilisé dans les lagunes finales, l'effet est mal connu tant au niveau du type des matériels à utiliser (brasseur laminaire ou aérateur) que de leur impact.

Les teintures et les colorants, si ces techniques sont simples à mettre en place, les produits ne sont pas suffisamment identifiés pour être retenus. Outre ces restrictions, cette solution pourrait facilement faire partie des solutions utilisables, ne serait-ce qu'à titre d'action ponctuelle.

La chloration, cette solution à l'heure du questionnement sur les molécules émergentes, les effets cocktails et les produits de dégradation, ne semble pas recommandable compte tenu que les oxydants forts et le chlore en particulier forme des sous produits suspectés de toxicités.

Les algicides, ces produits impactent négativement le milieu récepteur.

Les ballots de pailles, cette solution n'est pas suffisamment fiable.

Les Ultrasons : cette technique n'a pas encore été explorée totalement, mais dans l'état actuel du retour d'expérience, cette technique ne peut pas être préconisée.

Favoriser le broutage, cette solution n'est que la conséquence de la création d'un écosystème favorable en dernier étage d'épuration (adjonction d'aération, de support...) et n'est pas en soit une solution.

La modification des circuits hydrauliques des bassins, cette solution ne règle pas la production algale.

La modification de l'écosystème par l'adjonction de support, cette option ne semble pas donner satisfaction en lagune de finition. Elle est surtout utilisée pour l'augmentation de l'efficacité épuratoire en étage primaire ou secondaire (nitrification...).

L'ajout d'un chenal d'oxydation n'est pas adapté.

L'ajout d'un lit bactérien, solution trop complexe et expérimentale.

Consommation des algues, l'élevage de poissons et de zooplancton est trop aléatoire. Par contre, ces derniers animaux apparaîtront à la faveur de conditions favorables.

La décantation, solution aléatoire qui fonctionne dans le cadre du lagunage avancé non-utilisé dans l'Hérault et en France.

Les lagunes à macrophytes flottantes, ces lagunes ne sont pas utilisées en France. Cependant, dans notre région en période estivale les jacinthes d'eau sont viables, mais il faut prévoir leur récolte et leur valorisation.

Les systèmes qui donnent satisfaction mais qui trop complexes ou cher ne seront adaptés que dans le cas d'un intérêt économique avéré :

La centrifugation : solution à écarter dans tous les cas

Le tamisage, possible avec des mailles de 1 µm avec des difficultés de salissures.

L'ultrafiltration

La précipitation chimique avec décantation séparée

La précipitation chimique et flottation

L'électrocoagulation

Filtre sous pression

Filtration lente sur sable, cette solution demande des opérations de changement régulier du média filtrant, les lagunes héraultaise en étant équipées les abandonnent. Cela reste, sous réserve d'un bon dimensionnement un système relativement simple.

Les zones humides naturelles, l'utilisation de ces zones n'est pas admises les stations devant leur niveau de rejet en leur sortie. C'est l'étude d'impact qui définit le niveau acceptable dans le rejet.

Par contre pourront être retenues toutes les solutions faciles à mettre en œuvre et ayant prouvé leur efficacité, sous réserve d'efficacité prouvée et mise au point satisfaisante :

Couverture des lagunes : cette alternative est retenue par sa facilité de mise en place, elle nécessite sûrement l'adjonction d'une aération complémentaire pour le maintien de conditions aérobies. Cependant, les fournisseurs et les savoir-faire sont à identifier.

Les îles flottantes végétalisées, leur utilisation semble prometteuse car conjuguant plusieurs processus épuratoires (ombrage, support, maintien de microfaune et flore, création de mini site de décantation).

La gestion des rejets, la sortie séquencée : cette solution est simple d'utilisation mais demande la mobilisation de stockage supplémentaire en interne en jouant sur les niveaux ou en ajoutant des bassins supplémentaires. Cette solution comprend l'option d'ajout de réactifs si nécessaire.

La précipitation au sein des bassins, cette solution peut rendre service dans le cas de besoins ponctuel et être couplée à la gestion des rejets.

L'épandage

Les zones humides artificielles, les lagunes à macrophytes et les lits plantés de roseaux à écoulement de sous-surface donnent satisfaction, les filtres à écoulement vertical ont un fonctionnement plus aléatoire.

Les filtres rocheux (ROCK FILTERS).

VII. Bibliographie

- Alberto, MORENO MARIN. (2008). *Fotobiorreactor cerrado como metodo de depuracion de aguas residuales urbanas*. Universidad de Sevilla.
- Bailey Green, F., Bernstone, L., Lundquist, T., & Oswald, W. (1996). Advanced Integrated Wastewater Pond Systems for nitrogen removal. *Wat. Sci. Tech.* , 7 (33), 207-217.
- BOUTIN, C. (2008). Les filtres plantés de roseaux, lagunage naturel et leurs associations : comment ? Pourquoi ? (pp. 1-16). Lyon: Cemagref.
- BOWMAN, R., MIDDLEBROOKS, E., & REED, S. (2002). Rock Media Polishing Filter for Lagoons. (U. EPA, Éd.) *Wastewater Technical Fact Sheet* .
- Caldwell, D. H., Parker, D. S., Uthe, W. R., & Stenquist, R. J. (1973). Upgrading Lagoons. Walnut Creek.
- CNRC, N. . (2004). *Optimisation of lagune opération*. Canada: Nationan Guide to Sustainable Municipal Infrastructure.
- Courchene, J., & Chapman, J. Algae control in Northwest Reservoir. *J. AWWA* , 67 (3), 127.
- Craggs, R., Davies-Colley, R., Tanner, C., & Sukias, J. (2004). Advanced Pond System : Performance with High Rate Ponds of different depths and areas. Hamilton NZ: National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA).
- Department-of-Natural-Resources--.. (2008). *Evaluation of a Full-Scale LemTec Biological Treatment Facilities for Wastewater Design Review Considerations*. State-of-IOWA, Des Moines.
- Eckenfelder, W., & al. (1971). Desinfection of algal laden waters. *ASCE San. Engr. Div* , 5 (97), 721-730.
- FLECKSEDER, W., & and al. (1970). *Performance of aerated lagoon process*. Center of resarch for water ressource. Austin, TX: University of Texas.
- FLOATINGISLANDINTERNATIONAL. (2011). *Demonstrating Treatment of Landfill Leachate Using Floating Treatment Wetland Technology*.
- FLOATINGISLANDINTERNATIONAL. (2011). *Early-Stage Floating Treatment Wetland Technology* .
- FLOATINGISLANDINTERNATIONAL. (2011). *Latest Generation Floating Treatment Wetland Technology: Achieving Significant Nutrient Removal in Aerated Wastewater Lagoons*.
- FLOATINGISLANDINTERNATIONAL. *Proving the Concept: Field Test of Floating Treatment Wetland Technology's Ability to Treat Simulated Wastewater*.
- GH Azarian, A. M. (2012). Algae Removal by Electro-coagulation Process, Application for Treatment of the Effluent from an Industrial Wastewater Treatment Plant. *Iranian J Publ Health* , 36 (4), 57-64.
- Hutchinson, K. (2008). Algae-Control - SoundWaves - Publicité. *Algae-Control - SoundWaves* .
- Infrastructure, N. G. (2004). *Optimization of lagoon operation*. Federation of Canadian Municipalities and National Reseach Council. NRC-CNRC.
- IWA, & group specialists. (2000). *Constructed Wetlands For Pollution Control : Processes, Performance, Design and operation*. (I. Publishing, Éd.) Padstow, England: British Library.
- J.B. Downing, E. B. (2002). Low cost reclamation using the Advanced Integrated. *Water Science Technology* , 117-125.
- JoAnne Barnett, E. a. (2006). USE OF BARLEY STRAW FOR ALGAL REDUCTION IN SEWAGE LAGOONS – OPERATIONAL CONSIDERATIONS. *WEFTEC®.06* .
- JOHNSON, M., & MARA, D. (2005). Aerated rock filter for enhanced nitrogen and feacal coliform removal from facultative waste stabilisation pond effluents. (IWA, Éd.) *Water Science and Technology* , 99-102.
- K.D. Neder, G. C. (2002). Selection of natural treatment processes for algae. *Water Science and Technology* , 347–354.
- Kaya, D., Dilek, F., & Gokçay, C. (2007). Reuse of lagoon effluents in agriculture by post-treatment in a step feed dual treatment. (Elsevier, Éd.) *Desalination* , 215, 29-36.
- King, D., & al. (1970). Effect of lagoon effluents on a receiving stream. *2nd Symposium for Water Treatment Lagoons*. Kansas City, MO.
- Kothandaraman, V., & Evans, R. (1972). *Removal of Algae from Waste Stabilisation Pond Effluents - A state of the art*. Illinois State Water Survey, Urbana, IL.
- LAVIALE, M. (2009). *Efficacité de la paille d'orge pour le traitement des proliférations algales*. GEPV-UMR CNRS 8016 -Université des Sciences et Technologies de Lille - Lille 1, Laboratoire Génétique et Evolution des Populations Végétales. Lille: Agence de l'Eau Artois Picardie.
- LEMNA-Technologies-inc. (2012). *LEMTEC PROCESS Municipal and industrial treatment*. Minneapolis.
- Madeline-sanitary-district-staff. (2010). Aérated Lagoon Upgrade. *The Clarifier* , 188.
- Mara, D. (2005). *Section 45 - Rock Filters*. Leeds: School of Civil Engineering, University of Leeds.

- MARA, D., & JOHNSON, M. (2005). Wastewater treatment in facultative waste stabilization ponds and rock filters : a better quality effluent at a lower cost and using less land. Dans U. o. School of Civil Engineering (Éd.). Leeds.
- Mara, D., & Pearson, H. (1998). *Design Manuel for waste stabilisation ponds in mediterranean countries* (Vol. 1). Leeds, England: Lagoon technology International Ltd.
- MARA, D., FICE, MILLS, S., PEARSON, H., & ALABASTER, G. (1992). Waste Stabilisation Ponds : A Viable Alternative for Small Community Treatment Systems. *IWEM*, 72-78.
- Middlebrooks, E. J. (1995). Upgrading pond effluents : an overview. (IAWQ, Éd.) *Water Science and Technology* .
- Middlebrooks, E., & al. (1974). *Evaluation of technics for Algal Removal from Wastewater Stabilization Ponds*. Utha Water Research Lab. Logan: Utha State University.
- Oswald, W. (1988). *Microalga and wastewater treatment* (Vol. Micro-algal Biotechnology). (M. BOROWISTZKA, & L. BOROWISTZKA, Éds.) Cambridge, New York New Rochelle Melbourne Sydney: Cambridge University Press.
- Parker, E. (1975). Performance of Alternative Algae Removal Systems. Dans U. o. Texas (Éd.), *Seminar on Ponds as a Wastewater Treatment Alternative*. Austin.
- Peter Hobson, S. D. (2012). Alternative and Innovative Methods for Source Water Management of. *2012 Water Research Foundation* .
- Rich. (1991). 13-5 Overlad-Flow ystems. Dans G. Tchobanoglous, & F. G. Burton, *Metcalf & Eddy - Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse Third Edition* (pp. 982-991). Sigapore: McGraw-Hill, Inc.
- RICH, L. (2003). *Control of alga*. Clemson: Departement of Environmental Engineering and Science, Clemson University.
- RICH, L. G. (1999). *High performance aerated lagoon systems*. American Academy of Environmental Engineers, Annapolis, MD.
- RICHARD, M. (2002). Ph.D. *Microbiological and chemical testing for troubleshooting lagoons*. Fort Collins, CO 80521.
- Steel, E., & McGhee, T. (1979). *Water Supply and Sewage*. (McGraw-Hill, Éd.) New York.
- Toms, I. (1975). *Observations on the performance of polishing lagoons at a large regional works*. *Water pollution control*, 74.
- Wegelin, M. (1997). *Traitement des eaux de surface par des préfiltres à graviers – un manuel de conception, de construction et d'exploitation* - . (SANDEC, Éd.) Duebendorf.
- Williford, H., & Middlebrooks, E. (1967). Performance of field-scale facultative wastewater treatment lagoons. (39), 2008-2019.



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de nouvelles approches technologiques

MATERIEL ET METHODES



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



établissement public du ministère chargé du développement durable
Décembre 2012

Sommaire

A.	Techniques étudiées et lieu d'implantation :.....	3
B.	Contrôle et suivi :.....	3
C.	Les îles flottantes végétalisées :	5
1.	Objectif :	5
2.	Lieu d'implantation :.....	6
3.	Description :	6
4.	Suivi analytique :.....	8
D.	Le chenal d'oxydation « Photoréduc » :	8
1.	Objectif :	8
2.	Lieu d'implantation :.....	8
3.	Description :	9
1.	Suivi analytique :.....	9
E.	Le rock-filter :.....	10
1.	Objectif	10
2.	Implantation :.....	10
3.	Description :	11
4.	Suivi analytique :	11
F.	La digue filtrante.....	12
1.	Objectif :	12
2.	Lieu d'implantation :.....	12
3.	Description :	13
4.	Suivi analytique :.....	13
G.	Le filtre planté de roseaux à écoulement vertical :	13
1.	Objectif :	13
2.	Lieu d'implantation :.....	14
3.	Description :	14
4.	Suivi analytique :	14
Annexes.....		15
I.	Situation géographique des sites d'études	15
II.	Photographies de sites :	18

L'étude vise à la validation de technologies pour partie déjà présentes sur le territoire héraultais : le filtre rocheux, les digues filtrantes, l'association lagunage filtre planté de roseaux. Cependant, deux des techniques envisagées ne sont pas en place dans le département. Il s'agit des îles flottantes végétalisées et du chenal de suroxygénation. Dans ce cas, il est nécessaire de réaliser des installations pilotes en station d'épuration réelle. Ces systèmes qui ne sont que le support de l'étude pourront être enlevés en fin d'opération. Cette mission sera assurée par le contractant.

A. Techniques étudiées et lieu d'implantation :

Les investigations seront menées sur des installations du territoire héraultais :

- **Le filtre rocheux** : un filtre rocheux installé sur la lagune d'épuration de LESPIGNAN construite lors de sa réhabilitation, le lagunage étant passé d'une configuration de lagunage naturel à celui de lagunage aéré facultatif.
- **Les digues filtrantes** : deux digues filtrantes sont installées sur le lagunage de VERARGUES, celui-ci, utilisant une filière de décanteur-digesteur et lagunage naturel.
- **L'association lagunage et filtre planté de roseaux** : l'association lagunage et filtre planté de roseaux qui doit être mise en place à OCTON.
- **Les îles flottantes végétalisées** : l'utilisation d'îles flottantes végétalisées en aval d'une masse d'eau éventuellement brassée ou aérées qui devrait faire l'objet d'un investissement spécifique sur une station représentative permettant d'accueillir cette technologie dans le sens où elle ne doit pas présenter le problème des lagunes surchargées. Le lagunage naturel de SAINT VINCENT DE BARBEYRARGUES correspond à ce critère.
- **Le canal de suroxygénation (option 1)** sera étudié sur ce dernier site et mis en place sur la dernière lagune de SAINT VINCENT DE BARBEYRARGUES.

B. Contrôle et suivi :

Le contrôle consiste dans un suivi analytique en amont et aval des installations destinées à diminuer le rejet algal. Ce suivi est établi sur les bases de la mesure des variables classiques de l'épuration des eaux complétées de variables spécifiques liées à la biologie des lagunes d'épuration. Il y a 2 campagnes de mesures et prélèvements par saison, soit 8 campagnes de mesures sur la durée du suivi analytique. Les analyses sont réalisées suivant les normes en vigueur par le Laboratoire Vétérinaire Départemental. Les prélèvements sont ponctuels et réalisés avec des récipients de prélèvement monté sur perche dans le cadre de prélèvement en bassin pour obtenir un échantillon représentatif. Dans le cadre de prélèvement en chenaux, il peut ne pas y avoir besoin de perche, mais l'échantillonnage est réalisé de manière à ne pas récupérer des portions décantées ou de films biologiques des parois. Le transport des échantillons est réalisé en glacière à 4°C réfrigérée.

Les variables physicochimiques sont mesurées in-situ (pH, oxygène dissous, température, potentiel redox).

Pour toutes les installations, les variables nécessaires à l'analyse des prélèvements sont inscrites dans le tableau ci-après.

Variable	Essai	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Total
Matières en suspension (MES)	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Demande Chimique en Oxygène Filtrée (DCOF)	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Demande biologique en Oxygène (DBO ₅)	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Demande Biologique en Oxygène filtrée (DBO ₅ f)	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		

Variable	Essai	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Total
Azote Kjeldahl	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Azote ammoniacal	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Azote nitreux	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Azote nitrique	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Phosphore total	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Phosphore total filtré	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Turbidité	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
E. coli	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Streptocoques fécaux	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		
Mesures physico-Chimiques in situ (Oxygène dissous, pH, température, potentiel d'oxydo-réduction)	Filtre rocheux	Sortie lagune tertiaire	Sortie filtre		96
	Digue	Sortie lagune amont	Avant la digue	Sortie bassin	
	Lagunage filtre planté	Sortie bassin	Sortie lit planté		
	Iles flottantes	Sortie lagune amont	Avant île flottante	Sortie lagune	
	Option Chenal de suroxygénation	Entrée chenal	Sortie Chenal		

C. Les îles flottantes végétalisées :

1. Objectif :

La mise en place d'une surface flottante végétalisée en fin de lagune d'épuration doit permettre de baisser la concentration en matières en suspension du rejet sous les 35 mg/l et ainsi ramener le niveau des rejets des stations d'épuration par lagunage au

niveau de celui des normes attribuées aux autres types de stations d'épuration¹. Le dimensionnement de cette installation est réalisé par le SATESE de l'Hérault (Conseil Général) sur les bases du dimensionnement des filtres rocheux compte tenu d'un type de fonctionnement supposé approchant entre les 2 technologies.

Ces îles flottantes ont été complétées par la disposition dans la partie amont d'un dispositif hydroéjecteur dont le rôle est de maintenir un niveau d'aérobiose dans le bassin.

2. Lieu d'implantation :

Les surfaces flottantes végétalisées (SFV) seront implantées en fin du dernier bassin du lagunage de Saint Vincent de Barbeyrargues sur une surface de 700 m² en fin du dernier bassin².

La station de Saint Vincent de Barbeyrargues a une capacité épuratoire de

Elle est constituée de 3 bassins :

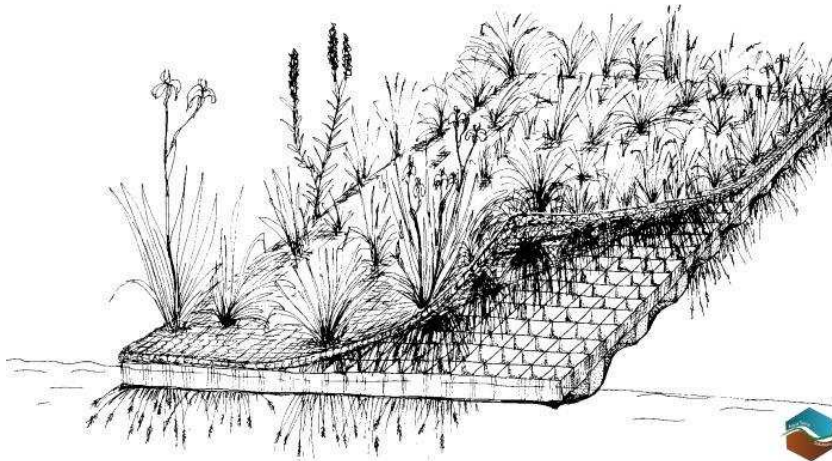
- Bassin 1 : 4150 m² équipé d'un brassage laminaire pour éviter les nuisances olfactives
- Bassin 2 : 1700 m²
- Bassin 3 : 2600 m² lieu d'implantation de la surface flottante végétalisée (700 m²) et de l'hydroéjecteur.

3. Description :

L'entreprise contractante (AQUATERRA solution) a fourni des surfaces végétalisées permettant de couvrir l'ensemble de la surface déterminée.

Structure

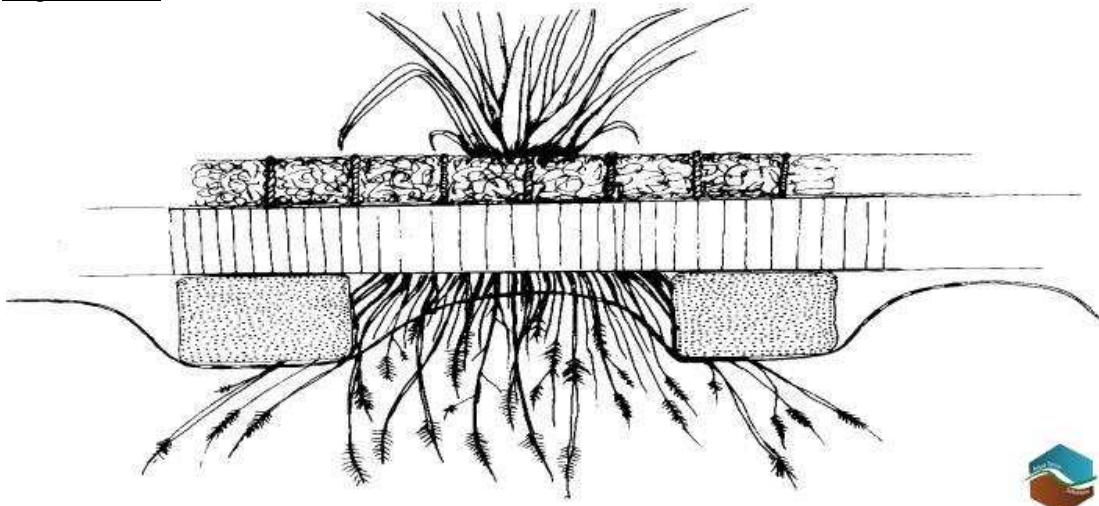
Les radeaux végétalisés sont constitués de structures flottantes modulaires (2 x 1 m), articulées (système d'attache tenon-mortaise breveté), faciles à fixer entre elles. En polyéthylène basse densité recyclé (et recyclable), semi-rigides (résistantes au gel, imputrescibles et neutres pour l'environnement).



¹ En référence à l'arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO₅.

Leur volume est suffisamment réduit pour en permettre la manœuvre lors d'opération d'entretien, de renouvellement ou d'enlèvement, même lorsque le matériel est chargé au maximum par le développement des végétaux. La flottaison est assurée par des flotteurs imputrescibles à cellules fermées et intégrés dans les modules. La flottabilité du matériel est suffisante pour supporter le développement complet de la végétation à sa surface.

Végétalisation



Les modules sont végétalisés par un support de type géo-natte coco plantée d'espèces héliophytes bien développées à raison d'une moyenne de 18/m² avec 10 espèces. Les espèces ont été choisies en fonction de leur chevelu racinaire, de leur vigueur sans toutefois être invasive (phragmites australis habituellement reconnu comme plante épuratrice n'a pas été utilisé) et de leur appétance pour les oiseaux.

La liste des espèces et leur proportion est indiquée ci-dessous

- *Glyceria* 12 %
- *Carex acutiformis* 13 %
- *Carex gracilis* 12 %
- *Scirpus sylvaticus* 8 %
- *Iris pseudoacorus* 20%
- *Veronica Becabungua* 4%
- *Mentha aquatica* 4%
- *Lysodria* 6%
- *Acorus calamus* 7%
- *Lythrum salicaria* 6%
- *Caltha palustris* 8%

Pour protéger les racines et rhizomes du stress des vagues, permettre leur développement et surtout favoriser le développement par drageonnage de nouvelles plantes, une membrane géotextile percée est disposée en sous face.

La fin du bassin a été totalement couverte sans partie exposée à la lumière notamment en périphérie entre les plaques végétalisées et les berges du bassin.

