



# **Evaluation du procédé de traitement des eaux usées Organica**

Rapport de synthèse Juin 2018

J.M. Perret ; O. Garcia, J.P. Canler





## Remerciements

L'élaboration de ce document de synthèse est le fruit d'un travail collectif de l'équipe Epure d'Irstea Lyon-Villeurbanne, une partie étant issue du travail de fin d'étude de Mr Clément Pailler (Elève ingénieur de l'ENSIL). Nous tenons à remercier toutes les personnes que nous avons contactées et rencontrées lors de cette étude sur le procédé Organica pour leur disponibilité, leur accueil et les informations communiquées sur le sujet, avec en particulier :

- les nombreux exploitants rencontrés lors des visites de sites ainsi que tous ceux ayant pris le temps de répondre à nos demandes,
- plus particulièrement Mrs C. Occelli, F. Loste et E. Lejard en tant que personnel exploitant des deux sites suivis, pour leur participation et leur patience,
- les maîtres d'ouvrages des sites visités et étudiés,
- le Constructeur de cette technologie pour sa collaboration
- les Satese suivant les deux sites étudiés
- nos collègues du LAMA qui ont réalisés l'ensemble des analyses chimiques du suivi.
- J. Di Mare et C. Lagarrigue des agences de l'eau Adour-Garonne et Rhône Méditerranée Corse pour leur participation au suivi de l'étude et leur relecture avisée



## Sommaire

|                                                                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Remerciements.....                                                                                        | iii  |
| Sommaire.....                                                                                             | v    |
| Liste des figures .....                                                                                   | vii  |
| Liste des tableaux .....                                                                                  | vii  |
| Liste des abréviations, unités et sigles .....                                                            | viii |
| Résumé.....                                                                                               | ix   |
| Introduction .....                                                                                        | 1    |
| Chapitre 1 - Présentation générale du procédé - Etude bibliographique .....                               | 2    |
| I/ Le procédé Organica .....                                                                              | 2    |
| A) Son histoire.....                                                                                      | 2    |
| B) Son concept.....                                                                                       | 3    |
| C) Avantages du procédé annoncés par le constructeur (qui seront vérifiés dans la suite du document)..... | 4    |
| II/ Le rôle des plantes en traitement des eaux usées .....                                                | 4    |
| A) Traitements des paramètres classiques.....                                                             | 4    |
| B) Apports spécifiques des plantes .....                                                                  | 5    |
| C) Interactions entre plante et monde bactérien .....                                                     | 6    |
| D) Contraintes d'exploitation liées aux plantes .....                                                     | 6    |
| Chapitre 2 - Présentation détaillée du procédé Organica de MSE .....                                      | 7    |
| I/ Descriptif.....                                                                                        | 7    |
| A) Schéma de principe d'une station Organica.....                                                         | 7    |
| B) Prétraitements, Bassin Tampon.....                                                                     | 8    |
| C) Files de traitement .....                                                                              | 8    |
| D) Cycle de traitement.....                                                                               | 9    |
| E) La file boue .....                                                                                     | 11   |
| F) La serre.....                                                                                          | 11   |
| G) Ouvrages complémentaires .....                                                                         | 12   |
| H) Critères de choix pour l'application du procédé.....                                                   | 12   |
| II/ Dimensionnement.....                                                                                  | 13   |
| III/ Comparaison avec un système SBR Classique .....                                                      | 16   |
| Chapitre 3 - Résultats obtenus sur deux installations étudiées .....                                      | 18   |
| I/ Campagnes - Matériel et mesures .....                                                                  | 18   |

|                             |                                                          |    |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------|----|
| A)                          | Campagnes de mesures.....                                | 18 |
| B)                          | Prélèvements, mesures de débits et capteurs .....        | 18 |
| C)                          | Volet Analytique.....                                    | 20 |
| II/                         | Présentation des deux installations étudiées.....        | 20 |
| III/                        | Performances obtenues .....                              | 27 |
|                             | Performances moyennes.....                               | 27 |
|                             | Nitrification – Dénitrification - Déphosphatation .....  | 28 |
|                             | Micropolluants .....                                     | 30 |
| Chapitre 4 -                | Autres points .....                                      | 32 |
| I/.                         | Conception / SBR classique.....                          | 32 |
| II/.                        | Rôle des végétaux .....                                  | 34 |
| III/.                       | Rôle de la Serre .....                                   | 36 |
| IV/                         | Aspect investissements .....                             | 39 |
| VI/                         | Aspect Exploitation .....                                | 40 |
|                             | Contraintes spécifiques identifiées .....                | 40 |
|                             | Surcoûts d'exploitation liés aux végétaux .....          | 42 |
|                             | Consommation énergétique .....                           | 43 |
|                             | Consommation d'eau potable .....                         | 44 |
| VI/                         | Points sensibles rencontrés.....                         | 44 |
| Conclusion                  | .....                                                    | 48 |
| Références bibliographiques | .....                                                    | 50 |
| Annexes                     | .....                                                    | 52 |
| Annexe 1 -                  | Références des step Organica– Décembre 2017.....         | 54 |
| Annexe 2 –                  | Evolutions de l'hydraulique sur les 2 sites étudiés..... | 55 |
| Annexe 3 –                  | REX et Evolutions de la technologie .....                | 56 |
| Annexe 4 –                  | Choix des molécules .....                                | 58 |

## Liste des figures

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Répartition du nombre d'installations en fonction de leur capacité de traitement....                                                                                | 2  |
| Figure 2 : Schéma de fonctionnement d'une station Organica (source MSE).....                                                                                                   | 3  |
| Figure 3 : Schéma détaillé d'une station Organica .....                                                                                                                        | 7  |
| Figure 4 : Schéma des hauteurs liquide dans les bassins Organica.....                                                                                                          | 14 |
| Figure 5 : Schéma d'emplacement des échantillonneurs et sondes sur site.....                                                                                                   | 19 |
| Figures 6 : Evolution de la concentration en MES sur les 2 sites.....                                                                                                          | 25 |
| Figure 7 : Evolution des flux en azote et de la concentration en O <sub>2</sub> dissous dans le réacteur aérobie, au cours d'un cycle d'alimentation – exemple du site A ..... | 29 |
| Figures 8 : Evolution de la température de l'air (extérieure et serre) sur le site B durant deux campagnes de mesures été et hiver.....                                        | 36 |
| Figures 9 : Evolution de la température de l'eau (eau brute et réacteur biologique) mesurée sur le site B l'été (juin) et l'hiver (février).....                               | 37 |
| Figure 10 : Evolution de l'hydraulique en entrée du site A.....                                                                                                                | 54 |
| Figure 11 : Evolution de l'hydraulique en entrée du site B.....                                                                                                                | 54 |

## Liste des tableaux

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Synchronisation des files.....                                                  | 10 |
| Tableau 2 : Fonctionnement d'une file en temps sec.....                                     | 10 |
| Tableau 3 : Objectifs de traitement atteignables par le procédé Organica.....               | 15 |
| Tableau 4 : Points de divergence technologiques entre FBR Organica et SBR.....              | 16 |
| Tableau 5 : Points de divergence en dimensionnement entre FBR Organica et SBR.....          | 17 |
| Tableau 6 : Périodes de mesures sur sites.....                                              | 18 |
| Tableau 7 : Etapes de traitement des 2 sites.....                                           | 20 |
| Tableau 8 : Charges à traiter de Dimensionnement.....                                       | 21 |
| Tableau 9 : Ratios Charges de dimensionnement / EH.....                                     | 21 |
| Tableau 10 : Niveau de rejet demandé (mg/L).....                                            | 22 |
| Tableau 11 : Volumes journaliers traités.....                                               | 23 |
| Tableau 12 : Caractérisation des effluents à traiter .....                                  | 24 |
| Tableau 13 : Taux de charge des 2 installations .....                                       | 24 |
| Tableau 14 : Paramètres de fonctionnement des 2 installations .....                         | 25 |
| Tableau 15 : Résultats de l'Indice de Boue, en mL/g MES .....                               | 26 |
| Tableau 16. : Mesures O <sub>2</sub> et EH dans les bassins aérés des 2 sites.....          | 26 |
| Tableau 17 : Concentrations mesurées en sortie d'installations (mg/L).....                  | 27 |
| Tableau 18 : Rendements d'élimination des réacteurs Organica (%).....                       | 28 |
| Tableau 19 : Rendement de nitrification, dénitrification et déphosphatation biologique..... | 28 |
| Tableau 20 : Valeurs O <sub>2</sub> et EH mesurées en fin de zone anoxie.....               | 30 |
| Tableau 21 : Comparaison Coût Organica / moyenne des coûts boue activée pour 4 sites..      | 40 |
| Tableau 22 : Temps passé pour l'exploitation de la serre.....                               | 42 |
| Tableau 23 : Objectifs de traitement atteignables par le procédé Organica.....              | 48 |

## Liste des abréviations, unités et sigles

SBR : Sequencing Batch Reactor

FBR : Feed Batch Reactor

IFC : International Finance Cooperation

SATESE : Service d'Assistance Technique aux Exploitants de Station d'Epuration

TP : Temps de Pluie

TS : Temps Sec

MES : Matières En Suspension

MVS : Matières Volatiles en Suspension



## Résumé

Depuis quelques années, une technologie appelée procédé Organica est commercialisée en France par Véolia (OTV et MSE). On dénombre à ce jour plus de 30 installations en fonctionnement. Ce procédé est présenté comme la combinaison dans un même bassin d'une technologie culture libre de type SBR (Sequencing Batch Reactor), associée à une biomasse fixée sur le système racinaire des plantes (tropicales ou non) implantées à la surface des réacteurs biologiques et protégées sous une serre en métropole. De plus, la filière SBR est spécifique puisqu'elle est composée de trois réacteurs en série avec recirculation des nitrates en tête vers la zone anoxie. D'après le constructeur, cette combinaison culture libre/culture fixée associée à des végétaux apporte un gain sur de nombreux paramètres de fonctionnement, comme une stabilité des performances, une diminution de la production de boue, une réduction d'apport de produits chimiques,.....

L'équipe Epure d'Irstea Lyon-Villeurbanne, en collaboration avec les agences de l'eau Adour-Garonne et Rhône Méditerranée Corse, a étudié le procédé de façon poussée sur deux sites afin de disposer de données techniques et scientifiques objectives sur son dimensionnement, son fonctionnement et ses performances et répondre aux interrogations que se pose l'ensemble de la profession.

Les résultats de cette étude montrent que le procédé Organica nécessite l'implantation d'un bassin tampon bien dimensionné et qu'il est principalement un procédé SBR en culture libre équipée d'une zone d'anoxie. En effet, la culture fixée au système racinaire est faible et inférieure à 10% de la biomasse présente dans le système, et n'est pas prise en compte lors du dimensionnement (Cm, production de boues, apport d'oxygène). Lors d'observations microscopiques, les boues sont composées d'une faune diversifiée de type boue activée classique pour une charge massique identique.

Les résultats de mesures obtenus sur sites pour un taux de charge organique de l'ordre de 60 % montrent des performances de traitement du carbone et de l'azote conformes à celles attendues avec des concentrations en MES relativement faibles. La dénitrification est réalisée dans la zone d'anoxie mais aussi au sein du réacteur aérobie en phase de non aération et lors de la phase de décantation. Une déphosphatation biologique au niveau de la zone anoxie est également observée sur ces installations.

Les contraintes d'exploitation identifiées sont celles d'un SBR additionnées à celles liées à la serre et aux végétaux (taille, nettoyage, traitements des végétaux).

Au niveau investissement, le choix de ce procédé implique un surcoût de l'ordre de 10 à 15% comparé à un SBR classique.

Enfin, la présence d'une serre « botanique » sur les bassins permet incontestablement une insertion environnementale et paysagère des installations, améliorant fortement l'image du traitement des eaux pour le voisinage et les collectivités.

## Introduction

Les stations d'épuration des eaux usées, ont souvent une mauvaise image auprès de la population. En effet, ces installations sont souvent cachées par la collectivité car potentiellement génératrices de pollutions visuelles, odorantes et parfois auditives. De nombreuses collectivités, amenées à renouveler leurs ouvrages, souhaitent se doter de stations ne présentant pas ces désagréments. Ainsi, ces dernières années, le parc de station d'épuration français s'est vu agrémenter d'un nouveau type d'installation ouvrage dont l'aspect extérieur rappelle une serre abritant un jardin botanique : le procédé Organica FBR. Le groupe Veolia, qui construit ces stations par l'intermédiaire de ses filiales OTV et MSE, s'est lancé dans ce marché suite au rachat d'une partie de l'activité de la société Hongroise connue sous le nom d'Organica Water. Cette dernière propose ce type de stations depuis ses débuts en fin des années 90.

Le développement de ces installations sur le sol français a amené une partie des spécialistes dans le domaine du traitement des eaux à s'interroger sur leur pertinence. Le questionnement principal concerne l'intérêt que présente l'utilisation de plantes aériennes pour le traitement de l'eau en culture libre. Irstea, en collaboration avec les agences de l'eau Adour Garonne et Rhône Méditerranée Corse, a donc souhaité conduire une étude sur ce procédé.

Celle-ci s'est déroulée selon différentes phases, avec :

- Une étude bibliographique pour établir un état de l'art ainsi que la liste des sites Organica FBR en fonctionnement en France,
- Des visites techniques de sept installations Organica en France,
- Des mesures de performances de traitement sur deux sites sélectionnés et équipés du procédé Organica FBR permettant de mieux apprécier les paramètres d'exploitation et d'en tirer des règles générales de fonctionnement.

Ces suivis, démarrés au printemps 2015, sont réalisés sur une période d'une année afin de suivre un cycle végétatif complet pour mieux approcher les contraintes spécifiques d'exploitation de ce procédé (serre et végétaux) par rapport à un SBR classique. Sur chaque site, deux à trois campagnes de mesures ont été menées en période hivernale et estivale pour suivre les performances du traitement en lien avec le développement des végétaux.

# Chapitre 1 - Présentation générale du procédé - Etude bibliographique

## I/ Le procédé Organica

### A) Son histoire

Le procédé Organica est un procédé de traitement des eaux résiduaires urbaines mis en place par la société hongroise ORGANICA WATER fondée en 1998. En 2001, la société fusionne avec 6 autres compagnies pour former Körte-Organica et devenir l'un des plus grands fournisseurs hongrois de solutions environnementales. Entre 2001 et 2006, ce sont plus de 75 stations de traitement qui sont construites pour des clients allant de petites municipalités à des multinationales comme Audi ou Shell. Cette activité leur permet d'investir en recherche et développement dans le but de développer leur propre système de traitement associant boues activées et culture fixée sur lit fixe.

En 2007, Organica vend son activité de conception et construction à Veolia mais conserve la propriété intellectuelle sur son procédé de traitement associant boues activées et culture fixée et se lance dans sa commercialisation à l'échelle mondiale. En 2010, Organica ouvre des filiales en Inde et à Singapour. Aujourd'hui elle possède 4 filiales implantées en Chine, en Inde, aux USA et en Indonésie et compte de nombreux investisseurs comme l'IFC (International Finance Coopération).

Des stations utilisant ce nouveau procédé sont construites un peu partout dans le monde et notamment en Europe et en Asie. Organica propose également la remise à niveau d'installations existantes comme par exemple la station d'épuration de South Pest à Budapest en Hongrie dimensionnée pour traiter 500 000 EH.

En France, la première station appliquant le procédé Organica est mise en eau le 23 Octobre 2010 au Lude dans la Sarthe (72). Cette station d'une capacité nominale de 6000 EH a été construite par la société MSE, filiale de Veolia et est exploitée par la collectivité.

En décembre 2017, 31 stations sont en projet ou opérationnelles sur le territoire (DOM compris) pour une capacité de traitement cumulée supérieure à 221 000 EH (Cf. la liste des références françaises en annexe 1).

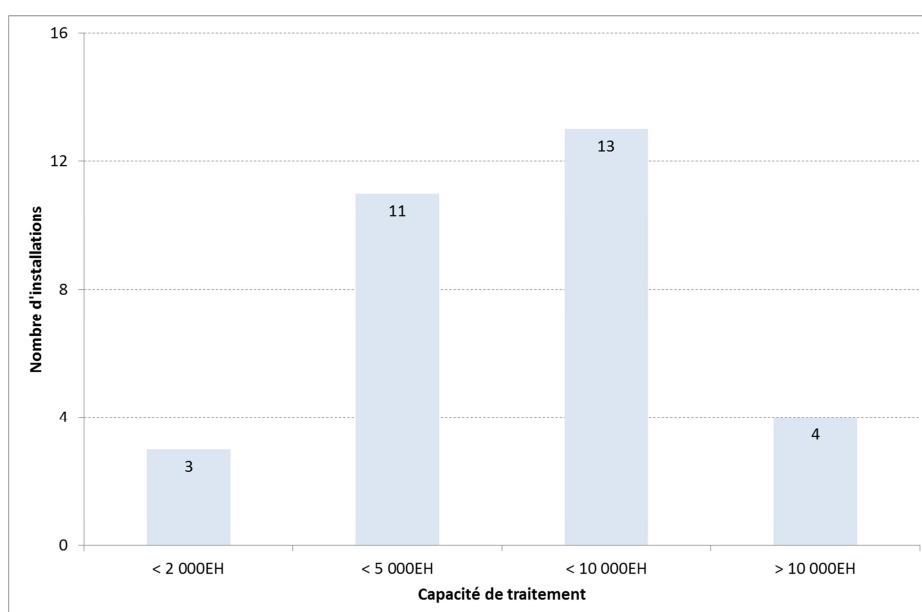


Figure 1 : Répartition du nombre d'installations en fonction de leur capacité de traitement

A noter l'existence de 3 installations Organica implantées dans les DOM et construites sans serre ; ce qui signifie que la serre est retenue dans le process uniquement pour la protection des végétaux vis-à-vis des températures.

La société MSE est en charge de la construction de ces stations à l'exception de celles dépassant 20 000 EH qui sont alors réalisées par OTV. Ces stations sont actuellement construites pour des collectivités de tailles allant de 800 à 36 000 EH.

### **B) Son concept**

Organica est un traitement à boue activée (culture libre) fonctionnant par bâchée comme un SBR à la différence que le séquençage concerne uniquement l'alimentation, la réaction, la décantation et le soutirage. En effet à pleine charge, l'alternance entre phase aérobie et phase anoxie est réalisée par la circulation du fluide au travers de trois réacteurs pendant la phase de réaction. Un réacteur est le siège de l'anoxie, un second est en aération et le troisième non aéré a pour objectif de désoxygéner le fluide aéré avant son retour dans le premier réacteur.

La totalité de la surface des bassins est couverte et 50% de cette surface est pourvu de plantes dont les racines plongent dans les boues. Ce milieu racinaire sert de support pour le développement d'un biofilm pouvant traiter la pollution dissoute. En plus des bactéries, le système de racines serait susceptible d'héberger une macrofaune (escargot, crevettes, et autre...). Une serre de protection complète les ouvrages afin de préserver la flore de surface même pendant les saisons rigoureuses.

Un cycle de traitement est séquencé comme suit : une phase d'alimentation, une phase de réaction pendant laquelle le fluide circule entre les trois réacteurs, une phase de décantation et enfin une phase de soutirage des eaux traitées et d'une partie des boues.

L'installation de traitement comporte usuellement un prétraitement visant à éliminer du traitement aval les particules les plus grosses (déchets, sable, graisses) ainsi qu'une filière boue (épaississeur, centrifugation,...).

