



HAL
open science

Operation assessment on long term of two full-scale membrane bioreactor systems: performances and constraints

Yvan Racault, Alain Husson, Jacky Vedrenne

► To cite this version:

Yvan Racault, Alain Husson, Jacky Vedrenne. Operation assessment on long term of two full-scale membrane bioreactor systems: performances and constraints. [0] Cemagref. 2006, 74 p. hal-03155823

HAL Id: hal-03155823

<https://hal.inrae.fr/hal-03155823>

Submitted on 2 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Evaluation des systèmes bioréacteurs à membrane
(Convention 2006 - Services Publics Ruraux)

**BILAN DE FONCTIONNEMENT SUR LE
LONG TERME DE DEUX FILIERES DE
BIOREACTEUR A MEMBRANE :
PERFORMANCES ET CONTRAINTES**

RACAULT Yvan
HUSSON Alain
VEDRENNE Jacky

Département Milieux aquatiques, qualité et rejets
Unité de recherche Réseaux, Epuration et Qualité des
Eaux

Groupement de Bordeaux
50, avenue de Verdun
Gazinet
33612 Cestas Cedex

Tél : 05 57 89 08 00 - Fax : 05 57 89 08 01
www.cemagref.fr

Décembre 2006

1. RAPPEL DES OBJECTIFS	4
2. PRESENTATION DES DEUX INSTALLATIONS ETUDIEES	4
2.1. STATION DE GUETHARY	4
2.1.1. <i>Description de la station</i>	4
2.1.1.1. Prétraitement et bassin tampon	5
2.1.1.2. Etage biologique.....	5
2.1.1.3. Membranes	6
2.1.1.4. Traitement des boues.....	6
2.2. STATION DE LE GUILVINEC	9
2.2.1. <i>Description de la station</i>	9
2.2.1.1. Charges nominales et niveau de rejet.....	9
2.2.1.2. Prétraitements.....	10
2.2.1.3. Etage biologique.....	10
2.2.1.4. Membranes	10
3. SUIVI DE LA STEP DE GUETHARY	13
3.1. METHODOLOGIE DES MESURES SUR LA STATION DE GUETHARY	13
3.1.1. <i>Suivi long terme + campagnes de mesures</i>	13
3.1.1.1. Acquisition de données sur le long terme	13
3.1.1.2. Prélèvements	14
3.1.1.3. Mesure des puissances et consommation électrique	15
3.1.1.4. mesures capacités d'oxygénation (sept 2005 + mars 2006).....	15
3.1.1.5. Examen macroscopique et microscopique des boues	15
3.1.2. <i>Mode d'exploitation des données</i>	16
3.1.3. <i>Planning des suivis et mesures (juillet 2005-septembre 2006)</i>	16
3.2. RESULTATS DE L'INSTALLATION DE GUETHARY	16
3.2.1. <i>Evolution des débits et des charges entrée sur la station de Guéthary</i>	16
3.2.1.1. Débits entrée d'installation et entrée bassin biologique	17
3.2.1.2. Caractéristiques des eaux usées.....	18
3.2.1.3. Charges organiques reçues	19
3.2.2. <i>Qualité des rejets sur la station de Guéthary en 2005 et 2006</i>	21
3.2.3. <i>Analyse du fonctionnement biologique du Biosep</i>	23
3.2.3.1. Traitement biologique	23
3.2.3.2. Production de boue et age de boue de la station de Guéthary.....	26
3.2.3.3. Observations des boues de la station de Guéthary et indice de boue.....	27
3.2.4. <i>problématique aération avec les membranes installées dans le bassin d'aération</i>	28
3.2.4.1. Capacité d'oxygénation avec la configuration initiale de l'air process (septembre 2005 et mars 2006)	29
3.2.4.2. Capacité d'oxygénation avec le système d'aération process (fines bulles) modifié en 2006.....	31
3.2.5. <i>Filtration membranaire</i>	34
3.2.5.1. Historique des réglages	34
3.2.5.2. Paramètres de la filtration	35
3.2.5.3. Filtrabilité de la boue : mesures de filtration frontale	35
3.2.5.4. Exopolymères Solubles (EPS)	36
3.2.6. <i>Dépenses énergétiques de la station de Guéthary</i>	37
3.2.6.1. Ratios énergie par volume et charge traitée	37
3.2.6.2. Répartition des consommations par postes	38
3.3. BILAN DES DEUX ANNEES DE SUIVI DU BRM BIOSEP	39

4.	SUIVI DE LA STEP DE LE GUILVINEC.....	41
4.1.	METHODOLOGIE DES MESURES SUR LA STATION DE GUILVINEC	41
4.1.1.	<i>Acquisition de données.....</i>	41
4.1.2.	<i>Prélèvements du Cemagref.....</i>	41
4.1.3.	<i>Mesure des puissances et consommation électrique.....</i>	42
4.1.4.	<i>Planning des suivis et mesures (mars 2006-decembre 2006).....</i>	42
4.2.	RESULTATS SUR L'INSTALLATION DE LE GUILVINEC	42
4.2.1.	<i>Evolution des charges entrée sur la station de Guilvinec.....</i>	42
4.2.1.1.	Caractéristiques des eaux usées.....	42
4.2.1.2.	Fractionnement de l'eau brute.....	45
4.2.1.3.	Charge hydraulique	45
4.2.1.4.	Charge organique	46
4.2.2.	<i>Qualité des rejets de la station de Guilvinec.....</i>	48
4.2.3.	<i>Rendement de dépollution.....</i>	48
4.2.4.	<i>Analyse du fonctionnement de la station de Le Guilvinec</i>	49
4.2.4.1.	Traitement biologique	49
4.2.4.2.	Production de boue et age de boue.....	50
4.2.4.3.	Observations des boues de la station de Guilvinec et indice de boue.....	51
4.2.5.	<i>Problématique aération avec des cellules de filtration externes</i>	52
4.2.5.1.	Caractéristiques du système d'aération.....	52
4.2.5.2.	Capacités d'aération mesurées et évaluées	52
4.2.5.3.	Part de l'oxygène apporté par l'aération membranes.....	53
4.2.6.	<i>Filtration membranaire.....</i>	54
4.2.6.1.	Historique des réglages	54
4.2.6.2.	Paramètres de filtration	55
4.2.6.3.	Viscosité	56
4.2.6.4.	Filtrabilité	57
4.2.6.5.	Exopolymères Solubles (EPS)	57
4.2.7.	<i>Dépenses énergétiques de la station de Guilvinec.....</i>	58
4.3.	BILAN DU SUIVI DU BRM DE LE GUILVINEC	60
5.	CONCLUSION.....	62

1. RAPPEL DES OBJECTIFS

Deux filières de bioréacteurs à membranes immergées sont actuellement en développement pour traiter les eaux usées urbaines : la filière à fibres creuses et la filière à membranes planes. Les principaux constructeurs commencent à les installer depuis quelques années et les proposent de plus en plus fréquemment pour des traitements poussés d'eaux usées urbaines.

Deux installations représentatives de chacune de ces filières ont fait l'objet d'un suivi détaillé sur le long terme en 2005 et 2006: le système Biosep du groupe Veolia à la station d'épuration de Guéthary et le système Aqua-RM de Stereau à la station d'épuration de Le Guilvinec. L'objectif recherché était d'analyser en détail le fonctionnement de ces installations et de mettre en évidence les points clefs spécifiques de ces procédés tels que la maîtrise du colmatage des membranes, l'évolution de la filtrabilité de la boue, les transferts d'oxygène, la production de boue et les consommations énergétiques.

L'analyse des données sur le long terme a été rendue possible grâce aux systèmes de Supervision installés, aux capteurs supplémentaires mis en place et à des campagnes de mesures régulières. Les données recueillies ont permis de déterminer les caractéristiques de fonctionnement des stations aux différentes étapes du traitement et de réaliser sur des périodes de deux à trois mois des bilans massiques quotidiens.

La station de Guéthary a été étudiée de façon plus détaillée dans les périodes de haute saison (été 2005 et été 2006) où la charge organique reçue atteint un niveau proche de la valeur nominale. La station de Le Guilvinec, encore en large sous-charge organique a été étudiée sur l'ensemble de l'année 2006 mais avec densité de mesures sur site plus faible. Le présent document réalise donc la synthèse des résultats des suivis en dégagant les premières conclusions sur la conception et la fiabilité des procédés.

2. PRESENTATION DES DEUX INSTALLATIONS ETUDIÉES

2.1. STATION DE GUETHARY

La région de Guéthary est une zone à fort potentiel touristique. La population augmente de manière très marquée en période estivale. Le dimensionnement prévoit un passage de 4100 EH en basse saison à 10000 EH en haute saison. Le rejet s'effectue au niveau de la plage de Cénitz par l'intermédiaire d'un émissaire de 300m en mer. Le réseau apporte à la station une part non négligeable d'eaux pluviales et les clarificateurs de l'ancienne station ont été utilisés en bassin de stockage en complément des bassins tampons.

Les contraintes de qualité des eaux traitées ont conduit la municipalité à adopter un système de traitement par bioréacteur à membranes lors de la réhabilitation de la station d'épuration en 2004.

2.1.1. Description de la station

La station a été construite par MSE filiale du groupe Véolia et mise en service en 2004. La dénomination commerciale du procédé est Biosep®. La station a été dimensionnée sur la base des flux constatés en haute saison avec une part d'eaux pluviales. Le débit maximum admis

est alors de 2000 m³/j. Les bases de dimensionnement et les garanties de traitement sont reportés dans les tableaux ci-après (Tableau 1 et Tableau 2).

