

Ecole Normale Supérieure

CERES-ERTI

Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société
Environmental Research and Teaching Institute

ATELIER L'EAU - Qualité vs Quantité

1^{er} semestre - Année 2012-2013

Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort

Félix Marsault, Bruno Naylor, Antoine Reigue

24 rue Lhomond 75005 Paris
www.environnement.ens.fr

Contents

Introduction	3
1 Historique de la station de lagunage de Rochefort, spécificité des marais	3
1.1 Prise de conscience de la nécessité de la valorisation des marais	3
1.2 Optimisation des usages des marais autour de la station de lagunage	5
1.3 Intérêts des zones humides	5
2 Fonctionnement de la station de traitement des eaux usées de Rochefort	5
2.1 Le prétraitement	6
2.1.1 Le dégrillage	6
2.1.2 Le dégraissage	6
2.1.3 La décantation / méthanisation	7
2.2 Le traitement biologique : les lagunes	7
3 Impacts de station	10
3.1 Impact économique	10
3.2 La maîtrise de l'énergie	11
3.3 Un site majeur pour les oiseaux	11
3.4 Intégrations de la station dans la vie des Rochefortois	11
Conclusion	11
Références	12

Introduction

Depuis longtemps, l'eau a été utilisée pour le nettoyage des villes et de ses habitants. Sous l'Ancien Régime, des porteurs d'eau étaient chargés de son transport jusqu'aux habitants. En 2011, ce sont 98,5 % des Français qui ont accès à l'eau potable à leur domicile. L'eau utilisée n'est plus potable; elle s'est chargée de différentes impuretés solides ou dissoutes. Le rejet de ces eaux, dites "usées" dans l'environnement est source de pollutions. Avec l'augmentation constante de la population des zones urbanisées s'est posé le problème de l'évacuation et du traitement des eaux usées.

Dès 1790, les communes sont responsables de la salubrité de leurs eaux. En 1964 sont votées en France les lois sur l'eau qui imposent l'implantation des stations d'épuration et la création des agences de l'eau pour garantir la qualité de l'eau rejetée dans le milieu naturel. Toute collectivité locale de plus de 2 000 habitants doit alors disposer d'une installation de collecte et de traitement des eaux usées.

Aujourd'hui, 55 % du coût de l'eau représente le prix de son assainissement. Il existe deux types de procédés de traitement : les filières intensives constituées par les stations d'épuration "classiques" et les filières extensives dont fait partie le lagunage.

Les techniques d'épuration élaborées ont un coût qui peut être élevé pour de petites communes par exemple. D'un autre côté, la tendance actuelle est à encourager les initiatives en faveur du développement durable. De cette manière, on comprend que les techniques de lagunage soient apparues et aient continué à se développer. Actuellement, il existe plus de 3000 sites de lagunage à travers la France.

Nous nous sommes intéressés au cas de la station de lagunage de Rochefort. Dans quel contexte elle a vu le jour ? Comment fonctionne la station ? Quels ont été les impacts de la station sur la vie des Rochefortais ? Quel bilan peut-on en tirer sur les avantages et inconvénients de ce mode de traitement des eaux usées ?

Ce travail nous a permis dans un premier temps de découvrir comment se décide l'implantation de ce type de station et comment a procédé la commune pour mettre en place cet aménagement. Ce processus prenant place sur plusieurs dizaines d'années est un exemple de conciliation entre les préoccupations écologiques et les contraintes de l'urbanisme. Dans la seconde partie, nous nous sommes concentré sur l'aspect technique de la station en mettant en évidence la présence de deux étapes principales dans le traitement de l'eau : le prétraitement et le traitement biologique permettant d'obtenir une eau de type "eau de baignade". Enfin nous avons constaté que la station de lagunage de Rochefort est parfaitement intégré au projet urbain.