Cette installation a été complétée par la mise en place d'un hydroéjecteur (de Marque Faivre, type HYDROPULSE) d'une puissance de kW avec comme caractéristique de débit d'oxygène. Cet appareil durant l'étude a fonctionné 2 heures par jour de 10h à 12h. Son rôle est de maintenir des conditions aérobie en amont des de la surface flottante végétalisée. En effet, avant l'essai, les lagunes 2 et 3 de Saint Vincent de Barbeyrargues étaient sujettes au développement de lentilles qui par recouvrement des surfaces entraînent des anoxies dans les bassins.

4. Suivi analytique :

Les prélèvements pour analyses au laboratoire sont faits en 3 points et de manière ponctuelle :

- Dans la lagune en amont de la lagune équipée des surfaces flottantes végétalisées.
- Dans la lagune équipée des surfaces végétalisées et en amont de la zone couverte.
- En sortie de lagunage, après passage des eaux au travers de la zone couverte.

Sur ces 3 points, il y a des mesures in-situ de pH, température, oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction. Il est aussi noté :

- progression de la végétalisation des sites (îles flottantes végétalisées, filtres rocheux, digues filtrantes, lits plantés de roseaux)
- aspect des bassins de lagunage (vues générales et zoom sur l'eau dans les bassins et en éprouvette transparente avant et après traitement),
- état des ouvrages, des points d'entrée et de sortie.
- d'autres observations jugées importantes seront aussi mentionnées à l'initiative du contractant, présence animale...

D. Le chenal d'oxydation « Photoréduc » :

1. Objectif :

Le principe de fonctionnement est basé sur la capacité des algues présentes dans les eaux de lagunages à sursaturer les eaux en oxygène grâce à leur activité photosynthétique. Cette sursaturation est obtenue en milieu confiné et exposé à la lumière du jour.

Des essais réalisés en batch permettent d'obtenir des résultats encourageants vis à vis de la désinfection et de la réduction de matières en suspension et de composés organiques et nutritifs. La question est ici de vérifier l'efficacité de ce principe en fonctionnement continu et en conditions réelles à partir d'eau de bassin tertiaire d'épuration par lagunage.

Compte tenu de l'utilisation du cycle journalier d'ensoleillement et malgré un temps d'exposition nécessaire de seulement quelques heures, il a été choisi de réaliser un pilote d'un temps de séjour minimum de 1 jour.

2. Lieu d'implantation :

Le pilote est installé sur la station de Saint Vincent de Barbeyrargues avec mise en place du pompage proche de la surface dans la dernière lagune et rejet dans cette même lagune en profondeur.

3. Description :

Le Chenal d'oxygénation est constitué de 5 modules de 300 litres chacun. Ces modules, dont la structure est en Inox 316L sont placés en série de sorte que l'effluent alimentant le pilote parcourt chaque module et s'écoule à la sortie après 24 heures de temps de séjour en moyenne.

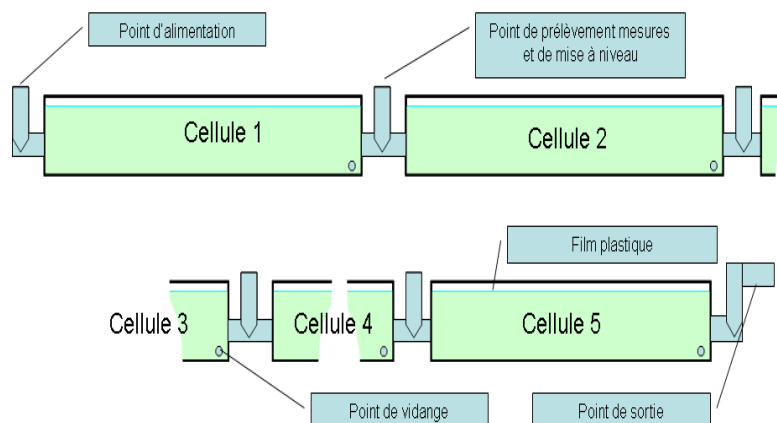


Schéma de principe du chenal d'oxydation

Un bac tampon de 500 Litres en acier peint est placé en tête du pilote, posé sur châssis acier de manière à permettre l'alimentation gravitaire et permanente du pilote. La liaison entre le bac tampon et le 1er module pilote dispose de :

- Une alimentation principale équipée d'une vanne de régulation et d'un débitmètre à insertion (Flow X3 – FLS)
- Une alimentation secondaire pour remplissage rapide du pilote (en cas de vidanges intermédiaires)

Une pompe asservie à une sonde niveau bas permet l'alimentation du bac tampon et le maintient à niveau constant. Le bac est également muni d'une sonde niveau haut assurant l'arrêt de la pompe. Une canalisation de trop plein équipe le bac tampon en sécurité. Les canalisations d'alimentation du bac tampon et évacuation des eaux du pilote sont en acier. Elles sont posées, légèrement enterrées et remblayées par du tout-venant de façon à permettre le roulage des véhicules. Le point d'alimentation au niveau du bassin 3 est réalisé à quelques mètres de distance de la digue et à 30cm sous la surface de l'eau. L'évacuation est réalisée en surface du bassin de lagunage.

La canalisation de vidange est reliée à la canalisation d'évacuation.

Le trop-plein du bac tampon est rejeté vers le bassin 3.

1. Suivi analytique :

Les prélèvements pour analyses au laboratoire se font en 2 points et de manière ponctuelle :

- Dans la lagune en amont du le chenal d'oxydation, proche de la zone de pompage grâce à un récipient de prélèvement sur perche.
- A la sortie du chenal d'oxydation.

Sur ces 2 points, il y a aussi des mesures in-situ de pH, température, oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction.

Il y a aussi des mesures sur les variables physico-chimiques pH, température, oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction dans chaque point intermédiaire du chenal.

E. Le rock-filter :

1. Objectif

L'utilisation principale des filtres rocheux est l'élimination des algues des effluents de lagune d'épuration. Le système est constitué d'un massif de granulats de grosse dimension. Ils sont constitués d'une seule pièce et réalisés en unité distincte ou intégré en fin de bassin.

Les filtres rocheux se placent à la suite des bassins de lagunages soit facultatifs, soit de maturation. Ils permettent un gain d'espace important par rapport à l'utilisation de lagunes de maturations ou d'ouvrages de finitions rustiques (lagunes à macrophytes, filtre planté...).

Le dimensionnement des rock-filters se fait sur la base de la charge hydraulique appliquée par unité de volume de filtre. Les critères de dimensionnement ont été établis aux Etats Unis et au Royaume Uni sur les bases d'études expérimentales et de terrain. Le dimensionnement des rockfilters dépend de la qualité de l'effluent accepté ainsi :

- En sortie de lagune facultative la charge hydraulique sera de $0,15 \text{ j}^{-1}$ pour obtenir un effluent sous 60 mg/l de MES et 40 mg/l de DBO5 pour 95 centile des résultats.
- En sortie de lagune de maturation la charge hydraulique sera de $0,3 \text{ j}^{-1}$ pour le même résultat.

Ces données de dimensionnement ne tiennent pas compte de la vitesse transversale dans l'ouvrage (vitesse appliquée à la surface transversal). Cependant, cette vitesse paraît importante quant à l'efficacité du procédé, l'élimination des micro-algues être comprise entre un minimum de 0,3 à 0,5 m/h (réf. SANDEC) 1 m/h étant la vitesse maximale destinée aux matières décantables. Cette vitesse est respectée dans des exemples d'installation fonctionnant de manière satisfaisante.

2. Implantation :

Le rockfilter utilisé pour l'essai est le seul du département dimensionné selon les règles décrites ci-dessus. Il est situé sur la lagune de LESPIGNAN, qui est une lagune d'épuration en lagunage aéré.

Il fait suite à une station d'épuration prévue pour traiter 4500 EH constituée de :

- Bassin 1 : 12700 m² et 1,5 m de profondeur, avec de 4 hydroéjecteur de 7,5 kW
- Bassin 2 : 6900 m² et 1,5 m de profondeur, équipé de 2 hydroéjecteur de 7,5 kW
- Bassin 3 : 6000 m² et 1,5 m de profondeur, équipé de 2 hydroéjecteur de 3 kW
- Bassin 4 : Le rockfilter

La particularité de cette installation, outre le filtre rocheux est de disposer d'aérateur sur l'ensemble de ses trois bassins, contrairement aux installations classiques où l'aération est conscrée à un premier étage de lagune. Cette disposition correspond au niveau de rejet requis pour cette installation avec une demande particulière sur les matières en suspensions. D'ailleurs, le rockfilter a été mis en place pour fiabiliser les résultats par rapport à ce dernier paramètre.

Tableau 1 : niveaux de rejet du récépissé de déclaration

Paramètres	Concentration maximale	Ou rendement > ou = à
DBO5	25 mg/l	70 %
DCO	125 mg/l	75 %
MES	75 mg/l	90 %
(sur échantillon non filtré)		

Il y a aussi une exigence de performance sur l'azote NTK avec un minimum de 60 % d'abattement.

3. Description :

Le filtre rocheux de la station de LESPIGNAN possède les caractéristiques suivantes :

- Surface totale : 3700 m², pour une longueur de 48 m et une largeur de 77 m
- Profondeur du bassin : 0.97 m
- La surface transversale au flux est de 75 m².
- Volume utile : 3600 m³
- Le massif filtrant est constitué de granulats type ballast concassé 50 / 150 mm

4. Suivi analytique :

Les prélèvements pour analyses au laboratoire se font en 2 points et de manière ponctuelle :

- A la sortie de la lagune en amont du filtre rocheux.
- A la sortie du filtre rocheux, en prenant soin de ne pas introduire de matières en suspension situées en font de canal de collecte.

Sur ces 2 points, il y aura aussi des mesures in-situ des variables physico-chimiques pH, température, oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction.

Les variables physico-chimiques sont aussi mesurées dans toutes les colonnes de prélèvements du massif filtrant (18 points) avec une mesure 20 cm sous la surface de l'eau et 20 cm au dessus du fond.

Sur 4 des 8 interventions prévues, il y a des prélèvements sur la colonne d'eau (avec un préleveur de colonne d'eau) dans 12 puits du filtre rocheux, pour analyse des variables chimiques.



Figure 1 : schéma du rockfilter et référencement des points de prélèvement et contrôle.

F. La digue filtrante

1. Objectif :

Le but d'une digue filtrante est dans la plus parts des cas de diviser une lagune d'épuration pour obtenir une meilleure efficacité notamment au niveau de l'abattement des germes bactériologiques.

Leur rôle semble être celui de compartimentation des bassins et de répartition des flux.

Cependant, l'adjectif « filtrante » ajoute un rôle d'arrêt des matières en suspension qui est repris en argumentaire par certains prescripteurs. Cette situation demandait donc éclaircissement par inclusion des digues filtrantes dans le projet présenté ici.

2. Lieu d'implantation :

Le département est déjà pourvu de plusieurs installations de digues filtrantes. Le lieu d'étude choisi a été celui de VERARGUES compte tenu du fait que le dispositif étudié y est intégré dans une filière de réhabilitation de lagune aérée. En effet, cette solution fait partie de celles souvent retenues pour la réhabilitation des lagunes d'épuration.

La digue filtrante étudiée est intégré dans le bassin terminal du lagunage de VERARGUES dont la capacité est de 900 EH. La filière est composée comme suit :

Bassin 1 : lagune d'aération de 4500 m² équipé de 2 aérateurs de 2,5 kW

Bassin 2 : lagune de maturation équipé de la digue filtrante.

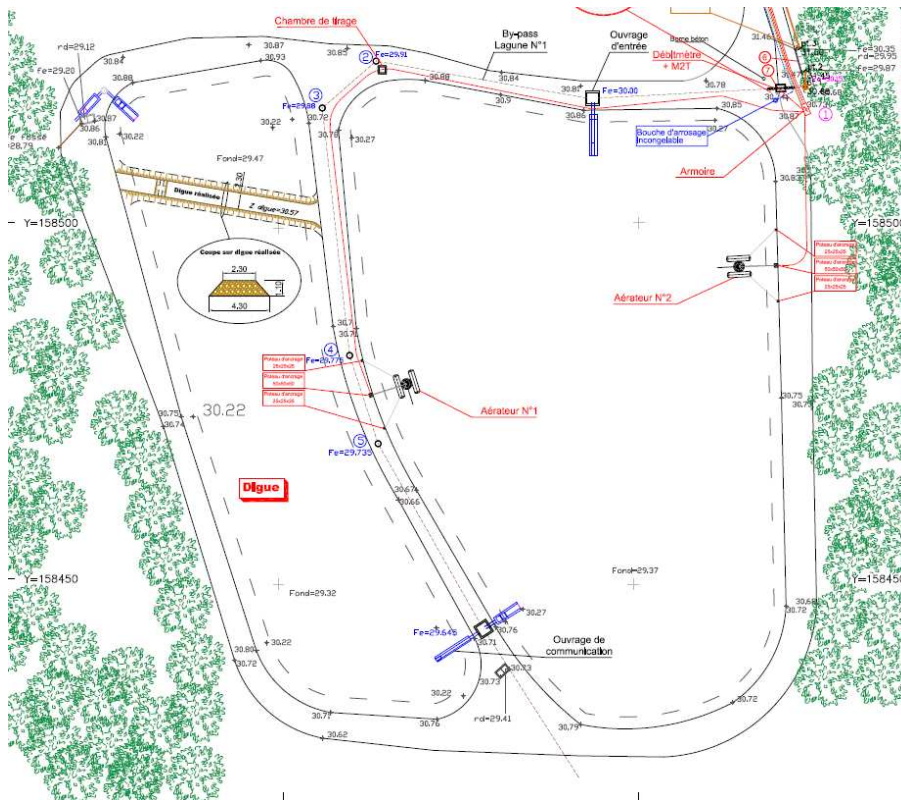


Figure 2 : Plan du lagunage de VERARGUES

3. Description :

La digue présente les dimensions suivantes :

- Longueur : environ 30 m
- Largeur en haut de digue 2,3 m et en pied de digue 4,3 m avec une pente de 1/1.
- Hauteur de la digue : 1 m

Elle est réalisée en granulats de 22 – 63 mm

4. Suivi analytique :

Les prélèvements pour analyses au laboratoire se font en 3 points et de manière ponctuelle :

- Dans la lagune en amont de la dernière lagune.
- Dans la dernière lagune et en amont de la digue filtrante.
- En sortie de lagunage, dans l'ouvrage de sortie.

Sur ces 3 points, il y a aussi des mesures in-situ de pH, température, oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction.

G. Le filtre planté de roseaux à écoulement vertical :

1. Objectif :

Le filtre planté de roseaux, placé à la suite d'une lagune d'épuration primaire encore dite facultative, a pour objectif de compléter le traitement au niveau organique et matières en suspension.

2. Lieu d'implantation :

Le lieu d'étude choisi pour cette technologie est le lagunage d'OCTON. La filière d'épuration d'une capacité de 1100 EH. Elle est composée d'une lagune facultative de 10000 m² des lits plantés de roseaux de 900 m² et d'une zone d'infiltration.

3. Description :

Les lits plantés de roseaux comportent 4 lits alimentés alternativement en phase de repos et d'alimentation à partir de 2 chasses hydrauliques à 2 départs chacune.



Figure 3 : lagunage d'OCTON

4. Suivi analytique :

Les prélèvements pour analyses au laboratoire se feront en 2 points et de manière ponctuelle :

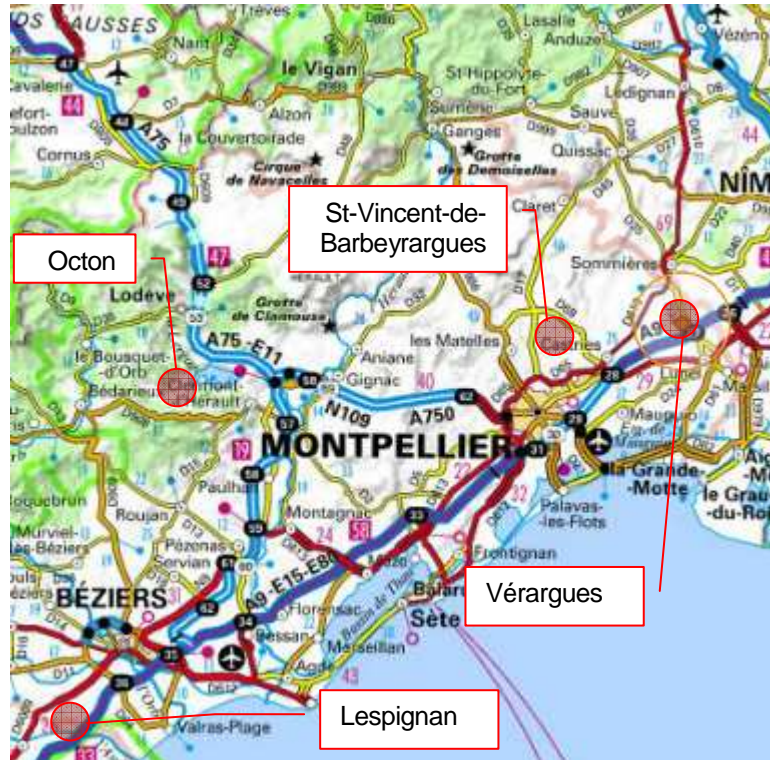
- A la sortie de la lagune en amont du filtre planté de roseaux.
- A la sortie du filtre planté de roseaux dans le chenal de sortie.

Sur ces 2 points, il y aura aussi des mesures in-situ des variables physico-chimiques pH, température, oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction.

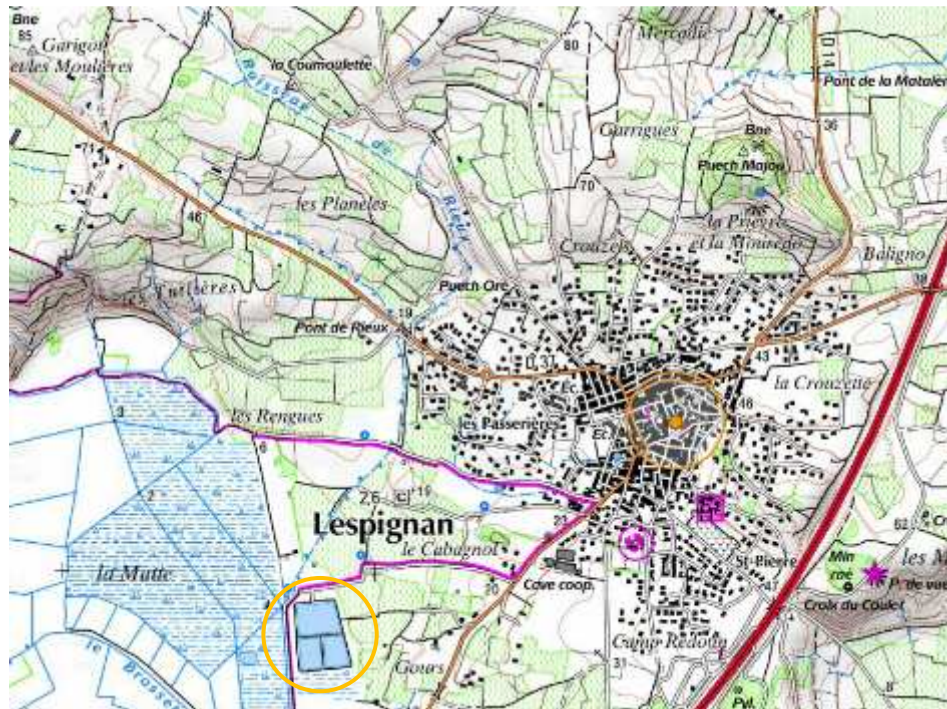
Annexes

I. Situation géographique des sites d'études

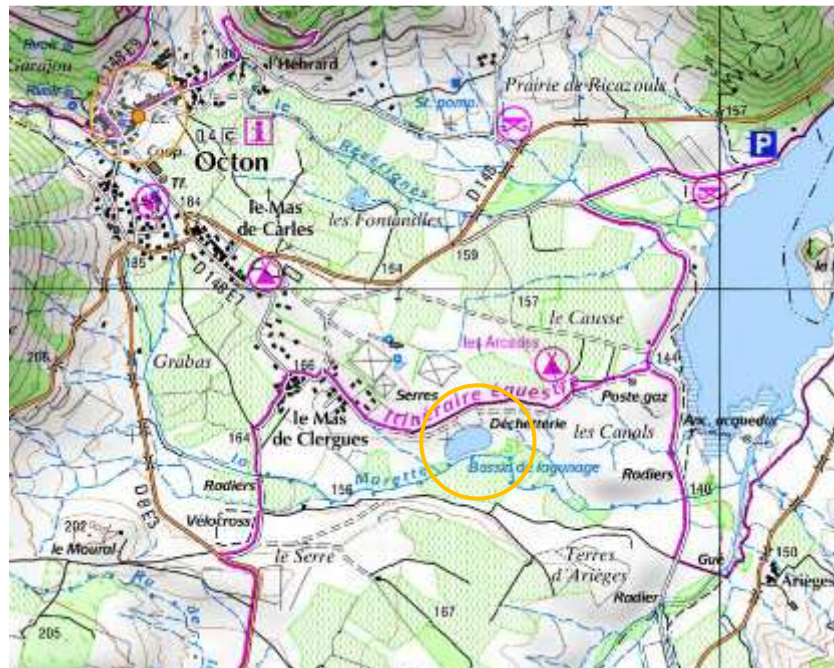
Situation générale des sites de l'étude (1 : 1 000 000)



Situation du lagunage de LESPIGNAN (1 :25 000)



Situation du lagunage d'OCTON (1 :25 000)



Situation du lagunage de VERARGUES (1 :25 000)



Situation du lagunage de SAINT VINCENT DE BARBEYRARGUES (1 :25 000)



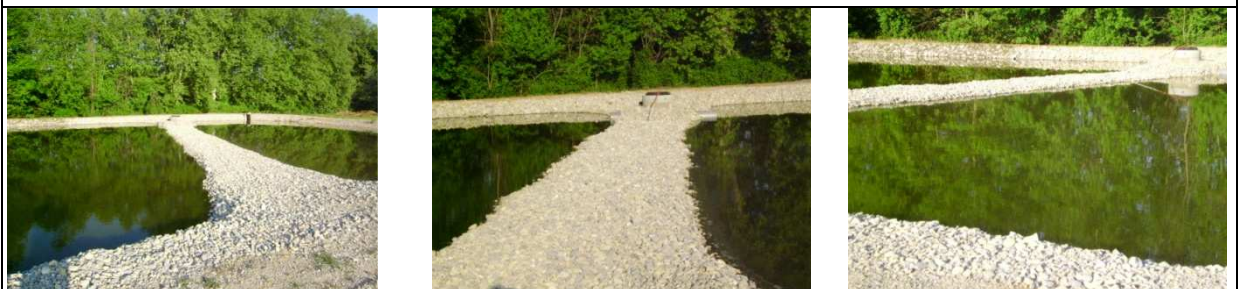
II. Photographies de sites :



Rock Filter de LESPIGNAN



Filtre planté de roseaux d'OCTON



Digue filtrante de VERARGUES



Radeau Végétalisé de SAINT-VINCENT-DE-BARBEYRARGUES



Chenal de suroxydation de SAINT-VINCENT-DE-BARBEYRARGUES



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de nouvelles approches technologiques

RESULTATS ET INTERPRETATION



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



Les différents dispositifs à l'étude ont fait l'objet d'un suivi au cours d'une année complète. Les résultats de mesures *in situ* et les analyses effectuées par le Laboratoire Départemental Vétérinaire sont présentés dans les pages suivantes, pour chacun des dispositifs.

Chaque dispositif fait l'objet d'une « fiche station » incluant une présentation de la station, son bilan de fonctionnement, précisant la charge réelle reçue ainsi que les niveaux de traitement atteints et la caractérisation physico-chimique de l'eau en amont et aval du dispositif.

L'étude vise prioritairement à évaluer l'impact du dispositif testé vis-à-vis des Matières en Suspension et plus particulièrement celles dues aux micro-algues. Pour autant, l'étude apprécie également l'effet des dispositifs étudiés vis-à-vis des autres variables de l'épuration (matière organique, azote, phosphore, témoins de contamination microbienne, ...)