Tableau 1: Bases de dimensionnement

Paramètres	Flux Basse saison	Flux Haute saison
DBO ₅ (kg/j)	248	600
DCO (kg/j)	598	1320
MES (kg/j)	372	564
NTK (kg/j)	55	136
PT (kg/j)	16	28
Qjour (m ³ /j)	755	1600
Qpointe (m ³ /h)	300	300
Cm en kg DBO ₅ /kg MVS		0.038
Age de boues en jours		40

Tableau 2 : Garanties de traitement

Paramètres	Garanties du constructeur	Exigence arrêté préfectoral
DBO ₅	5 mg/L	25 mg/L
DCO	30 mg/L	90 mg/L
MES	<seuil de détectabilité	25 mg/L
NGL	15 mg/L	20 mg/L
NTK		10 mg/l
Escherichia Coli	25/100 mL	Flux < 10 ⁵ /s
Virus	0	0

Un schéma de principe de la filière de traitement est présenté Figure 1

2.1.1.1. Prétraitement et bassin tampon

En tête de station deux tamis rotatifs fins (1 mm) dont un en secours. Ils ont pour fonction de protéger les membranes des filasses qui risqueraient d'altérer leur fonctionnement. L'effluent est dirigé vers deux bassins tampon (anciens bassins d'aération) en période estivale mais une alimentation directe est possible en basse saison.

Les bassins tampon peuvent en cas de débordement se déverser dans deux bassins annexes (les clarificateurs de l'ancienne station), qui eux-mêmes se déversent directement dans le canal de sortie en cas de saturation de la station.

2.1.1.2. Etage biologique

En basse saison, les pompes des bassins tampon alimentent directement le bassin d'aération, alors qu'en haute saison, les flux transitent par une zone d'anoxie de 400 m³ avant d'entrer dans le bioréacteur. Une recirculation des liqueurs mixtes du bioréacteur vers la zone d'anoxie est réalisée par 2 pompes avec temps de fonctionnement variables et fixés par l'exploitant.

Le bioréacteur d'un volume de 1040 m³ dispose d'une aération par insufflation d'air fines bulles pour le traitement biologique. Cette aération sera dénommée dans la suite air process.

2.1.1.3. Membranes

Les membranes sont de type fibres creuses (ZENON, ZW 500C) et sont directement immergées dans le bassin d'aération. La surface de filtration totale des membranes est de 3740 m².

La filtration se fait par aspiration au moyen de trois pompes fonctionnant de manière alternée. Une seule des trois pompes fonctionne lors de la phase de filtration, par contre, elles sont deux à fonctionner simultanément pendant la phase de rétrolavage. L'eau filtrée rejoint une cuve de stockage de perméat puis par surverse un canal de comptage. Une désinfection par UV des eaux filtrées est également prévue, par sécurité, en saison estivale. L'eau traitée est ensuite rejetée dans l'océan via un émissaire long de 400 mètres, soit 300 mètres au large des côtes.

La filtration est l'étape limitante pour l'acceptation des pics de débits sur la station, puisque le débit de filtration nominal est de 115 m³/h, soit 30 l/(h.m²). Une part de l'eau filtrée (20 à 25%) retourne dans le système pour assurer le rétrolavage des membranes et la fourniture d'eau industrielle. Cette eau traitée, utilisée pour le lavage de certains appareillages (en particulier les tamis) et des sols, est prélevée directement dans la bêche de perméat. Les eaux utilisées pour le lavage du compacteur à déchets, le lavage de la centrifugeuse, ainsi que celles récupérées lors de la déshydratation des boues, sont réintégréées dans le cycle via le poste toutes eaux, au niveau d'un des deux bassins tampons. L'eau utilisée pour le lavage des tamis, par contre, rejoint la filière à l'amont du canal Venturi d'entrée, entre les tamis et les bassins tampon.

2.1.1.4. Traitement des boues

Les boues sont extraites au niveau du bassin d'aération, centrifugées et stockées dans des bennes.

Les boues ainsi stockées sont régulièrement évacuées par camion pour être compostées sur un autre site.

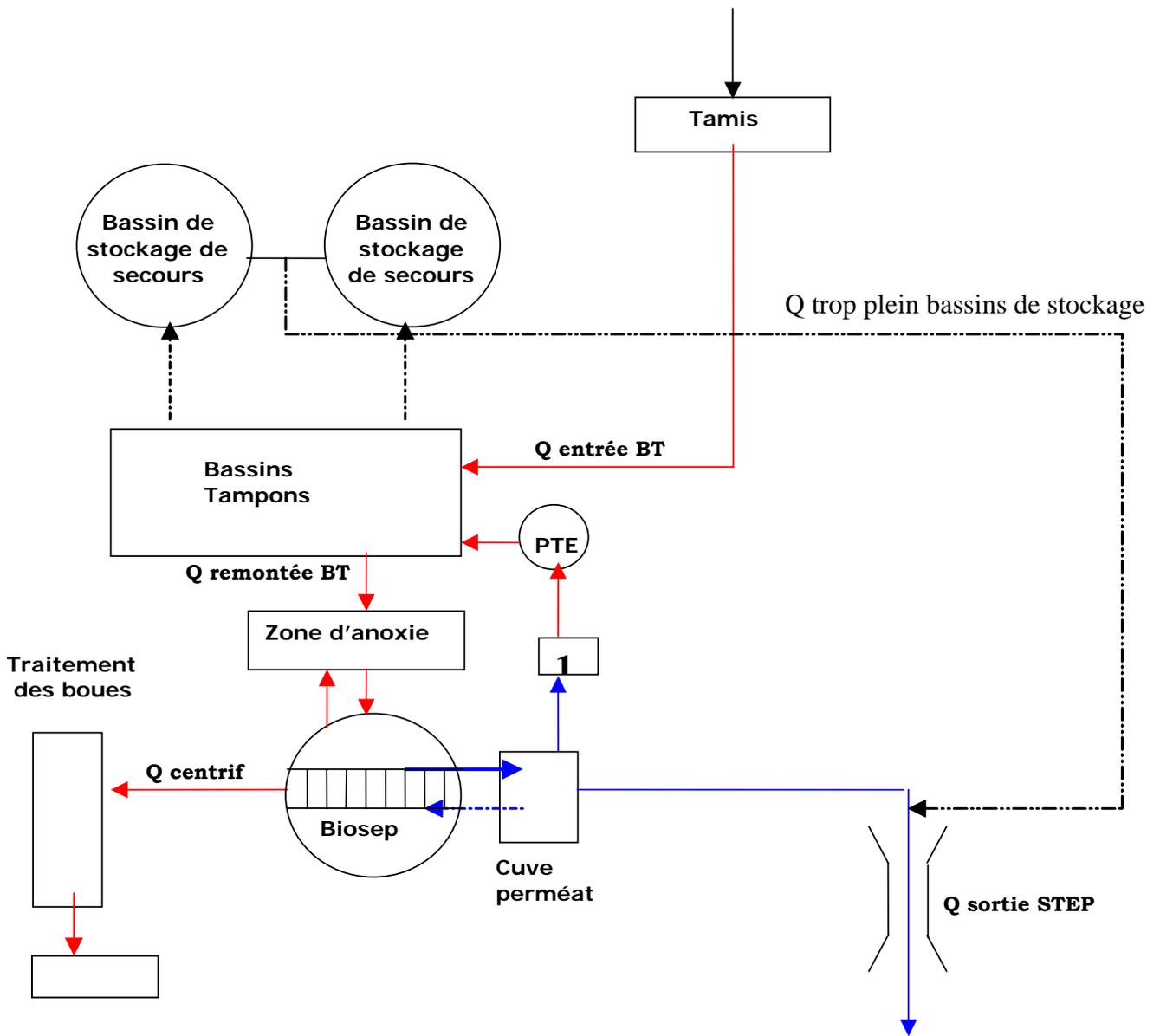


Figure 1: Schéma de la station de Guethary

Le cheminement hydraulique accompagné de la description des principaux ouvrages est résumé dans la page 6

Tamis rotatif (Prétraitement)

Taille des mailles=1mm
 V=16,7 m³
 Nb=2



Bassins tampon (anciens bassins d'aération)



V=422 m³ l'un
 Nb=2
 2 agitateurs
 2 pompes vers le Biosep
Capteurs : - Paires de niveau
 - Sonde de niveau
 - Débitmètre entrée et sortie

Surverse si plein

Bassins tampon annexes (anciens clarificateurs)



V unitaire=225 m³
 Nb=2
 2 pompes de relevage immergées

Surverse

Zone d'anoxie (en haute saison uniquement)

Recirculation

V=400 m³
 1 agitateur
 2 pompes de vidange



Réacteur biologique (et membranes)



V=1040 m³ (Diam int 16,04 m)
 2 blocs de membrane (3740 m²)
 Diffuseurs fines bulles (process) et grosses bulles (membranes)
 2 agitateurs.
Capteurs : Oxymètre, Rédox , PTM, MES, Sonde niveau, débitmètre

Rétrolavages

Cuve à perméat

Désinfection UV

Vers le milieu

V=50 m³
 Agitateur
Capteurs : Débitmètre, niveau
 Canal de comptage en sortie

Vers filière boue



2.2. STATION DE LE GUILVINEC

Le choix de la filière bioréacteur à membrane a été dicté par des contraintes d'espace et par la nécessité d'un niveau de qualité élevé. La station de Guilvinec est construite sur une ancienne décharge et une solution traditionnelle aurait entraîné des coûts élevés en génie civil (pose de pieux).

2.2.1. Description de la station

2.2.1.1. *Charges nominales et niveau de rejet*

La nouvelle station a été mise en service début 2005. Le procédé retenu Aqua-RM® du groupe Stereau utilise des membranes du constructeur japonais Kubota. Les bases de dimensionnement sont reportés dans le tableau ci-après (Tableau 3)

Tableau 3: Bases de dimensionnement

PARAMETRES	Haute saison
DBO ₅	1560 kg/j
DCO	3706 kg/j
MES	1099 kg/j
NTK	242,2 kg/j
Pt	47,1 kg/j
Qjour	2600 m3/j
Qpointe	280 m3/h

La station est dimensionnée sur la base des flux de haute saison, pour une capacité nominale de 26000 EH. Plus de 50 % des flux devraient à terme provenir d'installations industrielles. Le rejet provisoire au ruisseau du Robiner avec une charge polluante admise limitée à 780 kg de DBO5/j ne doit pas dépasser les concentrations indiquées dans le Tableau 4. A terme le rejet s'effectuera dans l'arrière port.