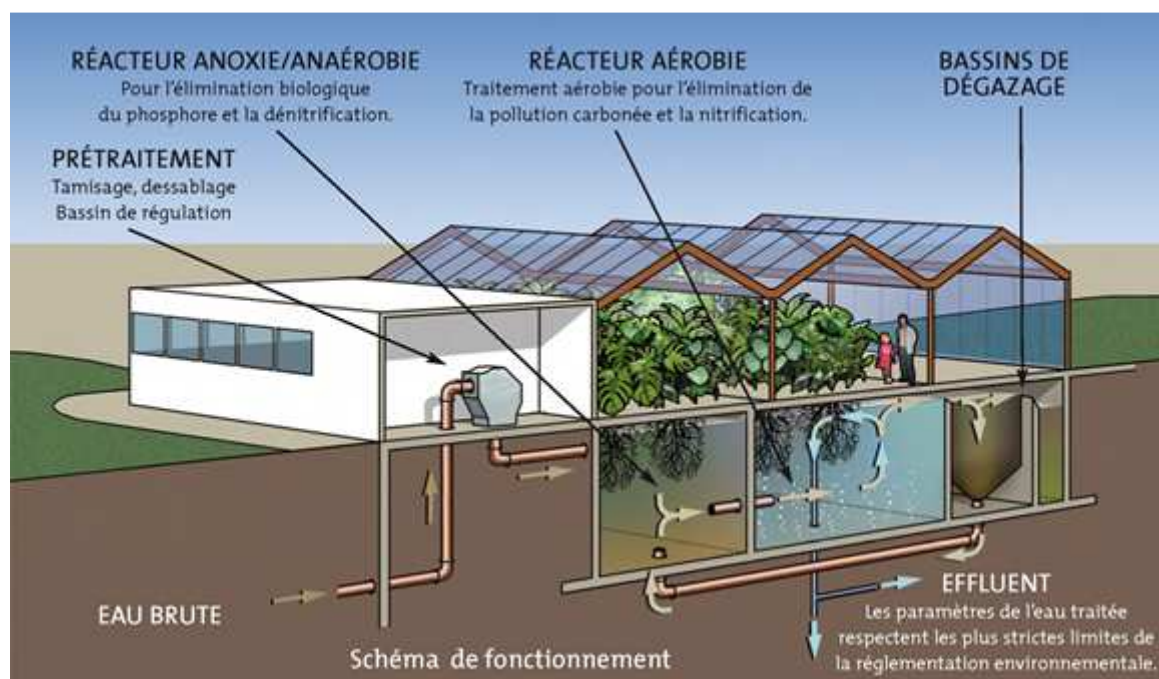


Figure 2 : Schéma de fonctionnement d'une station Organica (source MSE)

### ***C) Avantages du procédé annoncés par le constructeur (qui seront vérifiés dans la suite du document)***

#### **1. Compacité**

L'un des avantages principal du procédé Organica, comme pour le SBR, réside dans la compacité des stations. En effet, ces stations sont capables de traiter le même volume d'effluent qu'une station classique en boue activée sur une surface plus faible (absence de clarificateur et présence de bassins rectangulaires donc de configuration plus compacte).

#### **2. Esthétique**

La serre et les végétaux qu'elle protège donnent à la station un aspect de jardin tropical qui dénote avec celui très industriel des stations classiques. Cet esthétisme permet une meilleure intégration de la station dans le paysage et dans l'environnement humain. De plus, une telle station présente un intérêt pédagogique notamment comme outil de communication sur le traitement des eaux usées.

La serre couvre les bassins de traitement biologique et peut permettre ainsi le confinement des odeurs vis-à-vis du voisinage.

#### **3. Exploitation**

Le procédé Organica présente des avantages pour l'exploitation. Tout d'abord, comme pour un système SBR, le FBR Organica présente une souplesse de fonctionnement car le volume des bâchées est adaptable au volume à traiter. De même, la station est capable de s'adapter à d'éventuelles surcharges hydrauliques. La station est peu sujette au problème de foisonnement (bulking) dans le cas où elle fonctionne en dessous de 50% de sa charge nominale en raison de son alimentation par bâchées. Le système racinaire des végétaux permet de maintenir une culture fixée d'âge de boue élevé qui induit une production de boues de 5 à 10% inférieure à une installation classique (station avec bassin d'aération et clarificateur). La station est largement automatisée, réduisant ainsi l'intervention humaine nécessaire à son fonctionnement.

#### **4. Economique**

Le procédé Organica a un coût de fonctionnement inférieur à celui d'une station classique en raison d'une consommation énergétique plus faible, de même qu'une consommation en réactifs réduite (traitement biologique du phosphore sans apport de sel métallique).

## **II/ Le rôle des plantes en traitement des eaux usées**

Les plantes occupant une large part dans le concept du procédé Organica, il paraît utile de rappeler le rôle des végétaux en assainissement. Cf. « Lumière sur le véritable rôle des végétaux dans le traitement des eaux usées » Atelier de travail du groupe EPNAC (2012).

### ***A) Traitements des paramètres classiques***

#### **1. Carbone**

Les plantes n'ont pas de rôle direct dans la réduction de la pollution carbonée. En effet, les végétaux synthétisent leur propre matière organique à partir du dioxyde de carbone contenu dans l'air par photosynthèse. La pollution carbonée est traitée par les bactéries se développant sur le réseau racinaire.

## 2. Azote

Les plantes absorbent de l'azote du milieu liquide par leur système racinaire. Néanmoins la quantité consommée est insignifiante comparée à la charge à traiter. En effet la capacité de traitement est de 20 à 250 g d'azote (N) par m<sup>2</sup> de surface plantée et par an (surface génératrice de racines - les plantes tendant à utiliser l'ensemble de l'espace disponible pour leurs racines, le nombre de plantes présentes influe peu) (Brix, H., 1997) alors qu'un habitant rejette par convention 4 à 5 kg d'azote (N) par an. De plus pour que le taux de traitement de l'azote soit optimal, une taille fréquente des plantes doit être réalisée.

## 3. Phosphore

Les plantes absorbent du Phosphore dans le milieu liquide également par leur système racinaire. Néanmoins la quantité consommée est insignifiante comparée à la charge à traiter. La capacité de traitement est de 3 à 15 g de phosphore (P) par m<sup>2</sup> de surface plantée et par an alors qu'un habitant rejette par convention 800 à 900 g de phosphore (P) par an. De plus pour que le taux de traitement du phosphore soit optimal, il faut réaliser une taille fréquente des plantes.

## 4. Matières en suspension (MES)

Les végétaux n'ont aucun rôle dans le traitement des matières en suspension si ce n'est dans certain cas un rôle de rétention temporaire. Dans le cas qui nous intéresse ici, les racines ne participent en rien à l'élimination des matières en suspension.

## 5. Bactériologie

Bien que les plantes sécrètent des antibiotiques (Rudrappa, T., 2008), ces derniers ne jouent pas un rôle significatif dans la réduction des organismes pathogènes du milieu.

### ***B) Apports spécifiques des plantes***

#### 1. Transfert d'oxygène

De par leur activité photosynthétique, les plantes libèrent de l'oxygène dans l'air. Cependant une partie du dioxygène produit par la plante est transférée vers le système racinaire. Bien que ce transfert vise à réaliser l'alimentation de la partie immergée de la plante (Brix, H., 1990) une partie de l'oxygène est transféré à la rhizosphère. Les valeurs mesurées en condition expérimentales montrent des valeurs de rejet d'oxygène allant de 0,02 à 12 g d'O<sub>2</sub> par m<sup>2</sup> de surface plantée et par jour ((Brix, 1990, Gries et al, 1990, Armstrong et al, 1990). Ces apports en oxygène sont insignifiants face à la demande totale en oxygène (dégradation organique et nitrification) produite par un habitant qui est d'environ 110 g d'oxygène par jour.

#### 2. Evapotranspiration

L'évapotranspiration des plantes permet en théorie de réduire la quantité d'eau rejetée au milieu naturel. Cependant cette évapotranspiration se chiffre dans le meilleur des cas à moins de 500L par m<sup>2</sup> et par mois alors qu'un habitant produit 4500L durant cette même durée. De plus, il ne faut prendre en compte dans notre cas que la transpiration des plantes. Ainsi ce paramètre est largement négligeable face au volume d'eau rejeté par une installation.

#### 3. Isolation et ombrage

Les plantes matures développent en général suffisamment de feuillage pour assurer une isolation thermique relative du milieu situé à leur base. De plus, la température de l'air sous le feuillage est supérieure à celle de dessus en raison de l'absorption des radiations solaires des feuilles et de l'énergie calorifique émise en retour (Brix, H 1994). Ce cas se

présente dans des milieux végétaux très denses, ce qui n'est pas le cas de la flore en surface des bassins du procédé Organica.

#### 4. Percolation et Infiltration

Dans le cas d'utilisation de plantes dans un milieu meuble, le système racinaire favorise l'écoulement de l'eau à travers le substrat. De par la nature de la technologie Organica, la percolation ne présente pas d'intérêt car les végétaux sont plantés dans des bacs remplis de billes d'argile et le milieu liquide est situé au-dessous.

### ***C) Interactions entre plante et monde bactérien***

#### 1. Support pour développement d'un biofilm

L'intérêt principal de l'utilisation de plantes dans le procédé Organica est le développement d'un biofilm sur le système racinaire. La capacité des racines à accueillir un biofilm n'est plus à prouver (Peterson, S.B., 1995, Masters, B., 2012). Il a également été montré que contrairement à un substrat artificiel, le biofilm formé sur des racines ne présentait que des couches majoritairement vivantes et qu'il est intégralement en interaction avec son environnement (Münch, Ch. 2007).

Dans le cas de cultures hors sol, la surface racinaire est d'environ 12 000 m<sup>2</sup> par m<sup>3</sup> occupé (soit jusqu'à 18 000 m<sup>2</sup> de surface racinaire par m<sup>2</sup> de surface plantée dans le cas d'Organica si les racines plongent jusqu'à 1,5 m dans les bassins).

#### 2. Apport en nutriments

Il est estimé que les plantes sécrètent entre 10 et 44% de leur produit photosynthétique (principalement des acides organiques et des sucres) par leurs racines (Lugtenberg, B. 1999). Un tel écart dans la quantité de sécrétion est dû à une production plus importante pendant la phase de croissance de la plante (Kamilova, F. 2006). Ces nutriments sont accessibles pour les micro-organismes formant le biofilm du système racinaire au même titre que les cellules mortes des racines, permettant ainsi une survie du biofilm en cas de raréfaction des apports du milieu (typiquement lorsque les plantes ne plongent plus dans le milieu liquide pendant les phases d'alimentation et de soutirage des eaux).

### ***D) Contraintes d'exploitation liées aux plantes***

#### 1. L'atmosphère de la serre

Afin que les plantes puissent se développer, une température comprise entre 6°C et 40°C et une humidité comprise entre 50 et 70% est en général recommandé par les serristes. La régulation de la température permet d'optimiser la photosynthèse des plantes et donc leur croissance et de maintenir une température minimale « hors gel » l'hiver tandis que la régulation de l'humidité favorise la croissance tout en évitant le développement de moisissures.

#### 2. Le développement racinaire

Bien que les racines des plantes croissent en permanence, elles sont également dégradées par le milieu en permanence (notamment par cisaillement dû à la circulation du fluide) amenant ainsi un équilibre qui conserve une longueur de racine fixe en apparence. Cependant, la longueur moyenne des racines est réduite en hiver en raison d'une croissance racinaire ralentie. Ce ralentissement de la croissance est dû à l'appauvrissement de la luminosité qui limite la photosynthèse et donc la production de carbone de la plante mais également à la réduction de la température de l'effluent dans lequel baigne les racines ce qui réduit leur potentiel de croissance (Davies F. 1994).

## Chapitre 2 - Présentation détaillée du procédé Organica de MSE

### // Descriptif

#### A) Schéma de principe d'une station Organica

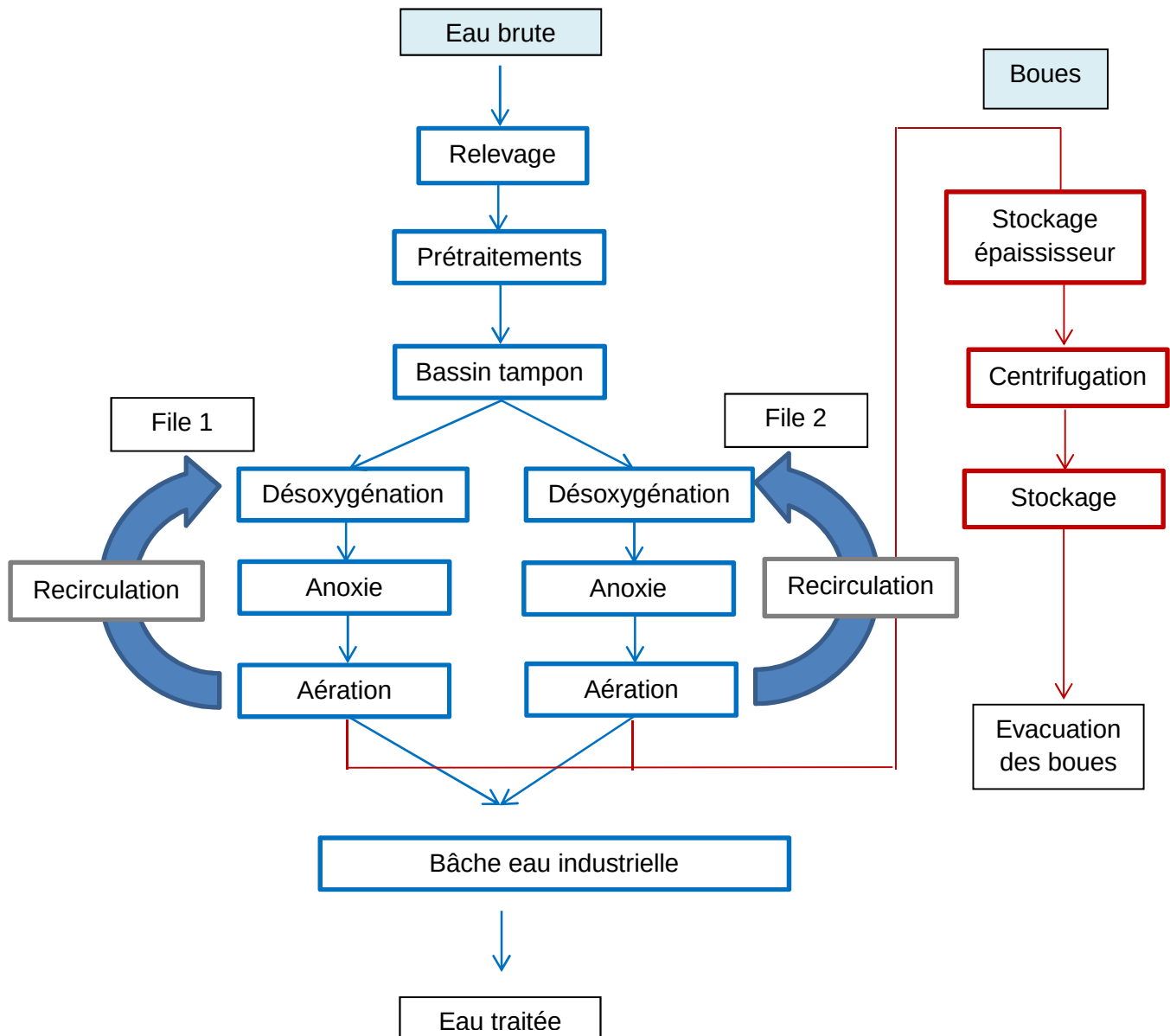


Figure 3 : Schéma détaillé d'une station Organica



## ***B) Prétraitements, Bassin Tampon***

Les stations Organica sont toutes équipées d'un bassin tampon dont la taille est liée au volume d'effluent journalier à traiter par la station (généralement, ce bassin est dimensionné pour pouvoir contenir un volume équivalent à 2 heures de débit de pointe de temps de pluie (voir détail des cycles de traitement)). En fonction des demandes de la maîtrise d'œuvre, la taille du bassin peut varier. En général ce bassin est équipé d'un capteur de niveau permettant la gestion des modes temps sec et temps de pluie des files de traitements par dépassement d'un seuil ainsi que d'une surverse vers le milieu naturel en cas d'épisode orageux importants. De plus, le bassin tampon est muni d'hydroéjecteurs afin d'homogénéiser, d'éviter les dépôts et la fermentation des eaux brutes. Aucun abattement de la pollution au sein de cet ouvrage n'est pris en compte en dimensionnement.

A l'amont du bassin tampon, le poste de relèvement est équipé d'un dégrillage grossier visant à protéger les équipements électromécaniques qui suivent. Ce poste joue déjà un rôle important dans le piégeage des sables (pompes surélevées) et des flottants et peut nécessiter des curages fréquents selon les stations.

Un dégrillage fin peut être positionné avant ou après le bassin tampon. Le choix de dégrilleur n'est pas standardisé (on trouve donc des tamis rotatifs, des tamis à vis sans fin,...) de même que l'entrefer est variable selon les installations.

La présence d'un dessableur-dégraisseur n'est pas systématique. Son absence est alors compensée par un tamis à maille fine (750 microns à 1 mm).

## ***C) Files de traitement***

Chaque station est constituée de 2 files de traitement en parallèle dont l'alimentation est séquencée de manière à ne jamais pouvoir alimenter les deux files simultanément, ce qui nécessite de maintenir des durées de cycle équivalentes aux 2 files pour une période donnée. Chaque file comporte un bassin de désoxygénation, un bassin d'anoxie et un bassin d'aération en série.

Par rapport à un SBR classique, le FBR Organica se caractérise par le maintien des boues dans les bassins à un niveau haut et donc par une régulation du volume traité par ajustement du niveau bas lors de la vidange (volume vidangé inférieur ou égal au volume stocké dans le bassin tampon au début de l'étape de vidange). De plus, contrairement au SBR classique mono réacteur alternant aération et anoxie, il est constitué de trois réacteurs en série, chacun ayant une fonction spécifique.

### ***1. Le bassin de désoxygénation***

Le bassin de désoxygénation est dimensionné de manière à permettre un temps de passage supérieur à 6 minutes sur le débit maximum de recirculation, temps estimé nécessaire à un effluent chargé en oxygène dissous pour que l'ensemble de cet oxygène soit consommé avant de rejoindre le bassin d'anoxie qui s'effectue par sous verse, ce qui permet de piéger les flottants.

## *2. Le bassin d'anoxie*

Le bassin d'anoxie vise à dénitrifier les effluents et éventuellement à réaliser une déphosphatation biologique principalement lors des phases où la recirculation n'est pas en service. Un agitateur ainsi qu'une pompe de paroi qui envoie l'effluent vers le bassin d'aération sont installés dans le bassin. Cette pompe de paroi a un débit allant de 100% à 300% du débit moyen d'alimentation de la station (débit journalier/24h), la régulation du débit est fonction de l'avancement de la phase de réaction et donc de la formation de nitrates (1h à 100%, 1h à 200%, 1h à 300% en fonctionnement temps sec). Il est équipé d'une sonde redox et d'une sonde de niveau d'eau.

## *3. Le bassin d'aération*

Le bassin d'aération est le bassin de traitement principal. Au cours du traitement il est aéré par des diffuseurs placés en fond de bassins de manière à maintenir une certaine concentration en oxygène dissous dans le bassin (entre deux seuils), sinon des agitateurs maintiennent la biomasse en suspension. Une goulotte de surverse permet de renvoyer les effluents vers le bassin de désoxygénation quand la pompe de paroi fonctionne. En surface de ce bassin, on trouve également un déversoir flottant qui permet d'évacuer les eaux traitées. Il est muni d'une sonde redox, d'une sonde d'O<sub>2</sub>, d'une sonde de niveau et parfois d'une sonde de hauteur du voile de boue. Son volume représente de l'ordre de 65 à 70% du volume des bassins de traitement.