1 Historique de la station de lagunage de Rochefort, spécificité des marais

1.1 Prise de conscience de la nécessité de la valorisation des marais

Les marais à proximité de la ville, sans fonction pendant la majeure partie du XXème siècle et longtemps considérés comme insalubres et sans intérêt économique, sont un poids mort dans la volonté de croissance de la commune. Cela ne fut pas toujours le cas, puisque ces mêmes marais ont été à l'origine de la création d'un arsenal à Rochefort au XVIIème siècle, participant grandement à la prospérité de la ville durant cette période. A partir des années 1980 commence à naître chez les responsables politiques une volonté de revalorisation de cet espace périurbain. En effet, les marais périurbains couvrent 28 % du territoire de la commune, soit une superficie de 500 ha, et empêchent le développement de la ville vers le sud (risque de submersion marine, zones inondables). Seulement 32 % de cette superficie est possédée par la commune, soit 163 ha de marais pouvant être aménagés directement par la ville.

En 1987, une extension de la station de traitement des eaux usées est réalisée, fonctionnant sur le principe du lagunage extensif. 70 ha de marais vont ainsi trouver une nouvelle fonction par la création de 5 lagunes, d'une superficie totale de 35 ha, et par des aménagements environnementaux favorisant la biodiversité, pris en charge par la Ligue pour la Protection des Oiseaux.

Suite à la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, le territoire a été intégré au SDAGE Adour Garonne et reconnu comme "milieu aquatique remarquable à maintenir". C'est pourquoi le but à long terme de cette entreprise est de préserver la zone humide en l'intégrant au cœur du projet urbain. Cette volonté est en partie due à la prise de conscience qu'en France, 67 % des zones humides ont disparu depuis le début du XXème siècle, en grande partie à cause de l'urbanisation. L'assèchement des zones humides au profit de

la construction de zones habitables est un facteur de conflit avec les associations écologistes. En effet, alors que les zones humides représentent des espaces à fort enjeu écologique, elles font partie des milieux naturels les plus dégradés et les plus menacés au monde.

C'est pourquoi l'exemple de la station de Rochefort est si important: il montre un type de traitement des eaux usées qui permet de mettre en valeur une utilisation harmonieuse des zones humides aux portes de la ville, en conciliant préservation de l'environnement et urbanisation.



Figure 1: Vue aérienne de la station de lagunage de Rochefort. La zone entourée en rouge correspond à la réserve naturelle créée en 1991.

1.2 Optimisation des usages des marais autour de la station de lagunage

Dès le début des années 1990, coïncidant avec le regain d'intérêt porté aux marais avec la création de la station de lagunage en 1987, se pose la question des fonctions multiples pouvant être attribuées aux marais.

En 1991, la ville crée une mission d'éducation à l'environnement baptisée " Objectif Nature " et met en place une structure d'accueil du public sur le site de la station. De plus, le partenariat décidé dès le début avec la Ligue pour la Protection des Oiseaux permet de conserver une réflexion importante sur la biodiversité et l'écologie du lieu. Le site accueille actuellement environ 10000 personnes par an dont 7000 scolaires, remplissant bien le rôle éducatif attribué par la mission.

En 1998, la ville prend la décision d'installer un agriculteur sur le site, en collaboration avec la LPO et la chambre d'agriculture, sur une surface de 20 ha. Elle met aussi à disposition les instruments nécessaires à l'élevage (barrières, pas, parc de tri...)

En 1999, l'installation d'équipements dédiés à l'accueil du public renforce l'attractivité du site à l'égard des habitants de Rochefort. Des belvédères ont été installés le long de la Charente, des passerelles et des chemins ont été aménagés pour faciliter les promenades et un observatoire en libre service a été monté pour observer les oiseaux présents dans les bassins réservés à la LPO.

1.3 Intérêts des zones humides

Trois fonctions majeures sont assurées par les zones humides : une fonction hydrologique, une fonction biogéochimique et une fonction écologique.

Les zones humides jouent généralement un rôle de régulation du cycle de l'eau. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge. Elles se gorgent d'eau en période humide et la restituent progressivement. Les débits maximum sont donc diminués à l'aval, tandis que les débits minimum sont relevés. Ce mécanisme permet de prévenir les crues et d'éviter de trop longues périodes de sécheresse en aval des zones humides. Elles permettent aussi de stabiliser et de protéger les sols : la végétation, adaptée à ce type de milieu fixe les berges et les rivages. Elle participe à la protection des terres contre l'érosion et freine la vitesse du courant lors de crues.