Tableau 4 : Niveau de rejet provisoire demandé (arrêté préfectoral 7/11/2003)

PARAMETRES	Concentration sur chaque échantillon moyen de 24 h (mg/l)
DBO ₅	5
DCO	70
MES	5
NTK	10
NGI	15
Pt*	1
Pt**	2
Eschérichia Coli	1x10 ² u/100 ml

*juin, juillet, août, septembre

** les autres mois de l'année

2.2.1.2. Prétraitements

A l'entrée de la station, les effluents urbains auxquels peuvent s'ajouter des graisses en provenance d'autres stations, des sables de curage du réseau, des lixiviats, ainsi que le refoulement du poste toutes eaux passent par le tamis rotatif à maille fine de 2 mm. Pour des débits importants, le tamis rotatif peut être by-passé, mais un dégrilleur grossier (10 mm) est installé sur le by-pass pour préserver les membranes des filasses.

L'effluent transite ensuite dans un dégraisseur-dessableur, la graisse est raclée et envoyée vers un réacteur biologique (Lipocycle® pour le traitement des graisses), le sable est récupéré par le fond de l'ouvrage

2.2.1.3. Etage biologique

Le bassin d'aération de 1500 m³ (marnage possible de 300m³ supplémentaires pour lisser les pointes) est alimenté par une lame déversante. Il est aéré par des diffuseurs fines bulles disposés en plancher et communique avec les 3 compartiments membranaires par des vannes ouvertes. Trois pompes de recirculation, une par compartiment membranaire, assurent le retour des boues dans le bassin d'aération.

2.2.1.4. Membranes

Les trois compartiments membranaires sont composés chacun de six modules comportant chacun deux étages de plaques (pour une surface totale de 5760 m²). La filtration s'effectue par aspiration, au moyen de six pompes, soit une par étage membranaire. Un ou plusieurs compartiments fonctionne alternativement. Le débit nominal est de 115 m³/h, soit pour les trois files en fonctionnement un débit spécifique de 20 l/(h.m²), le débit de pointe est fixé à 156 m³/h, soit un débit spécifique de 27 l/(h.m²).

Le décolmatage des membranes est assuré par un flux de grosses bulles et par des périodes de relaxation pendant les phases de filtration (40 mn de filtration, 2 mn de relaxation).

En complément, 1 à 3 lavages des membranes par an sont recommandés. Le nettoyage des membranes se fait par isolation d'un compartiment, rétrolavage à l'hypochlorite de sodium et à l'acide si nécessaire.

L'eau traitée est ensuite stockée dans une bêche perméat et par surverse dirigée vers le bassin à marée via un canal Venturi avant de rejoindre le milieu récepteur, après passage dans un dernier canal Venturi. En parallèle du canal de sortie de la cuve perméat, un autre canal Venturi assure l'acheminement des éventuels trop-pleins du bassin d'aération vers le bassin à marée.

Les eaux industrielles sont prélevées dans la bêche perméat. Une fois utilisées (lavage tamis, dessableur, ...), la plus grande partie est réintégrée au niveau du poste toutes eaux, de même que l'eau extraite au niveau de la centrifugeuse.

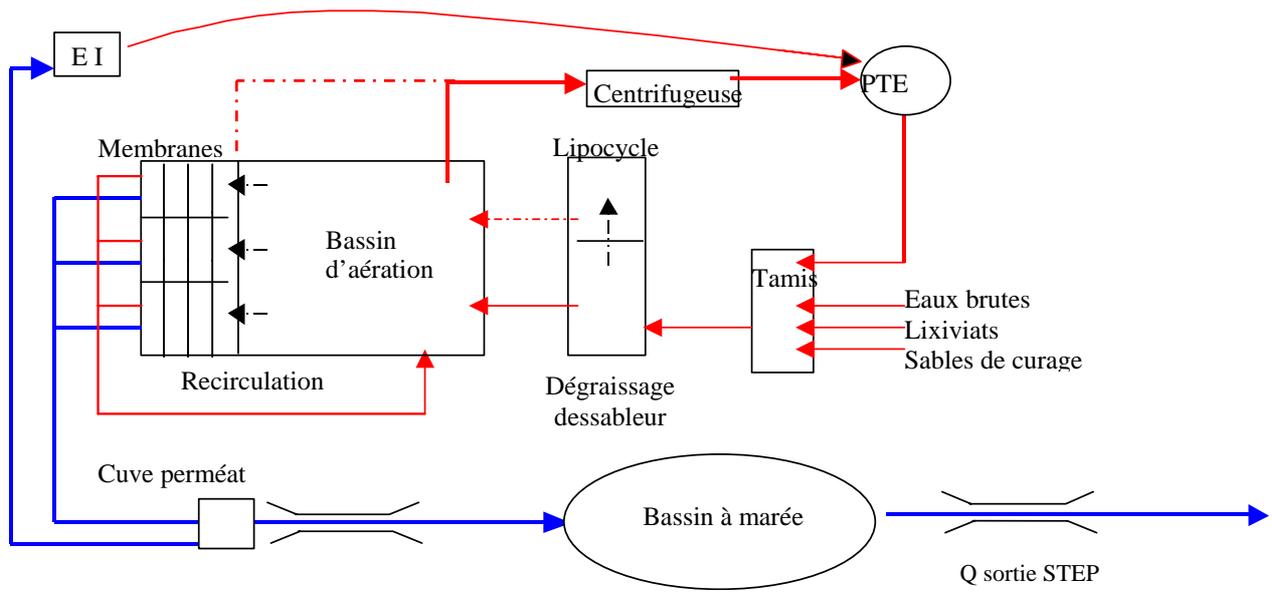


Figure 2: Schéma de principe de la station d'épuration de Le Guilvinec

Tamis rotatif (Prétraitement)

Tambour rotatif
2mm
By-passable
Débitmètre en tête
Préleveur station



Dessableur-Dégraisseur (Prétraitement)

Volume : 46 m³
2 agitateurs
Forme cylindro-conique
Q pointe : 280 m³/h

**Graisses
raclées**



Lipocycle® (Traitement des graisses)

Bâche d'hydrolyse + réacteur biologique aéré
Agitateur
Ajout d'azote, de phosphore et de soude
Volume bâche : 24 m³
Volume réacteur : 110 m³
Capteurs : pH



Bassin d'aération et membranes



Réacteur biologique aéré
Volume : 1500 m³
3 compartiments membranaires de 150 m³ chacun
2 agitateurs
Capteurs : O₂, eH, pH, MES, Heau, T°, turbidité
Débitmètres

Bache perméat (stockage eau traitée)

Pompes eaux industrielles
débitmètre

Bassin à marée (stockage avant rejet)

Eau traitée : rejet en mer à marée descendante
Préleveur, débitmètre et hauteur d'eau

**Rejet en milieu marin
à marée descendante**



3. SUIVI DE LA STEP DE GUETHARY

3.1. METHODOLOGIE DES MESURES SUR LA STATION DE GUETHARY

3.1.1. Suivi long terme + campagnes de mesures

L'installation de Guéthary a bénéficié d'un suivi continu du printemps 2005 à l'automne 2006 notamment à l'aide des supervisions et de suivis intensifs lors des mois de juillet et août respectivement en 2005 et 2006.

3.1.1.1. *Acquisition de données sur le long terme*

Le Cemagref a installé son matériel d'acquisition¹ de données durant le printemps 2005 et a réalisé : la vérification des capteurs de la station (calibration des débitmètres venturi, des capteurs de hauteur d'eau, ...), l'estimation du débit de certaines pompes.

L'ensemble du système de saisie de données mis en place par le Cemagref sur cette installation était télégéré depuis les locaux du Cemagref, ce qui permettait de suivre en continu l'ensemble du process. A ce système de supervision autonome étaient raccordés des capteurs déjà installés sur la station tels que : pression transmembranaire, hauteur d'eau dans différents ouvrages (bassin tampon, bassin Biosep, cuve perméat), ainsi que les débitmètres (entrée directe Biosep, entrée bassin tampon, entrée zone d'anoxie, perméat, sortie station).

Le Cemagref a complété ce dispositif avec du matériel supplémentaire afin:

1. de suivre en continu la plupart des mise en marche et arrêt des appareillages électriques (horodatage des évènements et cumul horaire). Ceci a permis de reconstituer une supervision propre au Cemagref (la supervision de la station étant en panne durant plusieurs mois en 2005).
2. De suivre au mieux les paramètres de fonctionnement des bassins avec les appareils tels que :
 - un spectromètre² de terrain mis en place en entrée de zone d'anoxie. Cet appareil a permis de suivre en continu les concentrations en DCO_b, MES et DCO_f de l'effluent sortie bassin tampon. Les données étaient acquises toutes les 2 minutes. La combinaison de ce signal avec le débit admis sur la zone d'anoxie a permis de calculer le flux de pollution journalier.
 - 2 oxymètres à deux profondeurs (-2,2 m³ et -4 m⁴) dans le bassin d'aération avec acquisition des concentrations d'oxygène dissous toutes les 2 minutes.
 - 1 pHmètre⁵ dans le Biosep, avec acquisition d'une valeur ponctuelle toutes les heures.
 - un capteur de température dans le Biosep ainsi que dans l'air ambiant avec acquisition d'une valeur moyenne chaque heure.
 - un redoxmètre⁶ dans le Biosep avec acquisition des valeurs ponctuelles toutes les 2 minutes.

¹ Marque : PERAX, type : P200Xm

² Marque : S::can, type : cons::tat. Sonde : Specto lyser

³ Marque : WTW, type : Ecoline oxy 170. Sonde : Triomatic 701

⁴ Marque : Dr Lang, type SC100. Sonde : LDO/TM

⁵ Marque : Mettler Toledo 2100

- un MESmètre⁷ dans le Biosep avec acquisition d'une valeur moyenne chaque heure.
- Un pluviomètre⁸ avec acquisition d'une valeur moyenne chaque heure

3.1.1.2. Prélèvements

En période estivale, avec la mise en fonctionnement de la zone d'anoxie, un bac à débordement a été installé au débouché des canalisations de refoulement des eaux usées venant du bassin tampon. Les prélèvements en entrée de Biosep ont été assurés en continu dans ce bac par un préleveur réfrigéré⁹ du Cemagref asservi au débitmètre « remontée bassin tampon », un prélèvement de 100 mL a été effectué tous les 3 m³. Ainsi un échantillon moyen journalier proportionnel au débit est constitué.