Les dispositifs étudiés sont soit intégrés à dernière lagune de la station (St-Vincent de Barbeyrargues, Vérargues), soit placés en aval de la station (Octon, Lespignan). L'analyse des données porte sur les concentrations mesurées en amont et en aval du dispositif. En effet, c'est la concentration en matière algale qui pose problème dans le cas des rejets de lagune d'épuration et non les flux.

S'agissant du chenal de suroxydation, les essais réalisés en laboratoire (Université Montpellier II et université de Séville) ont prouvé l'efficacité de la filière lors des essais en batch (réacteur alimenté de manière discontinu).

Dans les conditions mises en place sur la station de Saint-Vincent-de Barbeyrargues à l'échelle semi-industrielle (proptotype), le pilote alimenté en continu n'a pas fonctionné comme attendu. Le dispositif a été le siège de de sédimentations et de développements de flores bactériennes de surface.



Module du chenal de suroxydation



Floc algal et bactérien en surface d'un module

Il n'y a donc pas eu de résultats intéressants dans ces conditions car les conditions de photosynthèse n'étaient plus présentes. S'ils ne sont pas exploités dans cette étude, les résultats bruts figurent sous forme de données numériques dans le tableur fourni en annexe.

Le constat fait à la suite de cet échec, permet de penser que l'utilisation d'une exposition discontinu sur un rythme journalier pourrait être concluante. En effet, un cycle journalier de remplissage, d'exposition et de vidange en utilisant un dispositif automatisé éviterait les dépôts et les développements de biofilms.



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration
de nouvelles approches technologiques

STATION DE LESPIGNAN : LE FILTRE ROCHEUX



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et
Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



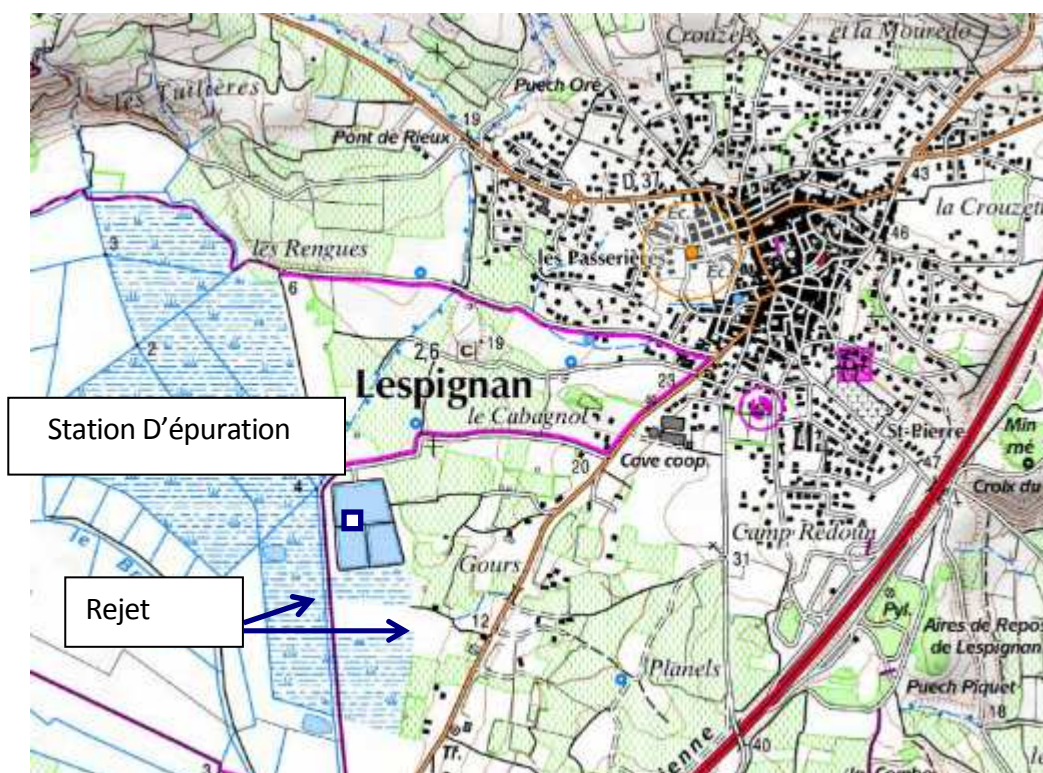
Sommaire

A.	Présentation de la station.....	3
1.	Carte de localisation de la station d'épuration :.....	3
2.	Descriptif Capacité	3
3.	Schéma de la station	4
B.	Bilan de fonctionnement de la station.....	5
C.	Mesures et observations in situ au cours du suivi.....	6
D.	Evaluation de l'impact du rockfilter sur l'amélioration du rejet algal	9
1.	Impact sur les matières en suspension	9
2.	Impact sur la pollution organique	10
3.	Impact sur la pollution azotée	10
4.	Impacts sur les autres paramètres	11
E.	Conclusion :.....	11

A. Présentation de la station

Commune :	LESPIGNAN
Station d'épuration :	LESPIGNAN
Date de mise en service :	01/09/2009
Code SANDRE :	06 09 34 135 002
Maître d'ouvrage :	Commune de LESPIGNAN
Exploitant :	LYONNAISE DES EAUX
Capacité équivalents habitants :	4 500 EH
Filière de traitement :	Lagunage aéré + Rockfilter

1. Carte de localisation de la station d'épuration :



2. Descriptif Capacité

Critères hydrauliques :

	Critères de dimensionnement
Débit moyen journalier :	765 m ³ /j
Débit de pointe horaire temps sec :	75 m ³ /h
Débit de pointe horaire temps de pluie :	75 m ³ /h

Critères de pollution :

	Kg/j	Ratios g/EH
Poids de DBO ₅	270 kg/j	60 g/EH
Poids de DCO	675 kg/j	150 g/EH
Poids de MEST	405 kg/j	90 g/EH
Poids de NTK	67,5 kg/j	15 g/EH
Poids de PT	22,5 kg/j	5 g/EH

Qualité du rejet :

	Concentration	Rendement
DBO ₅	25 mg/L	70 %
DCO	125 mg/L	75 %
MEST	75 mg/L	90 %
NTK		
NGL		
PT		

3. Schéma de la station



B. Bilan de fonctionnement de la station

Sur la base des bilans menés par le SATESE de l'Hérault dans le cadre du programme d'auto-surveillance, nous établissons le bilan de fonctionnement de la station d'épuration de Lespignan pendant la période considérée (avril 2011 à mars 2012).

La station reçoit une charge hydraulique moyenne correspondant à 52% de sa charge nominale tandis que d'un point de vue de sa charge organique, la charge massique de DBO et de DCO entrant dans la station correspondent respectivement à 42% et 39% de la charge nominale. D'un point de vue des MES, le taux de charge entrant n'atteint que 22% de la charge nominale

Avril 2011 à mars 2012	Entrée			
	Débit journalier	Cm DBO	Cm DCO	Cm MES
	m ³ /j	Kg/j	Kg/j	Kg/j
moyenne	396,0	113,7	260,4	87,8
min	248,0	57,2	119,0	20,1
max	1060,0	186,5	468,4	163,0

Considérant ainsi que la station de Lespignan est encore loin d'atteindre la charge pour laquelle elle a été dimensionnée, nous constatons dans ces conditions que la filière permet de respecter, en majorité, les rendements de traitement imposés par la réglementation quelque soit le paramètre considéré.

	Sortie			
	Débit journalier	Cm DBO	Cm DCO	Cm MES
	m ³ /j	Kg/j	Kg/j	Kg/j
moyenne	369,9	3,6	27,8	9,6
min	83,0	0,7	9,3	0,5
max	1060,0	24,2	116,0	84,5

	Abattement		
	DBO	DCO	MES
	Kg/j	Kg/j	Kg/j
moyenne	110,1	232,6	78,2
min	53,8	91,5	12,4
max	184,7	441,9	155,2

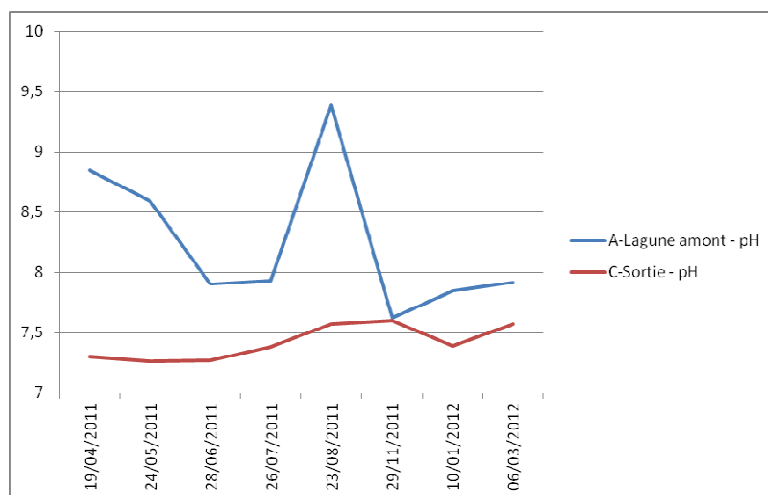
Rendement		
DBO	DCO	MES
96%	88%	90%
74%	57%	44%
99%	96%	99%

C. Mesures et observations in situ au cours du suivi

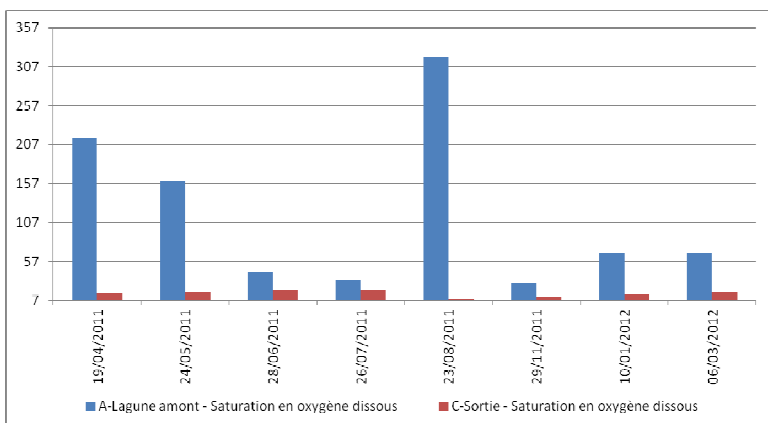
Au cours de la période allant d'avril 2011 à Mars 2012, la station d'épuration de Lespignan, plus particulièrement l'étage tertiaire (rockfilter), a fait l'objet d'un suivi poussé comprenant le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau en entrée et sortie du filtre rocheux ainsi qu'au niveau des 18 piézomètres prévus à cet effet. Au terme de chaque intervention, les résultats des mesures et observations réalisées ont été synthétisés dans un compte-rendu de visite fourni en annexe du présent document.

Au cours de ce suivi, plusieurs observations globales peuvent être exposées

Au passage au sein du filtre rocheux, le pH de l'effluent est abaissé jusqu'à une valeur systématiquement proche de la neutralité.



En traversant le filtre rocheux, le niveau de saturation en oxygène est nettement abaissé. Ceci semble principalement lié à la composition du filtre rocheux (massif granulaire dense) mais également au développement du biofilm bactérien



consommateur d'oxygène. Cela traduit l'effet de réduction du massif filtrant. Cet effet se répercute aussi sur d'autres variables comme celles des composés azotés.

Il apparaît également important d'attirer l'attention sur l'état global du rockfilter. En effet, celui-ci est envahi par des hélophytes (majoritairement des phragmites) alors qu'un rockfilter est classiquement vierge de tout développement végétal. La présence de cette végétation dense agit sur le



FILTRE ROCHEUX

Figure 1 Rockfilter (26 juillet 2011)

fonctionnement du filtre et complique l'exploitation du site. Cette situation est due à une réalisation défectueuse du filtre et à une prise en compte tardive de la situation par l'exploitant du site. A terme, il se peut que la conductivité hydraulique du massif filtrant soit affectée et que celui-ci perdent en capacité d'admission des débits traversier ce qui peut concourir à des débordements ou des by-pass du système.

On note également une mauvaise planéité du massif de granulats provoquant la présence de zones d'eaux stagnantes au sein du filtre rocheux. Selon la saison, ces zones sont le siège de développements denses de lentilles d'eaux et/ou d'algues filamenteuses qui génèrent de mauvaises conditions de fonctionnement. Ces zones d'eau stagnante, peuvent également favoriser le développement larvaire de moustiques.



Figure 3 : Lentilles d'eau (24 mai 2011)



Figure 2 : Algues filamenteuses (26 mars 2012)

Si le chenal d'admission des eaux dans le rockfilter ne présente pas de défauts, il en va autrement de celui de sortie qui étant simplement une excavation dans le massif à tendance à un comblement récurrent induisant une mauvaise reprise hydraulique du flux traversier et un développement algal conséquent. Cet ouvrage serait à reprendre : Sa modification pourrait optimiser l'effet de filtration attendu par ce procédé



Figure 5 : reprise hydraulique de sortie avec écoulement très faible



Figure 4 : chenal de sortie reprise hydraulique

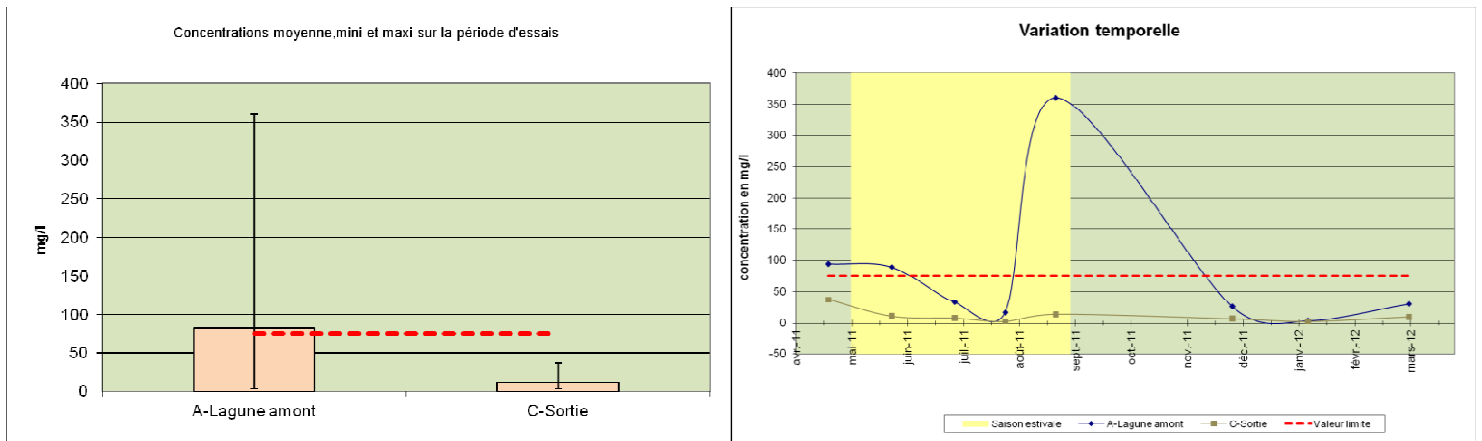
Ces constatations montrent que l'utilisation de techniques novatrices doit faire l'objet d'attentions particulières de la part des concepteurs comme des utilisateurs.

D. Evaluation de l'impact du rockfilter sur l'amélioration du rejet algal

1. Impact sur les matières en suspension

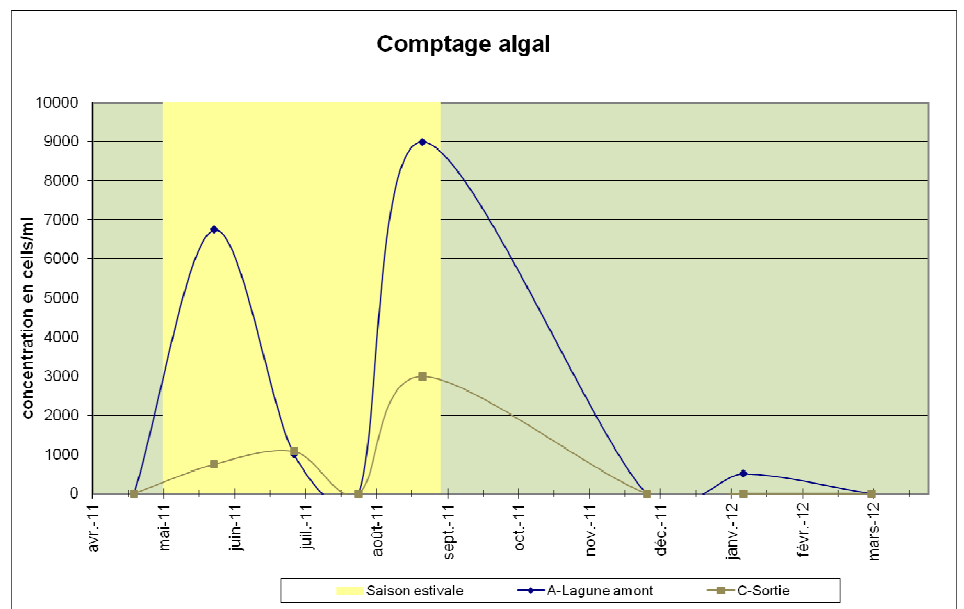
La concentration moyenne de MES dans la station évolue entre 82mg/L en amont du rockfilter et 12mg/L en aval de celui-ci. L'abaissement de concentration en MES découlant de l'emploi du rockfilter présente un taux moyen de 71%.

Au cours de l'été 2011, l'effluent en amont du rockfilter présente un pic de concentration à 360mg/L. L'impact sur l'aval du rockfilter n'est à aucun moment visible signifiant que l'ouvrage assure un rôle de tampon efficace sur le paramètre MES.



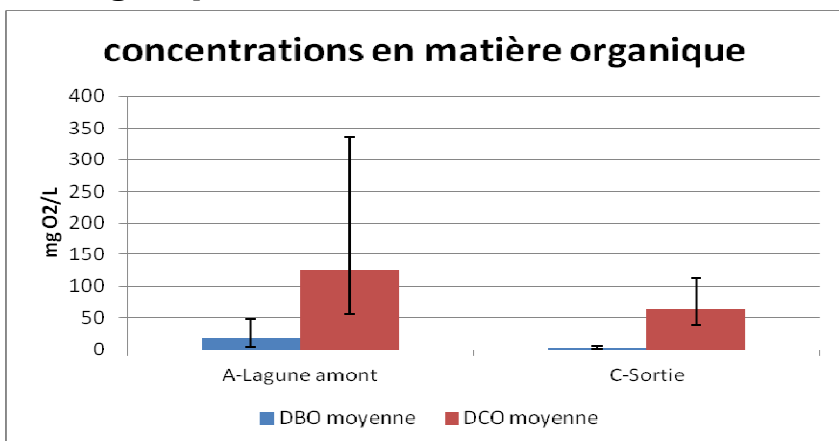
Le comptage algal mené au cours de l'année de suivi indique que le rockfilter est efficace

pour limiter le rejet d'algues vers le milieu récepteur. En effet, on note un dénombrement algal faible en sortie du rockfilter, quelque soit la période de l'année. En période estivale, alors que le comptage réalisé en amont indique une présence accrue de cellules algales, le dénombrement à l'aval démontre l'efficacité de la filtration du rockfilter.

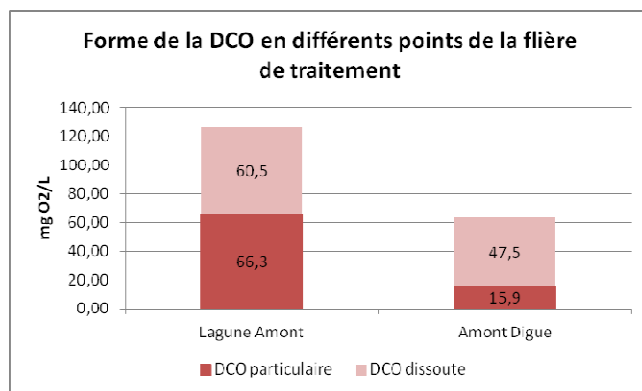
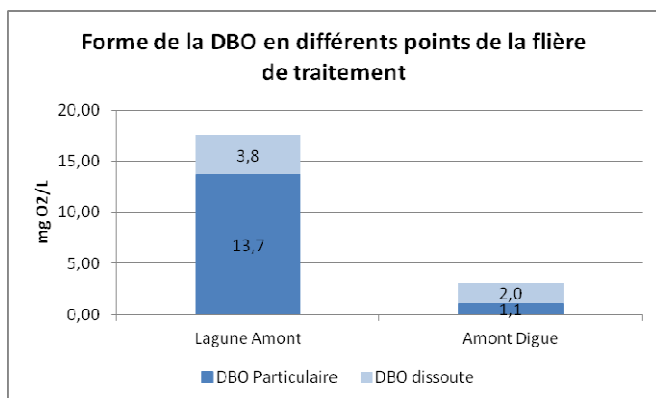


2. Impact sur la pollution organique

Du point de vue organique, le rockfilter intervient efficacement, évitant tout dépassement des concentrations seuils en DCO et DBO, quelque soit la période de mesure.

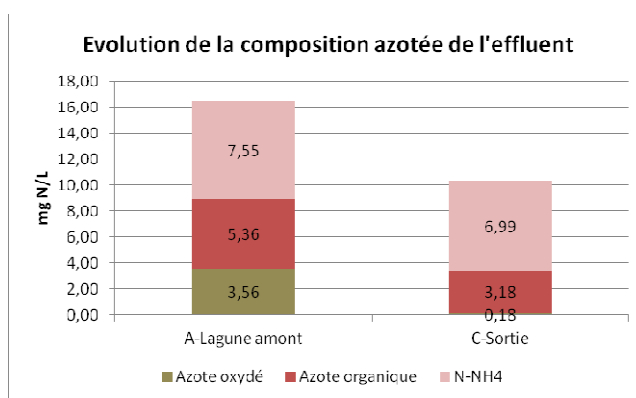


Du point de vue de la composition organique de l'effluent, nous notons l'efficacité du rockfilter sur la fraction particulaire de la DBO. Cette efficacité est également remarquable sur la fraction particulaire de la DCO. D'un point de vue de la fraction dissoute, l'évolution de la DBO et de la DCO est notable entre l'amont et l'aval du rockfilter mais de manière nettement moins représentative.



3. Impact sur la pollution azotée

Si l'on constate que la concentration d'azote global diminue entre l'amont et l'aval du filtre rocheux (respectivement 16.46mg/L et 10.35mg/l), on note également une évolution de sa composition. Alors que la forme organique reste proportionnellement identique entre l'amont et l'aval du rockfilter (33% et 31%), on constate que la forme oxydée de l'azote (nitrates et nitrites) disparaît pratiquement après que l'effluent ait traversé le filtre rocheux. Les conditions anoxiques développées au sein du filtre rocheux supposent être à l'origine d'une dénitrification de l'effluent. A

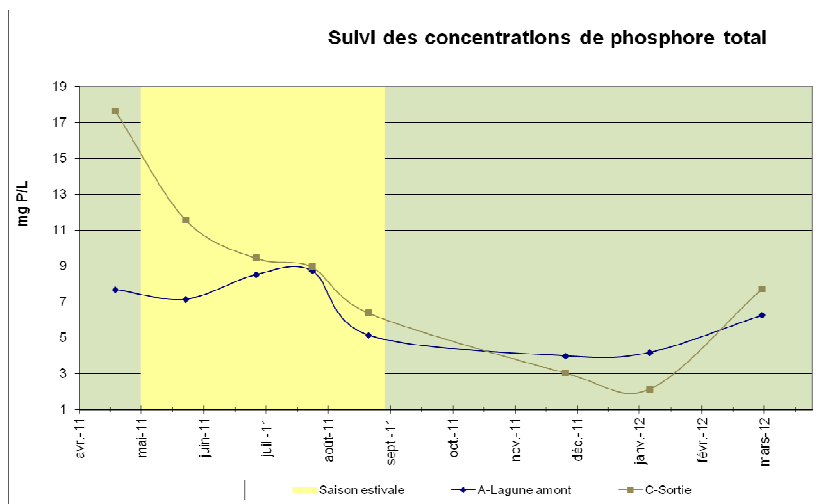


l'inverse, la forme ammoniacale, majoritaire en aval du filtre rocheux, suppose que les conditions favorables à la nitrification ne sont pas disponibles au sein du filtre rocheux.