L'eau qui alimente les zones humides apporte souvent de grandes quantités de matières minérales : sable, limon, nitrates ou pesticides... Ces matières sont, selon les cas, stockées ou transformées dans les zones humides. On assiste donc à un phénomène d'auto-épuration de l'eau traversant ces zones humides. C'est ce processus qui est exploité et amélioré dans les stations de lagunage et qui sera explicité dans la prochaine partie.

Les zones humides sont enfin un réservoir d'espèces et sont indispensable à la conservation de la biodiversité. Grâce à l'abondance de l'eau et des matières nutritives, les milieux humides connaissent généralement une production biologique intense. Les marais figurent parmi les milieux les plus productifs de la planète, en quantité de matière organique produite, comprenant par exemple le phytoplancton dont pourront se nourrir les oiseaux. De plus, on retrouve dans ces zones toutes les facettes de la biodiversité. Les milieux humides abritent un très grand nombre d'espèces animales et végétales. Ainsi, en France, 30% des espèces végétales remarquables et menacées vivent dans les milieux humides, environ 50% des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones. La biodiversité est par ailleurs le support de différentes activités : pêche, observation de la nature... La diversité des espèces est un gage de stabilité et de bon fonctionnement des écosystèmes car un milieu riche en espèces résiste mieux aux perturbations qu'un milieu appauvri.

2 Fonctionnement de la station de traitement des eaux usées de Rochefort

La station de lagunage de Rochefort traite, comme son nom l'indique, l'eau de la ville de Rochefort qui y est acheminée via les égouts. Elle s'étend sur une surface de 35 hectares en bordure du fleuve de la Charente. Elle reçoit les eaux usées souillées par les déchets suivants : restes de nourritures, papiers, produits ménagers (savon, lessive), graisses, terre, sable, excréments... Le processus de traitement se décompose en deux parties : l'une mécanique (prétraitement), l'autre biologique. Nous nous proposons dans un premier temps de détailler le prétraitement de l'eau qui consiste à éliminer les déchets solides,

les graisses et la boue. Dans une seconde partie nous nous concentrerons sur le traitement biologique en explicitant le mode de fonctionnement des différentes lagunes.

2.1 Le prétraitement

2.1.1 Le dégrillage

La première étape du prétraitement est le dégrillage (cf fig. 2), qui permet de séparer les déchets solides (papiers et plastiques essentiellement) des eaux usées qui arrivent à la station. Un râteau vient régulièrement débarrasser ceux-ci de la grille. Ces papiers et plastiques sont ensuite collectés pour être envoyés en centre de tri.



Figure 2: Etape de dégrillage

2.1.2 Le dégraissage

Vient ensuite l'étape du dégraissage : un bulleur (cf fig. 3) permet de faire mousser les eaux usées et sépare les particules légères des particules lourdes. Les graisses (les particules légères qui remontent à la surface et constituent la mousse) sont ensuite récupérées et incinérées.



Figure 3: Le bulleur

Les particules lourdes (on peut y trouver notamment du maïs et des pépins de tomate, non digérés, ainsi que du sable et de la terre) sont récupérées (cf fig. 4a), rejoignent la vis sans fin (cf fig. 4) et seront ensuite stockées en installations de stockage des déchets. Il reste alors dans la cuve la partie " liquide ", qui est en fait une sorte de boue.