## **D) Cycle de traitement**

L'alimentation en eau à traiter est discontinue et se découpe en plusieurs cycles de traitement journaliers. La durée de référence d'un cycle de traitement est de 6h en temps sec et de 4h en temps de pluie. Ces temps peuvent être modifiés facilement. Un cycle se décompose en 6 phases distinctes.

### *1. Phase d'alimentation*

Pendant cette phase, la file de traitement est alimentée en eau brute depuis le bassin tampon. Cette phase a une durée maximale prévue de 60 min (et 30 min en TP) mais est fonction du volume dont on dispose dans le bassin tampon. Pendant cette phase, l'agitation est en marche dans les bassins d'anoxie et d'aération, et l'aération et la recirculation peuvent également fonctionner suivant le mode d'exploitation.

### *2. Phase de réaction*

Durant cette phase (d'une durée de 180 min en TS et 120 min en TP), l'agitation dans les deux bassins (d'anoxie et d'aération) est en marche, l'apport d'air dans le bassin d'aération également. De plus la pompe de paroi fonctionne également (100% pendant 60/40 min puis 200% pendant 60/40 min et enfin 300% pendant 60/40 min) permettant ainsi une circulation continue des boues entre les différents bassins.

### 3. Phase de décantation

Pendant cette phase, l'agitation, l'aération et la recirculation sont à l'arrêt et l'effluent décante en vue de séparer les boues de l'eau traitée. Cette phase dure 60 min quel que soit le mode de fonctionnement. Vers la fin de cette étape, l'automate calcule la quantité d'eau à soutirer en fonction du taux de remplissage du bassin tampon. Dans le cas où le seuil de temps de pluie est atteint, le cycle suivant se fait en mode temps de pluie, de même que celui de l'autre file afin de conserver le synchronisme.

### 4. Phase de soutirage de l'eau traitée

Au cours de cette phase, les eaux traitées récupérées en surface sont évacuées en accord avec le calcul précédemment mené par l'automate. Un jeu de vanne permet d'envoyer les premières eaux traitées vers le poste toutes eaux (aussi appelé colatures) et les suivantes sont rejetées au milieu naturel.

### 5. Phase de soutirage des boues

Au cours de cette phase, une fraction des boues (boues en excès) est évacuée vers le stockage des boues au moyen d'une pompe située soit dans le bassin d'aération soit dans le bassin d'anoxie. Compte tenu d'une faible concentration en MES en phase réaction (niveau d'eau dans le SBR), il est plus intéressant d'extraire des boues concentrées après décantation.

### 6. Etapes de synchronisation

En raison des variations des volumes de soutirage et de remplissage, les files peuvent être amenées à se désynchroniser. Les étapes de synchronisation sont des étapes d'attente ayant pour but de conserver un même écart de temps entre les cycles de manière à empêcher que les deux files soient alimentées en même temps.

|        |             |             |    |    |             |             |    |    |
|--------|-------------|-------------|----|----|-------------|-------------|----|----|
| File 1 | Remplissage | Réaction    |    |    |             | Décantation | SE | SB |
| File 2 | Réaction    | Décantation | SE | SB | Remplissage | Réaction    |    |    |

SE : Soutirage des eaux clarifiées - SB : Soutirage des boues

Tableau 1 : Synchronisation des files

| Durée<br>(modifiable) | 1 H         | 3 H      |      |      | 1 H         | 30 min | 30 min |
|-----------------------|-------------|----------|------|------|-------------|--------|--------|
| Phases                | Remplissage | Réaction |      |      | Décantation | SE     | SB     |
| Aération              | Non/Oui     | Oui      |      |      | Non         | Non    | Non    |
| Agitation             | Oui         | Oui      |      |      | Non         | Non    | Non    |
| Recirculation         | Non/Oui     | 100%     | 200% | 300% | Non         | Non    | Non    |

Tableau 2 : Fonctionnement d'une file en temps sec

Les durées sont modifiables sur l'automate par l'exploitant suivant le site et la période de l'année. Un fonctionnement temps sec / temps de pluie peut être programmé.

En fonctionnement temps sec, le calcul du volume soutiré est réalisé toutes les trois heures. Le bassin tampon doit donc être capable de contenir 3 heures de débit de pointe de temps sec. De même en temps de pluie, il doit être capable de contenir 2 heures de débit de pointe de temps de pluie. Le bassin tampon se doit de respecter ces deux contraintes dans son dimensionnement.

### ***E) La file boue***

Les stations disposent toutes d'un ouvrage de stockage des boues faisant également office d'épaississeur (présence de drain). Ensuite, on retrouve des technologies et étapes différentes en fonction des sites et des siccités recherchées (étape d'épaississement : tambour, table d'égouttage ; déshydratation : centrifugation, filtre à bandes ; séchage solaire).

### ***F) La serre***

A la surface des bassins de traitement se trouve une serre bâtie sur le modèle d'une serre horticole (et non agricole) de manière à résister aux conditions météorologiques locales (vent, neige, températures, ...). La largeur des serres est standardisée pour limiter les coûts (3,2m, 6,4m, 12,8m pour une chapelle, double chapelle au-delà), la longueur l'est également et varie en fonction des besoins lors du dimensionnement. Les surfaces transparentes, sont quant à elles toujours en verre. Dans cette serre on retrouve des végétaux recouvrant 50% de la surface des bassins (anoxie et aération). Les plantes sont disposées dans des bacs en inox munis d'une géo-grille sur le fond et parfois sur les parois et remplis de billes d'argiles. Les bacs sont prévus pour supporter le poids des billes d'argile, des plantes et des éventuelles personnes pouvant se trouver dessus. Les bacs sont ainsi en partie immergés suivant les cycles du traitement, c'est-à-dire après le remplissage, durant la réaction et la décantation. En revanche, ils sont émergés durant le remplissage, le soutirage des eaux et des boues.

#### ***1. Les plantes***

Elles sont choisies suivant des critères d'esthétisme (association entre elles : couleurs, hauteur, présence de fleurs toute l'année), de développement racinaire et d'environnement (pas ou peu toxique, pas de risque de colonisation du milieu récepteur, résistance aux parasites de serre et résistance aux températures hivernales). Bien que certaines plantes puissent être odorantes, ce critère n'est pas retenu dans le choix des végétaux. L'implantation des plantes se fait de manière à avoir 2 à 5 plantes par m<sup>2</sup>. Les contraintes d'exploitation sont prises en compte, notamment l'accessibilité aux trappes pour la maintenance des agitateurs, des diffuseurs et des pompes de paroi, par des passerelles en béton.

#### ***2. Appareillage et automatisme***

La serre est systématiquement équipée d'une station météo donnant des informations sur la température et le degré d'hygrométrie. Afin de conserver des paramètres propices, la serre est dotée d'ouvrants (en toiture et sur le côté), de toiles d'ombrage (au-

dessus des plantes et dans certain cas également sur les façades ensoleillées), d'un système d'aspersion d'eau potable (brumisation) et d'aérothermes si besoin. L'ensemble des appareils est automatisé de manière à respecter les conditions propices ( $5^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$  et  $40\% < \text{hygrométrie} < 80\%$ ). Un automate dédié et indépendant du process est installé pour la gestion de la serre.

### *3. Entretien spécifique (serre et plantes)*

L'entretien de la serre et des plantes comprend la taille des végétaux, le nettoyage à haute pression des surfaces intérieures (vitres, passerelles et dalle en béton,...) et éventuellement l'application de mesures visant à éliminer les parasites des végétaux (utilisation de produits biologiques comme le savon noir dilué accompagné d'un « douche » des feuilles ou de produits phytosanitaires). Une durée estimée à une demi-journée par semaine est nécessaire pour cet entretien courant. Occasionnellement ce temps peut passer à 4h/jour durant plusieurs jours lors de la grosse taille annuelle (pendant l'hiver ou au début du printemps).

## **G) Ouvrages complémentaires**

Les installations sont pourvues d'un poste toutes eaux visant à récupérer les différents retours du site comme les eaux de lavage des prétraitements, les premières eaux de soutirage, les retours d'épaississement et du poste déshydratation des boues.

Une bache de récupération des flottants (mousses ou flottants) est présente sur toutes les stations. Ces flottants sont récupérés en surface des bassins de désoxygénation par surverse sur réglage manuel ou automatique.

En raison de la discontinuité du rejet en eau traitée, une bache d'eau industrielle est présente sur chaque station.

Un traitement de l'air généralement par charbon actif est installé. Il vise prioritairement à traiter l'air du bassin tampon, des prétraitements et éventuellement du traitement des boues.

## **H) Critères de choix pour l'application du procédé**

La société MSE explique qu'elle propose une solution Organica à la place d'une solution SBR classique en raison de l'attrait esthétique, plus vendeur. En effet, la surface d'un réacteur SBR classique est souvent recouverte de mousses et de flottant renvoyant une image très négative de la station contrairement à une station couverte et sous serre ou n'est apparent de l'extérieur que de la verdure et des éléments de tuyauterie.

Les entretiens qui ont pu être réalisés avec les représentants des collectivités ont permis de mettre en évidence les critères de choix ayant été déterminant pour la sélection de la solution Organica. Pour l'ensemble des stations, c'est l'intégration paysagère de la station grâce à l'aspect « jardin botanique » de la serre qui est le critère prépondérant. D'autre part, un critère qui revient souvent est le souhait d'avoir une station non odorante en raison bien souvent d'habitations proches et des nuisances olfactives de la station existante. Dans de nombreux cas une visite de station Organica déjà en fonctionnement permet au maître d'œuvre d'apprécier les qualités tant esthétiques que techniques de la station.

## III/ Dimensionnement

### 1. Détermination du volume total de réacteur nécessaire

Le point principal du dimensionnement d'un FBR Organica est la détermination d'un volume total de réacteur nécessaire. Ce volume s'obtient à partir de la formule suivante

$$Volume\ total = \frac{Age\ des\ boues \times Production\ de\ boues}{Concentration\ en\ boues}$$

Avec

Age de boues (en j): l'âge de rétention théorique des boues dans les réacteurs, cet âge est choisi par le constructeur. Des valeurs allant de 17 à 22 jours ont été observées sur les différentes stations étudiées.

Production de boues (kg MES/j) : la quantité de boues produite chaque jour par le réacteur, elle comprend la fraction minérale des boues, la fraction difficilement biodégradable, la synthèse cellulaire et les boues physico-chimiques si existantes.

Concentration en boues (kg MES/m<sup>3</sup>) : la concentration en boues dans les réacteurs lorsque le bassin est plein, cette valeur est choisie par le constructeur. Des valeurs allant de 4,5 à 5,2 g/l ont été observées sur les différentes stations étudiées.

### 2. Détermination des sous volumes aéré et non aéré

Une fois le volume biologique total déterminé, il est possible d'attribuer une partie de ce volume au réacteur non aéré ou anoxie. Sur les sites étudiés, la proportion de volume non aéré varie de 20 à 40% du volume total. Cette variation du simple au double s'explique par des besoins en traitements de l'azote différents d'un site à l'autre ; les sites exigeants un traitement plus poussé ayant une zone anoxie plus importante.

### 3. Détermination du volume de désoxygénation

Le troisième réacteur dit de désoxygénation a un volume déterminé en fonction de la recirculation. En effet ce réacteur a pour seul objectif de décharger le fluide de son oxygène avant son entrée dans la zone anoxie, or 6 minutes sont nécessaires pour cela.

$$Volume\ désoxygénation\ minimal = Débit\ de\ recirculation\ maximal \times \frac{6\ min}{60min/h}$$

Ce volume représente en moyenne 5% du volume total sur les sites étudiés.

### 4. Détermination du volume réservé pour les boues décantée (V1)

Le volume réservé pour les boues représente le volume théorique occupé par les boues en fin de décantation. Dans le dimensionnement Organica on considère qu'en fin de décantation, le voile de boues a une concentration en boues de 10 g MES/l. Ainsi le volume à réserver pour les boues décantées peut se calculer comme suit :

$$V1 = \frac{\text{Age des boues} \times \text{Production de boues}}{\text{Concentration du voile de boues}}$$

La concentration du voile de boues est estimée par rapport à des concentrations connues sur des stations similaires (assimilables à toutes les stations utilisant des procédés à boues activées en faible charge et pratiquant une décantation). En pratique cette valeur varie de 8 à 10 g/l.

Ce volume calculé est complété d'un volume de sécurité V2 qui a minima doit représenter 1m de hauteur au-dessus du volume réservé aux boues décantées.

#### 5. Détermination du volume de bâchée (remplissage/ soutirage) (V3)

Ce volume correspond au volume maximal qu'il est possible de vidanger au cours de la phase de soutirage. Il est calculé comme suit :

$$V3 = \frac{\text{Débit journalier traité par la station}}{\text{Nombre de cycles par jour}}$$

Deux volumes V3 différent peuvent être calculé, à savoir un volume temps de pluie (6 cycles / jour) et un volume temps sec 4 cycles / jour). C'est la plus grande de ces deux valeurs qui est retenu pour le dimensionnement.

#### 6. Détermination des niveaux liquides

Par niveau liquide il faut comprendre les hauteurs associées aux différents volumes V1, V2, V3 calculés précédemment. Sur les stations étudiées (7 stations sur les 8), la hauteur totale des bassins est de 5,5m laissant, 2,8m à 3,2m pour le voile de boues et de 0,9m à 1,6m pour la variation de hauteur en surface.

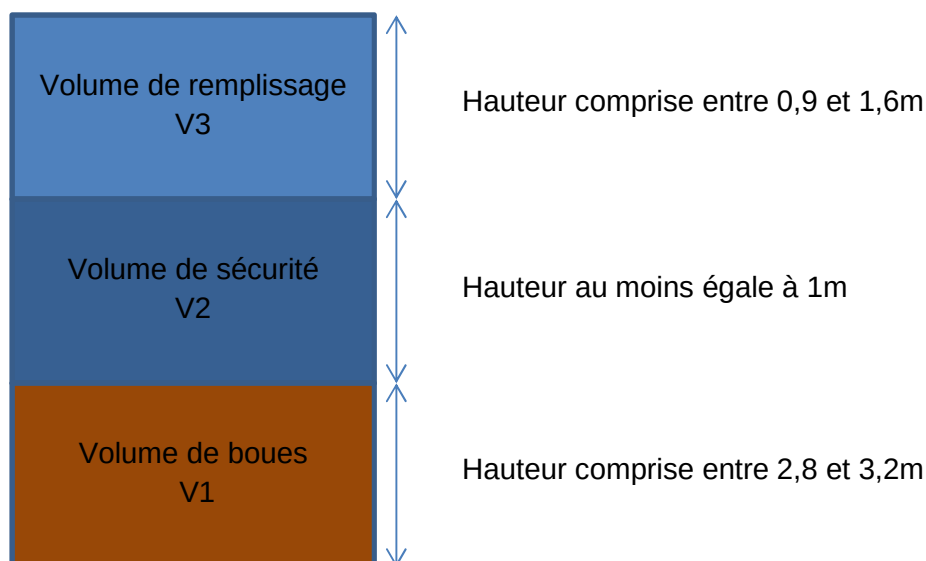


Figure 4 : Schéma des hauteurs liquide dans les bassins Organica

## 7. Prise en compte de la biomasse fixée

En raison de la présence de racines dans la partie supérieure des bassins, une biomasse fixée se développe. Cette biomasse participe au traitement et a un impact sur la charge massique du réacteur et sur l'âge des boues. La biomasse fixée peut se déterminer comme suit :

Les racines, situées sous les bacs plantés, ont une surface racinaire spécifique estimée à  $1000\text{m}^2/\text{m}^3$ .

Il est estimé que la biomasse ne se fixe sur les racines que jusqu'à 0,3m de profondeur, cette valeur déterminée expérimentalement est expliquée par une forte abrasion due au frottement de l'air et à la recirculation qui limite la fixation de la biomasse.

L'épaisseur du biofilm recouvrant les racines est de 0,3mm et sa concentration est de  $50\text{kgMVS}/\text{m}^3$ .

Ainsi :

$$\begin{aligned}\text{Biomasse fixée} &= \text{Surface plantée} \times 0,3 \times 1000 \times 0,0003 \times 50 \\ &= \text{Surface plantée} \times 4,5 \text{ kgMVS}/\text{m}^2\end{aligned}$$

Ainsi, sur les stations étudiées, cette biomasse fixée pourrait augmenter de 7 à 9% la biomasse en culture libre présente dans les bassins. Cette biomasse fixée au système racinaire des plantes n'est d'ailleurs pas prise en compte par le constructeur lors du dimensionnement de ses installations. La biomasse qui pourrait se fixer aux racines est donc considérée comme un « bonus » pour le traitement en dimensionnement.

## 8. Objectifs de traitement

Les objectifs de traitement atteignables par le procédé Organica sont identiques à ceux du procédé SBR et résumés dans le tableau 3 ci-après :

| Paramètres           | DCO     | DBO <sub>5</sub> | MES     | NTK     | N-NO <sub>3</sub> | NGI     | PT*     |
|----------------------|---------|------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| Concentration (mg/L) | 32 - 52 | 3 - 7            | 7 - 12  | 3 - 8   | 2 - 7             | 4 - 16  | 1.5 - 5 |
| Rendement (%)        | 89 - 97 | 96 - 99          | 94 - 98 | 85 - 90 |                   | 75 - 95 | 60 - 70 |

Tableau 3 : Objectifs de traitement atteignables par le procédé Organica

\*Le traitement du phosphore est assuré pour le procédé uniquement par le traitement biologique sans apport de sels métalliques.



### III/ Comparaison avec un système SBR Classique

#### 1. D'un point de vue technologie

Les points communs entre FBR Organica et SBR sont les suivants:

- Même domaine d'application et objectifs de traitement
- Traitement à boues activées en culture libre
- Même recommandations pour l'âge des boues (de l'ordre de 21 jours et fonction de la température) et pour la charge massique (0,09 kg DBO<sub>5</sub> / kg MVS /j)
- Objectif de compacité d'installation
- Séquençage et automatisation du procédé
- Traitement de l'azote (nitrification/dénitrification)
- Même besoin technologie en matière de soutirage des eaux traitées (flotteur)

Les points de divergence entre FBR Organica et SBR à charge de dimensionnement sont les suivants:

| SBR classique                                                                                                              | FBR Organica                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Un seul réacteur par file, alternant entre phase aérée et phase anoxie                                                     | Trois réacteurs en série avec recirculation entre l'aérobie et l'anoxie                                                                                                                                 |
| Niveau haut de remplissage fonction du volume d'effluent disponible, niveau bas de vidange fixe<br>Bassin tampon optionnel | Niveau haut de remplissage fixe, niveau bas de vidange fonction du volume d'effluent disponible<br>Bassin tampon obligatoire                                                                            |
| Possibilité de mise en attente/remplissage long si pas ou peu d'effluent                                                   | Possibilité de mise en attente/remplissage long si pas ou peu d'effluent ou<br>Synchronisation obligatoire des deux files, donc pas de possibilité d'attente ce qui implique des cycles à faible charge |
| Accumulation de mousses et flottants en surface du bassin                                                                  | Elimination des mousses et flottants par la gouttière de recirculation vers le bassin de désoxygénation et évacuation régulière vers un bac de stockage                                                 |
| Forme de bassin circulaire ou rectangulaire                                                                                | Bassins rectangulaires pour épouser la forme des serres qui sont rectangulaires                                                                                                                         |
| Biomasse exclusivement libre                                                                                               | Une partie de la biomasse est fixée aux racines                                                                                                                                                         |

Tableau 4 : Points de divergence technologiques entre FBR Organica et SBR

Les points de divergence en dimensionnement entre FBR Organica et SBR, sont les suivants:

| SBR classique                           | FBR Organica                                             |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Concentration en boues de 3 à 4 g MES/L | Concentration en boues de 4,5 à 5,2 g MES/L              |
| Hauteur d'eau maximale de 5m à 7m       | Hauteur de maximale de 5m à 5,5m                         |
|                                         | Prise en compte du bassin tampon lors du dimensionnement |

*Tableau 5 : Points de divergence en dimensionnement entre FBR Organica et SBR*



*Photos : La serre et ses Végétaux*

## Chapitre 3 - Résultats obtenus sur deux installations étudiées

### I/ Campagnes - Matériel et mesures

Le suivi à distance de deux installations de taille semblable (sites A et B) sur une période d'une année a été réalisé afin d'observer les variations de traitement durant un cycle végétatif complet. Ce suivi correspondait à la collecte et au traitement de données spécifiques au fonctionnement des installations en lien avec l'exploitation. Parallèlement des campagnes de mesures poussées sont réalisées sur chacun des sites par une équipe d'Irstea.