4. Impacts sur les autres paramètres

D'un point de vue de la pollution microbienne, les eaux usées issues du lagunage aéré de Lespignan ne sont pratiquement pas contaminées : $7,0E+02$ enterocoques/100ml et $8,1E+02$ E. coli/100ml. De ce fait, l'impact sur la pollution bactérienne n'est pas représentatif.

Le phosphore n'est pas traité par le rockfilter. L'eau sortant du filtre rocheux est plus concentrée en phosphore total (6.45mg P/L) que quand elle y entre (8.35mg P/L). Qui plus est, le phosphore se trouve quasiment exclusivement sous forme dissoute (entre 85 et 91%).



E. Conclusion :

Malgré les défauts de conceptions et les difficultés de maintenance de cet ouvrage, celui-ci donne satisfaction dans les conditions de l'étude. Cependant, il faut souligner que ce rockfilter fonctionne avec de très bonnes conditions amont à savoir un lagunage aéré facultatif avec une aération de tous ces étages en deçà de sa charge nominale. Il est indéniable que ces conditions placent le procédé dans de biens meilleurs conditions que s'il était situé à la suite d'une lagune facultative quand bien même ne serait-elle pas en surcharge organique.



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration
*Effets sur les matières en suspension et la
production algale*



Un programme d'essais et de démonstration
de nouvelles approches technologiques

**STATION DE SAINT-VINCENT-DE-
BARBEYRARGUES**

SOLUTION TESTEE : LE RADEAU VEGETALISE



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et
Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



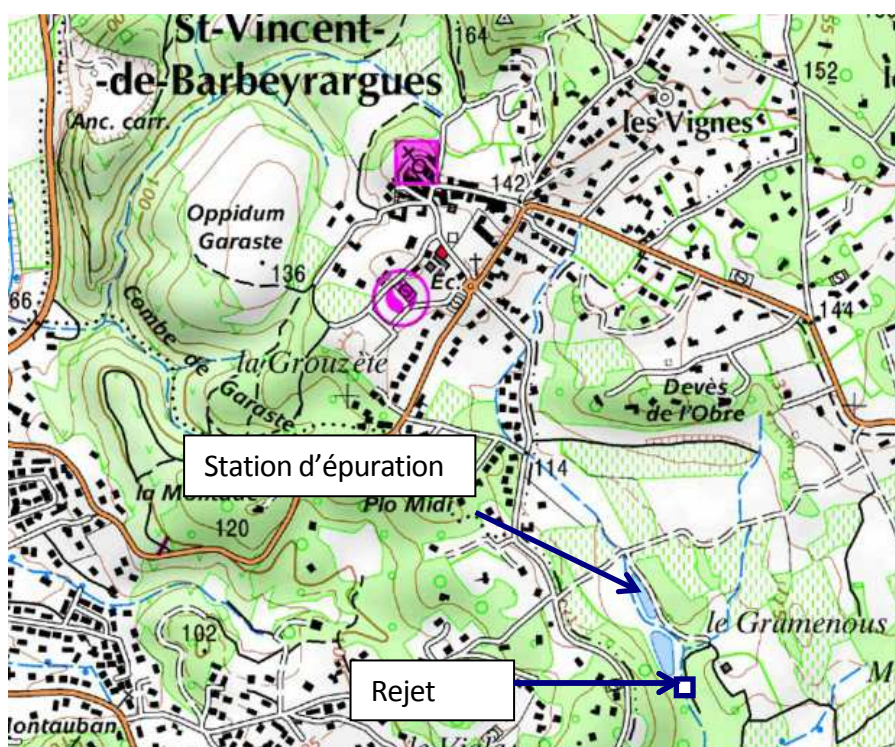
Sommaire

A.	Présentation de la station.....	3
1.	Carte de localisation de la station d'épuration :.....	3
2.	Descriptif Capacité	3
3.	Schéma de la station	4
4.	Contexte de l'expérimentation.....	6
B.	Bilan de fonctionnement de la station.....	8
C.	Mesures et observations in situ au cours du suivi.....	9
D.	Evaluation de l'impact du radeau végétalisé sur la pollution particulaire	10
1.	Impact sur les matières en suspension	10
2.	Impact sur le développement algal.....	11
3.	Impact sur la pollution organique	12
4.	Impact sur les composés azotés	13
5.	Impacts sur les autres paramètres	14
E.	Développement végétal du radeau.....	14
1.	Végétation initiale	15
2.	Evolution de la végétation du Radeau	15
3.	Développement racinaire	16
F.	Conclusion.....	16

A. Présentation de la station

Commune :	St VINCENT de BARBEYRARGUES
Station d'épuration :	St VINCENT de BARBEYRARGUES
Date de mise en service :	01/01/2007
Code SANDRE :	06 09 34 290 001
Maître d'ouvrage :	SAINT-VINCENT-DE-BARBEYRARGUES
Exploitant :	REGIE MUNICIPALE
Capacité équivalents habitants :	800 EH
Filière de traitement :	Lagunage naturel

1. Carte de localisation de la station d'épuration :



2. Descriptif Capacité

Critères hydrauliques :

	Critères de dimensionnement
Débit moyen journalier :	160 m ³ /j
Débit de pointe horaire temps sec :	19,8 m ³ /h
Débit de pointe horaire temps de pluie :	-

Critères de pollution :

	Kg/j	Ratios g/EH
Poids de DBO ₅	48 kg/j	60 g/EH
Poids de DCO	112 kg/j	140 g/EH
Poids de MEST	72 kg/j	90 g/EH
Poids de NTK	12 kg/j	15 g/EH
Poids de PT	3,2 kg/j	4 g/EH

Qualité du rejet :

	Concentration	Rendement
DBO ₅	25 mg/L	
DCO	125 mg/L	60 %
MEST		
NTK		
NGL		
PT		

3. Schéma de la station

Dans le cadre de l'étude menée par le Conseil Général, la station de Saint Vincent de Barbeyrargues a été sélectionnée pour servir de site pilote pour la mise en œuvre d'un dispositif innovant pour réduire le rejet algal vers le milieu récepteur.

Ce dispositif consiste en une structure flottante végétalisée.

La mise en place d'une surface flottante végétalisée en fin de lagune d'épuration doit permettre de baisser la concentration en matières en suspension du rejet sous les 35 mg/l et ainsi ramener le niveau des rejets des stations d'épuration par lagunage au niveau de celui des normes attribuées aux autres types de stations d'épuration¹. Le dimensionnement de cette installation est réalisé par le SATESE de l'Hérault (Conseil Général) sur les bases du dimensionnement des filtres rocheux compte tenu d'un type de fonctionnement supposé approchant entre les 2 technologies.

Ces Radeaux Végétalisés ont été complétés par l'installation en amont d'un hydro-éjecteur dont le rôle est de maintenir un niveau d'aérobiose dans le bassin.

¹ En référence à l'arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO₅.

Installation d'assainissement de St Vincent de Barbeyrargues

Lagunage aéré + Radeaux flottants végétalisés



4. Contexte de l'expérimentation

1. Fonctionnement Interne de la station

Alors que la station fournit un abattement global satisfaisant, la lagune 2, recouverte d'une couche de lentilles d'eau, produit un effluent anoxique. Ces conditions provoquent une demande en oxygène plus importante afin de combler ce déficit. Du fait de ces conditions, le bassin 2 est donc moins enrichi en micro-algues et influe sur les paramètres du bassin 3 et de la filière globale.

Les caractéristiques de fonctionnement du bassin 2 se répercutent sur le bassin 3 (lentilles d'eau, appel d'oxygène, anoxie), qui de plus est placé dans des conditions innovantes de fonctionnement au travers de l'installation du Radeau Végétalisé.

2. Conditions d'installation et de fonctionnement des Radeaux Végétalisés

- Conditions d'installation des Radeaux Végétalisés:

Les Radeaux Végétalisés ont été installés au mois de janvier, pendant la période végétative. Les radeaux avaient été préalablement stockés à l'extérieur en période de gel et au vent pendant une période de 3 semaines ce qui a pu détériorer certaines géonattes.



Installation en janvier 2011 après une période de stockage des géonattes au gel sur un bassin totalement recouvert de lentilles d'eau.

- **Piétinement et broutage par de nombreux canards et ragondins**

Le lagunage de Saint Vincent-de-Barbeyrargues hébergeait de nombreux ragondins. Leur présence a influé sur les conditions de suivi : section des câbles d'alimentation de l'hydropulse. Une opération de régulation de la population de ragondins a été mise en place à l'initiative de la commune entre août et septembre 2011 (plus de 10 individus piégés). Malgré tout, d'autres individus se sont à nouveau installés sur le secteur, poursuivant les dégâts, majoritairement sur le couvert végétal. Il est également à noter que les Radeaux Végétalisés ont été habités par des canards qui ont niché, entraînant le broutage et piétinement des plants.



Les canards ont piétinés une dizaine de m²

- **Présence de lentilles d'eau**

Le lagunage connaissait un développement intense de lentilles d'eau recouvrant jusqu'à 90% de la surface de la 3^{ème} lagune. Malgré l'intervention du SATESE en mai 2011, l'opération d'écémage réalisée n'a pas permis d'éliminer durablement le développement de cette espèce végétale flottante et invasive.



Lagune 3 avant écémage (20/05/11)



Lagune 3 après écémage (21/05/11)



- Enfin, on notera aussi que le système de Radeaux Végétalisés était jeune (pas encore à maturité) au moment des essais. **Il faut en général 2 ans pour que la rhizosphère soit à un bon niveau de fonctionnement microbien.**

B. Bilan de fonctionnement de la station

Entre 2011 et 2012, les bilans 24h menés par le SATESE Hérault sur la station de Saint-Vincent de Barbeyrargues donnent les charges entrantes suivantes :

DBO kg/j	DCO kg/j	MES kg/j	Débit entrée m ³ /j
40,70	82,50	30,80	66,60

Valeurs moyennes entrée station

Rapporté à la charge nominale, le taux de charge de la station est le suivant :

DBO	DCO	MES	Débit entrée
85%	74%	43%	42%

Charges moyennes entrée station

Ces résultats nous indiquent une disparité entre charge organique et charge hydraulique et particulaire alimentant la station d'épuration communale.

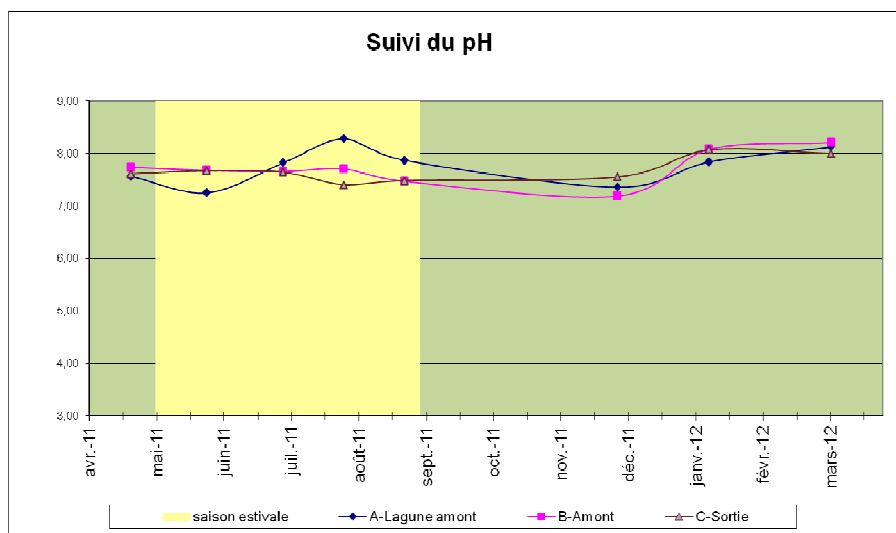
Considérant la charge réelle entrant sur la station, nous constatons que la station d'épuration de Saint-Vincent-de-Barbeyrargues respecte efficacement les niveaux de rejet fixés par arrêté préfectoral. On notera néanmoins, malgré le rendement élevé, que les concentrations de MES relevées sont au-delà du seuil fixé dans l'arrêté du 22 juin 2007 dans le cas de station recevant une charge supérieure à 120kg DBO/j.

	DBO	DCO	MES	Débit de sortie (m ³ /j)
Concentration moyenne en sortie (mg/L)	8,7	109,3	129,7	19.1
Abattement (Kg/j)	40,6	80,7	27,3	
Rendement	99,6%	97,6%	90,9%	

C. Mesures et observations in situ au cours du suivi

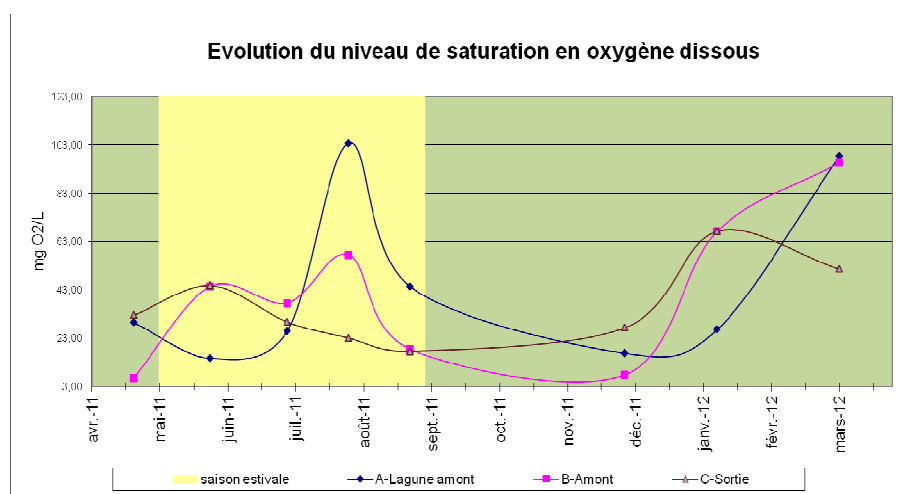
Au cours de la période de suivi de la station d'épuration de Saint-Vincent de Barbeyrargues (2011/2012), les relevés des paramètres physico-chimiques de la station apportent les informations suivantes.

Le pH mesuré en entrée de la 3^{ème} lagune (A-Lagune Amont), en amont de la structure flottante végétalisée (B-Amont) et en sortie de l'installation (C-sortie), est stable en tout point (pH moyen = 7,72+/- 0.04).

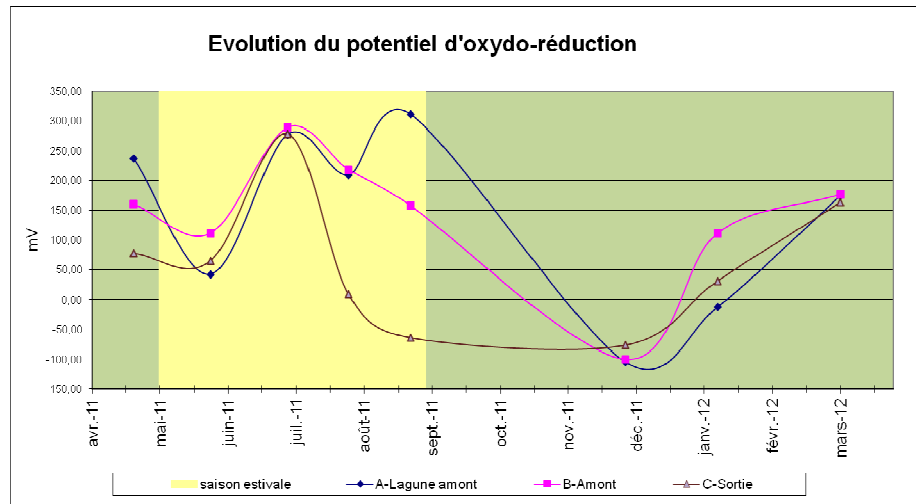


Le 3^{ème} bassin de lagunage de St Vincent de Barbeyrargues a été équipé d'un hydro-éjecteur pour pallier d'éventuels défauts d'oxygène au cours de la période d'essais. Le niveau de saturation en oxygène de ce bassin reste en moyenne suffisant (45% d'oxygène dissous en entrée du 3^{ème} bassin, 42% en amont de la structure végétalisée, 37% en sortie de la station).

Le niveau d'oxydation du bassin 3 est fluctuant. Le milieu est majoritairement oxydant pendant la période estivale mais présente une chute de potentiel à la fin de l'été 2011 voire même dès juillet d'après les mesures réalisées en sortie de station.



Cette chute de potentiel marquée en sortie de station est certainement à imputer au fait que la lagune se retrouve couverte en partie par le radeau

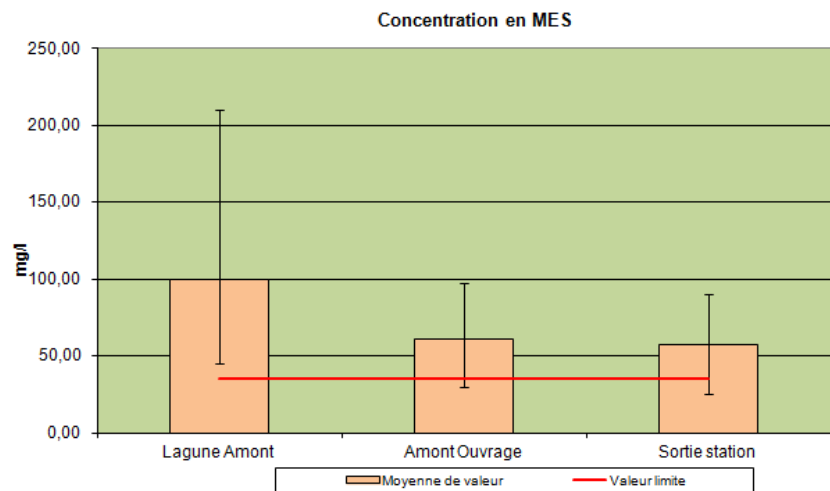


végétalisé (700m²) et en partie par le développement de lentilles d'eau. L'hydropulse a également été à l'arrêt à plusieurs reprises à cause entre autres de dégâts causés par des ragondins présents sur la station.

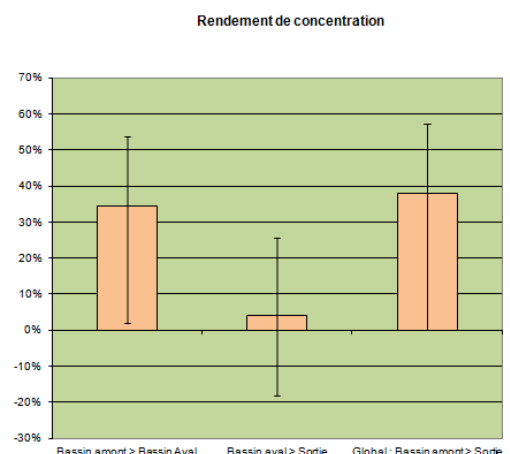
D. Evaluation de l'impact du radeau végétalisé sur la pollution particulaire

1. Impact sur les matières en suspension

La concentration en matières en suspension (MES) est en baisse dans le 3ème bassin de la station d'épuration de Saint Vincent de Barbeyrargues. La concentration en MES passe de 99.50mg/L en sortie du 2ème bassin à 57.25mg/L en sortie de station, soit une baisse en concentration de 38%.



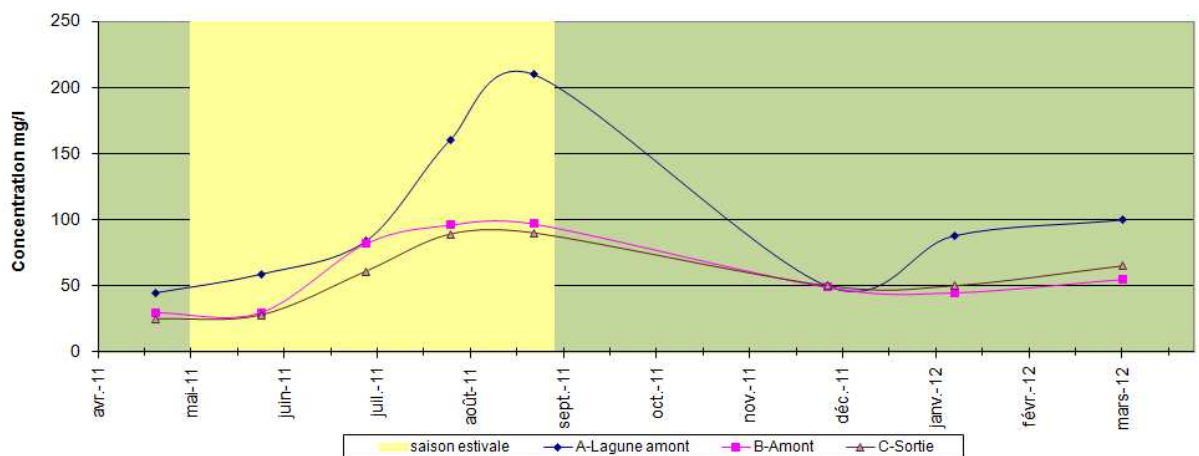
La présence du radeau végétalisé placé sur le dernier tiers aval du 3^{ème} bassin ne semble pas avoir d'effet direct sur la diminution des MES puisque les concentrations mesurées en amont et aval de l'installation sont respectivement de 60.50mg/L et 57.25mg/L.



Il importe de noter qu'au cours des essais, le 3^{ème} bassin de la station est envahi par des lentilles d'eau. Malgré, une opération d'écumage manuel cet envahissement n'a pu être endigué. La présence de ces lentilles impacte le fonctionnement attendu des bassins en créant un autre écosystème. Ceci joue tant sur les variables particulières qu'organiques.

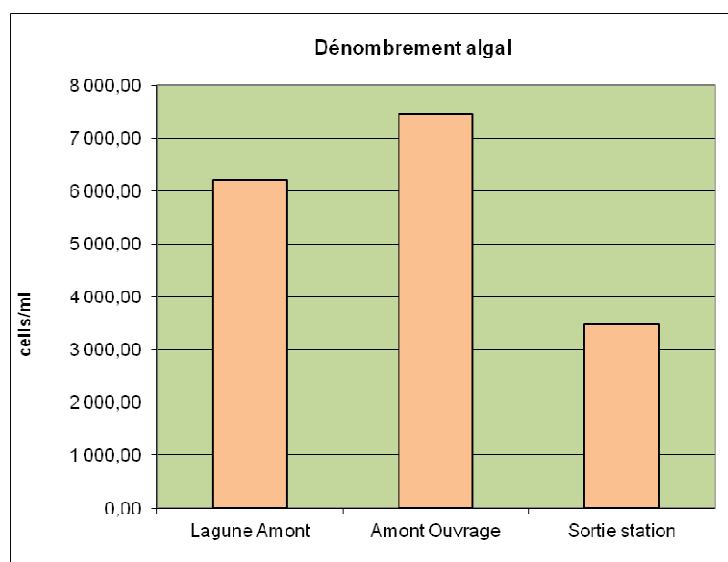
Au cours du temps, le développement du radeau végétalisé n'a pas d'incidence sur le paramètre MES : on ne constate aucune relation remarquable entre l'évolution des MES en amont et aval de la structure flottante et les saisons. Cependant, L'écosystème qui se crée dans le bassin avec la présence de la couverture des radeaux, des lentilles et de l'aérateur a un effet significatif sur la diminution des MES entre la lagune amont et la lagune aval.