Dans ce même bac le spectromètre immergeable a été installé près de l'aspiration du préleveur, de façon à pouvoir comparer les flux de pollution calculés à partir des valeurs du capteur et celles calculées à partir de l'échantillon moyen prélevé et analysé hebdomadairement.

Les prélèvements en sortie de biosep ont été assurés par un préleveur réfrigéré¹⁰ du Cemagref asservi au temps d'ouverture d'une électrovanne (électrovanne spécifique à la filtration), toutes les 4 minutes un prélèvement de 100 mL est effectué. Ainsi un échantillon moyen journalier proportionnel au débit est constitué. L'aspiration de l'échantillonneur est réalisé dans la canalisation de refoulement des pompes de filtration (bâche perméat).

Les prélèvements en sortie de station ont été assurés par le préleveur réfrigéré¹¹ de la station asservi au débitmètre « sortie station », un prélèvement de 80 mL est effectué tous les 5 m³. Ainsi un échantillon moyen journalier proportionnel au débit est constitué. L'aspiration de l'échantillonneur est réalisé dans le canal venturi en sortie de station.

Les différents échantillons collectés sur la station ont été conservés à 4°C jusqu'aux analyses au laboratoire du Cemagref. Les analyses réalisées suivent les modes opératoires des normes en vigueur (Tableau 5). Chaque paramètre est défini dans le glossaire à la fin de ce rapport.

Tableau 5 : Normes utilisées au Laboratoire du Cemagref

Paramètre	Méthode	Paramètre	Méthode
pH	NF T 90-008	Nkj	NF EN 25663
Conductivité	NF EN 27888	NH ₄ ⁺	NF EN ISO 11732
DCO	NF T 90-101	NO ₂ ⁻	NF EN ISO 13395
DBO ₅	NF EN 1899	NO ₃ ⁻	NF EN ISO 13395
MES	NF EN 872	TP et PO ₄ ³⁻	NF T 90.023
MVS	Méthode interne (résidu 520°C)	COT	NF EN 1484

⁶ Marque : WTW, type : Ecoline 170. Sonde : Pt20

⁷ Marque : Royce, type : 7011A. Sonde : B

⁸ Marque : Casella, type : PL2

⁹ Marque : Endress et Hauser, type : ASP Station 2000

¹⁰ Marque : Contronic, type : PSW 2000

¹¹ Marque : Endress et Hauser, type : ASP Station 2000

Chaque semaine des échantillons moyen 24 heures ont été réalisés respectivement en: entrée Biosep, sortie Biosep, sortie station. Les analyses effectuées sur les échantillons moyens 24h sont présentées en annexe 1 (Tableau 29 et Tableau 30). Cinq ou six échantillons moyens 24 heures d'effluent traité ont aussi été mis de côté par l'exploitant chaque semaine pour être analysés par le Cemagref. Ainsi, nous connaissons les caractéristiques de l'effluent sortie Biosep et sortie station en continu sur le paramètre azote..

Des mesures complémentaires ont été réalisées en 2006 afin de caractériser les boues: MES, MVS, indice de boue, siccité des boues déshydratées, teneur en phosphore (annexe1, Tableau 31)

3.1.1.3. Mesure des puissances et consommation électrique

Les puissances absorbées des appareillages électriques ont été mesurées par le Cemagref au moyen d'un analyseur d'énergie¹².

Les temps de fonctionnement horaires des appareillages ont été suivis en continu de février 2005 à Décembre 2006, permettent ainsi l'évaluation de la consommation électrique globale de la station et de chaque appareil (surpresseurs, pompes, centrifugeuse, ...).

3.1.1.4. mesures capacités d'oxygénation (sept 2005 + mars 2006)

Deux séries de mesures des capacités d'oxygénation des systèmes d'aération en boues (air membrane et air process) ont été réalisées, l'une par la méthode de désorption au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en septembre 2005 immédiatement après la campagne estivale, l'autre par la méthode de réoxygénation des boues en mars 2006.

Ces méthodes supposent que la respiration des boues reste stable pendant toute la durée de la mesure. De telles conditions ont pu être obtenues en alimentant le bassin d'aération (bassin Biosep) à débit constant à partir du bassin tampon.

L'objectif de ces mesures étaient d'évaluer l'apport réel en oxygène des différentes combinaisons de l'aération (air membrane + air process à différents débits d'air) et d'expliquer le déficit en oxygène observé durant la pointe de l'été 2005. Les résultats obtenus ont démontré la nécessité d'améliorer les performances d'oxygénation de l'air process et ont conduit à l'ajout de diffuseurs d'air supplémentaires en juillet 2006.

Ainsi dès le début de l'été 2006 le système d'aération a été modifié tant par la mise en place de nouveaux diffuseurs que par l'utilisation en pointe de 2 surpresseurs pour l'air process. Les capacités d'oxygénation du nouveau système en place ont pu être calculées à l'aide des bilans massiques réalisés quotidiennement sur l'installation durant les mois de juillet et août 2006.

3.1.1.5. Examen macroscopique et microscopique des boues

Les boues du Biosep ont été suivies par observation macroscopique (aspect, indice de boue) chaque semaine sur le site. Il a été réalisé également des observations microscopiques au laboratoire du Cemagref permettant de déterminer la taille médiane des floes (mesure à l'oculaire d'un microscope), la diversité de l'édifice biologique (protozoaires, métazoaires) et

¹² Marque : DOSSENA, type : MULTIVER 3 S

la densité respective de chaque groupe faunistique, ainsi que la détermination des bactéries filamenteuses présentes.

3.1.2. Mode d'exploitation des données

La disposition de l'ensemble des informations sur le fonctionnement (Supervisions STEP et Cemagref) a permis de calculer tous les flux : débits eau brute et eau traitée, boues recirculées, air introduit, boues extraites, énergie consommée.

En période de pointe (juillet et août) les analyses journalières réalisées ont été utilisées pour calculer les charges polluantes, les charges rejetées et les flux dégradés. Grâce aux échantillons quotidiens disponibles sur les eaux traitées, les bilans carbone et azote sont possibles et donnent accès aux quantités d'oxygène nécessaires. De même tous les paramètres de fonctionnement ont pu être calculés quotidiennement lors des été 2005 et 2006.

La filtration a fait l'objet d'un suivi particulier en exploitant l'ensemble des pressions transmembranaïres et leur évolution sur le court terme et le long terme. L'influence des caractéristiques des boues sur la filtration a été évaluée.

3.1.3. Planning des suivis et mesures (juillet 2005-septembre 2006)

Le Cemagref a effectué 9 visites de février à juin 2005, afin de mettre en place son propre matériel d'acquisition de données et maîtriser le fonctionnement de cette installation.

Les suivis intensifs ont été focalisés sur le fonctionnement de l'étage biologique en période haute saison (zone d'anoxie + Biosep) qui est la configuration la plus proche de la valeur nominale et d'un fonctionnement normal du procédé. Le Cemagref a ainsi réalisé des campagnes de mesures hebdomadaires durant les deux été 2005 et 2006: 7 visites du 18/07/05 au 13/09/05 et 7 du 10/07/06 au 05/09/06.

Au cours de l'été 2006, des mesures complémentaires ont été réalisées, tels que le suivi de la filtrabilité et des caractéristiques physico-chimiques des boues (mesures réalisées au laboratoire du Cemagref de Bordeaux), mesure de la vitesse de nitrification maximale en batch (mesures effectuées sur site).

3.2. RESULTATS DE L'INSTALLATION DE GUETHARY

3.2.1. Evolution des débits et des charges entrée sur la station de Guéthary

La station de Guéthary est soumise à de fortes variations de l'effluent d'entrée, tant en terme de débit que de charge polluante, en raison de la situation de la commune dans une zone touristique, avec une forte fréquentation estivale.

3.2.1.1. Débits entrée d'installation et entrée bassin biologique

Le réseau d'assainissement de part sa conception amène une part importante d'eaux pluviales, dont le traitement peut être assuré dans la limite de 2000 m³/j (nominal temps de pluie). Le débit résiduel est stocké dans les anciens clarificateurs avant traitement.

Les deux étés 2005 et 2006, correspondant au suivi détaillé du fonctionnement de la station ont été marqués par un temps relativement sec et avec peu d'influence des apports d'eau pluviales. Les caractéristiques des débits journaliers en sortie bassin tampon lors des mois de juillet et août et sur les deux années sont regroupées sur le Tableau 6.

Tableau 6: Volumes journaliers en sortie bassin tampon en été 2005 et été 2006

	Juillet – Août 2005	Juillet – Août 2006
Entrée Biosep		
Qmoyen (m ³ /j)	1286 (64,3 % nominal temps pluie)	1081 (54 % nominal temps pluie)
Qmini (m ³ /j)	367	600
Qmaxi (m ³ /j)	1783 (89,1 % nominal temps pluie)	1831 (91,5% nominal temps pluie)
Coeff pointe été	1,39	1,69

Les débits relevés à l'entrée de la station, de l'ordre de 500 m³/j en basse saison, sont en moyenne d'environ 1200 m³/j sur la période estivale, soit 75 % du débit nominal de temps sec avec des pointes à 1800 m³/j autour du week-end du 15 août.

En 2005, été très sec dans le pays basque, le débit moyen journalier en entrée station est de 1286 m³/j et on observe une bonne stabilité des volumes du 14 juillet au 25 août. (Figure 3).