Contrairement à l'image que l'on peut avoir des stations d'épuration, ces deux étapes sont les seules où l'on peut sentir une odeur nauséabonde à proximité des cuves. La récupération des déchets solides

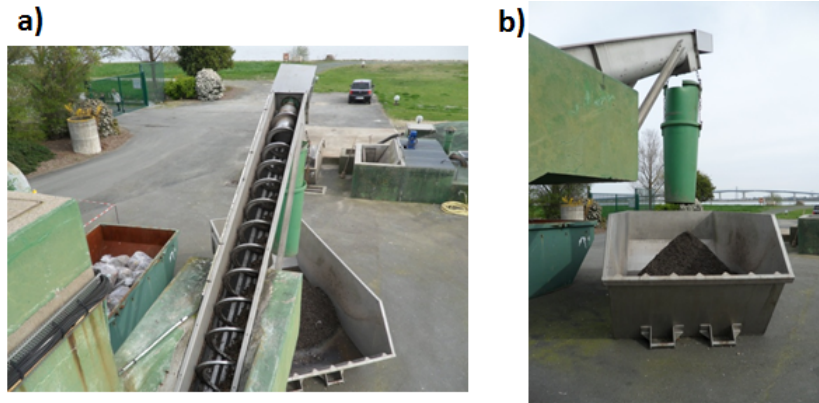


Figure 4: Photos de la station montrant le traitement des particules lourdes. (a) La vis sans fin. (b) Les particules lourdes récupérées

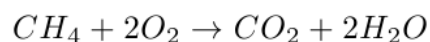
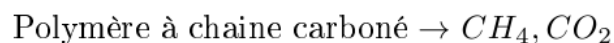
et la collecte des graisses suivent un rythme qui s'adapte en fonction du débit d'eaux usées arrivant à la station de lagunage.

La station de Rochefort est particulière car les eaux usées arrivent gravitairement, c'est-à-dire que ce sont uniquement les pentes naturelles qui permettent de les récupérer.

2.1.3 La décantation / méthanisation

Les boues " humides " récupérées sont ensuite envoyées dans le décanteur primaire, qui permet de séparer la boue de l'eau. Cette boue part ensuite dans un digesteur, où la température est de 35 à 40 ° C. Cette température est due à la fermentation méthanogène en présence de bactéries anaérobies. Le méthane formé, qui est un gaz à effet de serre, est ensuite traité (obligation légale) pour redonner du dioxyde de carbone et de l'eau par combustion. Ces réactions sont décrites ci-dessous.

De plus, le tuyau de diamètre important contenant la boue qui fermente est entouré d'un serpentin dans lequel circule de l'eau en circuit fermé. Cette eau récupère la chaleur produite et permet de créer de l'électricité, nous y reviendrons plus en détail dans la section Impacts économiques.



Méthanisation. La première réaction décrit la production de méthane. La deuxième (réaction de combustion) est une réaction exothermique et donc il y a production de chaleur.

2.2 Le traitement biologique : les lagunes

L'eau décantée est dirigée vers les lagunes où a lieu le traitement biologique. Celui-ci a pour but principal l'élimination des excédents d'azote, de phosphore et de matières organiques. Le lagunage recrée le processus naturel de l'autoépuration. L'épuration par lagunage est réalisée par un équilibre biologique auquel participent des bactéries, du zooplancton, des algues et parfois des plantes aquatiques. La station de Rochefort possède 8 bassins (cf fig. 5) dont 6 pour le traitement de l'eau et 2 bassins dit LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux) permettant l'observation d'oiseaux. Les bassins étant situés sur la voie de migration atlantique, la station est un site majeur pour les oiseaux d'eau. Nous reviendrons sur cet aspect dans la partie 3.3