Variation temporelle de la concentration en MES



2. Impact sur le développement algal

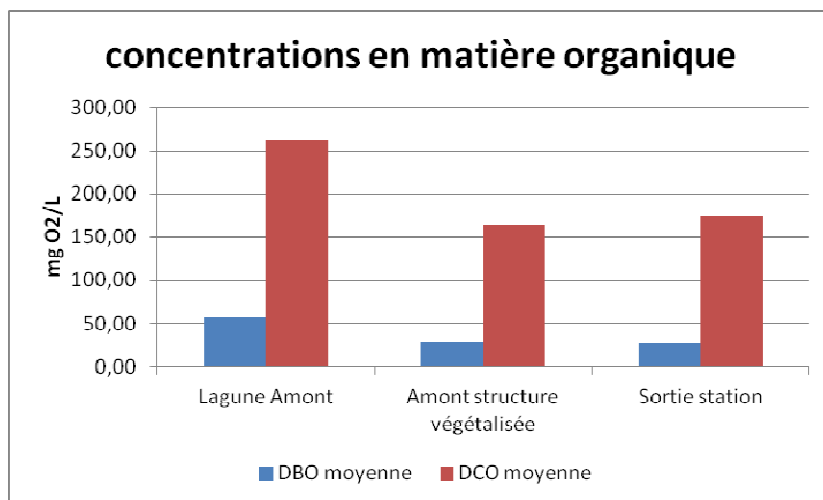
La structure flottante végétalisée présente un effet remarquable sur le développement algal. En effet, alors que le temps de séjour de l'eau en amont du radeau végétalisé favorise le développement d'algues (+20%), **la traversée de l'eau au sein du radeau végétalisée permet de limiter efficacement les micro-algues en sortie de la station (- 54%)**. Il apparaît donc un différentiel de qualité des MES entre



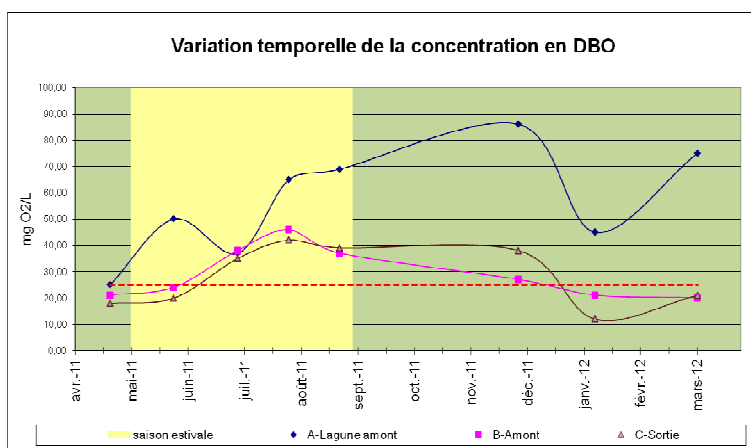
l'amont et l'aval du radeau végétalisé vraisemblablement du aux conditions plus ou moins anoxiques créés involontairement par la couverture totale des lentilles et les panes de l'aérateur.

3. Impact sur la pollution organique

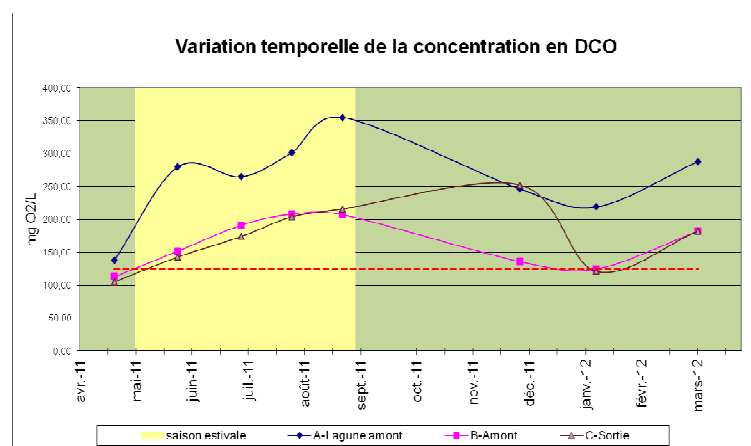
La concentration moyenne de DBO entre l'entrée du 3^{ème} bassin et sa sortie diminue de 50% (56.5mg DBO/L en entrée du 3^{ème} bassin et 28.13 mg DBO/L en sortie), ce qui ne permet néanmoins pas d'atteindre le seuil de rejet réglementaire 4 fois sur 8 pendant la période de suivi.



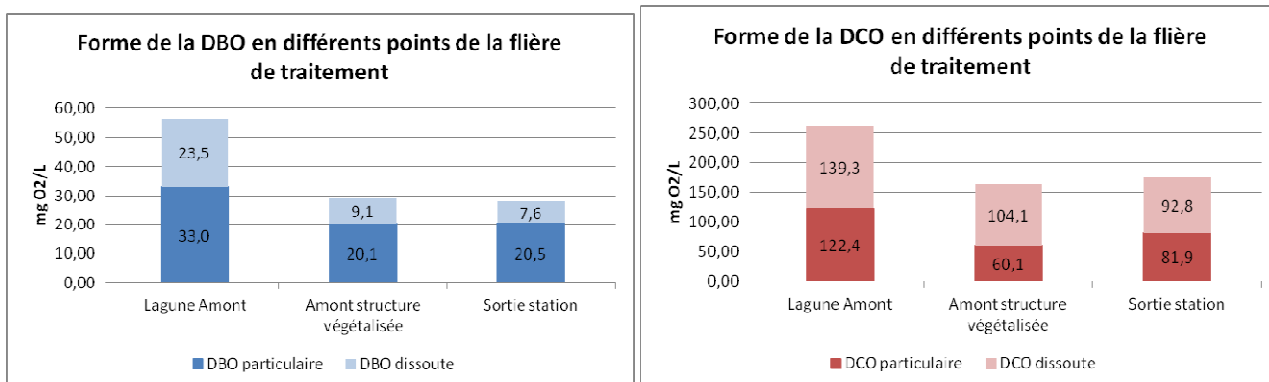
Dans ce cas, comme constaté sur les MES, les Radeaux Végétalisés ne semblent pas avoir d'effets intrinsèques sur la dégradation de la matière organique. Le faible impact du radeau végétalisé filtrant sur la matière organique se confirme d'autant plus qu'aucun effet n'est constaté sur la DCO (Amont radeau végétalisé filtrant : 164mg DCO/L / Sortie station : 175mg DCO/L). Ainsi, on observe les mêmes teneurs en amont et aval de la structure. La diminution de teneur en matière organique est, par contre imputable à l'écosystème créé dans le bassin final, dans le complexe eau libre, radeau végétalisé, lentilles d'eau et aérateur.



Au cours de la période de suivi, l'impact sur la charge organique tant sous forme DBO que DCO se mesure sur le temps de séjour de l'effluent dans le bassin.



Du point de vue des formes organiques, l'effet de filtration attendu par le chevelu racinaire n'est pas mesurable. En effet, entre l'amont et l'aval de la structure flottante, la part de matière organique particulaire n'évolue pas (20.1mg DBO/L et 60.1mg DCO/L en amont de la structure végétalisée / 20.5mg DBO/L et 81.9mg DCO/L en sortie station). Par contre, on observe un effet plus mesurable sur la fraction soluble laissant supposer que les micro-organismes présents sous la surface de du radeau végétalisé interviennent potentiellement sur la dégradation de la matière organique. Ceci suggère que l'action des micro-organismes provoque un transfert de la charge organique dissoute vers la forme particulaire



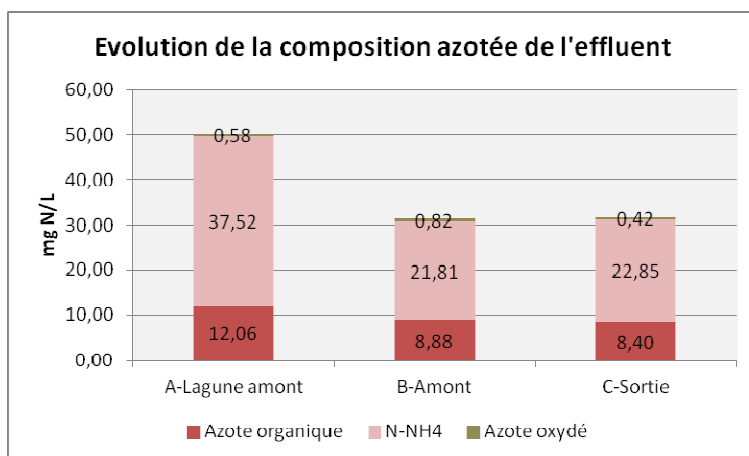
4. Impact sur les composés azotés

L'écosystème du 3^{ème} bassin stabilise la composition azotée de l'effluent. En effet, on ne constate aucune variation significative des valeurs mesurées en amont et en aval du radeau végétalisé, quelque soit le paramètre azoté considéré.

L'abaissement des concentrations d'azote se fait principalement

ressentir par l'ammonification qui a lieu en amont du Radeau végétalisé

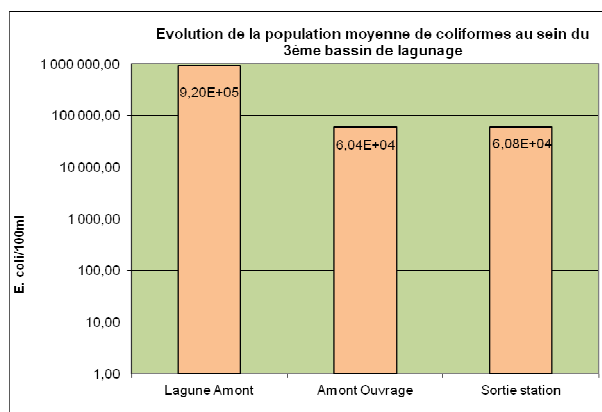
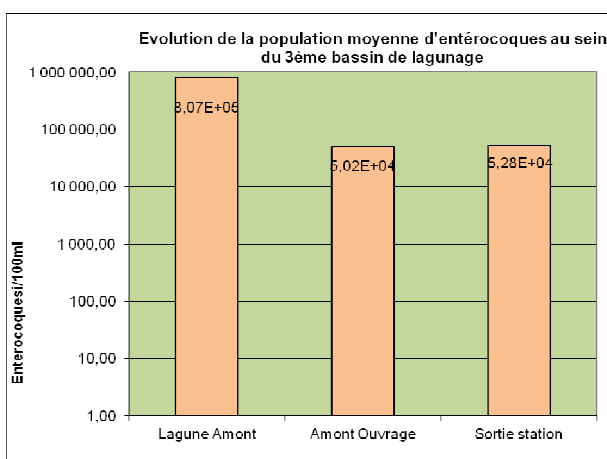
Comme précédemment pour les autres variables, l'écosystème créé dans le bassin 3 a une incidence sur la composition azotée de l'effluent. Mais les conditions en place ne permettent pas d'identifier l'effet spécifique d'une ou l'autre des composantes de l'écosystème (structure végétalisée, couverture de lentilles d'eau, déficit en oxygène, ...). Il paraît évident qu'agir sur l'une de ces composantes (retrait des lentilles, apport d'oxygène, ...) aura une incidence sur les effets constatés au cours de ce suivi : élimination des lentilles générant une meilleure aération de surface, anoxie amplifiée en l'absence de l'aérateur, ...



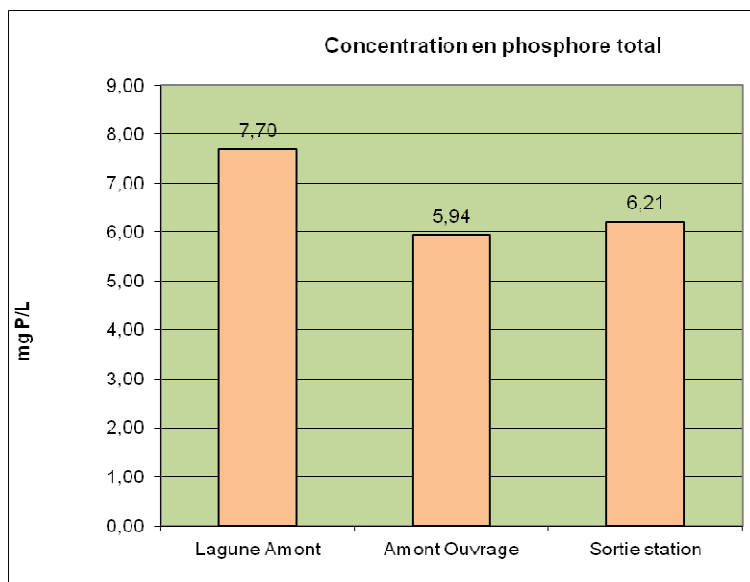
5. Impacts sur les autres paramètres

Dans le 3^{ème} bassin de lagunage de Saint-Vincent de Barbeyrargues, l'abattement des germes pathogènes (E. coli et Entérocoques) est exclusivement mesuré en amont des radeaux végétalisés. Cela suggère entre autre l'influence des rayonnements solaires sur cette population bactérienne.

L'observation sur les indicateurs de germes pathogènes contenus dans les eaux usées du bassin 3 vient confirmer l'interprétation faite sur les paramètres présentés précédemment.



Au niveau du contenu en phosphore des eaux usées, le graphique indique que la concentration évolue en amont du radeau végétalisé. Par contre, on ne constate aucun effet direct des conditions mises en œuvre sur ce même paramètre.



E. Développement végétal du radeau

1. Végétation initiale

Les géonattes pré-végétalisées (végétalisation préalable de 8 semaines en pépinière en période végétative) installées sur les radeaux ont été initialement plantées de 18 à 20 héliophytes/m² avec un mélange de 10 espèces. Celles ci ont été choisies en fonction de leur chevelu racinaire, de leur vigueur sans toutefois être invasive (phragmites australis habituellement reconnu comme plante épuratrice n'a pas été utilisé pour cette raison) et de leur appétence pour les oiseaux. La liste des espèces et leur proportion théorique est indiquée ci-dessous :

- Glyceria 12 %
- Carex acutiformis 13 %
- Carex gracilus 12 %
- Scirpus sylvaticus 8 %
- Iris pseudoacorus 20%
- Veronica Becabungua 4%
- Mentha aquatica 4%
- Lysimachia vulgaris 6%
- Acorus calamus 7%
- Lythrum salicaria 6%
- Caltha palustris 8%

2. Evolution de la végétation du Radeau

Malgré les conditions défavorables de départ et au cours de l'expérimentation (cf chapitre A-4), la végétation a bien repris avec une surface non végétalisée constatée de seulement 3% au mois d'août 2011.



Au cours du mois d'août, une observation visuelle du développement végétal a permis de mettre en évidence la disparition ou la diminution de certaines espèces, et la domination

d'autres espèces. Ainsi l'espèce Veronica Bécabunga serait passée de 4% à 25% de la surface totale alors que Lysimachia vulgaris a disparu.

Espèce	Proportion à la pose des radeaux	Proportion au 7 aout 2011
Glyceria	12	8
Carex acutiformis	13	9
Carex gracilis	12	7
Scirpus sylvaticus	8	4
Iris pseudoacorus	20	25
Veronica Becabunga	4	20
Mentha aquatica	4	3
Lysodria	6	0
Acorus calamus	7	8
Lythrum salicaria	6	3
Caltha palustris	8	3
Espace vide	0	3
Total	100	100

3. Développement racinaire

L'examen des premières plaques de Radeaux Végétalisés montre un faible **développement horizontal du chevelu racinaire, sans que les racines ne puissent se développer verticalement sous l'eau**. Le développement des racines est freiné par le géotextile disposé en sous face du Radeau Végétalisé qui ne laisse pas assez de liberté aux racines. **Ce compartiment important pour le procédé de « filtration » des algues et support de la microflore peut être amélioré par l'augmentation du diamètre des trous dans le géotextile ou la suppression de celui-ci puisque plus nécessaire du fait de l'absence de courant et d'impact des vagues**. Il se peut aussi que la richesse du milieu limite le développement racinaire des plantes qui, pour se nourrir, n'ont pas besoin de développer de surfaces racinaires importantes. Ce comportement a été vérifié sur le développement des végétaux flottants de type jacinthe d'eau, pistia ou lentilles

F. Conclusion

Le Radeau Végétalisé a été mis en place spécifiquement pour l'étude menée ici pour le conseil général de l'Hérault. Cela distingue ce site des autres dispositifs étudiés, par la jeunesse de l'installation ainsi que le mode de dimensionnement non spécifique mais justifié, emprunté au modèle des ROCK FILTERS, compte tenu d'un type de fonctionnement supposé approchant entre les 2 technologies. Pour autant, la composante végétale de la structure flottante, dont les espèces ont été sélectionnées d'après l'expérience de l'entreprise Aquaterra Solutions et Oekon Vegetationstechnik, n'a pas pu être convenablement considérée ici car les végétaux, installés en hiver, en période de gel, n'étaient pas à maturité lors des essais.

L'objectif ici était également de surveiller le développement végétal de la structure flottante afin d'optimiser la sélection des espèces les plus appropriées. On note à ce titre que le végétal doit être sélectionné non seulement d'après son impact sur la filtration (chevelu racinaire) mais également vis-à-vis de l'attractivité qu'il peut représenter pour la faune présente (végétaux consommables ou formant un habitat pouvant attirer les animaux).

Si le radeau végétalisé a une influence significative sur le contenu algal des eaux (diminution de 54%), son impact sur les paramètres classiques des eaux usées (charge organique, MES, Azote, Phosphore, germes pathogènes) reste négligeable. Cependant on constate que l'écosystème global, développé sur le 3^{ème} bassin, à partir du radeau végétalisé Aquaterra Solutions, de la couverture non-désirée des lentilles d'eau, de l'aérateur avec 2 h/j de fonctionnement et de la surface libre, est efficace sur ces mêmes variables.

Par ailleurs, il faut souligner les conditions particulières de l'essai : développement de lentilles sur la lagune amont et sur la lagune finale équipée des radeaux végétalisés, dysfonctionnement de l'aération causé par des dégradations du matériel. Dans des conditions plus oxydantes, le rôle de filtration aurait été favorisé au sein du tissu racinaire par le développement d'un écosystème aérobie (du biofilm bactérien à la présence de zooplancton...)

Les résultats montrent que les Radeaux Végétalisés sont prometteurs sur la diminution de la population algale d'un lagunage mais doivent encore faire l'objet d'amélioration pour avaliser ces résultats. Afin d'optimiser la capacité de traitement des radeaux végétalisés les perspectives suivantes sont envisageables :

- Optimiser les surfaces à mettre en œuvre en fonction de l'efficacité des mécanismes en place.
- Définir les opérations d'entretien de la structure et du maintien de la végétation au fil des années (lutte contre les ragondins, suivi d'un envasement potentiel, du contrôle d'un développement éventuel des lentilles d'eau...) dont certaines opérations peuvent être définies par avance mais d'autres qui ne seront établies que par l'expérience.
- Optimiser la structure en perçant ou retirant le geotextile situé en face inférieure des modules afin de favoriser le développement du chevelu racinaire et en conséquence, augmenter l'effet de filtration.
- Intégration d'une couche de Xylit à l'interface entre la structure porteuse flottante et les géonattes végétalisées. Cela permettra d'avoir des résultats immédiats quelque soit la période d'installation grâce à son fort pouvoir absorbant et apportera en outre des nutriments aux végétaux favorisant leur développement plus rapide.
- Poser une clôture autour des modules flottants pour limiter l'accès des anatisés et ragondins au couvert végétal et protéger ainsi son développement.
- Optimiser l'apport d'oxygène en amont de la structure, afin de favoriser les conditions oxydantes de l'écosystème épurateur.

Il est connu que les hélophytes ont besoin de deux années pour développer une rhizosphère suffisamment efficace. L'étude du Radeau Végétalisé et des nouvelles

conditions préconisées devra porter sur un site équipé de ces structures depuis 2 ans ou plus.

Aquaterra Solutions et son partenaire allemand **Oekon Vegetationstechnik** ont déjà intégrés la plupart de ces améliorations et souhaitent continuer les expériences sur de nouveaux sites.



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration
Effets sur les matières en suspension et la production algale



Un programme d'essais et de démonstration
de nouvelles approches technologiques



STATION D'OCTON :
ASSOCIATION LAGUNE & FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et
Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



établissement public du ministère
chargé du développement durable

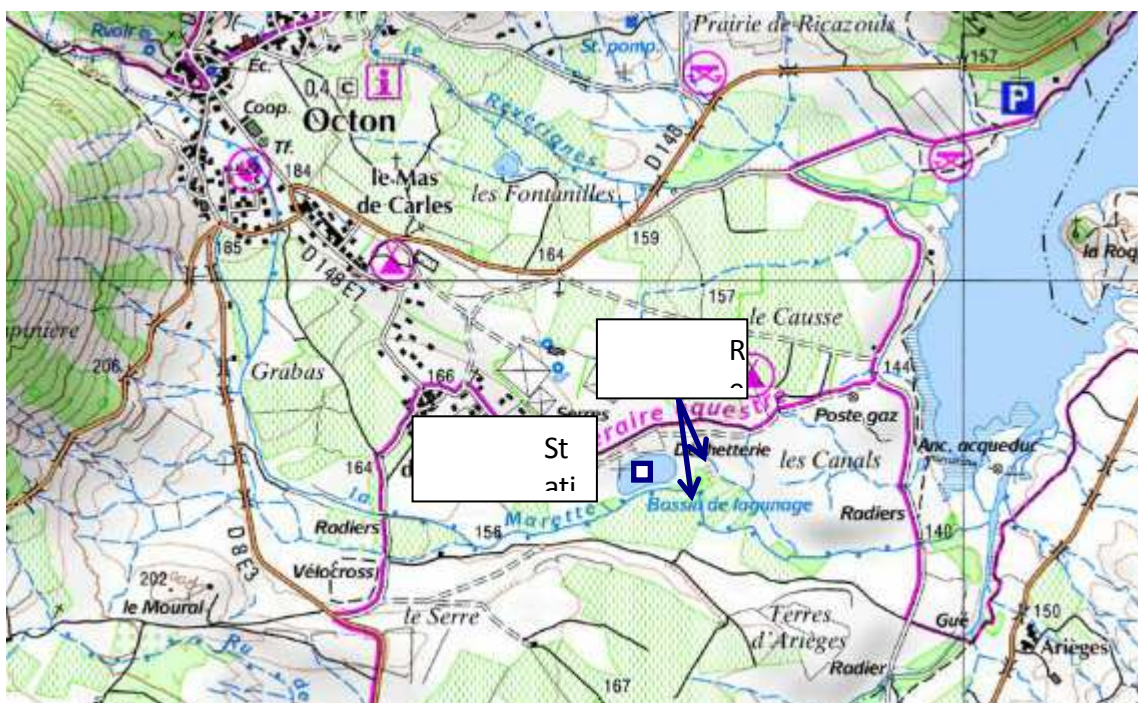
Sommaire

A.	Présentation de la station.....	3
1.	Carte de localisation de la station d'épuration :.....	3
2.	Descriptif Capacité	3
3.	Schéma de la station	4
B.	Bilan de fonctionnement de la station.....	5
C.	Mesures et observations in situ au cours du suivi.....	6
D.	Evaluation de l'impact du Filtre planté de roseaux sur l'amélioration du rejet algal.....	7
1.	Impact sur les matières en suspension	7
2.	Impact sur la pollution organique	8
3.	Impact sur les composés azotés.....	9
4.	Impact sur les autres composantes des eaux usées	10
E.	Conclusion.....	11

A. Présentation de la station

Commune :	Octon
Station d'épuration :	Octon
Date de mise en service :	01/01/1989
Code SANDRE :	06 09 34 186 001
Maître d'ouvrage :	Commune de Octon
Exploitant :	Régie municipale
Capacité équivalents habitants :	1100 EH
Filière de traitement :	Lagunage naturel + Filtre planté de roseaux

1. Carte de localisation de la station d'épuration :



2. Descriptif Capacité

Critères hydrauliques :

	Critères de dimensionnement
Débit moyen journalier :	270 m ³ /j
Débit de pointe horaire temps sec :	-
Débit de pointe horaire temps de pluie :	-

Critères de pollution :

	Kg/j	Ratios g/EH
Poids de DBO ₅	66 kg/j	60 g/EH
Poids de DCO	-	-
Poids de MEST	-	-
Poids de NTK	-	-
Poids de NH ₄	-	-
Poids de PT	-	-

Qualité du rejet :

	Concentration	Rendement
DBO ₅	25 mg/L	
DCO	125 mg/L	
MEST	150 mg/L	
NTK		
NGL		
PT		

3. Schéma de la station



B. Bilan de fonctionnement de la station

Les bilans menés par le SATESE Hérault durant la période considérée permettent de déterminer les charges entrantes et sortantes de la station d'épuration d'Octon.