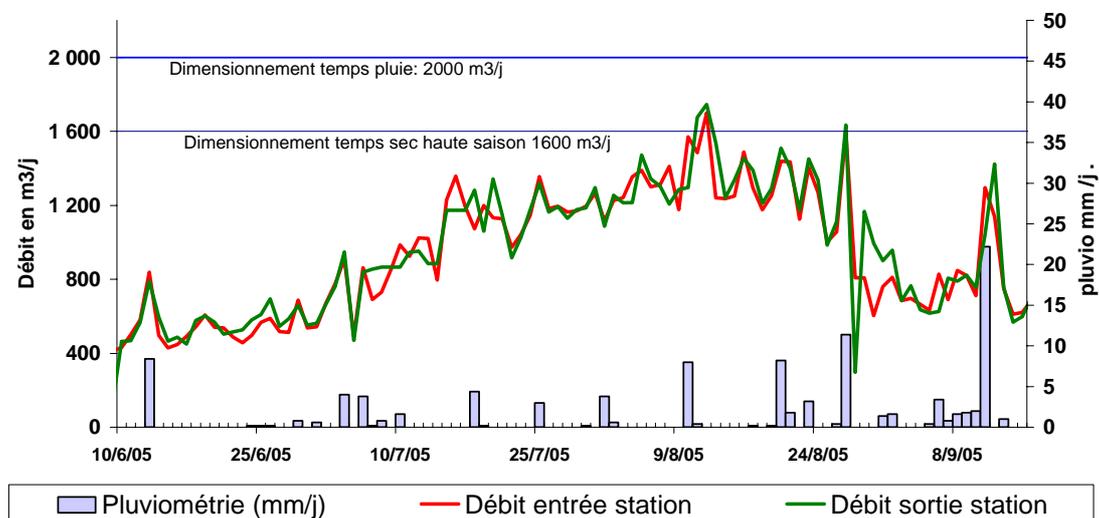


Figure 3 : Evolution des débits journaliers pendant l'été 2005

En 2006, l'impact des pluies de fin juin est clairement ressenti sur la station avec un débit dépassant la valeur nominale. Durant les mois de juillet et août les débits d'entrée station sont relativement stables et comparables à ceux de l'année précédente avec en moyenne 1080 m³/j. Cependant, de fortes variations d'un jour à l'autre sont relevées à l'entrée de la zone d'anoxie (Figure 4) suite à des stockages dans le bassin tampon provoqués par la gestion de l'installation (arrêts de sécurité de la filtration en cours de week-end par exemple). Les volumes sont alors absorbés avec un décalage d'une journée.

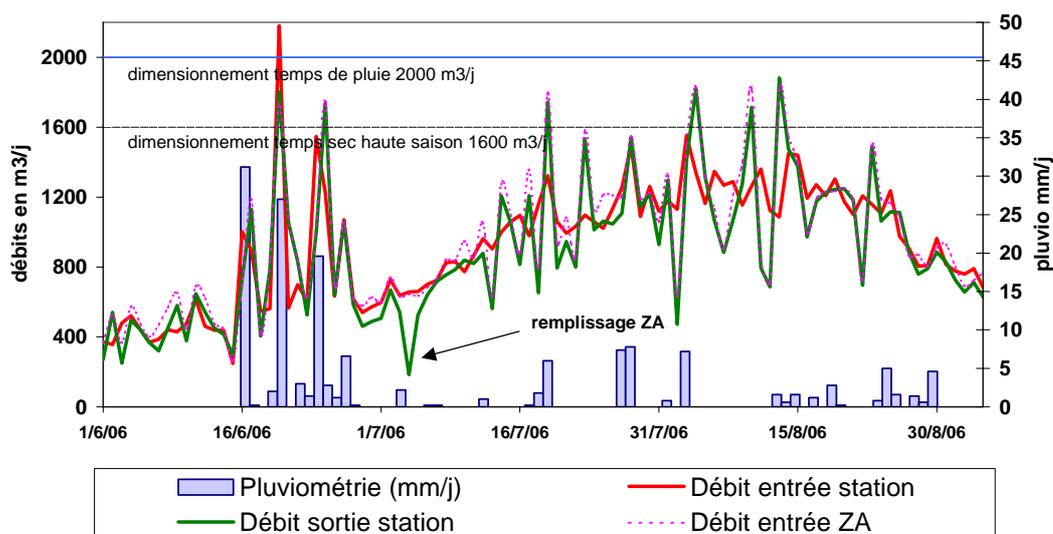


Figure 4 : Evolution des débits journaliers pendant l'été 2006

3.2.1.2. Caractéristiques des eaux usées

Trois paramètres sont mesurés au moyen du spectromètre immergé: DCO_b, DCOfiltrée et MES. Un exemple des résultats obtenus en août 2005 avec ce capteur est présenté (Figure 5). On note que les fortes pointes en DCO sont très liées avec les pointes en MES. Des confrontations entre résultats du capteur et analyses chimiques ont montrés globalement une bonne corrélation ce qui autorise à calculer les flux de pollution à traiter avec une précision acceptable.

Les concentrations moyennes de l'effluent entrée zone d'anoxie sont très proches d'un été à l'autre avec une DCO de 750 mg/L (Tableau 7).

Tableau 7 : Concentrations moyennes de l'effluent d'entrée zone d'anoxie de la station de Guéthary

Type mesure	Suivi journalier Cemagref			
	Eté 2005		Eté 2006	
	Entrée Z.A. Analyse	Entrée Z.A. Spectro.	Entrée Z.A. Analyse	Entrée Z.A. Spectro.
Nb échantillons moyens 24h	11	58	7	58
DCO (mg/L)	755	740	760	760
DCOf (mg/L)	/	180	/	220
DBO ₅ (mg/L)	390	/	360	/
MES (mg/L)	340	400	330	360
N-NTK (mg/L)	91	/	92	/
N-NH ₄ (mg/L)	65	/	69	/
P-Pt (mg/L)	12,1	/	12,3	/
P-P04 (mg/L)	8,6	/	7,9	/

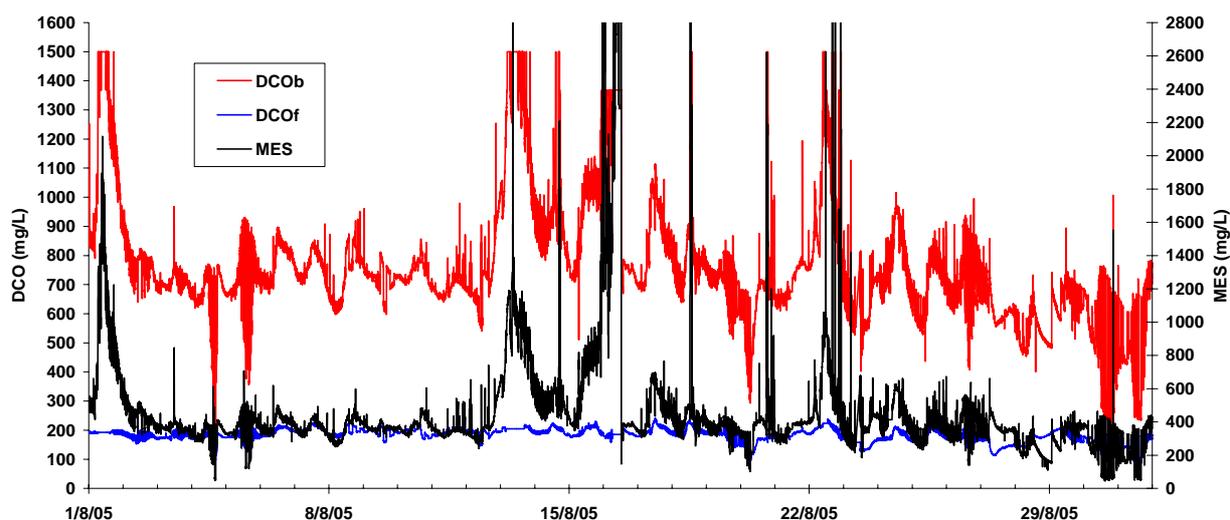


Figure 5 : Evolution des concentrations de l'effluent en entrée du bassin zone d'anoxie de la station de Guéthary (une mesure ponctuelle toutes les 2 minutes), en août 2005

Les ratios entre principaux paramètres sont caractéristiques d'une eau usée urbaine moyenne, et sont très stables d'une année à l'autre (Tableau 8). Le ratio DCO/N-NTK est légèrement plus faible qu'un effluent classique.

Tableau 8 : Principaux ratios de l'effluent d'entrée zone d'anoxie

		Suivi journalier Cemagref	
		Eté 2005	Eté 2006
		Entrée Z.A.	Entrée Z.A.
Nombre échantillons	11	7	
DCO/DBO ₅	2,35	2,4	
DCO/MES	2,29	2,31	
% MVS	90,5	85,8	
DCO/N-NTK	8,21	8,17	
DCO _{μF} /DCOb	0,31	0,27	

3.2.1.3. Charges organiques reçues

Tout comme la charge hydraulique, la charge organique est fortement marquée par l'activité touristique du secteur. De 400 kg de DCO par jour en entrée de zone d'anoxie fin juin, les flux atteignent en moyenne sur l'été 2005 environ 70 % de la capacité nominale (1320 kg de DCO par jour) ; la charge moyenne reçue a un peu baissé en 2006 (Tableau 9). Des pointes au delà de la capacité nominale sont relevés notamment pendant l'été 2005 lors des week-ends de grande affluence.

Tableau 9: Charges journalières en entrée de zone d'anoxie en été 2005 et été 2006

	Juillet – Août 2005	Juillet – Août 2006
Entrée Biosep		
Charge moyenne DCO (kg/j)	987 (75 % nominal)	834 (63 % nominal)
Charge minimale DCO (kg/j)	212	428
Charge maximale DCO (kg/j)	1394 (105,6 % nominal)	1278 (96,8% nominal)
Coefficient de pointe	1,41	1,53

L'année 2005 est marquée par deux pointes importantes le 1^{er} août et le 15 août ().