STATION DE LAGUNAGE DE ROCHEFORT

Traitement des eaux usées

Surface totale = 35 ha

Volume total = 455500 m³

Temps de séjour = 4 mois

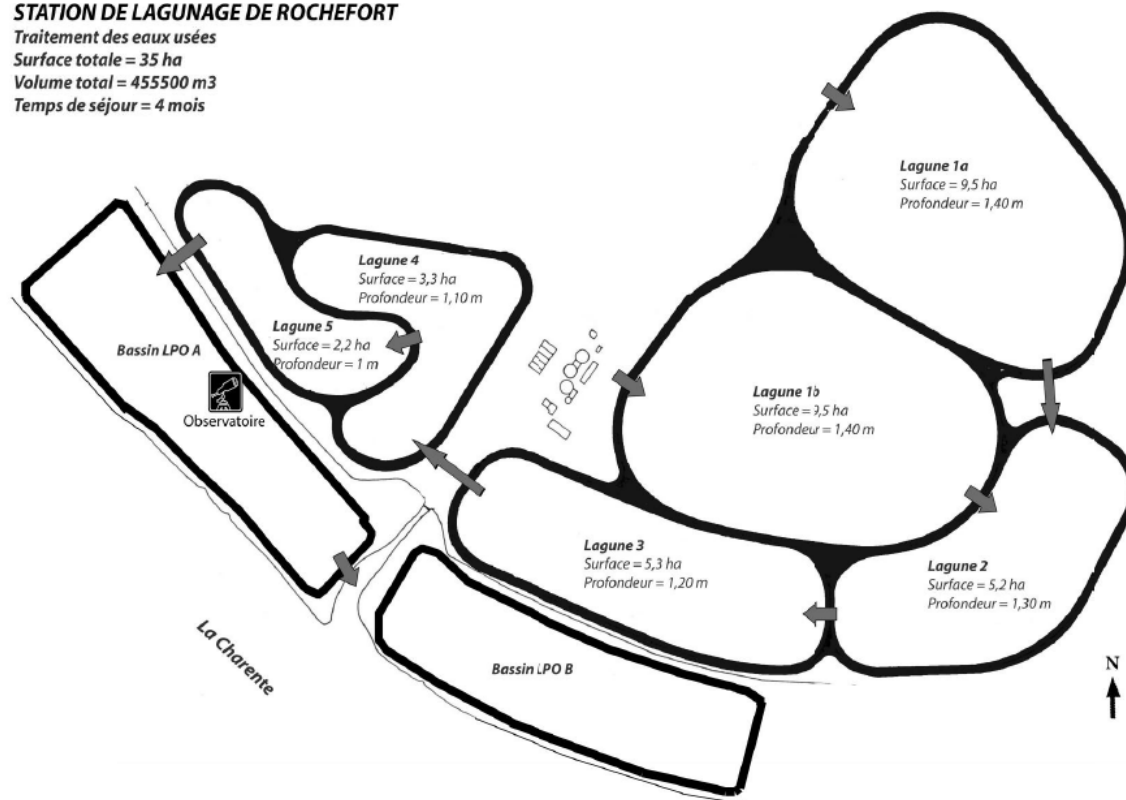


Figure 5: Plan des lagunes de la station de Rochefort

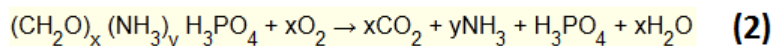
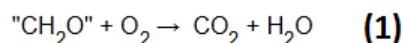
Au fil de son passage dans les différents bassins, la masse d'eau se réoxygène au contact de l'air à la surface des bassins (action dynamique du vent) comme on peut le voir dans le tableau 1.

Concentration en	Entrée station	Fin lagune 1	Lagune 2	Lagune 3	Lagune 5
Dioxygène en mg/L	0,5	4	10	11	16
Matière organique en suspension en mg/L	460	120	90	60	40
Euglènes (en millions de cellules/L)	0	10	50	30	2
Daphnies (nombre/L)	0	0	10	70	400
Chironomes (nombre/L)	0	0	900	1700	6000
Autres espèces animales présentes	0	0	0	6	7
Nombre total d'espèces présentes dans les lagunes	0	0	3	9	10

Tableau 1 : Tableau donnant l'évolution de paramètres chimiques (dioxygène et matière organique en suspension) et des concentrations de différentes espèces vivantes dans les différents bassins. De plus, la deuxième ligne montre que le passage de l'eau dans la station diminue fortement la concentration de matière organique en suspension.

Le dioxygène de l'eau permet aux bactéries de vivre afin qu'elles participent à la minéralisation. Les

bactéries minéralisent la matière organique par les réactions chimiques ci-dessous (et voir deuxième ligne du tableau ci-dessus pour la matière organique).