La station d'Octon est largement sous-chargée par rapport à sa capacité nominale. La charge organique entrante s'élève à 22% de ce que la station est en capacité de recevoir ; en charge hydraulique, le taux de charge atteint 18%.

Considérant la faible charge entrante, la station traite efficacement les eaux usées de la commune d'Octon et garantit les niveaux de rejets fixés par arrêté préfectoral

DATE	DBO5 (mg/L)	DCO (mg/L)	MES (mg/L)
03/05/2011	16	108	59
10/08/2011	3	74	23
30/01/2012	7	56	59

Mesures sur échantillons 24h en sortie de la station d'Octon

Dans ces conditions de fonctionnement, le rendement de traitement de la station est largement satisfaisant.

	DBO	DCO	MES
Abattement moyen (Kg/j)	14,54	36,19	15,44
Rendement moyen	99%	96%	93%

Abattement et rendement moyen de la station d'Octon entre mai 2011 et janvier 2012

C. Mesures et observations in situ au cours du suivi

Au cours des 12 mois de suivi de la station d'épuration d'Octon, les paramètres physico-chimiques mesurés en amont et aval du filtre planté sont les suivants :

Potentiel d'Oxydo-réduction (mV)	A- Lagune amont	C-Sortie
moyenne	380,9	366,9
min	337,0	133,5
max	426,7	427,9

pH	A- Lagune amont	C-Sortie
moyenne	8,5	7,1
min	7,4	6,8
max	9,4	7,3

Saturation en oxygène dissous (%)	A- Lagune amont	C-Sortie
moyenne	85,9	40,1
min	19,2	23,7
max	201,6	55,3

Le couple pH/redox indique des conditions aérobies, caractéristiques d'une eau clarifiée. Le taux d'oxygène dans l'eau est proche de la saturation en amont du filtre planté (86%) et reste relativement haut avant rejet vers le milieu récepteur (40%).

Tout au long des campagnes de prélèvements, aucun épisode olfactif remarquable n'a été ressenti.

Pour autant, il a été constaté et signifié les dysfonctionnements des chasses hydrauliques alimentant le filtre ayant pour conséquence un fonctionnement dégradé du filtre planté.

De même, au cours de la période de basses eaux, alors que les rejets en milieu hydraulique superficiel sont interdits, les eaux traitées sont infiltrées dans une zone tampon boisée. La perméabilité de ce terrain étant mauvaise, cette zone monte en charge (eaux stagnantes en surface), mettant en charge par conséquent les ouvrages aval (canal de comptage et certainement partiellement le fond du filtre planté).



Figure 2 Zone tampon boisée en charge

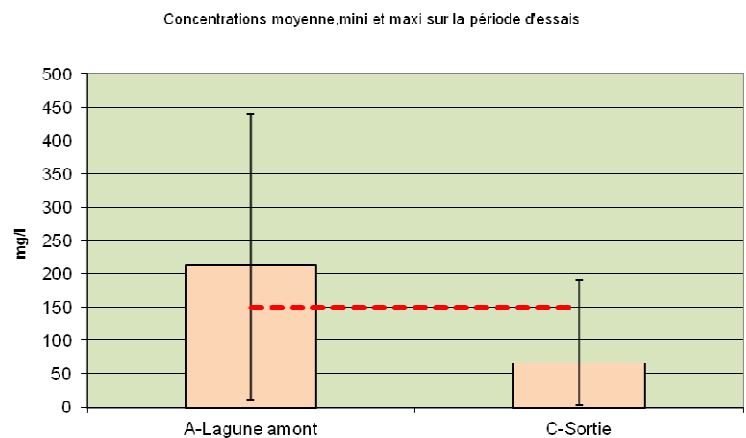


Figure 1 Canal de comptage en charge

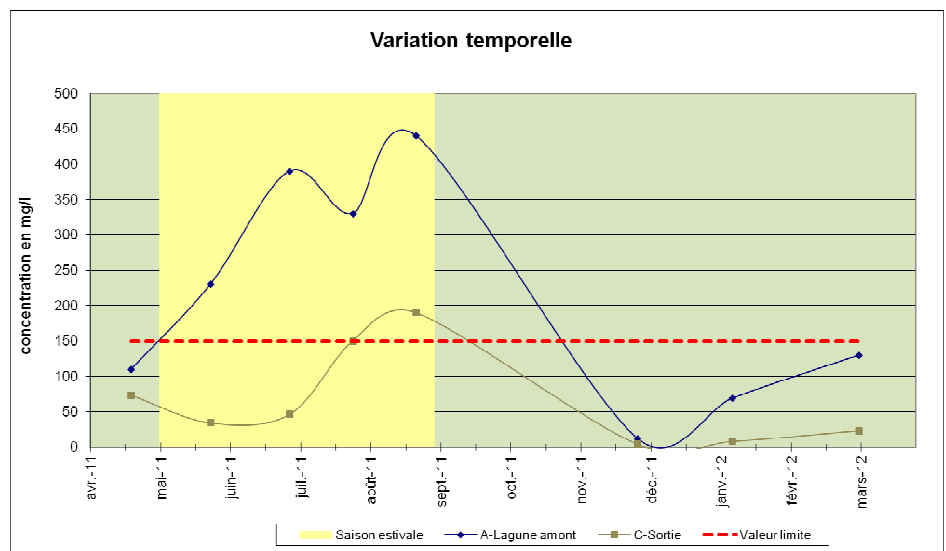
D. Evaluation de l'impact du Filtre planté de roseaux sur l'amélioration du rejet algal

1. Impact sur les matières en suspension

La concentration moyenne de MES dans la station évolue entre 214mg/L en amont du filtre planté et 66 mg/L en aval de celui-ci. L'abaissement de concentration en MES lié à la percolation des eaux au travers du filtre planté à écoulement vertical présente un taux moyen de 69%.

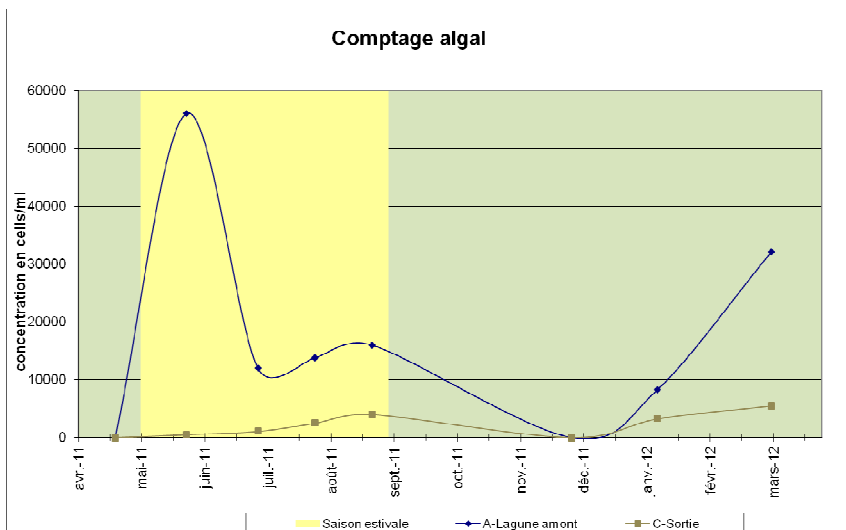


Le suivi des concentrations de MES au cours de l'année 2011 indiquent un effet mesurable de la saison. En effet, au cours de l'été 2011, sous l'effet d'une augmentation des matières en suspension en



amont du filtre planté, les concentrations mesurées en aval dépassent le niveau de rejet autorisé. Ceci reste néanmoins un évènement ponctuel.

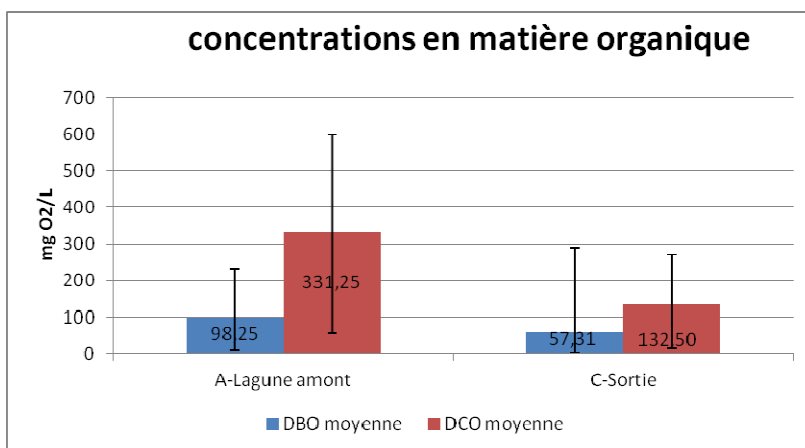
Du point de vue de la filtration algal, on note une bonne efficacité du filtre planté. En effet, le dénombrement des cellules algales en sortie de filtre planté reste stable quelque soit la charge algale entrant dans ce filtre.



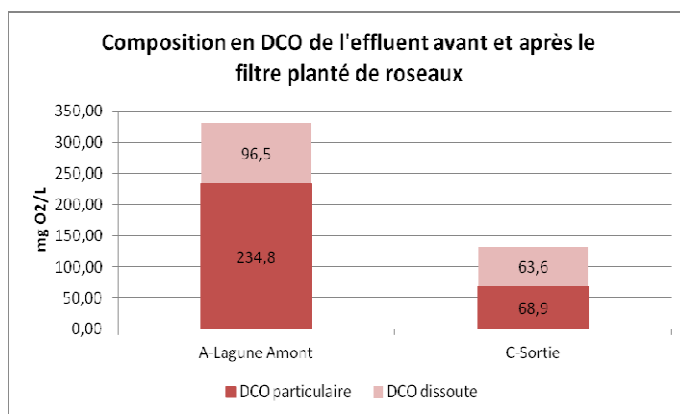
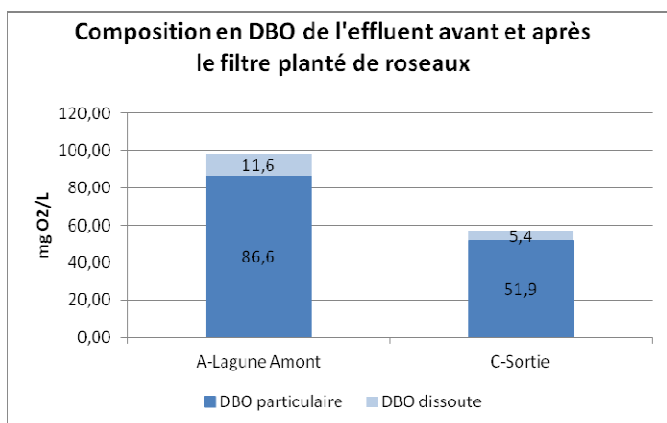
Ainsi, on notera le rôle efficace que tient le filtre planté dans la filtration des MES en général et des micro-algues en particulier, avant rejet vers le milieu récepteur.

2. Impact sur la pollution organique

Au cours du programme de suivi entrepris par le Conseil Général de l'Hérault, les mesures réalisées en aval du filtre planté de roseaux révèlent des concentrations en matières organiques dépassant les niveaux de rejet autorisés.

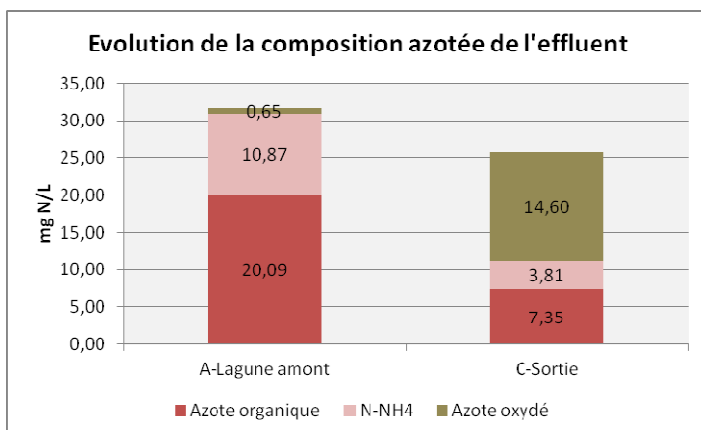


La composition organique de l'effluent entrant dans le filtre planté est majoritairement d'origine particulaire (88% de DBO particulaire et 71% de DCO particulaire). En sortie du filtre planté, la DBO de l'effluent est à plus de 90% d'origine particulaire alors que la DCO contient 52% de fraction particulaire pour 48% de fraction dissoute. La filtration par le massif planté a donc modifié la composition de l'effluent en terme de DCO mais la charge organique sortant de la station reste majoritairement particulaire. Ce constat montre qu'une filtration optimisée (plus fine, optimisation des surfaces, gestion de la fréquence des rejets...) pourrait permettre d'optimiser le traitement des eaux avant rejet.

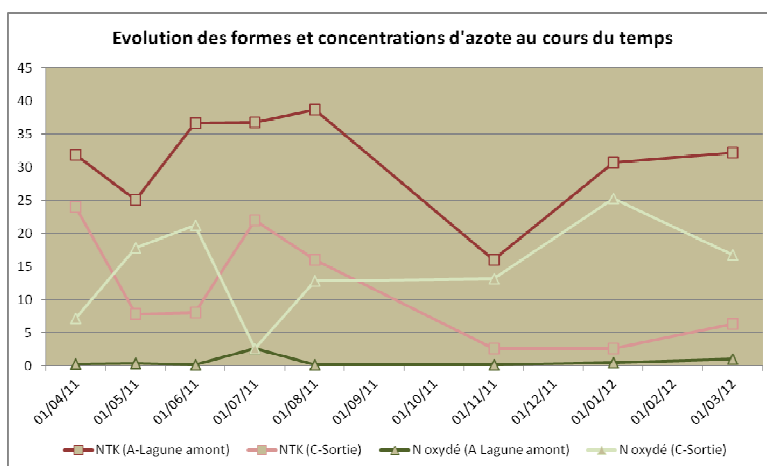


3. Impact sur les composés azotés

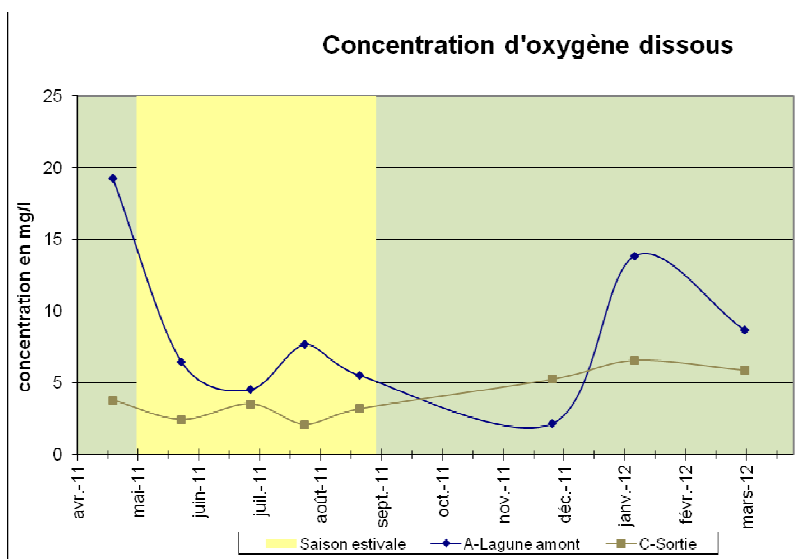
Dans le filtre planté de roseaux, l'azote subit principalement de la nitrification. En effet, les concentrations en forme organique (20.09mg/L) et ammoniacale (10.87mg/L) de l'azote présentes en amont du filtre planté diminuent en sortie de la station (N-Org=7.35mg/L et N-NH4= 3.81mg/L). Les formes oxydées de l'azote (nitrites et nitrates) deviennent prédominantes en sortie de station (14,6mg/L). Ces résultats sont en accords avec l'usage des filtres plantés en aval des lagunes pour l'amélioration de la qualité des rejets.



La nitrification de l'effluent est majoritairement mesurable quelque soit la période de l'année : la concentration en azote oxydé augmente tandis que les formes organique et ammoniacale diminuent.



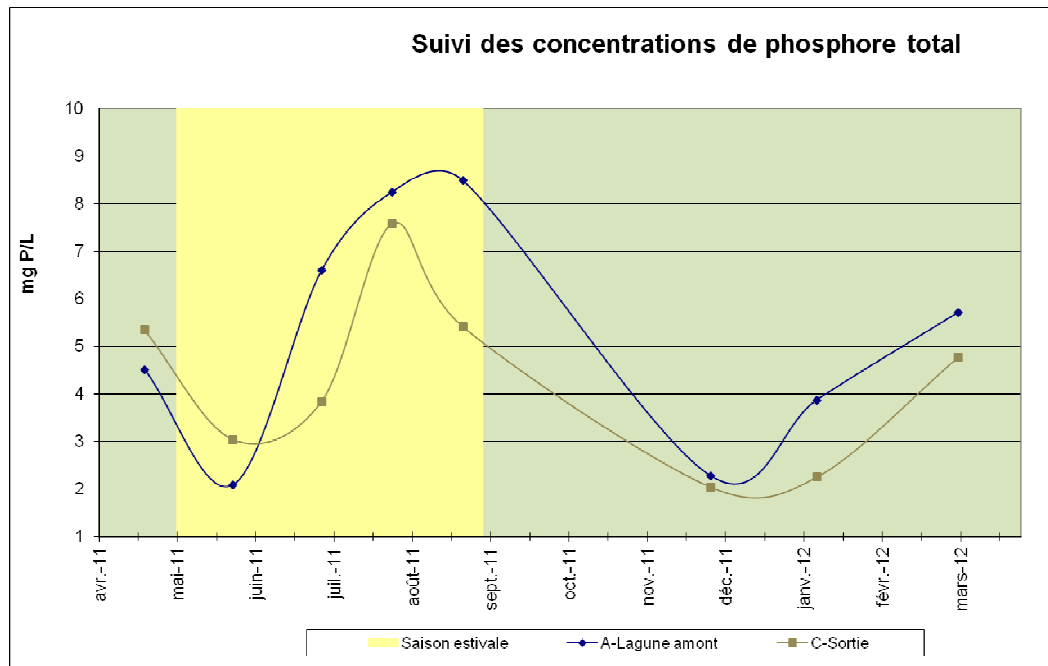
La concentration d'oxygène dissous mesurée en amont et aval du filtre planté justifie que le processus de nitrification est prédominant : l'oxygène disponible dans le massif granulaire n'est pas un facteur limitant : l'aération du massif reste suffisante pour satisfaire les conditions de nitrification. La consommation d'oxygène peut être imputable à la dégradation de la pollution particulaire et dissoute admise dans le filtre.



4. Impact sur les autres composantes des eaux usées

Tout au long du suivi réalisé, le filtre planté de roseaux permet d'abaisser de 1.3 log la charge en coliformes des eaux reçues et de 1.4 log celle des entérocoques. La charge microbienne en sortie du filtre planté de roseaux reste pour autant élevée pour un milieu sensible ($2,9 \times 10^4$ E.coli/100ml et $4,8 \times 10^3$ Entérocoques/100ml), ce qui justifie de ne pas rejeter vers le milieu hydraulique superficiel pendant la saison estivale.

Le traitement du phosphore par le filtre planté de roseaux est limité. L'abaissement de la concentration moyenne entre l'entrée et la sortie du filtre planté atteint seulement 11%.



La

fraction dissoute du phosphore mesurée en amont et aval est majoritaire, respectivement 72% et 78%. C'est d'ailleurs la forme dissoute qui est préférentiellement relarguée, ce qui tend à dire que le phosphore se stocke plutôt sous forme particulaire dans le filtre planté. Soumis à des transformations, celui-ci pourrait ensuite subir un lessivage et être éliminé du filtre sous une forme dissoute.

E. Conclusion

Le dispositif de filtre planté en aval de la lagune d'Octon est efficace mais peut justifier des améliorations pour éviter tout dépassement des niveaux de rejet, mêmes occasionnels.

L'IRSTEA (ex Cemagref), dans ses travaux portant sur l'association lagune et filtre planté de roseaux, justifie sur la base de la station d'épuration d'Aurignac (31), qu'il est possible, sous certaines conditions d'exploitation, d'associer une lagune de maturation ($6\text{m}^2/\text{EH}$) à un filtre planté de roseaux à écoulement vertical dimensionné à $1\text{m}^2/\text{EH}$.

A Octon, à charge nominale, la lagune est dimensionnée à $9\text{m}^2/\text{EH}$ ($10\,000\text{m}^2 / 1\,100\text{EH}$). Le filtre planté d'une surface de 900m^2 est dimensionné pour cette même charge nominale selon un ratio de $0.82\text{m}^2/\text{EH}$.

Pour 220EH, charge reçue actuellement ($22\% \times 1100\text{EH}$), la filière est largement dimensionnée et devrait permettre un traitement efficace de la charge entrante, ce jusqu'à atteindre 80% de la charge nominale (en vue de respecter la recommandation de l'IRSTEA sur le ratio de dimensionnement du filtre planté à $1\text{m}^2/\text{EH}$).