#### A) Campagnes de mesures

Deux campagnes de mesures poussées sont réalisées sur chaque site, à deux périodes différentes de l'année : en période hivernale et estivale. Une troisième mesure est réalisée en période de pointe touristique estivale sur le site B (camping 1000 EH raccordé).

Les mesures sur sites, correspondant à trois mesures 24h successives, ont été réalisées aux dates suivantes:

| Périodes | Hivernale    |             | Estivale       |              |
|----------|--------------|-------------|----------------|--------------|
| Site A   | Mars 2016    | (semaine 9) | Septembre 2015 | (semaine 36) |
| Site B   | Février 2016 | (semaine 8) | Juin 2015      | (semaine 24) |
|          |              |             | Août 2016      | (semaine 32) |

Tableau 6 : Périodes de mesures sur sites

#### B) Prélèvements, mesures de débits et capteurs

Lors de ces campagnes de mesure sur site, des préleveurs réfrigérés équipés de 24 flacons (1/heure), situés en entrée et sortie des étages de traitement sont mis en place ; soit en entrée brute, en entrée réacteur biologique et en sortie d'installation. Différents capteurs sont également installés dans les deux bassins d'une des deux files Organica, comme par exemple une mesure de l'oxygène dissous, du potentiel d'oxydo-réduction, des concentrations en N-NH<sub>4</sub> et en N-NO<sub>3</sub>.

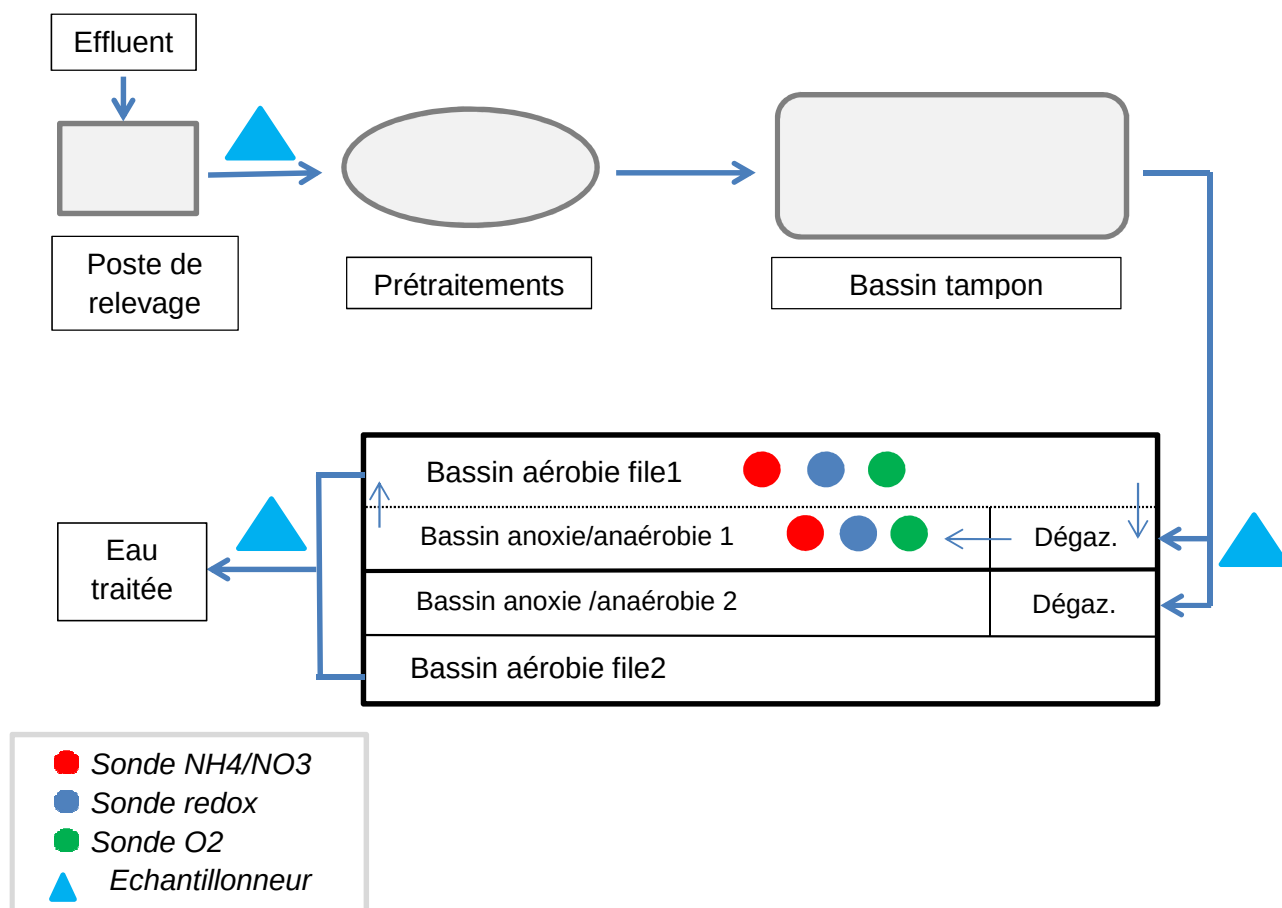


Figure 5 : Schéma d'emplacement des échantillonneurs et sondes sur site

Les échantillons moyens 24 heures collectés sont immédiatement confectionnés sur le terrain proportionnellement au débit. Une partie est filtrée sur place, une autre est conservée brute.

Des tests de vitesse de nitrification maximale en batch sont réalisés sur la boue liquide pour chaque file de traitement. Les mesures de débit sont vérifiées et un suivi de l'ensemble des paramètres du process est réalisé avec le relevé des asservissements, des temps de fonctionnement des organes moteurs et des consommations énergétiques.

Entre les différentes campagnes de mesure sur site, les enregistrements des données de fonctionnement des sites sont régulièrement collectés et analysés (mesures de débits, temps de fonctionnement des organes moteurs, résultats d'auto-surveillance, mesures de températures dans l'air et dans les bassins...).

Une campagne de mesure 24h spécifique « micropolluants » est réalisée sur le site B en août 2016, suivant le protocole adéquat développé par Irstea (flacons d'échantillonnage en verre du préleveur réfrigéré de 2 Litres, tuyaux téflon, utilisation de bonbonnes en verre, agitation constante des échantillons...).

### C) Volet Analytique

Les échantillons moyens confectionnés (échantillons brutes, filtrés, filtrés acidifiés) sont stockés à 4°C sur site, puis mis en glacière avec blocs froids et envoyés par transporteur le jour même pour analyse au laboratoire des milieux aquatiques d'Irstea Lyon-Villeurbanne (LAMA).

Les mesures de la DBO<sub>5</sub> par Oxitop, paramètre dont l'évolution est rapide, sont lancées immédiatement sur site durant les campagnes pour éviter leur évolution lors du stockage et du transport.

Tous les paramètres physico-chimiques analysés sont obtenus par des dosages réalisés suivant les méthodes normalisées en vigueur.

Les échantillons moyens entrée / sortie spécifiques « micropolluants » sont envoyés immédiatement en glacière par transporteur au laboratoire départemental de la Drôme pour analyses.

## II/ Présentation des deux installations étudiées

Deux installations de taille semblable équipées du procédé Organica FBR ont été sélectionnées. Elles sont implantées sur les bassins de deux agences de l'eau différentes, le site A sur le bassin de l'agence Adour Garonne et le site B au sud de la France sur le bassin de l'agence Rhône Méditerranée Corse.

Les 2 installations sont constituées des étapes de traitement suivantes :

|                                                                   | Site A                                                                                                                                           | Site B                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Poste de relevage                                                 |                                                                                                                                                  | 2 pompes<br>Dégrillage 10 mm                                                                                                                     |
| Prétraitements                                                    | Extérieur<br>Dégrilleur fin 6 mm<br>Dessableur / déshuileur                                                                                      | Couvert<br>Dégrilleur fin 6 mm<br>Dessableur / déshuileur<br>Laveur à sable                                                                      |
|                                                                   |                                                                                                                                                  | Réacteur Carbofil pour le traitement des graisses                                                                                                |
| Bassin tampon couvert et désodorisé (récupération ancien ouvrage) | Volume 685 m <sup>3</sup><br>2 hydro éjecteurs<br>2 pompes de relevage                                                                           | Volume 460 m <sup>3</sup><br>1 hydro éjecteur<br>2 pompes de relevage                                                                            |
| 2 files Organica en parallèle                                     | Volume total : 2 x 580 m <sup>3</sup><br>Vol dégazage : 26 m <sup>3</sup><br>Vol anoxie : 150 m <sup>3</sup><br>Vol aérobie : 405 m <sup>3</sup> | Volume total : 2 x 700 m <sup>3</sup><br>Vol dégazage : 31 m <sup>3</sup><br>Vol anoxie : 214 m <sup>3</sup><br>Vol aérobie : 455 m <sup>3</sup> |
|                                                                   | Extraction des boues en excès au niveau des réacteurs anoxie                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|                                                                   | Bâche de relevage des eaux traitées équipée de 2 pompes                                                                                          |                                                                                                                                                  |

Tableau 7 : Etapes de traitement des 2 sites

### File Eau

Les charges retenues pour le dimensionnement des deux sites sont les suivantes :

| Sites | EH   | Vol. journalier<br>m <sup>3</sup> /j | DBO <sub>5</sub><br>kg/j | DCO<br>kg/j | MES<br>kg/j | NGL<br>kg/j | PT<br>kg/j |
|-------|------|--------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| A     | 7000 | 1050                                 | 420                      | 840         | 630         | 105         | 28         |
| B     | 6000 | Tps sec / pluie<br>1000 - 2000       | 360                      | 720         | 450         | 72          | 15         |

*Tableau 8 : Charges à traiter de Dimensionnement*

Le site A est dimensionné sur un seul Volume journalier à traiter (pas de temps de pluie), indiquant l'existence d'un réseau séparatif.

Le site B est dimensionné selon 2 rythmes hydrologiques « temps sec / temps de pluie », révélant la collecte des eaux par réseau unitaire. De plus, une distinction charges à traiter été / hiver est réalisée, témoignant d'une activité touristique estivale connue (présence de campings). Enfin une possibilité d'augmentation de charge jusqu'à 9000 EH sur un week-end est indiquée.

Deux automatismes d'alimentation des réacteurs SBR différents sont mis en place entre les 2 sites.

- Une alimentation avec des bâchées de volume constant sur le site A, sans synchronisation des deux files, avec la possibilité d'un passage manuel en cycle de traitement plus courts lors des périodes de gros volume d'eau relevé (mode proche du temps de pluie mais non automatisé).

- Une alimentation avec des bâchées régulières dans le temps, de volume différents en temps sec sur le site B, (synchronisation obligatoire des deux files), avec un passage automatique en mode temps de pluie lors des périodes de gros volumes d'eau relevé.

Le calcul des charges à traiter de dimensionnement pour 1 EH, sur les 2 sites, permet d'obtenir les valeurs suivantes :

| Sites | Vol. journalier<br>L/EH | DBO <sub>5</sub><br>g/EH | DCO<br>g/EH | MES<br>g/EH | NGL<br>g/EH | PT<br>g/EH |
|-------|-------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| A     | 150                     | 60                       | 120         | 90          | 15          | 4          |
| B     | 166 (Tps sec)           | 60                       | 120         | 75          | 12          | 2.5        |

*Tableau 9 : Ratios Charges de dimensionnement / EH*

On observe pour le site A, l'utilisation d'un ratio pour le PT largement surdimensionné pour des eaux résiduaires urbaines.

Le bassin tampon est alimenté par les effluents prétraités et les retours du poste toutes eaux du site (eaux de lavage des prétraitements, les premières eaux de soutirage des réacteurs biologiques, les retours d'épaississement et du poste déshydratation des boues).

Les niveaux de rejet demandés sur les 2 sites, en mg/L, sont les suivants :

| Sites |           | DBO <sub>5</sub> | DCO | MES | NGL | PT   |
|-------|-----------|------------------|-----|-----|-----|------|
| A     |           | 25               | 125 | 35  | -   | -    |
| B     | Tps sec   | 20               | 90  | 25  | 15  | 60%* |
|       | Tps pluie | 25               | 125 | 35  | 25  |      |

\* en moyenne annuelle

*Tableau 10 : Niveau de rejet demandé (mg/L)*

Les niveaux de rejet exigés sur le carbone sont standards pour le site A et légèrement plus exigeants pour le site B (20 mg DBO<sub>5</sub>/L). Le traitement de l'azote et partiellement du phosphore sont demandés uniquement pour le site B (15 et 25 mg NGL/L suivant la période et 60% de rendement en moyenne annuelle sur le PT).

Des rendements minimum sont également exigés sur les 2 sites en remplacement des niveaux de rejet précédent (concentration ou rendement).

Aucun ajout de FeCl<sub>3</sub> n'est prévu et réalisé pour le traitement du phosphore sur les sites. Aucune performance de traitement des « micropolluant » n'est demandée sur ces installations.

#### **File « Boue »**

Le traitement des boues est assuré par centrifugation sur les deux installations, avec comme particularités :

Pour le site A, les boues en excès extraites des réacteurs de traitement rejoignent une fosse de stockage équipée d'un drain puis sont traitées par tambour épaisseur, stockées en silo avant une centrifugation finale. Le traitement de boues externes en provenance d'une autre station en boue activée est également réalisé sur ce site (stockage en silo indépendant sur le site). Elles sont ensuite évacuées vers un centre de compostage.

Pour le site B, les boues en excès sont stockées et épaissies dans la fosse de stockage également drainée avant d'être directement centrifugées. Les boues déshydratées sont ensuite dirigées vers une plateforme de compostage.

## Fonctionnement des installations

- Hydraulique

Les volumes relevés et traités sur les installations durant notre suivi, sont illustrés en annexe 2. Lors de nos mesures, les volumes moyens relevés et traités sur les installations sont résumés dans le tableau 9 suivant.

| Sites |                 | Volume Eau relevée<br>En m <sup>3</sup> /j | Volume Eau traitée<br>En m <sup>3</sup> /j |
|-------|-----------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| A     | Dimensionnement |                                            | 1050                                       |
|       | été             | 617                                        | 632                                        |
|       | hiver           | 1579                                       | 1070                                       |
| B     | Dimensionnement |                                            | Tps sec 1000                               |
|       | été             | 544                                        | 546                                        |
|       | hiver           | 527                                        | 503                                        |
|       | Pointe été      | 586                                        | 579                                        |

*Tableau 11 : Volumes journaliers traités*

On observe un fonctionnement de 60 à 100% de la charge hydraulique de dimensionnement pour le site A, due à un réseau de collecte en mauvais état drainant les terrains en période de nappe haute. Cette charge hydraulique anormale induit des by-pass réguliers en entrée d'installation et au niveau du bassin tampon en période hivernale. Le site B fonctionne pour sa part à hauteur de 55% de sa charge hydraulique de dimensionnement en temps sec. Peu de by-pass en entrée d'installation et au niveau du bassin tampon due à une surcharge hydraulique ont été relevés lors de notre période de suivi.

Les particularités des sites sont les suivantes:

- Le dimensionnement hydraulique ne suit pas les mêmes objectifs.

Le site A est dimensionné en temps sec uniquement, donc sans prise en compte d'à-coups hydraulique important. L'automate gère l'alimentation avec des bâchées de volume identique (de l'ordre de 115 m<sup>3</sup> mesuré pour 135 m<sup>3</sup> en dimensionnement), ce qui induit un temps différent entre chacune d'elles suivant le niveau d'eau présent dans le bassin tampon, soit un nombre de bâchées journalier variable (entre 6 et 10.5 suivant le jour de mesures).

Ce mode de fonctionnement implique une mise en attente des réacteurs entre 2 alimentations lors des périodes de faible arrivée d'effluent sur la journée (temps sec).

Le site B est dimensionné avec un temps de pluie. L'objectif est donc de garder constamment le bassin tampon vide pour pouvoir stocker les volumes d'eau à traiter lors des à-coups des épisodes pluvieux. L'automate gère donc les bâchées d'alimentation à un pas de temps régulier, soit un nombre de bâchées journalier équivalent (8 en temps sec et 12 en temps de pluie) mais avec des volumes différents en temps sec (entre 36 et 117 m<sup>3</sup> lors de nos mesures pour 125 en dimensionnement) donc avec de très faibles charges à traiter à certains moments de la journée.

- L'asservissement de l'apport d'oxygène diffère également entre les deux sites ; Il est sur un mode horloge pour le site A et sur une double régulation O2 et Rédox pour le site B.



- Caractéristiques de l'effluent à traiter

Les concentrations moyennes des eaux à traiter en entrée brutes durant nos mesures sont les suivantes :

| Sites | mg/L    | DCOb | DCOf | DBO <sub>5</sub> | MES | NTK  | N-NH <sub>4</sub> | PT | P-PO <sub>4</sub> |
|-------|---------|------|------|------------------|-----|------|-------------------|----|-------------------|
| A     | Hiver   | 332  | 97   | 148              | 158 | 39   | 28                | 5  | 3                 |
|       | Eté     | 614  | 236  | 314              | 397 | 76.4 | 53.4              | 12 | 4                 |
| B     | Hiver   | 482  | 142  | 279              | 363 | 68   | 50                | 7  | 4                 |
|       | Pte été | 864  | 281  | 363              | 417 | 99   | 73                | 11 | 5                 |

*Tableau 12 : Caractérisation des effluents à traiter*

Lors de nos mesures d'été sur le site A, la récupération des débits horaires en entrée d'installation a été impossible suite à l'absence d'enregistrement des débits de certaines conduites d'arrivée des effluents. Cette absence de donnée nous a empêché de réaliser un prélèvement proportionnel au débit à traiter en ce point.

Les effluents sont très dilués en hiver sur le site B (nappe haute), et concentrés en pointe d'activité touristique estivale.

Certains jours de mesures, des différences de concentration entre nos deux points de prélèvement (eaux brutes / eaux prétraitées-entrée réacteur biologique) sont observées. Elles sont à rapprocher du fonctionnement des prétraitements d'une part mais surtout des retours de la file boue non quotidiens sur le site B.