Les composés minéraux ainsi produits (phosphates, sels d'ammonium par exemple) permettent le développement de micro-algues (le phytoplancton) et de vie animale (le zooplancton). Les micro algues comme les euglènes oxygènent le milieu par la photosynthèse et sont broutées par des animaux (daphnies), constituant le point de départ d'une chaîne alimentaire.

Le temps de séjour dans les six bassins (environ quatre mois) est suffisamment long pour permettre une élimination des bactéries, dont certaines sont pathogènes, par les rayons ultra-violetes du soleil.

L'ensemble du processus, contrôlé quotidiennement, permet d'atteindre une qualité d'eau rejetée dans le milieu de niveau "eau de baignade", garante de l'environnement et des activités sur l'estuaire de la Charente. Les concentrations à ne pas dépasser en MES¹, NTK², DBO5³ et DCO⁴ sont fixées par le ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable dans un arrêté propre à la station de Rochefort. La DBO5 est la Demande Biochimique en Oxygène. Cela correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. C'est une consommation de dioxygène par voie biologique et elle permet de quantifier la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau. Cette mesure se fait en comparant la concentration en dioxygène d'un échantillon avec celle du même échantillon 5 jours plus tard (l'échantillon ayant été maintenu à une température constante, afin de favoriser l'activité des micro-organismes, et à l'obscurité pour éviter toute photosynthèse parasite). La DCO est la Demande Chimique en Oxygène, elle quantifie la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. La DCO et la DBO5 caractérisent donc la pollution carbonée. NTK désigne l'azote totale et inclut globalement l'azote organique et ammoniacal. Le tableau 2 résumant ces différentes valeurs est donné ci-dessous.

Paramètre	Valeur maximale à ne pas dépasser	Rendement minimum de la station
MES ⁵	150 mg/l	70 %
DBO5	40 mg/l	80 %
DCO	125 mg/l	75 %
NTK	40 mg/l	63 %

Tableau 2 : Valeurs maximales des paramètres de qualité de l'eau à ne pas dépasser à la sortie de la station et rendement minimum de la station pour ces paramètres.

De plus le tableau 3 donne les valeurs des quantités de ces différents paramètres en entrée et en sortie de la station pour l'année 2010.

¹Matière En Suspension

²Azote total

³Demande Biochimique en Oxygène

⁴Demande Chimique en Oxygène

Paramètre	Cm entrée (mg/l)	Cm sortie (mg/l)	Fm entrée (kg/j)	Fm sortie (kg/j)	Rendement
MES	305	55	1585	296	81%
DBO5	313	7	1571	33	98%
DCO	729	69	3785	374	90%
NTK	72	31	360	153	58%
N-NH4	61	29	308	142	54%
N-NO3	4	3	21	16	23%
Pt	7	4	36	20	47%

Tableau 3 : **Concentrations, flux et rendements moyen annuels** Variation des paramètres indicateurs de pollution entre l'entrée et la sortie du système de lagunes ; rendement d'épuration de la station sur ces différents paramètres (flux et pourcentage). *PT* est la quantité de phosphore total, *NGL* la quantité d'azote globale, *N - NH₄* l'azote ammoniacal, et *N - NO₃* désigne l'azote nitrate (valeurs de l'année 2010).

En comparant ces 2 tableaux, on voit tout de suite que la station de Rochefort remplit tout ces critères: 100mg.L^{-1} en dessous de la limite en concentration MES, une concentration 10 fois inférieure au taux maximum pour la DBO5 avec un rendement de 98% et une concentration 2 fois inférieure pour la DCO.

Il est aussi intéressant de comparer la station de Rochefort à une station d'épuration classique. La nouvelle station d'épuration de La Feyssine dans le Rhone a publié les prévisions des rendements de sa station tableau 4 :

Paramètre	Cm sortie (mg/l)	Rendement
MES	20	94%
DBO5	19	92%
DCO	120	82%
NTK	6	86%

Tableau 4 : Prévision des rendements de la station d'épuration de La Feyssine (Rhône).