Pour autant, la baisse d'efficacité constatée peut-être liée à plusieurs facteurs :

- Phase d'alimentation/repos non respectée : on note en effet un dysfonctionnement des chasses hydrauliques qui suppose que les périodes de repos /alimentation ne sont sans doute pas respectées
- Surcharge hydraulique surfacique : compte tenu du défaut de la chasse, n'ya-t-il pas surcharge hydraulique sur la surface du filtre alimenté ($0\text{m}80$ sur le filtre en fonctionnement selon l'IRSTEA) ?
- Absence de filière d'extraction des boues primaires de la lagune de tête



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration
de nouvelles approches technologiques

STATION DE VERARGUES : DIGUE FILTRANTE



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et
Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



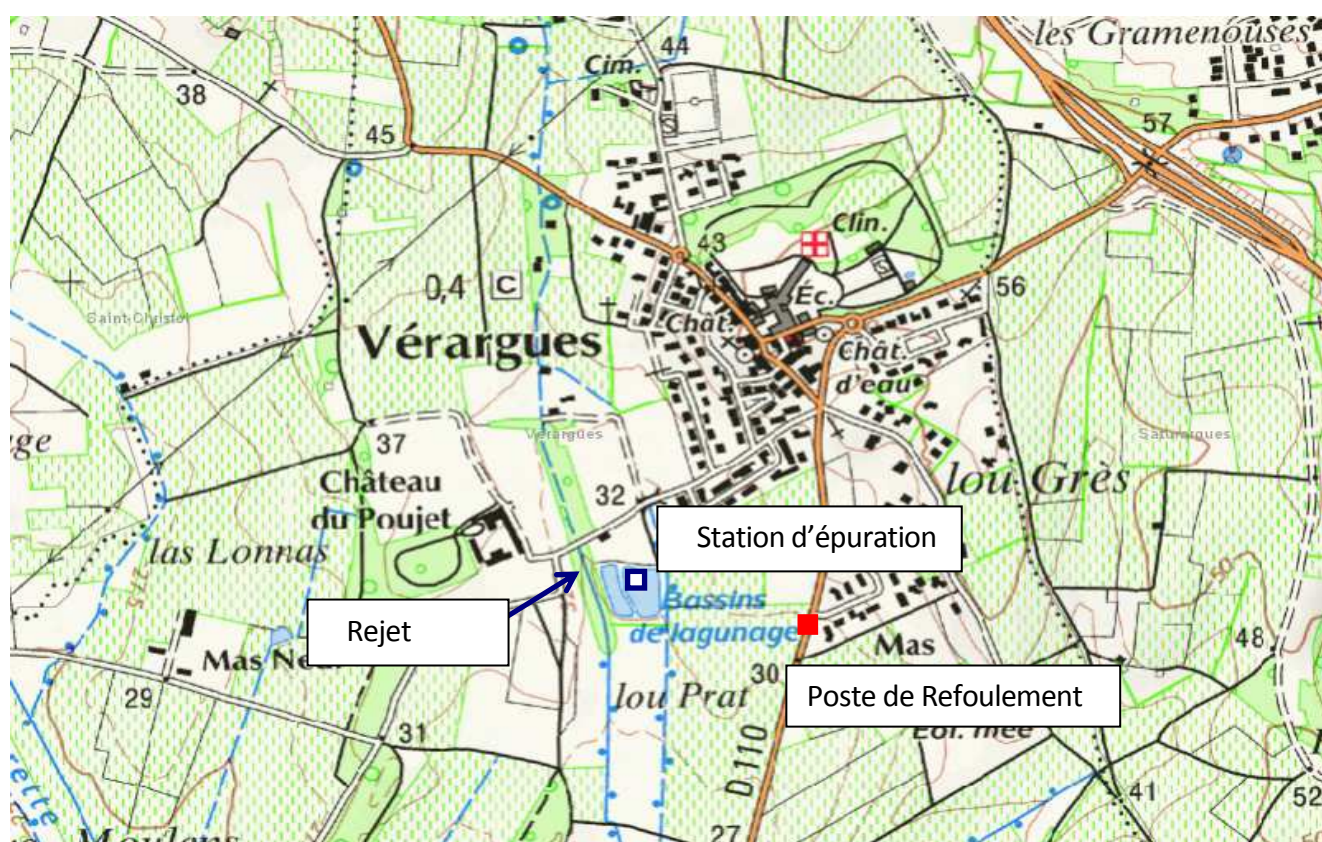
Sommaire

A.	Présentation de la station.....	3
1.	Carte de localisation de la station d'épuration :.....	3
2.	Descriptif Capacité	4
3.	Schéma de la station	5
B.	Bilan de fonctionnement de la station.....	6
C.	Mesures et observations in situ au cours du suivi.....	7
D.	Evaluation de l'impact de la digue filtrante sur l'amélioration du rejet algal.....	9
1.	Impact sur les matières en suspension	9
2.	Impact sur la pollution organique	10
3.	Impact de la digue sur les composés azotés.....	12
4.	Impacts sur les autres paramètres	12
E.	Conclusion.....	14

A. Présentation de la station

Commune :	Vérargues
Station d'épuration :	Vérargues (Bourg)
Date de mise en service :	01/09/2010
Code SANDRE :	06 09 34 330 002
Maître d'ouvrage :	Commune de Vérargues
Exploitant :	Régie municipale
Capacité équivalents habitants :	900 EH
Filière de traitement :	Lagunage + lagunage aéré

1. Carte de localisation de la station d'épuration :



Données SIG en Lambert RG 93 :

	X	Y
Station d'épuration	788458	6291156
Point de rejet dans le milieu récepteur	788374	6291058
Poste de relevage	788716	6290982

Réseau hydrographique (Milieu récepteur) : Les eaux épurées se rejettent dans le ruisseau Le Dardaillon puis dans l'Etang de l'Or.

2. Descriptif Capacité

Critères hydrauliques :

	Critères de dimensionnement
Débit moyen journalier :	177 m3/j
Débit de pointe horaire temps sec :	23,31 m3/h
Débit de pointe horaire temps de pluie :	24,71 m3/h

Critères de pollution :

	Kg/j	Ratios g/EH
Poids de DBO ₅	54 kg/j	60 g/EH
Poids de DCO	126 kg/j	140 g/EH
Poids de MEST	63 kg/j	70 g/EH
Poids de NTK	13,50 kg/j	15 g/EH
Poids de NH ₄	-	-
Poids de PT	2,70 kg/j	3 g/EH

Qualité du rejet :

	Concentration	Rendement
DBO ₅	35 mg/L	60 %
DCO		60 %
MEST		50 %
NTK		
NH ₄		
NO ₃		
NO ₂		
NGL		
PT		

3. Schéma de la station



B. Bilan de fonctionnement de la station

Sur la base des bilans menés par le SATESE de l'Hérault dans le cadre du programme d'auto-surveillance, nous établissons le bilan de fonctionnement de la station d'épuration de Vérargues pendant la période considérée (avril 2011 à mars 2012).

La station reçoit une charge hydraulique moyenne correspondant à 74% de sa charge nominale tandis que d'un point de vue de sa charge organique, la charge massique de DBO et de DCO entrant dans la station correspondent respectivement à 64% et 62% de la charge nominale. D'un point de vue des MES, le taux de charge entrant n'atteint que 58% de la charge nominale.

DBO	DCO	MES	Débit entrée
kg/j	kg/j	kg/j	m ³ /j
34,80	78,17	36,23	131.30

Valeurs moyennes entrée station

Considérant la charge réelle entrant dans la station, nous constatons que la station d'épuration de Vérargues respecte efficacement les rendements de traitement fixés par arrêté préfectoral

	DBO	DCO	MES
Charge massique en sortie (kg/j)	1,55	8,19	7,34
Abattement (Kg/j)	33,25	69,98	28,89
Rendement	96%	90%	80%

Débit de sortie (m³/j)

75.93

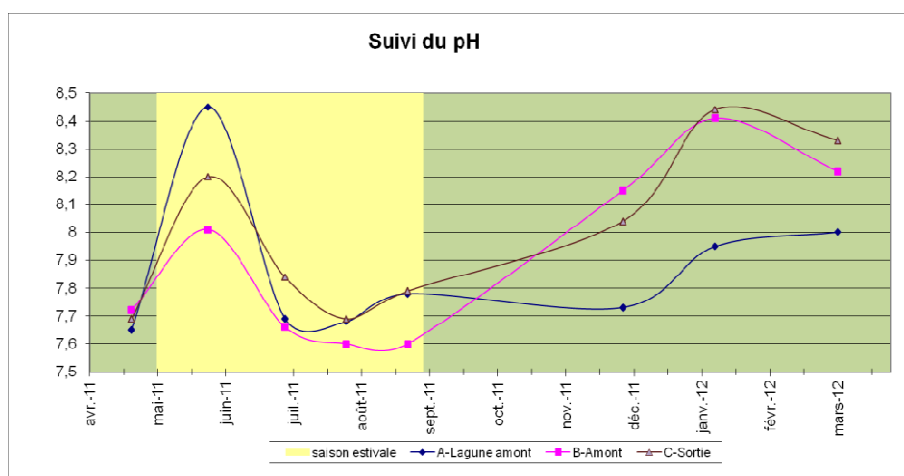
C. Mesures et observations in situ au cours du suivi

Au cours de la période allant d'avril 2011 à Mars 2012, la station d'épuration de Vérargues a fait l'objet d'un suivi poussé comprenant le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau en trois points précisés sur le schéma de station (cf Page 5).

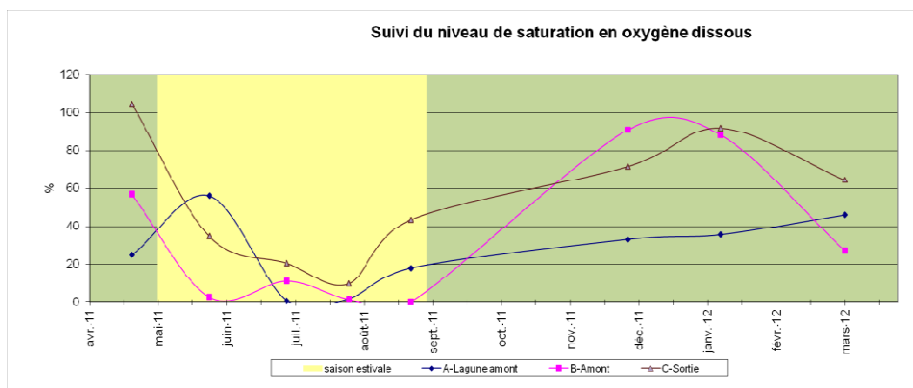
Au terme de chaque intervention, les résultats des mesures et observations réalisées ont été synthétisés dans un compte-rendu de visite (cf Annexe).

Suite à cette période de suivi, les informations remarquables sont présentées ci-dessous :

Aux différents points de mesure, le pH évolue dans une gamme comprise entre 7,5 et 8,5. A compter du mois de septembre, on note une élévation du pH vers la sortie de la station (amont digue filtrante et sortie station).

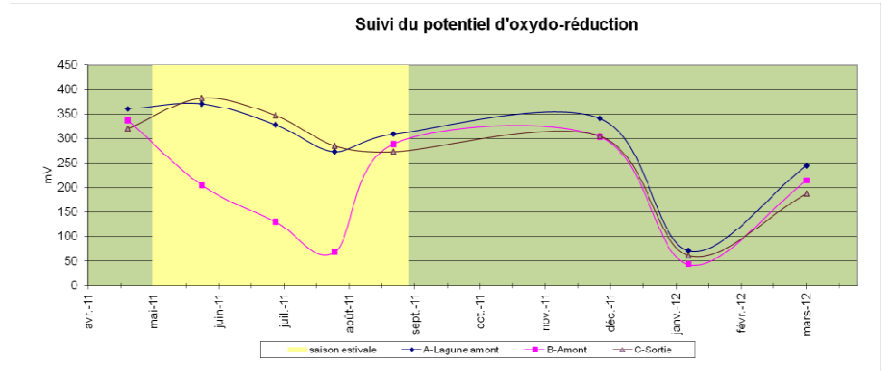


Le taux de saturation en oxygène dissous ne dépasse jamais 100%. Les valeurs relevées en sortie pourraient provenir des conditions de mesures et doivent être interprétées avec précaution (mesure dans le regard de sortie, à proximité immédiate d'une chute d'eau).



En amont de la digue, on note un taux d'oxygène dissous en augmentation en dehors de la période estivale alors que le taux d'oxygène dissous en sortie de la lagune amont (équipée de 2 hydro-éjecteurs) reste majoritairement en dessous du niveau de 40%

Le suivi du potentiel d'oxydo-réduction au sein du bassin n°2 indique des conditions oxydantes en entrée et sortie de ce bassin durant la majorité de la période suivie.



Pour autant, nous constatons que les conditions de milieu à proximité amont de la digue filtrante virent à l'anoxie au cours de la période estivale.

Au cours des campagnes de mesures, nous notons les points suivants :

La station de Vérargues, au moment des visites, fait l'objet de dégagements olfactifs remarquables. Ceci est en particulier lié au démarrage des aérateurs au moment où nous réalisons la visite (début de matinée).

A ce niveau, on peut poser la question de la bonne quantité d'aération appliqué dans la lagune amont, d'autant plus qu'en période estivale l'étage secondaire connaît des baisses significatives de son potentiel d'oxydoréduction, significatif d'une surcharge amont ou d'une demande en oxygène accrue par l'activité sédimentaire.

A partir de fin juin 2011, jusqu'à mars 2012, le niveau d'eau des lagunes a été relevé volontairement par l'exploitant pour empêcher le développement de lentilles d'eau. Si il n'a effectivement pas été constaté de développement important de lentilles, l'augmentation du niveau d'eau dans les bassins a eu pour conséquence de by-passer partiellement la digue filtrante (canalisation de by-pass en charge).

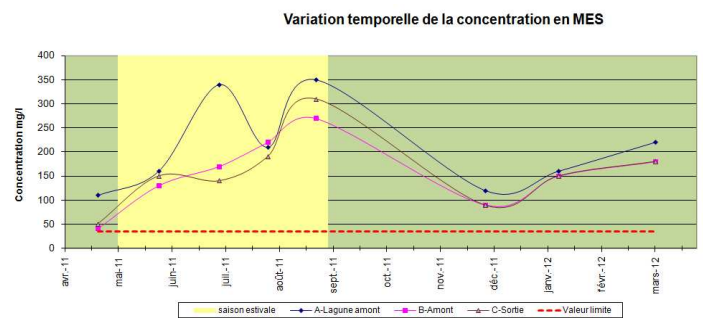
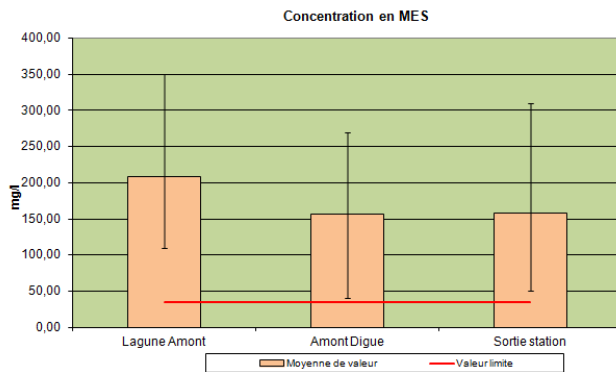


By-pass digue partiellement en charge (juillet 2011)

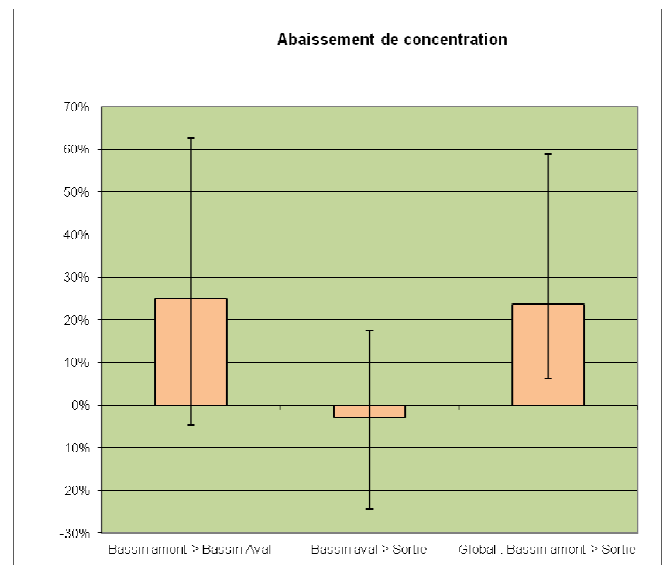
D. Evaluation de l'impact de la digue filtrante sur l'amélioration du rejet algal

1. Impact sur les matières en suspension

La concentration moyenne en MES issues des mesures réalisées pendant 1 an, au fil de l'eau évolue entre 209 mg/L (sortie de lagune aérée) et 157.5mg/L (Sortie station). Les valeurs mesurées sont supérieures au niveau de rejet autorisé quelque soit la période de l'année.



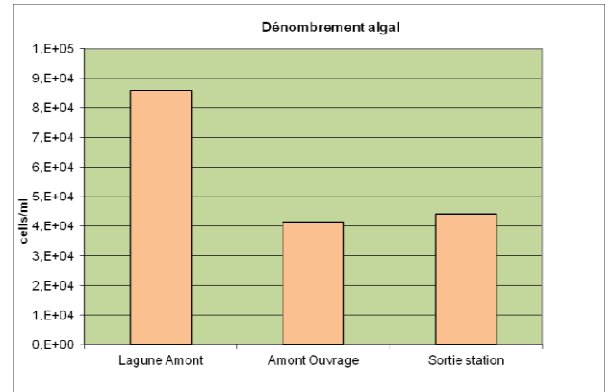
Les résultats des mesures de MES sur échantillons prélevés en amont de la digue filtrante et en sortie de la station révèlent des valeurs très proches, respectivement 156.4 mg/L et 157,5mg/L. Ainsi, l'impact de la digue filtrante sur les MES est inexistant. La baisse de concentration en MES mesurée en amont de la digue filtrante et en sortie est identique.



Le dénombrement algal réalisé pendant la période de suivi révèle une quantité élevée d'algues présentes quelque soit le lieu de prélèvement. Ce développement algal semble représenter une part élevée des concentrations en MES mesurées.

Date	A-Lagune amont	B-Amont	C-Sortie
25/05/11	20800	20300	11500
29/06/11	2080	8580	5500
27/07/11	21000	16500	7000
24/08/11	23500	15000	21500
11/01/12	164000	90800	112000
07/03/12	284000	97600	108000
Moyenne	85897	41463	44250

Dénombrement algal (cellules/ml)



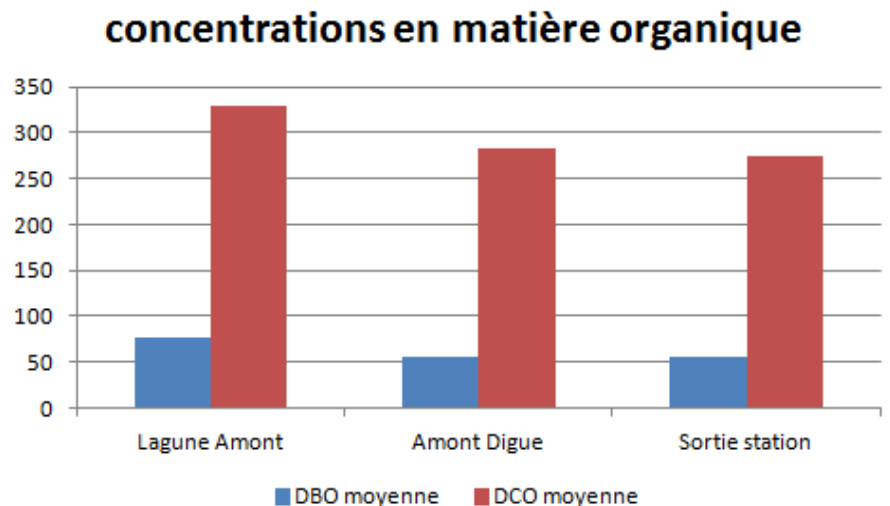
Echantillons prélevés le 27/07/11



Milieu récepteur (27/07/11)

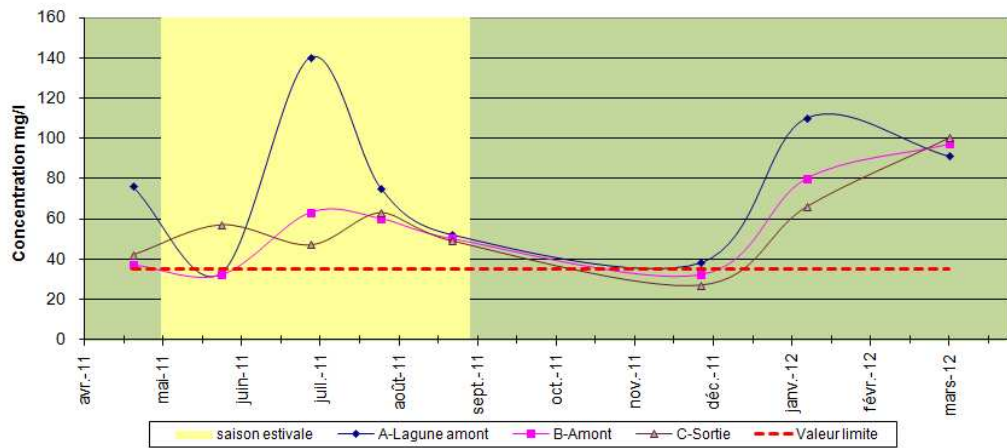
2. Impact sur la pollution organique

La digue filtrante ne révèle aucun impact sur l'abattement de la matière organique (DBO et DCO). En particulier, la moyenne des mesures de DBO sur 12 mois en amont de la digue et en sortie de la station sont rigoureusement identiques (56.4mg/L).

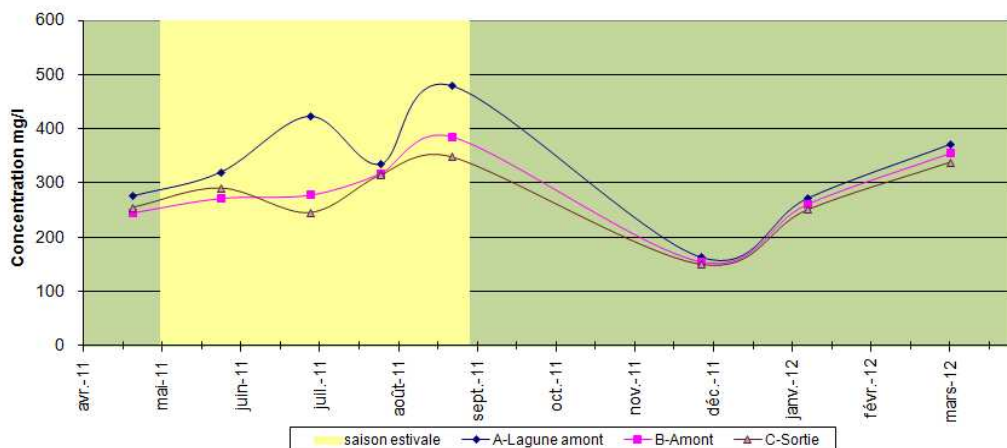


Au fil des mois, on ne constate pas d'effets remarquables lié à la digue filtrante sur la matière organique

Variation temporelle de la concentration en DBO

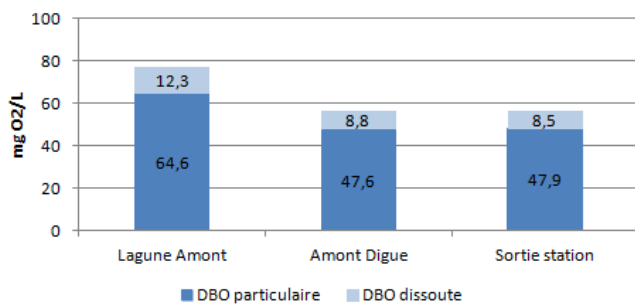


Variation temporelle de la concentration en DCO

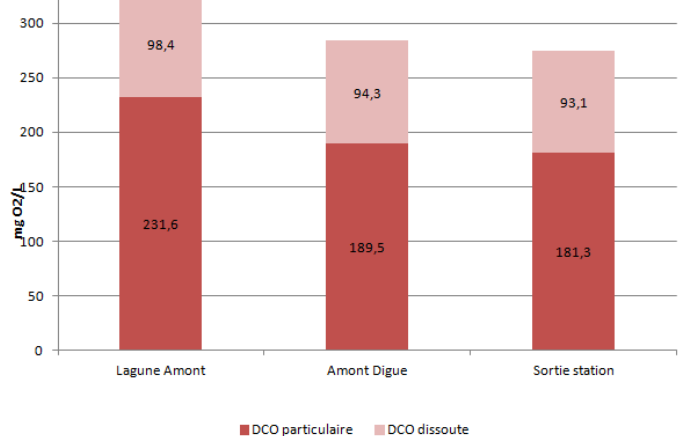


D'après les mesures de matières organiques (DCO et DBO), il apparaît que la pollution organique est majoritairement particulaire (cf graphiques ci-dessous). Cette répartition évolue peu au fil de l'eau.

Forme de la DBO en différents points de la flière de traitement



Forme de la DCO en différents points de la flière de traitement



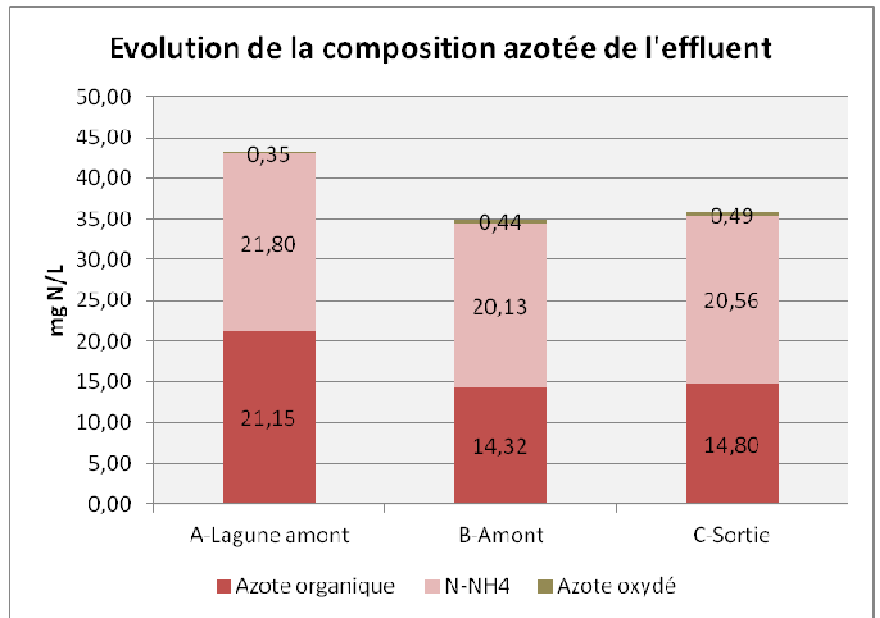
Ainsi, les matières en suspension retrouvées au fil de l'eau sont majoritairement organiques ; un lien avec la concentration algale mesurée est à considérer.