Ces retours augmentent systématiquement les concentrations en Phosphore (PT et P-PO<sub>4</sub>) de l'effluent en entrée réacteur biologique. Sur le site A, des augmentations de tous les paramètres (MES, pollution carbonée et azotée) sont observées, la filière boue fonctionnant tous les jours et traitant des boues de l'installation et d'un site extérieur stockées en silos indépendants.

- Taux de charge des installations :

Le calcul des charges des eaux brutes à traiter permet d'afficher les taux de charge moyens suivant :

| Sites | %       | DCOb | DBO <sub>5</sub> | MES  | NTK  | N-NH <sub>4</sub> | PT   |
|-------|---------|------|------------------|------|------|-------------------|------|
| A     | hiver   | 62.4 | 55.7             | 40   | 58.6 | /                 | 29   |
| B     | été     | 47.8 | 47.3             | 45.7 | 57.8 | 53.5              | 42.7 |
|       | hiver   | 35.3 | 41               | 42.4 | 49.8 | 48.4              | 24   |
|       | Pte été | 70.2 | 59               | 54.3 | 80.6 | 79.5              | 42   |

*Tableau 13 : Taux de charge des 2 installations*

Les taux de charges organiques des installations pour la pollution carbonée (DBO5) et azotée se situent aux alentours de 60% pour le site A et de 40% l'hiver et 60% l'été pour le site B.

- paramètres de fonctionnement

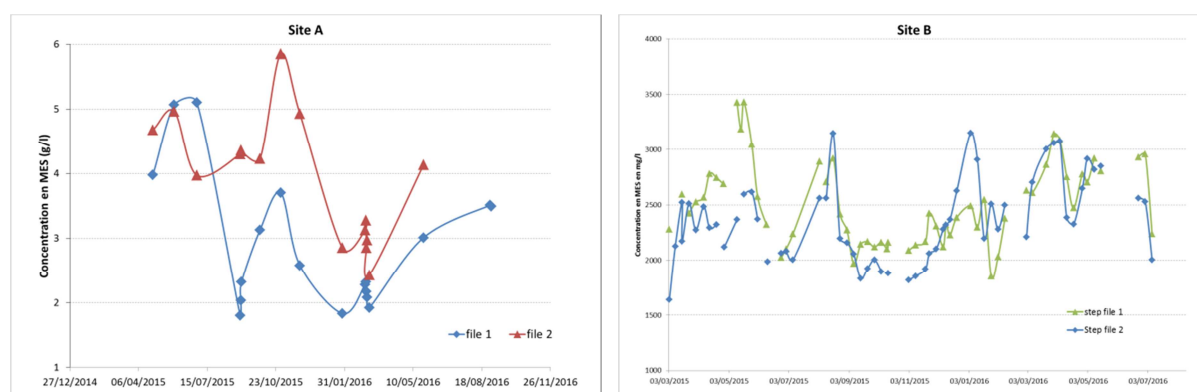
Les principaux paramètres de fonctionnement des installations durant nos mesures sont résumés ci-dessous :

| Sites |               | MES                      | MVS                | Cm globale                                   | Cv                                        | Temps de Séjour hydraulique moyen<br>j |
|-------|---------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
|       |               | file1 / file2<br>g MES/L | file1 / file2<br>% | file1 / file2<br>KgDBO <sub>5</sub> /kgMVS.j | kg<br>DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> .j |                                        |
| A     | Dim.          | 5                        | 75                 | 0.096                                        | 0.36                                      |                                        |
|       | été           | 2.1 / 4.3                | 83 / 82            | 0.15 / 0.07                                  | 0.253                                     | 1.62                                   |
|       | hiver         | 2.2 / 3.1                | 85 / 83            | 0.155 / 0.115                                | 0.29                                      | 0.95                                   |
| B     | Dim.          | 4.5                      | 75                 | 0.076                                        | 0.26                                      |                                        |
|       | été           | 1.5 / 1.2                | 81 / 77            | 0.124                                        | 0.132                                     | 2.36                                   |
|       | hiver         | 2.4 / 1.4                | 87 / 81            | 0.057 / 0.088                                | 0.10                                      | 2.56                                   |
|       | Pointe<br>été | 3.1 / 3.1                | 80 / 80            | 0.04 / 0.05                                  | 0.11                                      | 2.25                                   |

Tableau 14 : Paramètres de fonctionnement des 2 installations

On observe des concentrations en MES au sein des réacteurs biologiques plus faibles que le dimensionnement puisque la charge à traiter par les installations est inférieure à celle de dimensionnement.

Une différence de concentrations en MES est régulièrement mesurée entre les deux files parallèles de traitement (cf. figure 5).



Figures 6 : Evolution de la concentration en MES sur les 2 sites

Cette variation est particulièrement importante sur le site A, témoignant de difficultés de gestion du taux de boue sur ce SBR (gestion différenciée de l'extraction à l'automate

impossible entre les 2 files sur ce site). De plus, un lessivage des boues est observé sur ce site, qui aura un impact sur les performances de la nitrification.

Il en découle ainsi un fonctionnement régulier à des Cm différentes entre les deux files de traitement d'un même site.

Les mesures de l'Indice de boue sur chaque file de traitement lors des campagnes de terrain sont résumées dans le tableau 14.

| IB<br>mL/g MES | été       | hiver   |
|----------------|-----------|---------|
| Site A         | 90 - 110  | 75 - 80 |
| Site B         | 100 - 145 | 170     |

*Tableau 15 : Résultats de l'Indice de Boue, en mL/g MES*

On observe des boues ayant une bonne aptitude à la décantation pour le site A, et certaines difficultés pour le site B, pouvant engendrer quelques pertes de MES au rejet lors de la vidange des eaux traitées.

#### Au niveau de l'aération

Sur les 2 sites en sous charge par rapport au dimensionnement, l'aération est séquencée durant la phase de traitement aéré avec une mise en route des surpresseurs dès la phase d'alimentation. Le fonctionnement des surpresseurs est réglé en cadence/durée sur le site A pour lequel le traitement de l'azote n'est pas demandé, et asservi aux mesures d'O<sub>2</sub> et de redox sur le site B.

| Sites |            | mgO <sub>2</sub> /L<br>mini / maxi |      | Redox mV<br>mini / maxi |     |
|-------|------------|------------------------------------|------|-------------------------|-----|
| A     | été        | 0                                  | 7.5  | -193                    | 160 |
|       | hiver      | 0                                  | 8.15 | -275                    | 60  |
| B     | été        | 0                                  | 6    | -60                     | 200 |
|       | hiver      | 0                                  | 6.2  | -80                     | 60  |
|       | Pointe été | 0                                  | 4    | -200                    | 80  |

*Tableau 16. : Mesures O<sub>2</sub> et EH dans les bassins aérés des 2 sites*

Lors de l'arrêt des surpresseurs, l'oxygène dissous est toujours mesuré nul sur les 2 sites. En fin de cycle d'aération, le maximum atteint varie suivant la saison et les bâchées d'alimentation les bâchées. Des concentrations élevées sont mesurées sur le site A, les surpresseurs étant pilotés sur tableau horaire.

Les mesures de redox suivent la même logique que l'O<sub>2</sub>, avec des valeurs très basses mesurées sur le site A.

#### Au niveau de la circulation des nitrates

Une pompe de parois permet la circulation des Nitrates formés au sein du réacteur aérobie vers le réacteur anoxie.

Durant un cycle de traitement, cette circulation, sur variateur de fréquences, augmente graduellement de débit sur les 3 heures (3 vitesses programmables). Elle fonctionne uniquement en phase réaction pour le site A et lors des deux phases, alimentation et réaction, pour le site B.

Elle est calculée par le constructeur de la façon suivante : Q maxi de la pompe / Volume maxi d'une bâchée. On obtient ainsi un taux de circulation théorique (le débit de la pompe de paroi est impossible à mesurée) de 200% sur le site A et 300% sur le site B.

### III/ Performances obtenues

#### **Performances moyennes**

Les concentrations moyennes mesurées en sortie d'installations sont synthétisées dans le tableau 16 suivant.

| Sites | mg/L    | DCOb | DCOf | DBO <sub>5</sub> | MES | NTK  | N-NH <sub>4</sub> | N-NO <sub>2</sub> | N-NO <sub>3</sub> | PT  | P-PO <sub>4</sub> |
|-------|---------|------|------|------------------|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|
| A     | Dim.    | 125  |      | 25               | 35  |      |                   |                   |                   |     |                   |
|       | été     | 57   | 39   | 5                | 9   | 11.2 | 8.0               | 0.3               | 2.8               | 4.6 | 3.3               |
|       | hiver   | 45   | 33   | 8                | 8   | 32   | 28.7              | 0                 | 0                 | 3.4 | 3.0               |
| B     | Dim.    | 90   |      | 20               | 25  | 10   | 7.5               |                   |                   |     |                   |
|       | été     | 70   | 50   | 5                | 7   | 3,1  | 1,1               | 0,2               | 1.4               | 5.4 | 3.2               |
|       | hiver   | 31   | 29   | 5                | 3.5 | 3.3  | 0.93              | 0.25              | 2.25              | 4.0 | 3.6               |
|       | Pte été | 42   | 30   | 5                | 9   | 4.1  | 3.2               | 0.1               | 3.3               | 6.3 | 5.4               |

*Tableau 17 : Concentrations mesurées en sortie d'installations (mg/L)*

On note que les concentrations des eaux traitées en sortie des deux sites lors des différentes périodes de mesure sont largement conformes aux seuils de rejet autorisés. La concentration en MES, spécialement suivie en SBR, est toujours mesurée inférieure à 10 mg/L. Le traitement de l'azote est optimisé sur le site B et absente l'hiver sur le site A.

| Sites | %          | DCOb | DCOf | DBO <sub>5</sub> | MES  | NKJ  | N-NH <sub>4</sub> | NT   | PT   |
|-------|------------|------|------|------------------|------|------|-------------------|------|------|
| A     | été        | 92,5 | 75,1 | 97,5             | 98,6 | 89,1 | 87,7              | 86,1 | 68,7 |
|       | hiver      | 91.5 | 73   | 97               | 97.5 | 52   | 18.5              | 52   | 75.5 |
| B     | été        | 87,1 | 77,0 | 98,5             | 97,2 | 96,1 | 97,9              | 94,1 | 70,7 |
|       | hiver      | 93   | 78   | 98               | 98.5 | 95   | 98                | 95   | -    |
|       | Pointe été | 94.1 | 84.1 | 98.2             | 97.7 | 96   | 96                | 92.5 | 63.4 |

*Tableau 18 : Rendements d'élimination des réacteurs Organica (%)*

Les performances d'élimination calculées sont excellentes et supérieures à 97% pour le traitement du carbone (DBO<sub>5</sub>, MES).

La nitrification non demandée sur le site A est observée l'été, mais absente durant notre période de mesure hivernale suite au réglage inadapté de l'aération et au lessivage de la biomasse autotrophe par des extractions de boues trop importantes. La nitrification / dénitrification est, en revanche, optimisée sur le site B.

Un rendement d'élimination du phosphore, supérieur à 60%, est mesuré sur les 2 sites. Cette élimination est à rechercher vers une déphosphatation biologique, aucun traitement chimique n'étant en place sur les sites.

### ***Nitrification – Dénitrification - Déphosphatation***

Des calculs plus précis pour le traitement de l'azote et du phosphore sont effectués sur les réacteurs Organica des 2 files (sortie bassin tampon / sortie station). Les rendements sont calculés en retranchant la part assimilée par la biologie, soit 5% de la DBO<sub>5</sub> éliminée pour le N-NH<sub>4</sub> disponible et éliminé, 1% de la DBO<sub>5</sub> éliminée pour le PT disponible et éliminé. Pour la dénitrification, les flux de N-NH<sub>4</sub> nitrifié et les flux de N-Oxydé de sortie sont utilisés.

| Sites | Périodes   | Rendement de Nitrification % | Rendement de Dénitrification % | Rendement de Déphosphatation % |
|-------|------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| A     | été        | 84                           | 92.7                           | 62.6                           |
|       | hiver      | /                            | /                              | 62.4                           |
| B     | été        | 96.9                         | 95.7                           | 63.6                           |
|       | hiver      | 97.3                         | 92.5                           | /                              |
|       | Pointe été | 94.8                         | 94.5                           | 55.8                           |

*Tableau 19 : Rendement de nitrification, dénitrification et déphosphatation biologique en %*

Des mesures de vitesses de nitrification sont réalisées dans les réacteurs sur une période d'un cycle de traitement journalière (une bâchée) ainsi qu'en batch sur chaque file lors de nos campagnes de mesures. Les résultats obtenus en batch sont toujours supérieurs aux performances mesurées dans les réacteurs. Les résultats ne sont pas toujours

homogènes d'une file à l'autre, à rapprocher des déséquilibres en MES mesurés et de l'historique des charges d'entrée. Les vitesses obtenues varient suivant les campagnes en relation avec les charges à traiter sur les périodes précédant les mesures et des lessivages de la biomasse nitrifiante.

Les mesures en continu par sondes des concentrations en  $\text{N-NH}_4^+$  et  $\text{N-NO}_3^-$  dans les différents bassins d'une file permettent de suivre l'évolution des formes azotées en fonction des phases de traitement lors d'un cycle d'alimentation. Elles sont ensuite transformées en flux et mises en parallèle avec les mesures de l'oxygène dissous comme illustrée dans la figure 6 ci-dessous.

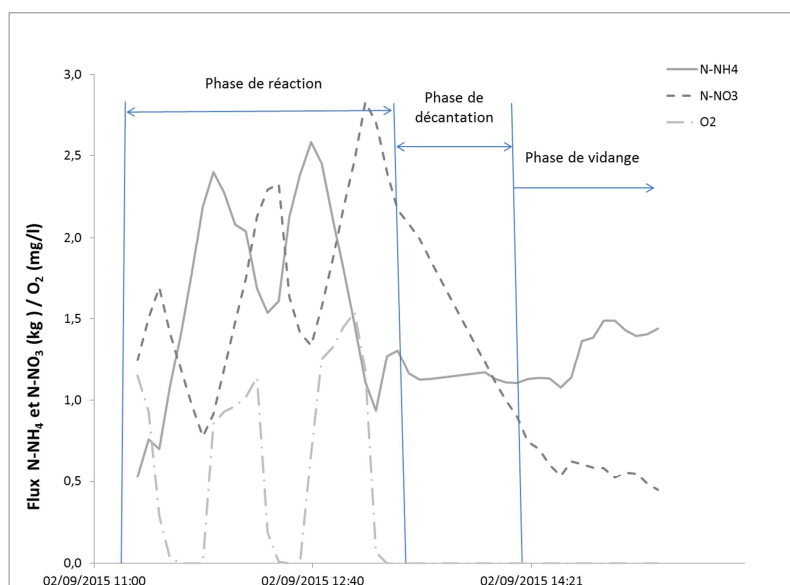


Figure 7 : Evolution des flux en azote et de la concentration en  $\text{O}_2$  dissous dans le réacteur aérobie, au cours d'un cycle d'alimentation – exemple du site A

La nitrification est réalisée dans le réacteur aérobie, durant les phases d'alimentation et de réaction pendant le fonctionnement des aérateurs (réglage de l'aération synchrone pour une optimisation des consommations énergétiques).

La dénitrification a lieu :

- au sein du réacteur anoxie, suivant le taux de recirculation entre les bassins (Le débit recirculé augmente graduellement au cours d'un cycle. Dans le premier 1/3 de temps du cycle, le débit est de 100 % de l'alimentation, puis de 200 % dans le second temps du cycle, et enfin de 300 % dans le dernier tiers temps du cycle, soit un rendement de dénitrification attendu entre 30 et 66% pour le site A et entre 50 et 75% pour le site B.

- au sein du réacteur aérobie lors des phases d'arrêt des aérateurs ( $\text{O}_2$  dissous constamment mesuré nul lors de ces périodes) et durant la phase de décantation des boues avec une dénitrification plus faible puisque le contact biomasse / eau traitée est moins important.

Lors de nos campagnes, des calculs sur certains cycles d'alimentation permettent d'approcher le taux de dénitrification entre les 2 réacteurs anoxie et aéré. On obtient ainsi une répartition de 77% / 23% pour le site A et 68 / 32% pour le site B.

Au niveau du paramètre phosphore, une déphosphatation est observée sur les deux sites lors des campagnes (56 à 64% de rendement). Pour un fonctionnement des

installations à 60-70% de leur charge de dimensionnement, le réacteur anoxie joue le rôle d'un réacteur anaérobie et permet la mise en place d'une déphosphatation biologique. Celle-ci est susceptible de varier avec l'augmentation future de la charge à traiter. La déphosphatation est normalement supérieure lors des phases d'alimentation du réacteur puisque le carbone utilisé est celui des eaux à traiter.

Lors de nos campagnes, l'installation de sondes de mesures d'O<sub>2</sub> et de redox en fin de la zone anoxie a montré des valeurs présentées en tableau 19 pour les 2 sites.

| Sites |            | mg O <sub>2</sub> /L | Redox mV (non corrigé)<br>mini / maxi |      |
|-------|------------|----------------------|---------------------------------------|------|
| A     | été        | 0                    | -268                                  | -128 |
|       | hiver      | 0                    | -280                                  | -216 |
| B     | été        | 0                    | /                                     | /    |
|       | hiver      | 0                    | -191                                  | -160 |
|       | Pointe été | 0                    | -300                                  | -75  |

*Tableau 20 : Valeurs O<sub>2</sub> et EH mesurées en fin de zone anoxie*

La concentration en O<sub>2</sub> est mesurée constamment nulle en fin de zone anoxie. Les valeurs de redox sont très faibles et peuvent entraîner des risques pour le développement de la biomasse, en particulier sur les sites à alimentation non régulière (site A). Ce fonctionnement engendre des périodes longues de non alimentation avec des temps de séjours des boues en anoxie importants, et pousse ainsi à des redox très bas en anoxie.

### **Micropolluants**

L'abattement des micropolluants n'est pas un objectif affiché des stations Organica bien qu'il ait été utilisé dans la politique commerciale de MSE..

Des prélèvements spécifiques sur 24h en entrée Organica (sortie bassin tampon) /sortie installation B ont été réalisés pendant la campagne de pointe d'été en aout 2016 avec l'utilisation de préleveurs spécifiques adéquat (verre / téflon...) et suivant le protocole développé par Irstea.

Les analyses des échantillons confectionnés ont été réalisées par le Laboratoire d'analyses de valence (LDA).

Les substances analysées ont été choisies pour permettre une comparaison avec les résultats obtenus par Irstea sur des installations en boue activées en aération prolongée dimensionnées pour traiter l'azote et le phosphore. Aussi, l'absorbance aux UV ainsi que 12 molécules différentes dont le degré d'efficacité de traitement des boues activées est variable (abattement <30% et abattement > 70%) ont été retenues (Cf. annexe 3).

Soit : 2 Métaux, 1 Hormone, 4 Produits pharmaceutiques, 4 Pesticides et 1 Produit industriel.

Tous les résultats d'analyse (entrée et sortie Organica) sont inférieurs à la limite de quantification du laboratoire à l'exception :

- D'un médicament, la Carbamazépine, pour lequel la concentration mesurée en entrée très faible et nettement inférieure à celle mesurée en sortie (0.087 / 0.31 µg/L) est remise en cause.
- D'un micro polluant minéral, le Bore, réfractaire au traitement et utilisé comme traceur, pour lequel les concentrations entrée/sortie sont logiquement identiques (103 / 106 µg/L)
- L'absorbance UV à 254 nm croît avec le traitement (69/76%). Cette évolution due au changement d'aromaticité de certaines molécules avec le traitement est également observé dans les boues activées.