Considérant que ce tableau n'est qu'une prévision et que la station de La Feyssine est très récente, on voit à quel point la station de Rochefort est performante étant donné qu'elle a un meilleur rendement sur les principaux critères d'assainissements (DBO5 et DCO). Par contre, la station de La Feyssine est beaucoup plus complète dans le sens où elle a un tout aussi bon rendement pour le traitement de l'azote, alors que ce n'est pas le cas pour la station de Rochefort.

3 Impacts de station

3.1 Impact économique

Le coût de construction de la station s'élève à 1832000 euros pour une capacité de 35000 équivalents habitant ; Un équivalent habitant est l'expression des rejets d'un habitant "moyen" et correspond au rejet journalier de 150 – 200 litres d'eau usée, 70 – 90 grammes de matières en suspension, 15 grammes d'azote et 4 grammes de phosphore. La taille de l'agglomération de Rochefort était en 2010 de 31882 équivalents habitant. La capacité de la station est donc bien adaptée pour assurer le traitement des eaux usées de toute la commune.

Ce prix qui peut sembler élevé ne l'est pas en réalité. Par exemple, la station d'épuration des Mayons dans le département du Var a elle aussi coûté 1800000 euros mais a seulement une capacité de 800 équivalents habitant. Ce prix élevé pour la station d'épuration est principalement dû aux réseaux qu'il a été nécessaire d'installer pour amener l'eau à la station. Chose qui n'a pas eu besoin d'être faite à Rochefort car les marais sont très proches. La station de La Feyssine elle a coûté 75000000 d'euros pour

un équivalent habitant de 350000. Il y a un facteur de 10 entre les équivalents habitants et un facteur 40 dans le prix. Ces exemples de station montrent bien que la station de Rochefort, compte tenu de son taux d'équivalents habitants, n'a pas eu un coût excessivement élevée.

Un autre avantage économique de la station est son entretien à faible coût. La gestion de la végétation est faite par pâturage, et le coût de gestion est uniquement lié à l'emploi de 3 personnes chargées de l'animation et de l'entretien du site, soit environ 100000euro par an. Et même si la ville ne perçoit pas de loyer de la part des exploitants, cela présente un avantage puisque le marais est ainsi entretenu à moindre coût tout en prenant en compte les contraintes écologiques du milieu.

3.2 La maîtrise de l'énergie

Les boues récupérées lors de la décantation des eaux usées sont dirigées dans un digesteur. Les réactions chimiques sans oxygène permettent une minéralisation des boues et une production de biogaz (méthane). Ce biogaz alimente un cogénérateur produisant de l'électricité et de la chaleur. La chaleur récupérée est utilisée pour réchauffer les boues. L'électricité sert pour l'éclairage, la climatisation des locaux, et est même revendue en cas de surplus. La station est ainsi pratiquement autonome énergétiquement. Les boues digérées sont au final valorisées comme compost par le service des Espaces Verts de la ville.

3.3 Un site majeur pour les oiseaux

Située sur la voie de migration atlantique, la station de lagunage est un site majeur pour les oiseaux d'eau. Des milliers de canards, foulques, grèbes bénéficient de l'abondance du plancton et de la faune des vases et de la tranquillité du site. L'abondance de daphnies et de vers de vase engendrée par le lagunage est source de nourriture pour les poissons. La Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) a aménagé deux bassins spécifiques où la gestion des niveaux d'eau et de la végétation favorise la reproduction d'espèces comme les canards et les petits échassiers. Sur le site, la LPO a déjà recensé plus de 190 espèces. Les roselières des berges de Charente sont un milieu très apprécié par de nombreux passereaux (rousserolles, gorges-bleues,...) lors de leur migration et de leur reproduction.

3.4 Intégrations de la station dans la vie des Rochefortois

La commune a choisi de mettre en valeur ses marais en leur donnant une fonction récréative. Celle ci a pour objectif de développer une prise de conscience collective sur l'intérêt des zones humides. Les marais font partie d'un cadre de vie calme aux portes de la ville, propices aux loisirs et à la découverte du milieu humide. Des cheminements piétons et cyclistes ont tout d'abord été aménagés au fil des berges inondables et des prairies pour rejoindre la station de lagunage depuis la ville. Les marais sont aujourd'hui considérés comme un paysage identitaire d'intérêt communal dans la politique d'aménagement. Les prairies ne sont accessibles qu'à pied ou en vélo pour préserver la tranquillité de la faune et la richesse du milieu. Dans l'ensemble, les prairies humides et la roselière conservent leur valeur biologique, écologique, paysagère et patrimoniale.