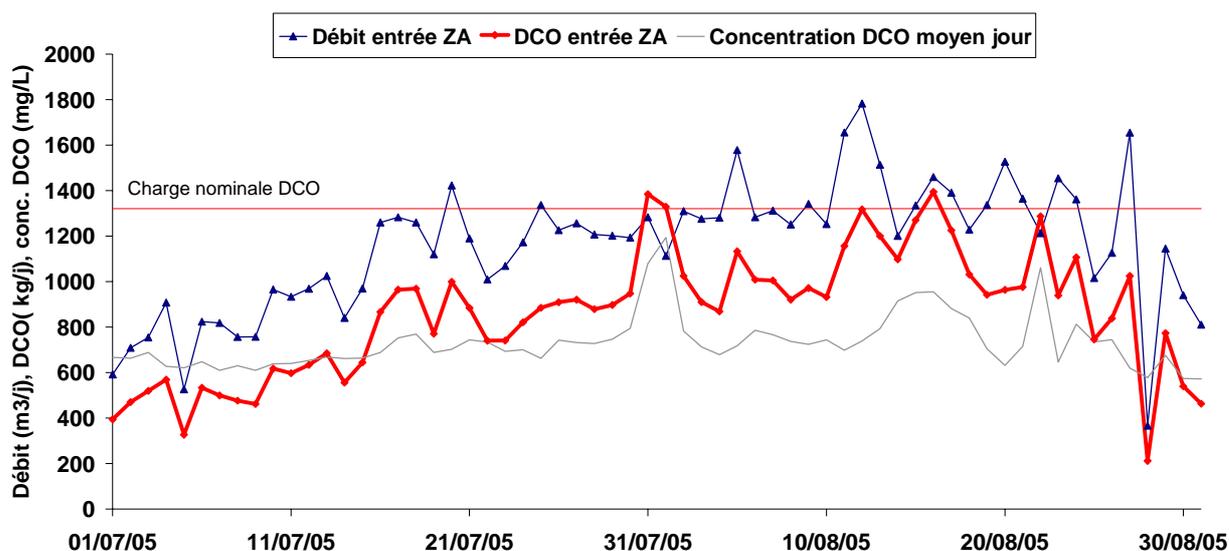


Figure 6 : Flux de DCO en entrée de zone d'anoxie été 2005

La capacité nominale en DCO est légèrement dépassée en entrée de traitement biologique pendant les week-ends du 1 et du 15 août. La charge moyenne sur l'été 2005 est de 987 kg/j. Les charges maximum sont enregistrées entre le 14 juillet et le 25 août. La concentration moyenne journalière en DCO reste relativement stable sur la période hormis les deux pics du mois d'août avec un taux élevé de MES.

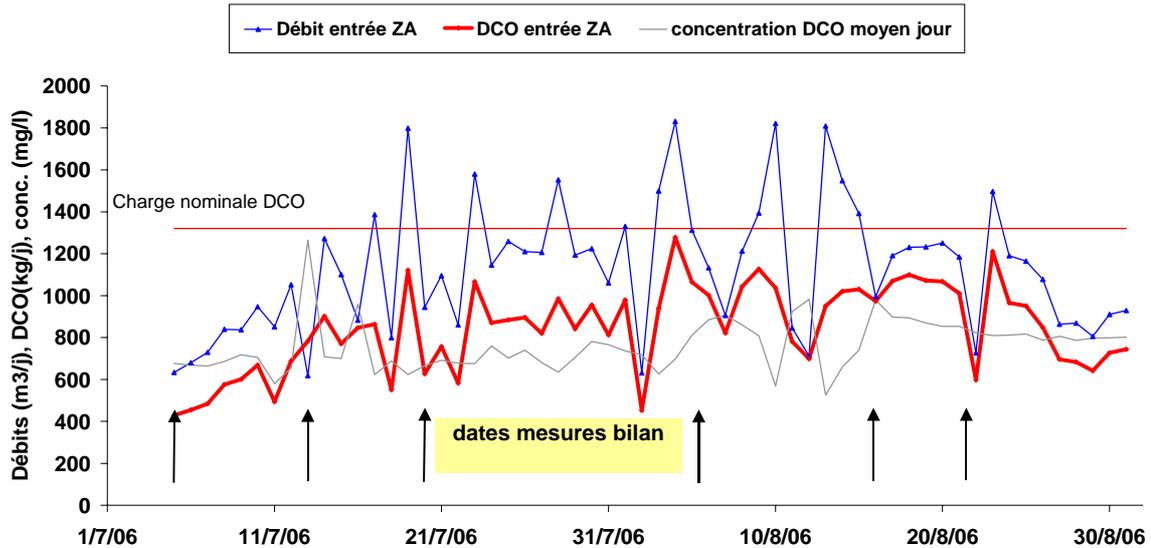


Figure 7 : Flux de DCO en entrée de zone anoxie été 2006

L'été 2006 n'est pas marqué par des pointes de charges importantes, les quelques à-coups observés correspondent à des vidanges de bassins tampons et sont donc liés à l'exploitation de la station (Figure 7). La charge en DCO est stable avec une moyenne sur la période de 834 kg de DCO par jour. La concentration moyenne en DCO en entrée de traitement biologique est de 760 mg/l.

3.2.2. Qualité des rejets sur la station de Guéthary en 2005 et 2006

Des bilans 24 heures ont été réalisés pratiquement tous les jours en sortie de station pendant les deux périodes estivales 2005 et 2006.

Globalement la qualité du traitement est excellente sur les MES (concentration inférieure à la limite de détection) et sur la DCO (concentration inférieure à 30 mg/l).

Concernant le traitement de l'azote, les seuils garantis par le constructeur (15 mg/l en NGL) n'ont pas été respectés en août 2005, la concentration en NH₄ dans l'effluent étant trop importante du fait de performances insuffisantes du système d'aération en boue.

Au début de l'été 2006, des travaux ont été engagés pour améliorer l'aération par l'augmentation du nombre de diffuseurs et la possibilité de doubler le débit d'air (voir détail dans le chapitre aération 3.2.4).

Pendant l'été 2005, les dépassements sur l'azote sont simplement dus à une insuffisance de l'oxygénation en dépit d'un fonctionnement 24h/24 de l'aération fines bulles pendant pratiquement tout le mois d'août (Figure 8).

Au final, l'abattement sur l'azote était de 74 % sur tout l'été. Le manque d'oxygène a favorisé l'élimination du phosphore avec un abattement moyen de 85 % , notamment en transformant la zone d'anoxie en zone anaérobie.

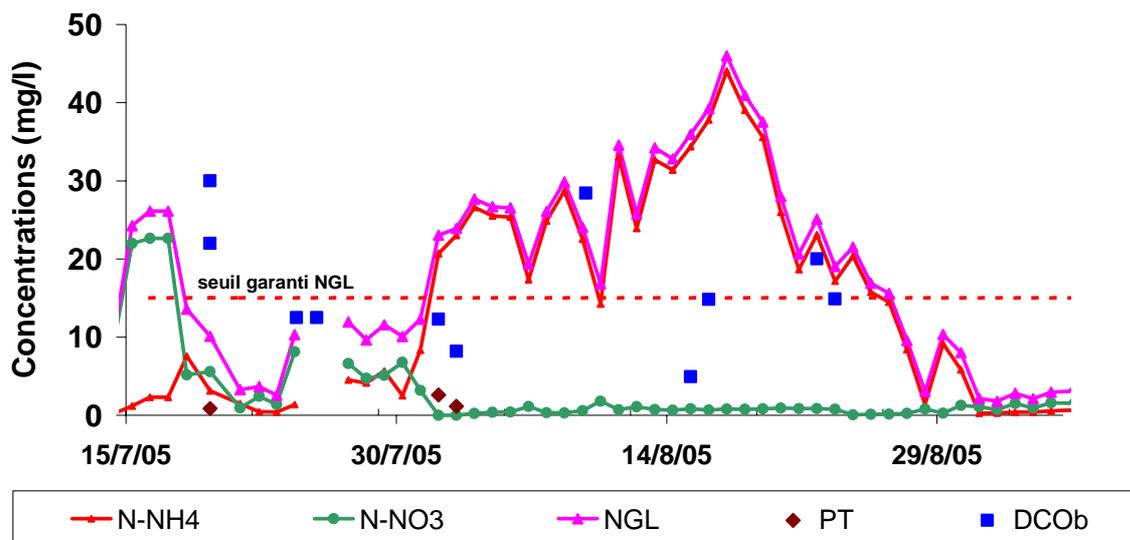


Figure 8 : Evolution des concentrations des échantillons moyens 24 heures entrée zone d'anoxie été 2005 (suivi Cemagref station de Guéthary)

En 2006, les modifications apportées sur l'aération ont permis un bien meilleur rendement sur l'azote avec un abattement de l'ordre de 87 %. Les quelques dépassements sur l'azote global sont dus à une insuffisance de la recirculation vers le bassin d'anoxie et donc à une dénitrification non optimisée. L'élimination du phosphore est réalisée à 75% sans ajout de réactifs.

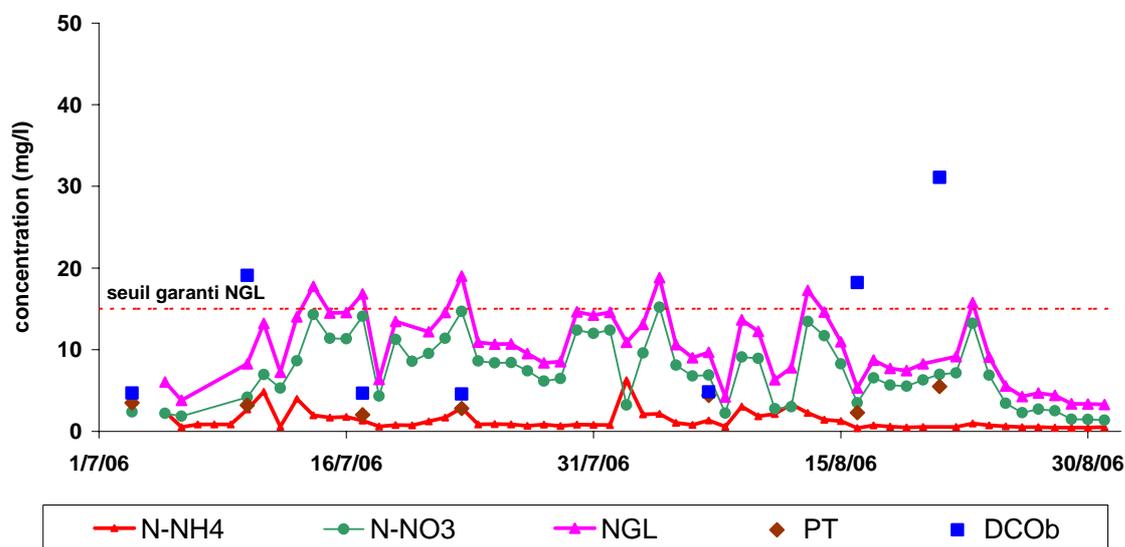


Figure 9 : Evolution des concentrations des échantillons moyens 24 heures sortie station été 2006 (suivi Cemagref station de Guéthary)

3.2.3. Analyse du fonctionnement biologique du Biosep

3.2.3.1. Traitement biologique

La connaissance continue des paramètres de contrôles du processus biologique (température, concentration en MES du milieu, MVS de la boue, flux de DCO introduite, temps d'aération, concentration en oxygène dissous, volume de boues extraites) ont permis de calculer pour chaque jour les paramètres conventionnels de traitement.