Le constructeur (MSE) a également réalisé une campagne de mesure 24h en entrée/sortie de la station de Le Lude en octobre 2011. De nombreuses molécules avaient été analysées par différents laboratoires (Hormones; Analgésiques/anti-inflammatoires; Anti-épileptiques; Lipo-régulateurs; Bêta-bloquants; Antibiotiques...).

Les résultats communiqués permettent de calculer certaines performances suivant la LQ du laboratoire pour cet élément.

Ainsi, les métaux adsorbés sur les floes sont classiquement bien traités avec des rendements calculés de 33% (arsenic) à 99% (aluminium). Les rendements sur divers micropolluants organiques (estradiol, estrone) sont supérieurs à 97% ; L'abattement des molécules issues de médicaments est variable (de 0 à 90 %).

Comparé aux données issues des études Irstea sur les micropolluants, il en ressort que l'efficacité du procédé Organica est similaire à celle d'une boue activée faible charge.



## Chapitre 4 - Autres points

### II. Conception / SBR classique

Le procédé Organica FBR nécessite la présence d'un bassin tampon qui est couvert en raison du créneau d'application du procédé, proche des habitations, désodorisé et équipé d'hydroéjecteurs. Ce bassin stocke, régule les débits et homogénéise les effluents à traiter. Il est obligatoire au vu du fonctionnement des réacteurs biologiques qui sont alimentés par cycles de telle sorte que le niveau haut de remplissage des bassins soit toujours atteint. Son dimensionnement et fonctionnement peuvent répondre à deux approches :

- en réseau séparatif, stockage du volume nécessaire à une bâchée qui est identique à chaque alimentation, soit un nombre d'alimentation variable suivant le jour.
- ou en réseau unitaire, le bassin tampon doit être vide pour recevoir un épisode pluvieux, ce qui induit des alimentations régulières des réacteurs, mais de volumes différents d'un cycle à l'autre.

Dans les 2 cas, son dimensionnement doit être sécuritaire pour le bon fonctionnement hydraulique de l'installation. De plus, dans chaque cas, l'automate peut basculer en mode temps de pluie, en alimentant les réacteurs plus souvent (cycles de traitement plus court).

Dans le cas d'un fonctionnement en réseau séparatif, l'attente entre deux alimentations peut être importante, induisant des redox bas dans le bassin d'anoxie pouvant être préjudiciable à la biomasse. En effet, le SBR est mis « en attente » après soutirage des eaux traitées, niveau de boue bas et aération synchrone. En fonctionnement courant, l'exploitant ne peut pas prévoir les heures d'alimentation des 2 files.

Dans le cas d'un fonctionnement en réseau unitaire, l'alimentation des 2 files est à heure fixe. Elle peut être de volume et donc de charge polluante à traiter variable selon les moments de la journée. Seul un passage en temps pluie fait varier le planning journalier des alimentations. Les réacteurs peuvent être en attente si le cycle de traitement est inférieur à 6h afin de synchroniser les alimentations.

La comparaison du dimensionnement des deux Organica FBR étudiés avec celui d'un SBR classique mono-réacteur en aération prolongée avec prise en compte de l'âge de boue aérée a été effectuée (document Cemagref – agence de l'eau Seine Normandie (2010)). Les dimensionnements sont variables en fonction du rejet en azote demandé.

En prenant les mêmes hypothèses de charge à traiter nominale, de durées de cycles de traitement et d'âge de boue aérée, on montre qu'un Organica FBR à pleine charge doit être aéré durant les phases d'alimentation et de réaction pour avoir un âge de boue aérée suffisant. Sinon, le volume total de réacteur peut être insuffisant pour le traitement de l'azote à pleine charge. Le procédé dispose d'une marge de flexibilité par la possibilité d'ajouter une heure d'aération (passage de 3 à 4 h d'aération/cycle) durant cette phase de remplissage, réglable par l'exploitant.

Le dimensionnement des deux sites étudiés montre un volume de bassin tampon supérieur pour Organica, surtout en réseau unitaire (prise en compte du stockage de 2 heures de pointe de temps de pluie) comparé à un SBR.

La présence de ce bassin tampon équipé d'un système de brassage (hydroéjecteurs), obligatoire pour Organica, permet de tamponner la charge à traiter sur la

journée et de réduire légèrement les volumes de dimensionnement des bassins aérés en petite collectivité. Sur les 2 sites, le volume de réacteur biologique est ainsi inférieur à celui d'un SBR classique de 10 à 20% suivant le traitement demandé (azote).

Au final, les volumes de réacteurs d'une station Organica, en prenant en compte le bassin tampon, et les 3 réacteurs de traitement des files sont proches et de l'ordre de +/- 10% des volumes d'un SBR classique sans zone anoxie et avec bassin tampon.

La répartition des volumes de bassins sur une file Organica est de l'ordre 4 à 5 % pour le dégazage, 25 à 30 % pour l'anoxie et 65 à 70% pour le réacteur aérobie.

Pour un taux de charge inférieur au dimensionnement, l'exploitant ajuste la concentration en MES des bassins pour fonctionner à la Cm de dimensionnement. Une aération séquencée est mise en place durant les cycles d'alimentation et de réaction.

La dénitrification dépend du taux de recirculation des boues aérées vers la zone anoxie. Elle est annoncée 100, 200 puis 300% du volume traité suivant la phase de traitement. Mais elle est également présente dans les deux réacteurs de traitement lors de la phase de décantation et en moindre mesure d'évacuation des eaux traitées.

La mise en place de la zone d'anoxie, par rapport à un SBR classique, permet une dénitrification sécuritaire et d'annoncer une déphosphatation biologique. A la charge nominale la dénitrification est réalisée uniquement dans cette zone puisque l'aération peut être continue même durant la phase d'alimentation

La déphosphatation est mesurée sur des installations fonctionnant en sous charge, avec un réacteur anoxie proche d'un réacteur anaérobie. A pleine charge, celle-ci risque d'être pénalisée du fait du fonctionnement de l'aération durant la phase d'alimentation, qui induira une recirculation de N-NO<sub>3</sub> dès le début du cycle. L'apport de FeCl<sub>3</sub> sera nécessaire pour les installations qui auront des contraintes fortes sur le Phosphore.

Pour une déphosphatation biologique optimisée, le procédé Organica devra être équipé d'une filière de traitement des boues cohérente, c'est-à-dire sans stockage de boues non aérées pour éviter des flux de retours internes chargés en phosphore.

D'un point de vue architectural, les bassins Organica sont conçus avec une hauteur de boues liquides de l'ordre de 5 à 5.5 m. Cette profondeur induit la présence de surfaces importantes de murs en béton extérieur difficile à intégrer en architecture. De plus, les bassins sont entièrement couverts, que ce soit par les bacs de plantation de végétaux, les passerelles en béton ou les trappes d'accès au traitement (agitateurs, pompes de recirculation, déversoirs flottant de récupération des eaux traitées). L'exploitant n'a donc aucune vision directe du traitement biologique, en dehors de l'ouverture et fermeture des trappes d'accès.

La culture fixée n'est jamais prise en compte dans les calculs de dimensionnement, la production de boues calculée est identique à celle d'un SBR classique.

### III. Rôle des végétaux

Les végétaux implantés en surface des bassins (ratio de l'ordre de 5 plants au  $\text{m}^2$  de bacs) sont un mélange d'espèces locales et de plantes exotiques (Frêne, Oiseau de paradis, Canna, Oreille d'éléphant, faux Philodendron, Papyrus ). Ce sont majoritairement des plantes vivaces à feuilles persistantes.

Certaines plantes initialement proposées pour la couverture des bassins ont été retirées de la liste initiale. Par exemple les espèces *Arundo donax* et *Amorpha fruticosa* en raison du risque de prolifération dans le milieu naturel. De plus les nouvelles stations qui voient le jour s'interdisent les plantes de type *Datura* en raison de leur toxicité.

Ces végétaux assimilent des nutriments (azote et phosphore) pour couvrir leurs besoins mais les quantités en jeu sont très faibles comparées à la charge à traiter sur l'installation. Par exemple, la bibliographie annonce une capacité de traitement des plantes par leur système racinaire de l'ordre de 20 à 250 g N /  $\text{m}^2$  de surface plantée.an et de 3 à 10 g P /  $\text{m}^2$  de surface plantée .an. Parallèlement, un habitant rejette entre 4 et 5 kg de N / an et 0,9 kg P / an.

Une des spécificités majeure du procédé Organica est la plantation de végétaux en surface des bassins, qui permettent la présence dans les réacteurs d'un volume racinaire important devant servir d'habitat à une biomasse fixée d'après le constructeur, ce qui induit un système mixte culture libre / culture fixée qui stabilise les performances de traitement.

Une approche de calcul de la quantité de biomasse fixée sur les racines a été effectuée pour les 2 sites de mesures avec les données et hypothèses suivantes :

- La surface plantée de végétaux (surface des bacs semi immergés) mesurée sur les 2 sites est inférieure à 50% de la surface totale des réacteurs (anoxie et aéré).
- La profondeur moyenne des racines est de 0.3 m, avec une surface disponible sur les racines de 1000  $\text{m}^2/\text{m}^3$  de volume racinaire.
- L'épaisseur moyenne de biofilm, en tenant compte du cisaillement et de l'agitation dans les bassins et d'un milieu traitant le carbone et l'azote est fixée à 0.2 mm ; Avec une concentration en bactéries de 50 g/L de biofilm.

Ses calculs optimistes aboutissent à la présence d'une quantité de biomasse fixée aux racines proche de 10% de la biomasse totale (en MVS). Cette part de biomasse fixée est donc très faible par rapport à la biomasse présente sur l'installation et se situe dans la fourchette d'incertitude élargie de la mesure du paramètre MES en laboratoire.

Parallèlement, lors de nos mesures sur sites, l'observation photographique des faces inférieures des bacs de plantation après soutirage des eaux clarifiées montre un développement racinaire très faible et non homogène, avec des longueurs de racines, lorsqu'elles sont présentes, peu importantes : Les deux sites de mesures sont pourtant en eau et plantés depuis plus de 2 ans (octobre 2012 et novembre 2013).



*Photos : Observation des racines Site A – Août 2016*



*Photos : Observation des racines Site B – Février 2016*

Les végétaux mis en place sur les bassins Organica ont donc un rôle marginal dans les performances de traitement du procédé. Cette biomasse fixée au système racinaire des plantes n'est d'ailleurs pas prise en compte par le constructeur lors du dimensionnement de ses installations. La biomasse qui pourrait se fixer aux racines est donc considérée comme un « bonus » pour le traitement en dimensionnement.

Le constructeur met également en avant, les avantages suivants du couvert végétal d'Organica :

- ✓ - « les plantes de milieux aquatiques sont capables de transporter l'oxygène dans leurs racines, ce qui augmente l'activité du biofilm sans apport supplémentaire d'oxygène (via l'insufflation d'air) »
- ✓ ' « elles produisent de l'acide organique au niveau des racines, qui permet de maintenir la biomasse active même hors du liquide ».

Ces faits ont bien été validés lors de notre étude bibliographique. En revanche, cet apport d'oxygène par les racines des végétaux est négligeable et ne peut assurer la dégradation des matières carbonées et azotées par voie aérobie.

Il faut également noter que les racines des végétaux ne sont pas immergées dans les boues (ou l'eau interstitielle) des bassins durant les phases d'alimentation, de vidange et de synchronisation, soit plus du tiers du temps de traitement du procédé.



Enfin, l'observation microscopique des boues prélevées dans les bassins Organica lors de nos suivis a révélé un écosystème de type boue activée classique, composé de protozoaires et métazoaires que l'on peut rencontrer dans toutes les installations fonctionnant en aération prolongée. Ces observations sont indicatrices d'une boue stable, ayant une microfaune variée avec un âge de boue élevé, sans problème de décantation.

Aucun escargot, moule, écrevisse ou poisson ne sont observé dans les boues, contrairement aux plaquettes de présentations des sites équipés et des arguments commerciaux MSE.

### III/. Rôle de la Serre

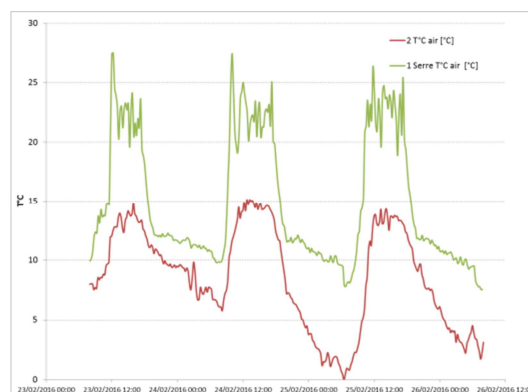
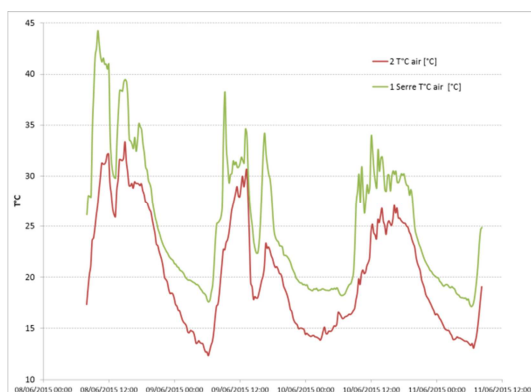
- La serre

Le premier rôle de la serre est de maintenir les meilleures conditions possibles pour le développement des végétaux, quelle que soit la période de l'année. Pour cela, un automate autonome dédié à sa gestion régule en continu l'ouverture / fermeture de vantaux en fonction de la température interne (vantaux latéraux et en toiture), le taux d'humidité (brumisateurs avec jets d'eau potable) et l'ensoleillement (rideaux en toiture) au sein de la serre.



*Photos : La serre et ses Végétaux*

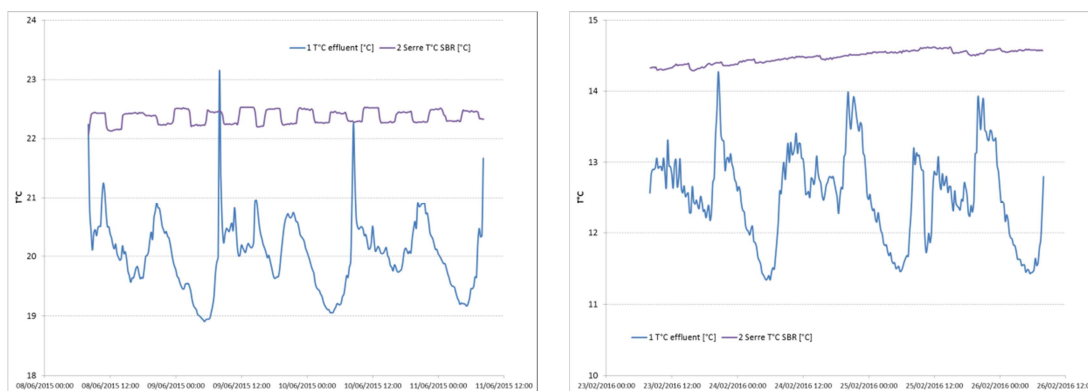
Le recyclage de l'air chaud de la salle des surpresseurs (site A) ou la mise en marche de plusieurs aérothermes (site B) permet de maintenir une température minimale de 6°C en hiver.



*Figures 8 : Evolution de la température de l'air (extérieure et serre) sur le site B durant 2 campagnes de mesures été et hiver*

Le maintien d'une température élevée au sein de la serre ainsi que la couverture des bassins et l'aération par surpresseur permet de garder une température plus élevée dans les bassins comparé à la température de l'eau à traiter.

Par exemple, sur l'année, l'écart moyen de température journalière entre les boues du bassin et l'effluent est positif de l'ordre de +1.6°C sur le site A et de +2.2 °C sur le site B.



*Figures 9 : Evolution de la température de l'eau (eau brute et réacteur biologique) mesurée sur le site B l'été (juin) et l'hiver (février)*

Cette température plus élevée dans le réacteur biologique ne permet pas de gain en dimensionnement, la température de référence de dimensionnement restant les 12°C de l'effluent.

La présence de la serre et de ses végétaux permet également une insertion environnementale et paysagère indéniable de l'installation de traitement.

Elle peut permettre de réduire l'impact olfactif du traitement et offre un cadre plus agréable pour le voisinage et le personnel d'exploitation, ce qui permet d'implanter une station d'épuration dans des lieux « sensibles ».



*Photo : exemple de Station d'épuration Organica*

Par exemple sur une parcelle au milieu des maisons individuelles d'un lotissement, proche du centre de villages protégés, proche de bâtiments historiques, au sein d'un parc naturel...

Le procédé Organica FBR, avec ses végétaux protégés sous une serre, véhicule ainsi une image positive du traitement des eaux pour les collectivités. L'usine de traitement des eaux usées est dissimulée sous la serre botanique et rien n'indique la présence d'un site industriel de traitement des eaux.



*Photos : La serre et ses Végétaux*

- Température

Malgré la gestion automatisée de l'atmosphère de la serre, l'ambiance de travail pour l'exploitant peut être difficile suivant l'implantation géographique de l'installation et la période de l'année.

En effet, les températures dans la serre peuvent quand même être élevées l'été (> 40°C mesurées en période estivale) et le taux d'humidité très désagréable. Parallèlement, les températures de consigne pour l'hiver sont uniquement des températures hors gel de l'ordre de 2 à 6°C.

Ainsi, on constate une grande variabilité de températures dans la serre sur l'année et donc de qualité de travail pour l'exploitant.

- Brumisation

Le fonctionnement du système de brumisation d'eau potable peut favoriser à certaines périodes de l'année le développement de mousses sur les passerelles en béton et sur les garde-corps.

L'utilisation d'une centrale de décarbonatation et de sels adoucisseurs pour éviter les dépôts de calcaire sur les feuilles des végétaux induit un vieillissement prématuré des structures métalliques présentes à l'intérieur (garde-corps, poutrelles de la serre, potence des pompes et agitateurs, ..)





*Photos : développement de mousses et vieillissement prématuré*

- Profondeur des bassins.

Les bassins Organica sont bâtis avec une profondeur de 5 à 5.5 m. Cette hauteur importante induit des murs bétons extérieurs à intégrer au paysage. Ainsi, régulièrement une des faces des bassins de la station Organica est souvent compliquée à intégrer, malgré les efforts d'intégration des architectes.



*Photos : Hauteur de bassin de 5.5m à intégrer au paysage*

## IV/ Aspect investissements

Le volet investissement spécifique d'un procédé est un paramètre difficile à évaluer. En effet, le coût d'investissement d'une installation de traitement des eaux usées est différent et spécifique pour chaque site. Il varie suivant les régions, les contraintes spécifiques du lieu, la nature du terrain... De plus, dans le cas du développement de nouveaux procédés, comme Organica, les véritables coûts sont susceptibles d'être masqués par une forte démarche commerciale pour son implantation dans les différentes régions.

Les dossiers d'appel d'offre de 8 sites équipés d'Organica ont été étudiés sous l'angle investissement.

Il en ressort un coût moyen d'investissement pour la construction d'un FBR Organica, pour 7 dossiers, de 392 €/EH (avec un écart type 60€).