La station organise des visites pendant lesquelles est expliqué le fonctionnement de la station et son intérêt pour les oiseaux. Il y a des milliers de visiteurs par an dont des écoles. Ces visites informent le public sur les enjeux (biologique, écologique, paysagère et patrimoniale) de telles stations.

Conclusion

Nous avons pu voir au cours de notre étude du cas de la station de lagunage de Rochefort les avantages et inconvénients de ce type de station, ainsi que les spécificités qui sont propres à Rochefort.

Tout d'abord la station de lagunage de Rochefort a un coût faible pour son taux d'équivalent habitant, et n'a pas beaucoup de frais supplémentaire grâce à la valorisation des boues usées et un coût de gestion uniquement lié à l'emploi de 3 personnes (100000 euros par an). Ceci est à comparer aux stations d'épuration classiques de même importance qui ont un coût d'entretien à l'année 10 à 100 fois plus élevé. Elle a un excellent rendement, meilleur dans quelques domaines que des stations d'épuration classiques récentes. Le développement de la ville par le sud a été limité par la présence des marais, la station intègre donc ces marais dans le projet urbain en leur redonnant une fonction. Le développement d'infrastructures a permis de la rendre accessible aux visiteurs et de remplir un rôle d'éducation de la population. Enfin, elle

contribue au développement et à la diversification de la flore local, à la protection de la faune et notamment celle des oiseaux avec 2 bassins qui leur sont spécifiquement réservés. Cependant, l'aménagement d'une station de lagunage requiert une grande superficie et elle est donc très consommatrice d'espace, ce qui rend la multiplication de ce type de stations peu envisageable.

References

-Berland J.-M., Boutin C., Molle P., Cooper, 2001. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes, 40 p. Office International de l'Eau.

-Crites R.W., Middlebrooks E.J., Reed S.C., 2006. Natural wastewater treatment systems. Boca Raton, Taylor et Francis, 552 p. Civil and environmental engineering.

-Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005. Epuration des Eaux Usées domestiques par Filtres Plantés de Macrophytes : recommandation pour la Conception et la Réalisation.. 44 p.

-Maynard H., Ouki S., Williams S., 1999. Tertiary lagoons : a review of removal mechanisms and performance. Water Research (Elsevier), 33 (1), 1-13.

-Ministère de l'agriculture et de la forêt : sous-direction du développement rural, 1990. Le génie civil des bassins de lagunage naturel. Cemagref, Antony, 50 p. Documentation technique / FNDAE.

-V. Pierzo et J.-M. Delattre, *Etat de l'art sur l'efficacité des traitements tertiaires de désinfection des eaux résiduaires*, Institut Pasteur de Lille 2000.

-Racault Y., Bois J.-S., Carré J., Duchène P., Lebaudy B., Lesavre J., Lickel P., Rateau M., Vachon A., 1997. Le lagunage naturel : les leçons tirées de 15 ans de pratique en France. Publitrans, Longjumeau, 60 p.

Site internet :

http://charente-maritime.lpo.fr/page.php?stepro_et_estuaire_de_la_charente

Cahier pédagogique Station de lagunage disponible sur le site internet
<http://www.lpo.fr/r%C3%A9serves-naturelles-et-acquisitions-lpo/station-de-lagunage-rochefort-17-t%C3%A9l%C3%A9chargement>

<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/?address=rochefort¶metre=0¶metre=5#>

http://www.suez-environnement.com/wp-content/uploads/2012/04/Plaquette_station_Feyssine_FR.pdf

<http://www.suez-environnement.com/wp-content/uploads/2012/04/PlaquetteStationFeyssinefr.pdf>