3. Impact de la digue sur les composés azotés

La digue filtrante ne présente aucun effet sur le paramètre azoté. En effet, on ne constate aucune variation significative des valeurs mesurées en amont et aval de cette digue, quelque soit le paramètre azoté considéré.

L'abaissement des concentrations d'azote, quelque soit la forme, entre la sortie du 1^{er} bassin et la sortie de la station

reste également limité (30% d'abaissement des concentrations d'azote organique, 17% d'abaissement des concentrations d'azote global).

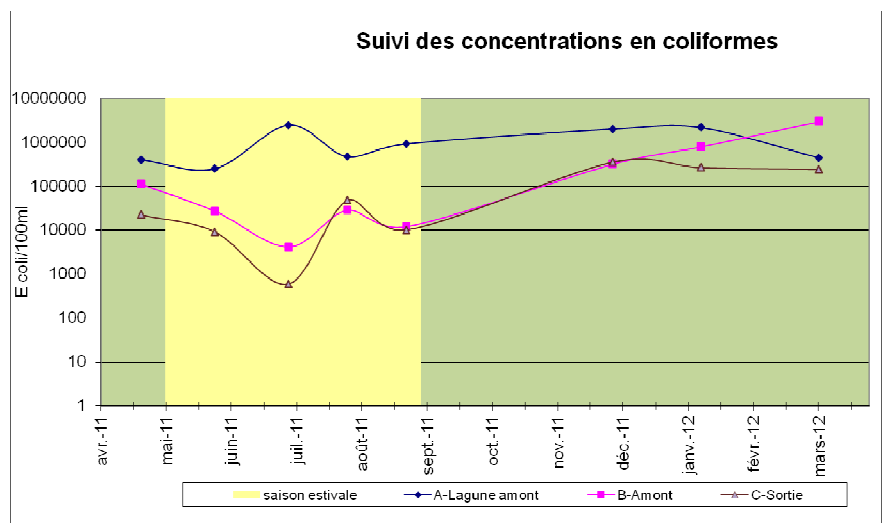


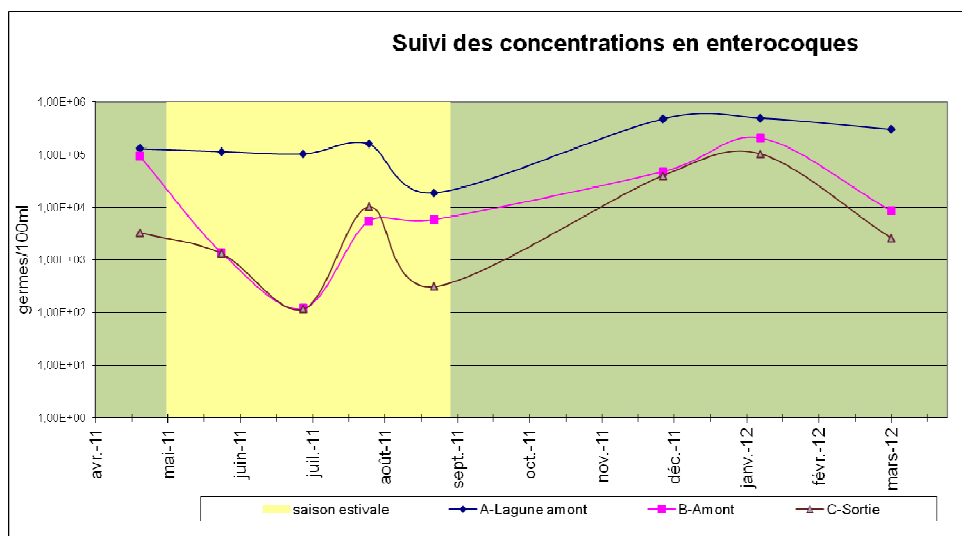
4. Impacts sur les autres paramètres

La pollution microbienne (E. coli et enterocoques) subit un abaissement de concentration entre la sortie de la lagune amont et la sortie de la station (

E. coli : 86% ;
Entérocoques : 80%).
L'impact de la digue filtrante reste néanmoins peu représentatif. En effet,

l'abaissement moyen de concentration entre l'amont de la digue et la sortie de la station atteint 87% en E. coli et 95% en entérocoques.



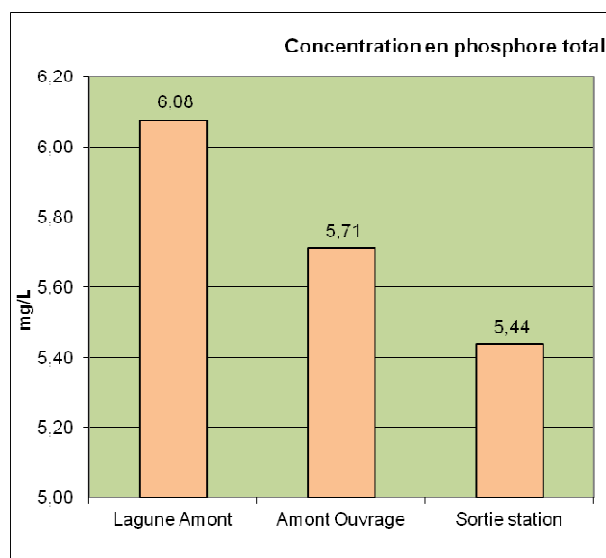


L'effet sur la pollution microbienne est remarquable en période estivale comme à l'accoutumée en lagune d'épuration. Pour autant, les concentrations en germes pathogènes en sortie de station restent élevées : 10^5 E.coli/100ml et $2 \cdot 10^4$ Enterocoques/100ml.

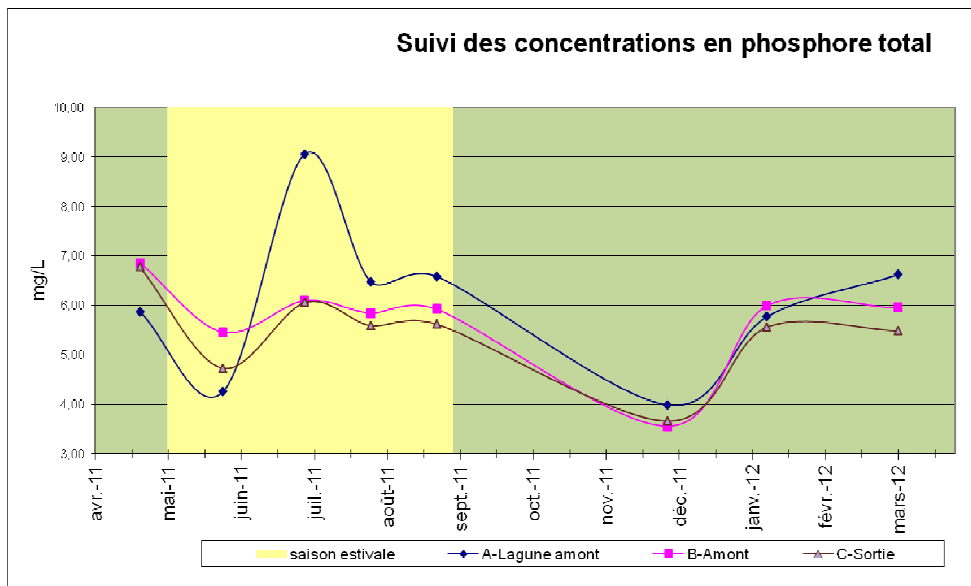
L'effet de la digue filtrante, par contre, ne semble pas significatif sur la bactériologie, quelque soit le germe considéré. En effet, en amont de la digue, les résultats d'analyses donnent $5.3 \cdot 10^5$ E.coli/100ml et $4.5 \cdot 10^4$ entérocoques/100ml ; en sortie les résultats sont de $1.2 \cdot 10^5$ E.coli/100ml et $2 \cdot 10^4$ entérocoques/100ml. Ainsi, l'abattement en germes pathogènes lié à l'usage de la digue filtrante n'est que de 40% pour les coliformes et seulement 30% pour les entérocoques, ce qui représente de très faibles niveaux d'abattement comparativement à ce qui se mesure habituellement en lagunage.

Il faut cependant rappeler que le court-circuit occasionné par le bypass partiel des eaux entre l'aval et l'amont de la digue pèse fortement sur la bactériologie quantifié en puissances de 10 : un court circuit de 10 % sur une eau amont à $5 \cdot 10^5$ bact/100 ml donne en aval $5 \cdot 10^4$ bact/100 ml. En admettant que l'abattement d'un bassin soit de 1 puissance de 10, on retrouve dans le bassin 10^5 bact/100 ml ($5 \cdot 10^4$ bact/100 lié au court-circuit + $5 \cdot 10^4$ bact/100 ml lié à l'abattement). Compte tenu de l'incertitude de mesure en bactériologie, on arrive à conclure à l'inefficacité d'un procédé. Ces hypothèses se vérifient sur l'évolution des dénombrements bactériens qui passent de significativement différents avant le by-pass à similaire par la suite.

L'effet de la lagune secondaire équipée d'une digue filtrante sur le phosphore est limité. L'abaissement de la concentration en phosphore total lié à cette lagune atteint 11% ; La part liée à la digue filtrante est peu représentative.



Au cours de la période de suivi, hormis en juillet, les concentrations de phosphore aux différents points de mesure évoluent peu.



E. Conclusion

La digue filtrante permet de sectoriser transversalement une lagune de manière à redistribuer les flux. Sa fonction première est d'améliorer l'abattement bactériologique. L'objet du suivi est de définir si l'ouvrage peut être efficace sur la diminution du rejet algal.

Fors est de constater que la digue filtrante installée à Vérargues n'induit aucun effet significatif, tant sur les paramètres bactériologiques que sur les autres variables suivies. Concernant le paramètre bactériologique, il ne doit pas être tiré de conclusions hâtives car l'incidence du by-pass partiel de la lagune influence de manière significative cette perte d'efficacité.

Le by-pass partiel de la digue peut, aussi, en partie être responsable du peu d'effet mesurable sur les MES et autres variables de l'épuration. Cependant, le peu de temps de séjour existant dans cet ouvrage explique aussi ce manque d'impact sur les variables chimiques et les MES.

De même, la structure même des sous-bassins aval et amont de la dernière lagune (temps de séjour, profondeur...) ne peuvent éviter la prolifération algale.

Les digues filtrantes seules ne sauraient être utilisées pour l'élimination de la prolifération algale dans les lagunes d'épuration. Néanmoins, leur facilité de mise en œuvre pourrait indiquer leur usage pour l'installation d'autres structures plus efficaces comme les couvertures végétalisées ou non.



Amélioration du rejet des lagunes d'épuration *Effets sur les matières en suspension et la production algale*



Un programme d'essais et de démonstration de
nouvelles approches technologiques

CONCLUSION



Conseil Général de l'Hérault
Pôle Environnement, Eau, Cadre de vie et Aménagement rural
Département de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Hôtel du Département
1000, rue d'Alco
34087 MONTPELLIER CEDEX 4



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
2-4, allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07



L'étude menée sous maîtrise d'œuvre du Conseil Général de l'Hérault a été engagée au 1^{er} décembre 2010. Après une période préparatoire et d'installation des équipements (en particulier sur la station d'épuration de Saint Vincent de Barbeyrargues), le suivi des 4 sites mettant en œuvre 5 techniques sélectionnées sur leur potentiel à réduire le rejet algal de stations de lagunages a été effectué sur 12 mois au travers de la réalisation de 8 campagnes de mesures et prélèvements.

Ces techniques ont toute pour objectif de modifier les facteurs influençant le développement algal :

Le Filtre rocheux dont l'objectif est la privation du rayonnement lumineux pour éviter la production chlorophyllienne, associé à un phénomène de sédimentation au sein du massif granulaire

La structure flottante végétalisée associant l'occultation et la filtration par le réseau racinaire avec pour intérêt d'être simple à mettre en œuvre et de participer à développer l'écosystème épurateur.

Le Filtre planté de roseaux dont le mode d'écoulement au sein du massif granulaire permet de filtrer les suspensions algales qui seront alors digérées par les micro-organismes présents

La digue filtrante dont l'enjeu principal est de segmenter les lagunes pour en modifier les caractéristiques hydrauliques et l'écosystème épurateur

Le chenal de suroxygénation dont l'idée est de créer des conditions provoquant la lyse de cellules vivantes dont les cellules algales qui décanteront et permettront la clarification de l'eau.

Les stations d'épuration communales ayant participé à ce programme d'essais, hormis le fait de toutes utiliser la technique de lagunage comme procédé épurateur principal, ne sont pas comparables. En effet, de nombreux paramètres sont propres à chaque station tels que :

- La capacité nominale
- Le taux de charge réellement reçue
- La qualité des effluents entrant (effluents domestiques, effluents issus d'activités artisanales, agro-alimentaires ou industrielles,...)
- La conception de la station (lagunage 1 bassin, lagunage naturel, lagunage aéré, etc...)
- ...

Ainsi, les résultats obtenus issus du suivi des technologies d'amélioration du rejet algal ne peuvent pas être comparés du fait de conditions de mises en œuvre spécifiques à chaque station. Il s'agit ici donc d'analyser chaque filière indépendamment et de définir leur potentiel vis-à-vis de critères communs. Ainsi, dans un souci d'application de techniques adaptées, le choix pourra être orienté selon les critères spécifiques de la station d'épuration dont l'objet sera d'améliorer les rejets algaux.

Le tableau ci-dessous explicite les critères exploitables pour lesquels chaque technique peut être notée.

Technique	Condition de charge amont	Condition du test	Résultat MES	Résultats Dev. algal	Résultat autres variables
Filtre rocheux	++	+++	+++	++	+++
Lit planté de roseaux	+++	++	++	+++	++
Radeau végétalisé	++	--	+	++	+
Digue Filtrante	++	+	-	-	-
Chenal de suroxygénation : technique à mettre au point					

Le critère « **condition de charge amont** » exprime la charge organique à laquelle le dispositif étudié peut-être mis en œuvre ainsi que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau amont.

Le critère « **condition du test** » classe la technique concernée d'après les conditions du suivi. A titre d'exemple, le radeau végétalisé est classé « - » du fait que de nombreux artefacts (lentilles d'eau, aération intermittente,...) sont venus perturber l'essai, empêchant d'avoir un avis précis sur cette technique.

Le critère « **Résultat MES** » apporte un classement vis-à-vis de l'impact sur les matières en suspensions dont les micro-algues.

Le Critère « **Dev. algal** » estime l'effet de chacun des dispositif testé d'après les comptages algal menés au cours de l'étude

Le critère « **Résultat autres variables** » apporte un classement vis-à-vis des autres variables spécifiques de l'épuration (matières organiques, azote phosphore, germes pathogènes...).

Le tableau ci-dessous détaille l'impact du dispositif sur ces autres variables

Technique	Impact sur la pollution organique	Impact sur la pollution azotée	Impact sur la pollution phosphorée	Impact sur la pollution microbiologique
Filtre rocheux	+++	+++ (dénitrification)	-	+
Lit planté de roseaux	++	++ (nitrification)	-	-
Radeau végétalisé	+	- (ammonification à l'amont)	-	-
Digue Filtrante	-	-	-	++
Chenal de suroxygénation : technique à mettre au point				

Ainsi, les techniques extensives existent pour limiter les MES en sortie de lagune d'épuration.

L'étude dégage :

- ✓ 2 techniques applicables :
 - Le filtre rocheux
 - Le lit planté de roseaux à écoulement vertical
- ✓ 1 technique perfectible :
 - Le radeau végétalisé. Cette technique, mise en œuvre spécifiquement pour les essais et adapté au domaine de l'épuration des eaux usées a prouvé qu'elle était potentiellement intéressante mais doit pour cela être optimisée d'un point de vue de la structure mise en œuvre entre autre.
- ✓ 2 techniques inefficaces
 - Le chenal de suroxygénation : exige une adaptation de la technique
 - La digue filtrante

Au regard du suivi réalisé pendant 18 mois et à la lumière de l'étude menée sur ces différentes techniques, plusieurs préconisations visant à fiabiliser ou améliorer leur fonctionnement peuvent être apportées. Ainsi :

On notera à titre de remarque générale, que quelque soit le dispositif mis en œuvre pour réduire les rejets algaux, l'étage de finition doit rester dans des conditions suffisamment oxydantes pour éviter le fonctionnement anaérobie pouvant provoquer des dysfonctionnements, des nuisances olfactives ou la réémergence de suspensions. Les dispositifs tels que le rockfilter ou le radeau végétalisé seront alors favorablement mis en application en aval de lagunes aérées voire brassées.

Le radeau végétalisé doit assurer un rôle de filtration au travers de l'espace racinaire. Ainsi, il est indispensable de favoriser le développement racinaire des hélophytes installées sur la structure flottante, en perçant voire en retirant le géotextile situé en sous-surface des géonattes prévégétalisées

La mise en œuvre d'un filtre rocheux doit s'attacher à éviter tout développement végétal en sélectionnant avec attention les granulats utilisés et en évitant tout support terreux pouvant provoquer l'implantation d'un couvert végétal.

Une attention particulière devra être considérée en ce qui concerne le chenal de sortie des eaux du rockfilter. En effet, le temps de séjour des eaux au sein de ce chenal est propice au développement algal, ce qui provoque une recontamination du milieu récepteur. Un drain (PVC fendu) placé au sein du canal pourra alors assurer un rejet des eaux issues du rockfilter en limitant efficacement le développement algal.

L'installation d'un filtre planté de roseaux en aval d'un lagunage pâtit d'une période de développement des conditions de fonctionnement trop longue : précolmatage pour optimiser la répartition des eaux en surface, développement d'une microflore adaptée,... Afin de réduire cette période de mise en charge, l'usage de matériau tel que la paille, le compost, ou le BRF (Bois Raméal Fragmenté), réparti en surface du massif granulaire pourra permettre d'optimiser dès le départ la répartition des eaux en surface et favoriser le développement de la population bactérienne de cet écosystème.

Ainsi, l'intégration de ces technologies dans les procédés de lagunage fait donc appel à une bonne connaissance des ces écosystèmes épurateurs.

D'autres techniques issues des recherches bibliographiques semblent également présentées un potentiel d'efficacité vis-à-vis des rejets d'algues vers le milieu naturel. Il s'agit de :

- ✓ La couverture synthétique des lagunes
- ✓ Le Filtre rocheux aéré
- ✓ La gestion des rejets
- ✓ La précipitation au sein des bassins
- ✓ L'épandage
- ✓ La zone humide artificielle :
 - Le lit planté de roseaux horizontal
 - La lagune à macrophytes

Marché 10/M0488
Amélioration du rejet algal des lagunes d'épuration

ROCK Filter					
	Longueur (m)	largeur (m)	Surface (m ²)	Profondeur (m)	Volume (m3)
Dimensions	77	48	3700	0,97	3589
PU HT	Min	Max	Quantité	Total Min	Total Max
Granulats	40,00 €	50,00 €	3589	143 560 €	179 450 €
Géotextile	3,50 €	4,50 €	4011	14 038 €	18 049 €
Terrassement	6,50 €	7,50 €	3589	23 329 €	26 918 €
raccordements hydrauliques	56 800,00 €	56 800,00 €	1	56 800 €	56 800 €
Total HT, hors conception et MOE*				237 726 €	281 216 €
Montant HT/EH				53 €	62 €

* Montant annoncé dans le dossier de déclaration Sogreah (2006) : 290K€

Digue Filtrante					
	Longueur (m)	largeur (m)	Surface (m ²)	Profondeur (m)	Volume (m3)
Dimensions	30	3,3	99	1	99
PU HT	Min	Max	Quantité	Total Min	Total Max
Granulats	50,00 €	60,00 €	99	4 950 €	5 940 €
Géotextile	3,50 €	4,50 €	109	381,15 €	490,05 €
Travaux préparatoire (vidange, curage etc...)	5 000,00 €	8 000,00 €	1	5 000,00 €	8 000,00 €
Total HT, hors conception et MOE				10 847,71 €	15 440,15 €
Montant HT/EH				12 €	17 €

Filtres plantés de roseaux					
	Surface (m ²)	900			
	nb casiers	4			
	nb de chasses	2			
	Capacité (EH)	1100			
Coût unitaire estimé/EH	Min	Max	Qté		
	150,00 €	250,00 €	1100	165 000,00 €	275 000,00 €

Radeaux Végétalisés	
Surface (m ²)	700
Capacité (EH)	800
Aération (u)	1
Coût filière expérimentale + hydropulse	53 700 €
Coût unitaire /EH	67 €

Montant du marché (euros HT)						
	Radeaux Végétalisés	Rockfilter	Digue filtrante	FPR	Chenal de Surox.	total
Equipement	58 245,00 €				10 037,00 €	68 282,00 €
Entretien	2 665,00 €				800,00 €	3 465,00 €
Suivi expérimental	4 000,00 €	4 000,00 €	3 300,00 €	3 000,00 €	4 263,00 €	18 563,00 €
Ingénierie, Etude, Reporting						5 600,00 €
total des coûts externes	64 910,00 €	4 000,00 €	3 300,00 €	3 000,00 €	15 100,00 €	95 910,00 €

Prestations laboratoire départemental (LDV tarif interne CG34)								
Suivi analytique	Radeaux Végétalisés	Rockfilter	Digue filtrante	FPR	Chenal de Surox.	total	PU HT	Montant HT
Frais de prépartaion (avec flaconnage)	24	24	24	16	12	140	7,74 €	1 083,60 €
E. coli	24	64	24	16	12	140	28,77 €	4 027,80 €
Enterocoques	24	64	24	16	12	140	28,77 €	4 027,80 €
Matières en suspension	24	64	24	16	12	140	12,28 €	1 719,20 €
Phosphore total	24	64	24	16	12	140	18,80 €	2 632,00 €
Phosphore total filtré	24	64	24	16	12	140	18,80 €	2 632,00 €
Turbidité	24	64	24	16	12	140	3,86 €	540,40 €
DBO	24	64	24	16	12	140	25,47 €	3 565,80 €
DBO filtrée	24	64	24	16	12	140	30,38 €	4 253,20 €
DCO	24	64	24	16	12	140	22,48 €	3 147,20 €
DCO filtrée	24	64	24	16	12	140	27,39 €	3 834,60 €
NTK	24	64	24	16	12	140	28,62 €	4 006,80 €
NH4	24	64	24	16	12	140	12,28 €	1 719,20 €
NO3	24	64	24	16	12	140	12,28 €	1 719,20 €
NO2	24	64	24	16	12	140	12,28 €	1 719,20 €
Comptage algal	18	60	18	12	12	120	30,00 €	3 600,00 €
total								44 228,00 €

Personnel interne CG34				
	Temps passé (h)	Homme/jour	PU HT	Montant HT
Montage projet	155	20,0	400,00 €	7 993,81 €
Ingénierie, Etude, Reporting	171	22,1	400,00 €	8 832,00 €
Echantillonnage 4 campagnes (Lespignan)	16	2,1	400,00 €	825,81 €
total personnel CG34				17 651,61 €

total des coûts internes (Analyses + Personnel) CG34	61 879,61 €
---	--------------------

Coût total de l'étude	157 789,61 €
------------------------------	---------------------