Parmi ces dossiers, le procédé Organica était toujours proposé en option, ce qui a permis de comparer les coûts d'investissement du procédé Organica avec ceux d'une boue activée en aération prolongée classique. Les résultats obtenus sont les suivants :

| Sites                                                      | 1      | 2    | 3    | 4     |
|------------------------------------------------------------|--------|------|------|-------|
| Nombre d'offres                                            | 4      | 4    | 5    | 3     |
| Comparaison Coût Organica / moyenne des coûts boue activée | + 6.7% | + 7% | - 7% | + 20% |

*Tableau 21 : Comparaison Coût Organica / moyenne des coûts boue activée pour 4 sites*

Pour le procédé Organica, la comparaison des coûts d'investissement doit également être effectuée avec une filière classique compacte comparable, soit avec une filière SBR. Cette comparaison a été impossible à réaliser parmi les différents appels d'offre étudiés car aucune filière SBR n'était proposée en parallèle, même en option.

Les surcoûts liés à l'implantation de la serre (c'est-à-dire la serre, les casiers, les billes d'argile et les végétaux) ont néanmoins pu être évalués sur un des dossiers d'une station Organica. Ils représentaient 11,9% du coût total d'investissement de l'installation.

Parallèlement, la réalisation de différentes estimations permettent de proposer un ordre de grandeur des coûts d'investissement. Ainsi, le coût d'une installation SBR classique est inférieur de 10 à 15% à celui d'une installation de type Organica.

## VI Aspect Exploitation

### **Contraintes spécifiques identifiées**

Contrairement au message du constructeur, le procédé Organica FBR connaît des contraintes particulières et différentes de celles d'une boue activée classique. Elles peuvent être réparties en deux catégories, Les contraintes d'exploitation spécifiques au SBR et celles spécifique à Organica.

- Les contraintes d'exploitation spécifiques au SBR :

Le procédé SBR est constitué de deux files de traitement en parallèle. Cette conception double le nombre de sondes et capteurs installés qui sont à suivre en exploitation (réglage, étalonnage et maintenance). De plus, la gestion homogène du taux de boue entre les 2 files est peu aisée car la production de boue est liée à la charge entrante sur chaque file ainsi qu'aux flux de retours de la filière de traitement des boues qui varient sur la journée, donc d'une file à l'autre suivant leur période d'alimentation.

L'alimentation cyclique de chaque file pose des difficultés de gestion du temps de l'exploitant. Le personnel exploitant doit programmer sur la journée, pour chaque file, ses prélèvements de boues pour les mesures régulières de MES et d'indice de boue en fonction des cycles de traitement. En effet, un prélèvement représentatif ne peut être réalisé que

réacteur plein, après un temps d'homogénéisation des boues et de la circulation entre les bassins aéré et anoxie. La durée des cycles variant entre les périodes temps sec et temps de pluie, les moments de la journée où le bassin est à niveau haut peut varier d'un jour à l'autre. De plus, les 2 files étant alimentées de façon séquentielle, les prélèvements ne peuvent être réalisés au même moment mais à intervalle de 2 à 3 heures suivant le cycle. Et si un prélèvement n'a pas pu être réalisé sur une file, le suivant ne peut être réalisé que 4 à 6 h plus tard.

- Les contraintes d'exploitation spécifiques à Organica FBR:

Les principales contraintes spécifiques au procédé sont liées à l'entretien des végétaux, et plus précisément à leur taille régulière sur l'année et à l'évacuation des déchets de coupe. Suivant les sites, cette exploitation peut être réalisée par l'exploitant lui-même ou par une société d'espace vert extérieure dont il faut gérer et planifier les interventions. Cet aspect peut être pris plus ou moins à cœur suivant la personne en charge et peut parfois représenter un nombre d'heures hebdomadaire élevé.

Lorsque la taille n'est pas réalisée, les végétaux se développent au-dessus des passerelles béton et il devient difficile pour l'exploitant de se déplacer entre les bacs ou d'ouvrir une trappe d'accès au bassin.



*Photos : Taille en attente*



*Exportation des végétaux*

L'exploitant peut également être amené à réaliser des traitements (biologiques ou phytosanitaires) en cas d'apparition de maladies ou d'invasion de parasites sur les végétaux de la serre (savon noir, ...).

Le système de brumisation demande également un suivi régulier afin de garder les asperseurs en fonctionnement (démontage et débouchage manuel périodique des buses). L'utilisation d'un adoucisseur exige l'apport de sels et le suivi du stock de consommable. Enfin l'humidité ambiante impose le passage régulier d'un nettoyeur haute pression sur l'ensemble des passerelles béton et sur les vitrages intérieurs de la serre pour en retirer les régulièrement les mousses.

La surface totale des bassins est entièrement couverte d'une dalle béton et des casiers à végétaux. Des trappes de visites avec caillebotis sont en place aux endroits nécessaires à la maintenance des équipements: agitateurs, pompe de parois, flotteur, nourrices d'air... La culture biologique n'est donc aisément visible à aucun endroit. L'exploitant doit toujours ouvrir / fermer les trappes pour avoir accès à la boue, pour suivre l'avancement des cycles, pour nettoyer les sondes...Rapidement, il se contente de la vision au synoptique de l'automate. En dehors de l'aspect contraignant pour l'exploitant, cette absence de vision du traitement apporte également un moindre intérêt aux visites pédagogiques des groupes extérieurs (scolaires, administrés) annoncé par le constructeur.

Enfin, l'évacuation des flottants en surface des bassins aérés est réalisée de façon manuelle vers une bache à flottants par un jeu de vannes. Ce dispositif peut être plus ou moins performant, mais toujours contraignant.

### **Surcoûts d'exploitation liés aux végétaux**

Le temps passé pour la taille et l'entretien des végétaux ainsi que pour le passage du nettoyeur haute pression dans la serre a été suivi sur une année sur les deux sites en parallèle.

Sur le site A, l'entretien des végétaux est réalisé par l'exploitant et par une entreprise externe « d'espaces verts » sur le site B. Ces interventions ont surtout lieu entre les mois de mai et octobre. Les données obtenues sont résumées dans le tableau 8.

| Sites | Taille          | Nombre de passages / an | Temps passé /an | Lavage haute pression & sels* | Temps passé / an | Total du Temps passé/an |
|-------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|
| A     | Exploitant      | 9<br>(1 personne)       | 55h/an          | Exploitant                    | 7 h/an           | 9 j /an                 |
| B     | « Espace vert » | 6<br>(2 à 3 personnes)  | 67h/an          | Exploitant                    | 32 h/an          | 14 j /an                |

\* présence d'un adoucisseur pour le site B

Tableau 22 : Temps passé pour l'exploitation de la serre

Le temps spécifique passé à l'entretien des végétaux, par l'exploitant ou par une entreprise extérieure, varie entre 4.5 et 5.5 h / mois suivant le site. Ce temps peut augmenter suivant les années en fonction de la météo et si des interventions supplémentaires doivent être réalisées (traitements phytosanitaires, nouvelle plantation, mise en place de tuteurs,...). En résumé, entre 9,5 à 14 j/an ont été consacrés à la maintenance de la serre, comprenant l'entretien des végétaux ainsi que l'adoucisseur et le Lavage haute pression.

Les déchets de taille sont considérés comme des déchets verts classiques. Lors de cette année de suivi 2015 / 2016 un volume de taille représentant 11.5 m<sup>3</sup> de végétaux frais a été exporté de chacune des deux serres vers une déchèterie, pour une surface plantée de l'ordre de 100 m<sup>2</sup>.



*Photos : La serre et ses Végétaux*

### **Consommation énergétique**

#### **Spécifique de l'installation**

Le suivi de la consommation électrique totale des sites (Compteur général EDF), des temps de fonctionnement de l'ensemble des organes moteurs lors de nos suivis a permis de calculer une consommation moyenne spécifique pour chaque site.

La moyenne des consommations spécifiques obtenues sur les 2 sites Organica se situe entre 4.6 et 5.9 kWh / kg DBO<sub>5</sub> éliminée .j, pour des taux de charges en DBO<sub>5</sub> allant de 40 à 50% suivant la saison. Le site A est moins énergivore à rapprocher de l'absence d'obligation sur le traitement de l'azote et malgré la présence d'un poste de relèvement des eaux traitées.

Comparée aux résultats obtenus lors de l'étude Irstea financée par l'AE RMC sur les consommations énergétiques des stations d'épuration françaises, la consommation spécifique des deux sites suivis équipés du procédé Organica se situe dans la fourchette haute des consommations spécifiques des SBR dont la moyenne nationale est annoncée à 4.6 kWh / kg DBO<sub>5</sub> éliminée .j. Le choix de ce procédé ne peut donc pas être guidé par des réductions de consommations énergétiques.

#### **Spécifique à la serre**

La serre est pourvue de différents équipements pour maintenir les végétaux dans de bonnes conditions de développement : Ouvrants muraux et en toiture, voile pour l'ombrage, aérothermes; soit 3 moteurs pour le site A et 4 moteurs plus 2 aérothermes pour le site B.

Le suivi des consommations électriques sur l'année a permis d'approcher la consommation énergétique spécifique de chacune des serres. Celle-ci est négligeable pour les deux sites et représente 0.01% et 0.5% de la consommation totale d'électricité de l'installation. La consommation de la serre du site B est plus élevée et s'explique par le fonctionnement en période hivernale des deux aérothermes pour maintenir une température minimale de 6°C dans la serre non isolée (soit 97% de la consommation annuelle de la serre). A cette période, la consommation des aérothermes peut approcher certains jours 10% de la consommation de l'installation. Dans l'avenir, la solution du recyclage de l'air chaud du local des surpresseurs vers la serre en période hivernale doit être étudiée systématiquement lors de la conception des bâtiments.

### **Consommation d'eau potable**

La brumisation des végétaux est bien évidemment réalisée avec de l'eau potable. Le suivi des compteurs d'eau de l'installation et celui spécifique à la serre, sur les deux sites, montre une consommation variable suivant l'emplacement géographique du site, les réglages, et suivant la période de l'année. Cette consommation prend également en compte les volumes d'eau utilisés pour le nettoyage de la serre

On observe :

- une faible consommation sur le site A de l'ordre de 9.5 m<sup>3</sup> sur l'année, la brumisation étant réglée au plus bas niveau
- une consommation annuelle nettement plus importante sur le site B de l'ordre de 344 m<sup>3</sup> (soit 32% de la consommation de l'installation) avec une augmentation importante en période estivale ; le site B étant implanté dans le sud de la France (60% de la consommation annuelle sur les 3 mois d'été - juin à août).

Ainsi, des différences importantes de consommation d'électricité et d'eau spécifique à la serre peuvent être observées suivant l'implantation du site (Nord/Sud), les saisons, la présence d'aérothermes, le réglage de la brumisation, la régularité du nettoyage à haute pression de la serre.

## **VII/ Points sensibles rencontrés**

- **Dimensionnement hydraulique**

Comme tout SBR, les volumes horaires traitables sont limités ; le dimensionnement hydraulique du procédé Organica est donc primordial pour son bon fonctionnement. Ainsi, une étude hydraulique préalable poussée est nécessaire pour définir les volumes horaires reçus en pointe.

Du fait de son alimentation cyclique à partir d'un bassin tampon, ce procédé n'est pas adapté au traitement de volumes importants d'eau pluviale ou de nappe.

Outre le dimensionnement des bassins biologiques, ces données hydrauliques fiables permettent de définir le volume du bassin tampon, la régulation temps sec/temps de pluie si nécessaire ainsi que l'ensemble du pilotage des cycles de fonctionnement du procédé. Le by-pass du traitement au-delà du débit de pointe de dimensionnement étant inévitable.

- **Automatisme**

Comme toute technologie innovante (SBR, BRM), le fonctionnement du procédé Organica est entièrement piloté par automate. Pour tout problème d'entrée ou de carte automate, de sondes de mesures hors service (malgré le doublement par bassin des mesures de hauteur d'eau) l'installation est dans l'incapacité de fonctionner (lors de nos suivis, les 2 sites ont été confrontés à ce type de panne avec des carte automates, entrée analogique, sortie TOR défectueuses) et doit alors by passer à l'amont du traitement. Un fonctionnement en manuel même temporaire est impossible sur les sites étudiés.

Ainsi, l'exploitation de ce procédé nécessite de pouvoir faire intervenir rapidement et en urgence un automaticien pour tout incident lié au pilotage du process, avec une possibilité d'être livré en matériel rapidement.



La serre est équipée d'un automate indépendant dédié au bon fonctionnement de ses équipements afin de conserver des paramètres propices (température, hygrométrie). L'exploitant ne doit pas négliger son suivi régulier pour éviter des dysfonctionnements importants. En exemple, sur un des sites suivi, un défaut de pile de secours de l'automate a généré le dysfonctionnement des ouvrants en période estivale. Une température supérieure à 40°C a ainsi été enregistrée plusieurs jours, engendrant des dégâts importants aux végétaux de la serre.



*Photo : Les Végétaux suite à un défaut d'automate*

- **Cycle d'alimentation**

Pour le site B, les cycles de traitement du procédé sont découpés en 6 phases successives pour une durée totale en temps sec de 6 heures. Cette durée est fixe au niveau de l'automate. Ainsi, ce paramétrage induit l'alimentation journalière d'une file en 4 cycles aux mêmes heures d'un jour à l'autre. La même file va traiter les pics de charges journaliers ou les à-coups des retours de la filière boue. Afin d'éviter ce déséquilibre d'alimentation, un décalage de temps devrait être intégré entre chaque alimentation.

- **Les plantes des bassins d'anoxie**

En raison de la dépression causée par la recirculation entre les 2 bassins anoxie/aéré, le niveau des boues dans le bassin d'anoxie est souvent inférieur à celui rencontré dans le bassin d'aération. Ainsi, de fait les plantes en surface du réacteur anoxie se développent moins (plantes flétries, absentes, au feuillage moins développé) en raison de la relative difficulté des racines à accéder au liquide. Afin de remédier à ce problème, l'ensemble des dernières réalisations Organica voient le niveau du fond des bacs de plantation sur le bassin d'anoxie abaissé d'environ 10 cm.

- **Les plantes et leurs casiers immergés emplis de matériau**

Les plantes sont installées dans des casiers percés semi immergés dont l'intérieur est équipé d'une géo-membrane afin de conserver le matériau composé de billes d'argiles expansées. Les racines des végétaux doivent donc traverser cette géo-membrane pour se développer et atteindre la boue présente sur les bords et en dessous des casiers.

L'arrachage complet d'une plante de type arbuste est difficile, et il en résulte une géo-membrane percée qui va laisser partir le matériau dans le bassin. L'ensemble de ce matériau est récupéré au niveau du poste de déshydratation des boues, soit il est extrait avec les boues en excès en fond du bassin soit avec les flottants en surface.

Cette perte de matériau est également observée lors de défauts de mesures des capteurs de pression de hauteur de boue dans les bassins. Les réacteurs sont alors alimentés à des hauteurs supérieures au seuil de niveau haut, les boues et l'aération peuvent former des geysers au sein du matériau et emporter des billes dans les réacteurs. Les installations étant peu âgées, nous n'avons pas connaissance de sites qui ont déjà rapporté du matériau.

- **Vidange des bassins Organica pour maintenance**

Lorsqu'une maintenance doit être réalisée sur les équipements situés dans les bassins de traitement (principalement les rampes et diffuseurs d'air) les bassins d'une file doivent être vidés en période de faible débit afin de traiter les eaux d'entrée sur une file. Les stations étant prévues pour durer au minimum 25 ans et les diffuseurs nécessitant un remplacement en moyenne tous les 7 ans, il est légitime de prendre en compte de possibles interventions lors de la conception. De plus, le cas s'est déjà présenté sur une installation. Les stations seraient donc capables de tourner temporairement sur une seule file pendant la maintenance (en période annuelle creuse et en temps sec) mais ce fonctionnement exceptionnel nécessite à l'amont une modification importante de l'automatisme d'après les exploitants rencontrés.

La vidange des bassins se ferait alors au moyen de la pompe à boues et d'une pompe annexe, puis le nettoyage se ferait avec un camion hydro-cureur. L'intervention devrait prendre 2 jours (Vidange/nettoyage, changement des diffuseurs). Pour simplifier cette intervention, sur certaines installations, les rampes sont construites en plusieurs morceaux afin de faciliter leur remplacement.

- **Déphosphatation**

Si une déphosphatation biologique est demandée sur une installation Organica, celle-ci peut être réalisée en partie au niveau du réacteur anoxie, avec une performance d'élimination classique de l'ordre de 60%. Par contre la filière boue en place devra être construite en conséquence afin d'éviter tout relargage du phosphore sur accumulé sur les boues. Cette filière devra être conçue sans stockage de boues non aéré, avec un épaissement dynamique si besoin et une étape de déshydratation par centrifugation.

Une déphosphatation combinée (biologique et physico-chimique) peut également être proposée sur les sites aux exigences plus élevées en phosphore au niveau du rejet avec un apport de  $\text{FeCl}_3$  comme sur le site de Le Lude (72).





## Conclusion

Le procédé Organica FBR, développé en France depuis 2010, est un procédé de traitement biologique des eaux résiduaires urbaines de type SBR. Sa conception en deux files parallèle de trois bassins en série permet de réaliser une dénitrification au sein de la zone anoxie en tête par recirculation des N-NO<sub>3</sub> formés dans le bassin aéré.

Le suivi de 2 sites équipés du procédé Organica FBR sur une période d'une année afin de suivre un cycle végétatif complet a permis de mieux apprécier les paramètres de fonctionnement et approcher les contraintes spécifiques d'exploitation (serre et végétaux) par rapport à un SBR classique. Les performances mesurées sur site sont conformes aux autorisations de rejet. Une dénitrification biologique au niveau de ce bassin de tête a été mesurée sur deux installations fonctionnant à 50-70% de leur charge organique de dimensionnement.

Les objectifs de traitement atteignables par le procédé Organica sont identiques à ceux obtenus par le procédé SBR et résumés dans le tableau 3 ci-après :

| Paramètres           | DCO     | DBO <sub>5</sub> | MES     | NTK     | N-NO <sub>3</sub> | NGI     | PT*     |
|----------------------|---------|------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| Concentration (mg/L) | 32 - 52 | 3 - 7            | 7 - 12  | 3 - 8   | 2 - 7             | 4 - 16  | 1.5 - 5 |
| Rendement (%)        | 89 - 97 | 96 - 99          | 94 - 98 | 85 - 90 |                   | 75 - 95 | 60 - 70 |

*Tableau 23 : Objectifs de traitement atteignables par le procédé Organica*

\*Le traitement du phosphore est assuré pour le procédé uniquement par le traitement biologique sans apport de sels métalliques.

Cette technologie SBR (alimentation cyclique à partir d'un bassin tampon), n'est pas adaptée au traitement de volumes importants d'eau pluviale ou de nappe.

La présence d'un bassin tampon correctement dimensionné est obligatoire au vu du fonctionnement des réacteurs biologiques qui sont alimentés par cycles de telle sorte que le niveau haut de remplissage des bassins soit toujours atteint. Si cet ouvrage est mal dimensionné hydrauliquement, des by-pass amont en entrée station (point A2) ou bassin tampon (A5) sont inévitables.

Des végétaux (mélange d'espèces locales et de plantes exotiques) sont implantés sur la moitié de la surface des réacteurs et protégés des intempéries par une serre vitrée. Ce concept de station végétalisée donne une image très positive du traitement des eaux pour les collectivités et le voisinage, et aide grandement à l'insertion environnementale et paysagère de l'installation.

La technologie FBR Organica, malgré un volume de bassin sensiblement identique à un SBR avec bassin tampon, présente l'avantage conséquent d'avoir une esthétique permettant son intégration dans de nombreux milieux et notamment aux cœurs des quartiers d'habitation ou dans des zones géographiques protégées (proche de bâtiments historiques,

parc naturel,...). Son choix est également fait afin de tourner une page et faire oublier les nuisances de l'ancienne station d'épuration.