3.2.3.1.1. été 2005

Durant l'été 2005, la température des bassins biologiques est demeurée entre 25°C et 27°C avec une légère augmentation au fil de l'été.

Les taux de boue dans le bassin d'aération sont restés stables au mois de juillet avec une concentration moyenne de 9,5 g/L et ont subi une nette augmentation au mois d'août pour atteindre 12g/L (Figure 10), en lien avec des difficultés d'évacuation des bennes de boue. Le taux de MVS a progressivement augmenté en lien avec la réduction de l'âge de boue passant de 73 à 79 %.

Sous l'influence combinée de l'augmentation de la charge organique et de la masse de boue dans les bassins biologiques, la charge massique a régulièrement augmenté passant à une valeur de l'ordre de 0,02 kg DBO₅/ kgMVS.j début juillet à un maximum 0,045 kg DBO₅/ kgMVS.j début août (Figure 10). Les ages de boue sont élevés, ils passent progressivement d'une centaine de jour en début de l'été à environ 40j à la fin août (Figure 14).

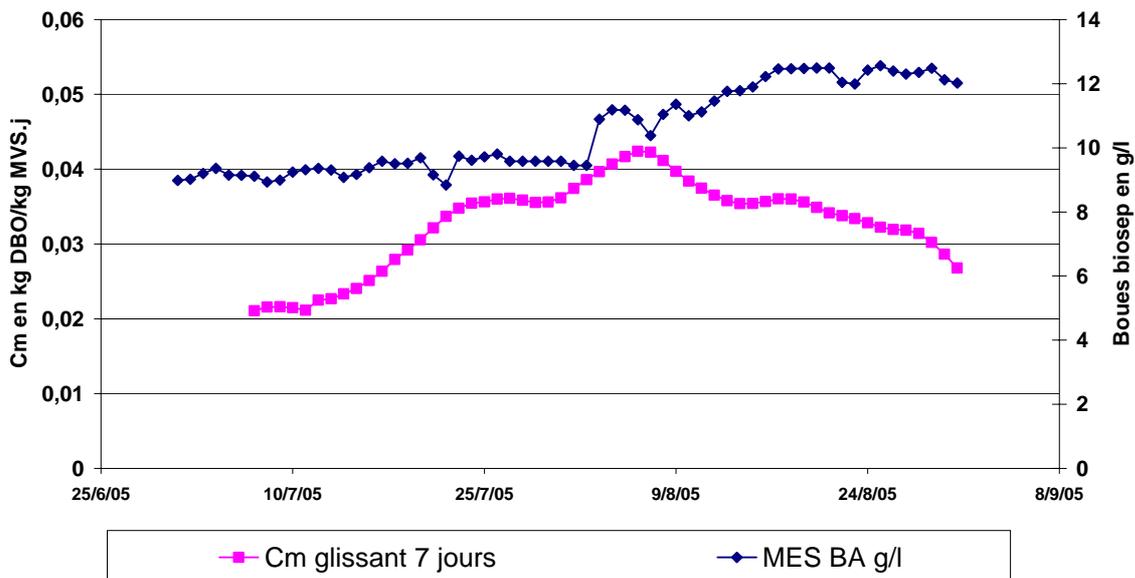


Figure 10 : Evolution de la concentration en boue et de la charge massique durant l'été 2005

Le volume de boue recirculé a été augmenté par paliers en fonction des volumes d'eaux usées reçues ce qui a conduit à des taux de recirculation journaliers variant de 200 à 700 % (Figure 11). On notera des temps de passage supérieurs à 2 heures jusqu'à fin juillet et de l'ordre d'une heure en août. La recirculation a été fortement augmentée en août pour limiter la demande en oxygène des boues provenant de la zone d'anoxie et éviter d'aggraver la carence en oxygène constatée dans le bassin d'aération.

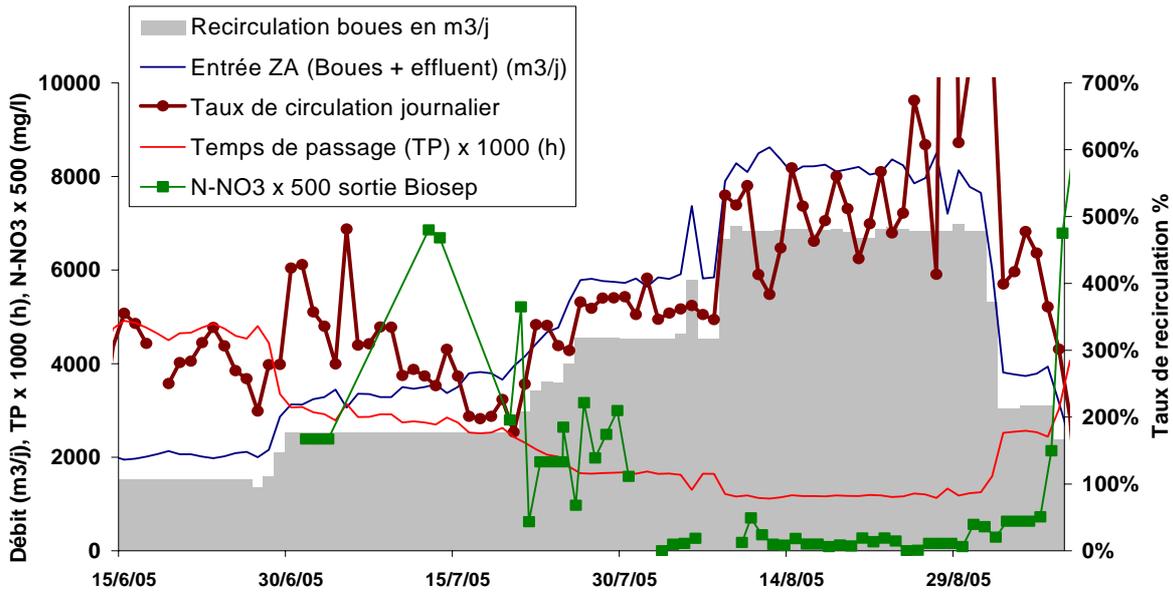


Figure 11 : Fonctionnement de la zone d'anoxie en été 2005: taux de recirculation et temps de passage

3.2.3.1.2. Été 2006

Lors de l'été 2006 l'exploitant a réduit le taux de boue pour améliorer le transfert d'oxygène et sa valeur moyenne est restée proche de 8,5g/L (Figure 12). En lien avec l'augmentation de la charge organique, la charge massique varie donc de 0,024 kg DBO₅/kgMVS.j à 0,052 kgDBO₅/kgMVS.j, soit des valeurs sensiblement plus élevées que l'année précédente. Le taux de MVS a progressivement augmenté en lien avec la réduction de l'âge de boue passant de 72 à 79 %..

L'age de boue a été un peu réduit par rapport à 2005 et se trouve aux environs de 30j lors de la période de pointe de charge (Figure 15).

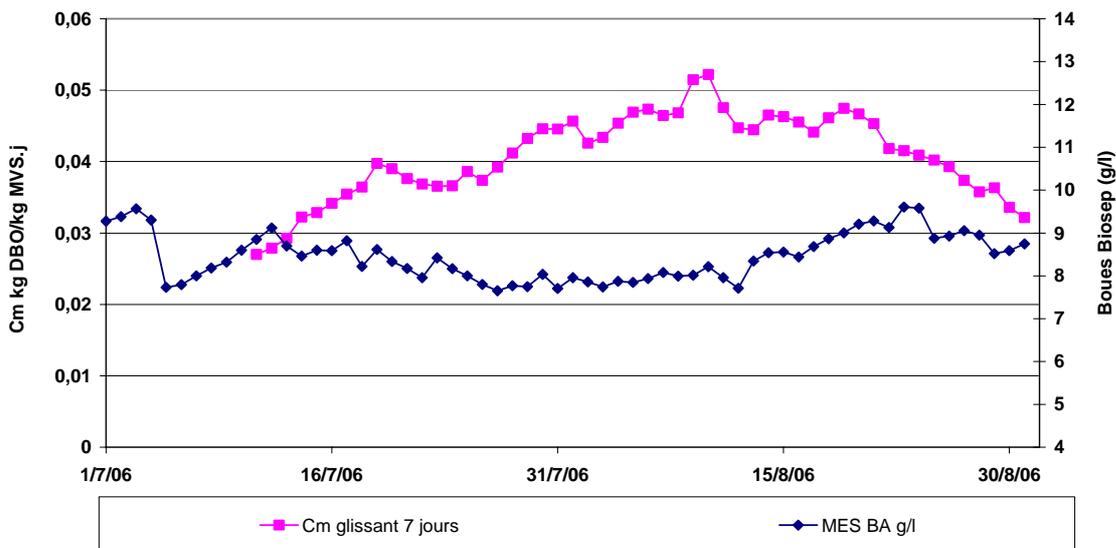


Figure 12 : Evolution de la concentration en boue et de la charge massique durant l'été 2006

En 2006 le débit recirculé a été maintenu constant jusqu'à fin août conduisant à des un taux de recirculation moyen de 290 % et un temps de passage en zone d'anoxie de 2,4 h (Figure 13). Ce taux de recirculation s'est révélé insuffisant pour assurer une dénitrification optimale à certaines périodes, d'où quelques valeurs de NGL légèrement supérieures au seuil garanti. L'augmentation de recirculation fin août permet une dénitrification presque totale (Figure 13).