Le rôle des plantes dans le traitement des eaux est marginal (surface racinaire faible, quantité maximale de biomasse pouvant être fixée de l'ordre de 7 à 9% de la biomasse totale à sa charge de dimensionnement). Le procédé est avant tout un procédé de type boue activée fonctionnant en aération prolongée avec une biomasse classique de culture libre. La biomasse pouvant être fixée au système racinaire des plantes n'est d'ailleurs pas prise en compte par le constructeur lors du dimensionnement de ses installations et du calcul de la production de boues.

Des contraintes spécifiques liées au SBR ainsi qu'à la présence des végétaux sont identifiées. Les principales sont liées à l'entretien des plantes, et plus précisément à leur taille régulière sur l'année et à l'évacuation des déchets de coupe. Sur les deux sites suivis, le temps spécifique passé à leur entretien varie entre 4.5 et 5.5 h / mois pour des volumes annuels évacués de l'ordre de 11.5 m<sup>3</sup> de végétaux frais.

Le coût d'investissement d'une installation Organica FBR est supérieur de 10 à 15% à celui d'une installation en SBR classique.

Le fonctionnement de la serre pour maintenir les meilleures conditions possibles pour le développement des végétaux est peu consommateur d'énergie. La consommation d'eau potable est variable entre les sites et liée à l'implantation géographique du site (réglages des humidificateurs) et à la régularité de nettoyage de la serre).

## Références bibliographiques

- Münch CH, Neu T, Kusch P, Röske I (2007) *The root surface as the definitive detail for microbial transformation processes in constructed wetlands—a biofilm characteristic*. Water Sci Tech-nol 156:271–276.
- Osem, Y., Chen, Y., Levinson, D., Hadar, Y., 2007. *The effects of plant roots on microbial community structure in aerated wastewater treatment reactors*. Ecol. Eng. 29, 133-142.
- Rudrappa, T., Biedrzycki, M. L., & Bais, H. P. (2008). *Causes and consequences of plant-associated biofilms*. FEMS Microbiology Ecology, 64(2), 153-166.
- Masters, B. (2012). *The ability of vegetated floating islands to improve water quality in natural and constructed wetlands: A review*. Water Practice and Technology, 7(1).
- Brix, H. (1997). *Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?*
- Brix, H. (1990). *Gas exchange through the soil-atmosphere interphase and through dead culms of phragmites australis in a constructed reed bed receiving domestic sewage*. Water Research, 24(2), 259-266.
- Bodelier, P. L. E., Libochant, J. A., Blom, C. W. P. M., & Laanbroek, H. J. (1996). *Dynamics of nitrification and denitrification in root-oxygenated sediments and adaptation of ammonia-oxidizing bacteria to low-oxygen or anoxic habitat*. Applied and Environmental Microbiology, 62(11), 4100-4107.
- Kroer, N., Barkay, T., Sørensen, S., & Weber, D. (1998). *Effect of root exudates and bacterial metabolic activity on conjugal gene transfer in the rhizosphere of a marsh plant*. FEMS Microbiology Ecology, 25(4), 375-384.
- Atkinson, D., & Watson, C. A. (2000). *The beneficial rhizosphere: A dynamic entity*. Applied Soil Ecology, 15(2), 99-104.
- Peterson, S. B., & Teal, J. M. (1996). *The role of plants in ecologically engineered wastewater treatment systems*. Ecological Engineering, 6(1-3), 137-148.
- Brix, H. (1994). *Functions of macrophytes in constructed wetlands*. Water Science and Technology, 29(4), 71-78.
- Todd, J., & Josephson, B. (1996). *The design of living technologies for waste treatment*. Ecological Engineering, 6(1-3), 109-136.
- Atelier de travail du groupe EPNAC (2012). *Lumière sur le véritable rôle des végétaux dans le traitement des eaux usées* (4 p)
- AFNOR (2011) *Rôle potentiel des végétaux lors du traitement et du rejet des eaux usées* Document AFNOR, FD P 16-004 , Mars 2011 ; assainissement (20 p)
- Cemagref – agence de l'eau Seine Normandie (2010) *Conception, dimensionnement et gestion technique des réacteurs biologiques séquentiels (SBR)* 35p

Technologies compactes d'épuration : SBR, MBBR, BRM retours d'exploitation 10/11/2016  
journée de l'OIE ; SBR : retour d'expérience du SIRA M. Wallart

A. Bruchet, S. Martin, M. Coquery (2015) Indicateurs chimiques d'efficacité de traitement et d'influence des rejets de stations d'épuration sur le milieu récepteur. TSM 3 , (15-30)

J.-M. Choubert, S. Martin-Ruel, H. Budzinski, C. Miège, M. Esperanza, C. Soulier, C. Lagarrigue, M. Coquery (2011) Evaluer les rendements des stations d'épuration. Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. TSM 1 / 2 , (44-62)-

Kocher Y. (2012). Mise en œuvre du procédé « ORGANICA » pour la dépollution d'eaux résiduelles urbaines. JIE 2012 Poitiers, 58 1-12.

Agence de l'eau RMC (2018) Consommations énergétiques des stations d'épuration françaises Etat des lieux et recommandations. Synthèse Eau et connaissance.,

## **Annexes**

Annexe 1 - Références des stations Organica– Août 2016

Annexe 2 –Evolutions de l'hydraulique sur les 2 sites étudiés

Annexe 3 – REX et Evolutions de la technologie

Annexe 4 – Choix des molécules « micropolluants »



## Annexe 1 - Références des step Organica– Décembre 2017

| Sites                              | dpt | Agence de l'eau | Constructeur     | taille (EH) | type           |
|------------------------------------|-----|-----------------|------------------|-------------|----------------|
| La roques d'anthéon                | 13  | RMC             | OTV sud          | 12000       | mode cascade   |
| Mehun sur yevre                    | 18  | LB              | MSE centre ouest | 9000        | FBR            |
| Plancoet                           | 22  | LB              | MSE centre ouest | 6800        | FBR            |
| Boulazac                           | 24  | AG              | OTV sud-est      | 36000       | FBR            |
| Brionne                            | 27  | SN              | MSE Nord Europe  | 7200        | FBR            |
| Ludon-medoc                        | 33  | AG              | MSE sud-ouest    | 7000        | FBR            |
| Iffendic                           | 35  | LB              | MSE centre ouest | 4000        | FBR            |
| Luynes                             | 37  | SN              | MSE centre ouest | 6500        | FBR            |
| Bracieux - tour en sologne         | 41  | LB              | MSE centre ouest | 3100        | FBR            |
| golf des Bordes                    | 41  | LB              | MSE centre ouest | 4000        | FBR            |
| Savenay                            | 44  | LB              | MSE centre ouest | 9500        | FBR            |
| Saint Ay                           | 45  | LB              | MSE centre ouest | 4000        | FBR            |
| Nogent sur Vernisson               | 45  | SN              | MSE centre ouest | 3500        | FBR            |
| Saint Denis d'Anjou                | 53  | LB              | MSE centre ouest | 1200        | FBR            |
| Lomme (centre formation Veolia)    | 59  | AP              | MSE FAP          | 500         | FBR            |
| Serifontaine                       | 60  | SN              | MSE Nord Europe  | 4700        | FBR            |
| vieille église                     | 62  | SN              | MSE FAP          | 8730        | FBR            |
| Le Lude                            | 72  | LB              | MSE centre ouest | 6000        | FBR            |
| Saint martin en campagne           | 76  |                 | MSE Nord Europe  | 14600       | FBR            |
| Montereau sur le jard              | 77  | SN              | MSE Nord Europe  | 800         | FBR            |
| Nézel                              | 78  | SN              | MSE Nord Europe  | 6300        | FBR            |
| Saint Germain de la Grange         | 78  | SN              | MSE Nord Europe  | 4100        | FBR            |
| Nans-les –pins                     | 83  | RMC             | MSE sud est      | 6000        | FBR            |
| Aups                               | 83  | RMC             | MSE sud est      | 5500        | FBR            |
| Gencay - Saint Maurice la Clouere  | 86  | LB              | MSE centre ouest | 4000        | FBR            |
| Trois moutiers (dont center parc ) | 86  | LB              | MSE centre ouest | 8000        | FBR            |
| Plombières les bains               | 88  | RMC             | MSE est          | 3100        | FBR            |
| Vert le grand                      | 91  | SN              | MSE Nord Europe  | 3700        | FBR            |
| Diamant – DIZAC                    | 972 |                 | MSE centre ouest | 8300        | FBR sans serre |
| Anses d'Arlet                      | 972 |                 | MSE centre ouest | 5000        | FBR sans serre |
| Quartiers d'Orleans                | 978 |                 | MSE centre ouest | 18000       | FBR sans serre |

## Annexe 2 –Evolutions de l'hydraulique sur les 2 sites étudiés

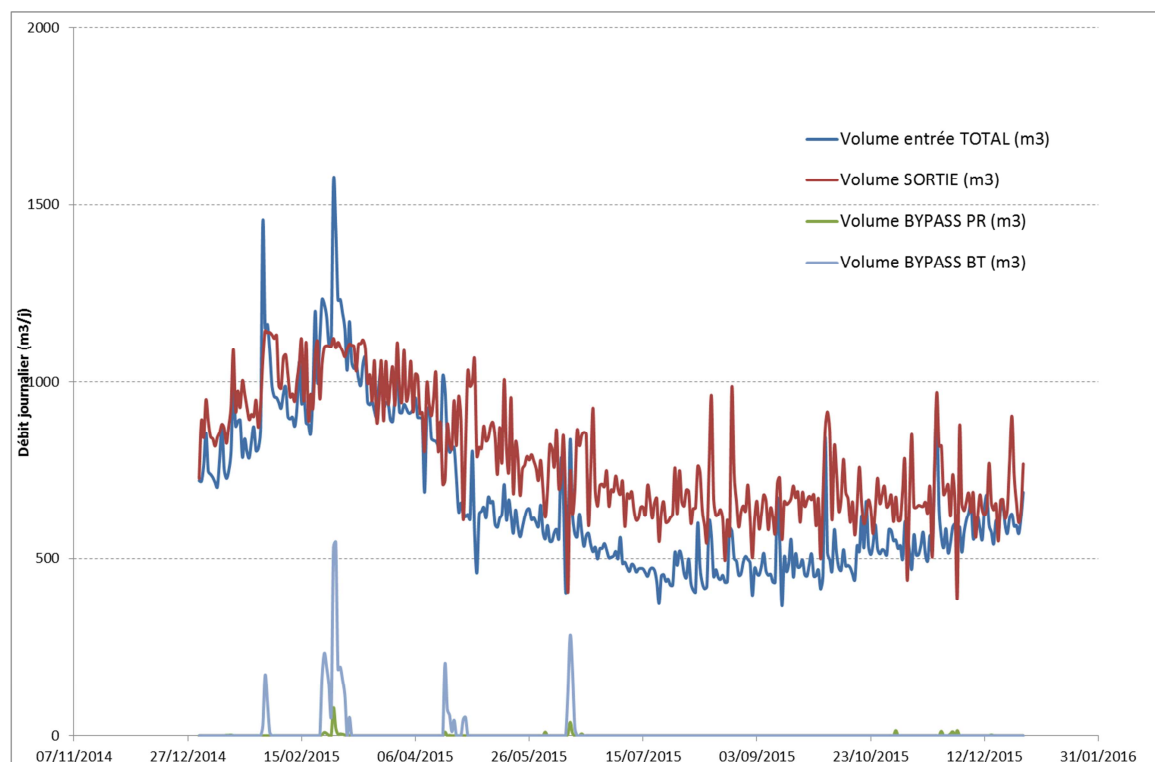


Figure 10 : Evolution de l'hydraulique en entrée du site A

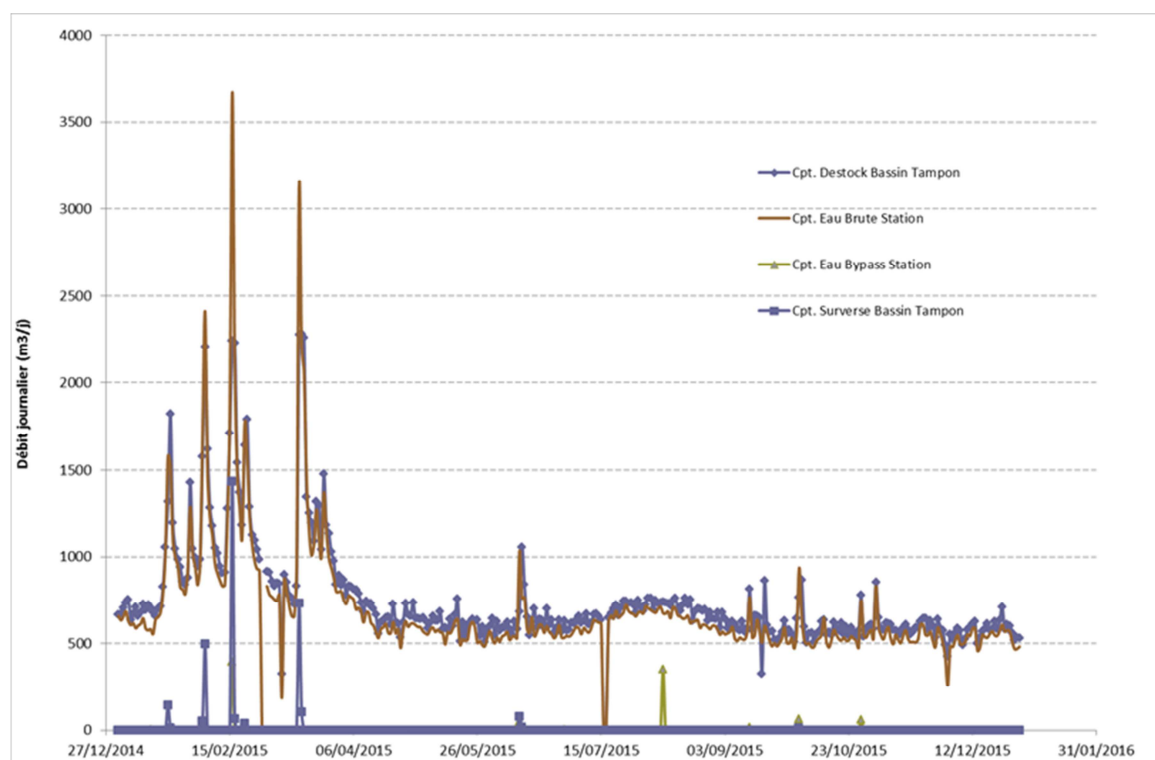


Figure 11 : Evolution de l'hydraulique en entrée du site B



## Annexe 3 – REX et Evolutions de la technologie

Les retours d'expérience du constructeur sur ses premières installations sont les suivants

- **La pompe de paroi et les départs de boues avec les eaux traitées**

Lors du soutirage des eaux traitées, il arrive qu'il y ait des départs de boues dans les eaux traitées (temps de pluie ou fort débit). Le problème est lié à la présence de la pompe de paroi qui lors du soutirage induit un débit de passage du fluide du bassin d'anoxie vers le bassin d'aération. Afin d'éviter ce phénomène il est aujourd'hui recommandé de placer la pompe de paroi au-dessus de la hauteur attendue du voile de boue en prenant toutefois garde de la placer suffisamment profondément pour éviter de former un vortex et d'induire la cavitation de la pompe. La mise en place d'une auge placée sous la pompe dans le bassin d'anoxie permet de modifier la zone de drainage du fluide lors du soutirage de manière à éviter d'aspirer une partie du voile de boue.

Il a également été envisagé de soutirer dans les deux bassins en parallèle mais cela induit de doubler tous les équipements de soutirage (déversoirs, vannes, ...).

Sur certaines stations, la pompe de paroi est surdimensionnée pour les besoins des ouvrages. Une tuyère est installée pour augmenter les pertes de charge et permettre à la pompe de fonctionner sur sa plage de rendement optimal.

- **La goulotte et l'orientation des bacs de plantes et des passerelles**

L'implantation de la goulotte permettant le passage par surverse du bassin d'aération vers le bassin de désoxygénation a été sujet à une mise au point. Elle doit être placée dans la mesure du possible sur la longueur du bassin d'aération, le plus loin possible de la pompe de paroi de manière à éviter la création d'un chemin préférentiel. De même, idéalement les bacs de plantes doivent se placer perpendiculairement à la goulotte de manière à éviter des rétentions de flottants.

Les passerelles au-dessus des bacs présentent également l'intérêt de renforcer ces derniers face aux efforts appliqués par la masse fluide aux bords des structures rectangulaires en béton.

- **Les végétaux mis en place en surface des bassins d'anoxie**

En raison de la dépression causée par la recirculation, le niveau fluide dans le bassin d'anoxie est plus bas que dans le bassin d'aération. De fait les plantes en surface de ce bassin se développent moins et en raison de leur relative difficulté à accéder et à tremper dans le fluide. Afin de remédier à ce problème, les stations récentes voient le niveau du fond des bacs de plantation abaissé d'environ 10 cm sur le bassin d'anoxie.

- **Equipements de serre**

Bien que laissé à l'appréciation des serristes, l'équipement de la serre et son automatisation présentent un intérêt énergétique. En effet il est possible d'étudier la possibilité de récupérer l'air chaud des compresseurs afin de réchauffer la serre si besoin.

Dans la partie nord du pays, il semble que la brumisation n'ait pas besoin de fonctionner, voire même elle peut être néfaste au bien-être des plantes.

- **Les plantes prosrites**

Certaines plantes d'abord proposées pour la couverture des bassins ont été retirées de la liste initiale. Par exemple les espèces *Arundo donax* et *Amorpha fruticosa* en raison du risque de prolifération dans le milieu naturel. De plus les nouvelles stations qui voient le jour s'interdisent les plantes de type *Datura* en raison de leur toxicité.

- **Abattement des micropolluants**

L'abattement des micropolluants n'est pas un objectif de traitement du procédé organica.

- **Choix du déversoir**

Le choix du déversoir utilisé pour le soutirage des eaux traitées en surface de bassin est laissé à l'appréciation de l'équipe de chaque projet en fonction de la surface disponible, la gamme de débit de vidange, la hauteur de marnage, etc. Les trois types de déversoir observés et mentionnés lors des visites sont les suivant : flottant, coulissant (soufflet) et pendulaire.

## Annexe 4 – Choix des molécules

| Familles                        | Substance ou paramètre retenu | Degré d'efficacité pour un traitement biologique poussé |          |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|----------|
|                                 |                               | < à 30 %                                                | > à 70 % |
| <b>Métaux</b>                   | Titane                        |                                                         | oui      |
|                                 | Bore                          | oui                                                     |          |
| <b>Hormone œstrogène</b>        | 17- $\beta$ - estradiol       |                                                         | oui      |
| <b>Produits pharmaceutiques</b> | Carbamazépine                 | oui                                                     |          |
|                                 | Sulfaméthoxazole              | oui                                                     |          |
|                                 | Diclofénac                    | oui                                                     |          |
|                                 | Ibuprofène                    |                                                         | oui      |
| <b>Pesticides</b>               | Diuron                        | oui                                                     |          |
|                                 | Glyphosate                    | oui                                                     |          |
|                                 | Simazine                      | oui                                                     |          |
|                                 | Isoproturon                   | oui                                                     |          |
| <b>Produit industriel</b>       | Chlorure de benzyle           | De 30 % à 70 %                                          |          |
| <b>Autre</b>                    | UV 254 nm                     | oui                                                     |          |