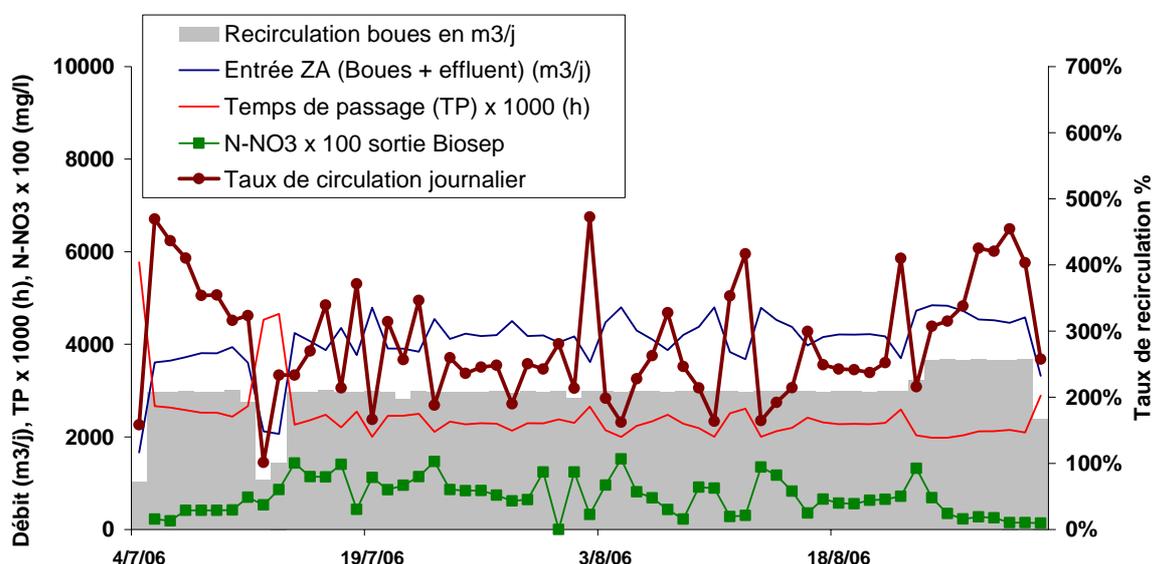


Figure 13 : Fonctionnement de la zone d'anoxie en été 2006: taux de recirculation et temps de passage

3.2.3.1.3. Bilan des paramètres biologiques 2005 et 2006

Tableau 10: Paramètres de fonctionnement en juillet et août 2005 et 2006

		été 2005			été 2006		
		mini	maxi	moyenne	mini	maxi	moyenne
Température	°C	24,1	27,5	26,3	24,4	28,0	26,7
Concentration boues BA	g/L	8,8	12,6	10,5	7,7	9,6	8,4
MVS	%	72	79	75	72	79	77
Cm en kgDBO ₅ /(kgMVS.j)		0,015	0,044	0,032	0,024	0,052	0,039
Age de boues	j	34	106	53	33	120	61
Taux de recirculation		1,7	17,7	4,0	1,0	4,7	2,9
Temps de passage ZA*	h	1,2	3,3	1,9	2,0	4,7	2,4
Temps de séjour hydraulique Bassin aération +ZA	j	0,8	3,9	1,4	0,8	2,3	1,4

* zone d'anoxie

3.2.3.2. Production de boue et age de boue de la station de Guéthary

3.2.3.2.1. Méthodes de calcul et résultats 2005 et 2006.

Les boues sont extraites depuis le bassin d'aération dont la concentration est mesurée en continu. Les extractions de boues sont calculées à partir des données croisées des pompes d'extraction et de la concentration en MES dans le bassin d'aération. Ces valeurs sont ensuite recoupées avec la masse et la siccité des boues obtenues après centrifugation (bennes pesées lors du transport).

La production de boues globale sur la période est déterminée par la quantité cumulée de boues extraites, corrigée de la variation de masse de boues présente dans la station. Cette production globale de boues est ramenée au flux global de DCO éliminé sur la même période pour obtenir la quantité de MES produite en fonction de la quantité de DCO éliminé (kg MES / kg DCO éliminé). Pour les deux été 2005 et 2006 la production de boues est de l'ordre de 0,30 kg MES / kg DCO éliminé.

La production journalière moyenne est alors calculée en répartissant la masse totale au prorata des charges journalières en DCO éliminées.

Afin de s'affranchir des perturbations liées à des extractions irrégulières, l'âge des boues est calculé sur 16 jours glissants (Figure 14 et Figure 15). Il correspond à la masse moyenne de boues présente dans la station sur 16 jours, rapportée à l'extraction de boues moyenne sur 16 jours.

3.2.3.2.2. Production de boue

En 2005 la production de boues de la période juillet et août est de 0,32 kg MES/kg de DCO éliminée. En 2006, sur la même période estivale La production de boues calculée ressort à 0,27 kg MES/kg de DCO éliminée. Ces valeurs sont proches et en tout état de cause montrent que la production de boues des bioréacteurs à membrane est sensiblement équivalente à celle d'une boue activée conventionnelle fonctionnant à la même charge massique.

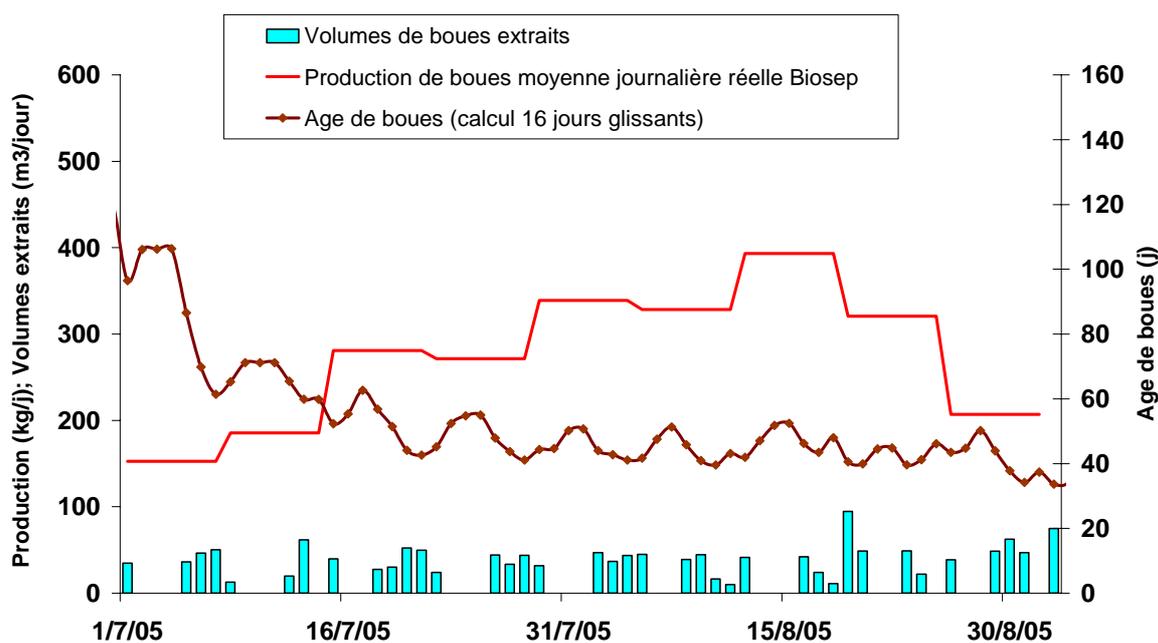


Figure 14 : Production de boue et âges de boue en été 2005

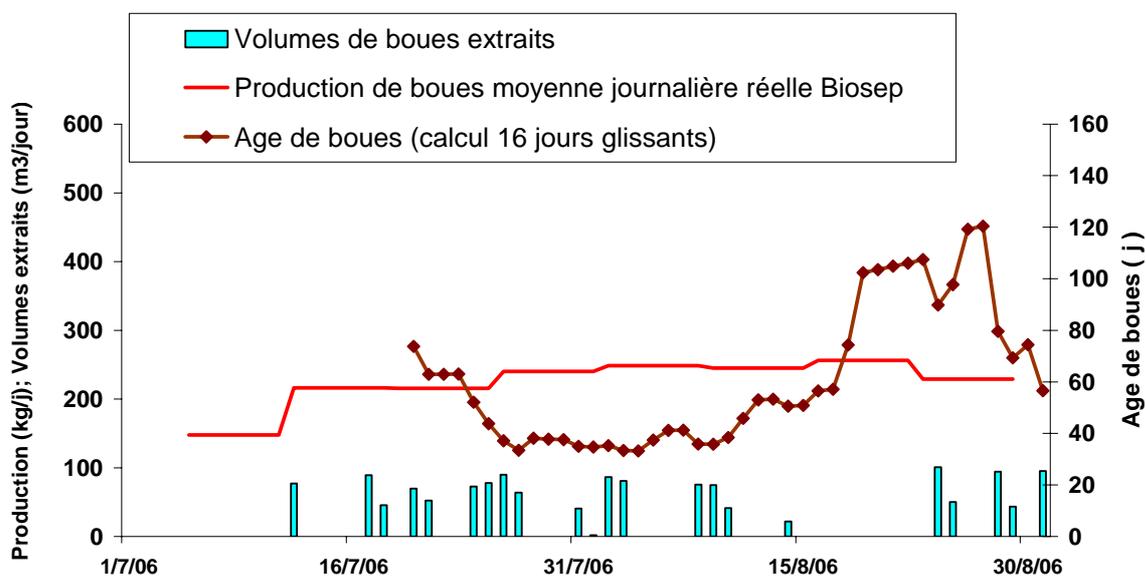


Figure 15 : Production de boues et âges de boue en été 2006

3.2.3.3. Observations des boues de la station de Guéthary et indice de boue

Les boues du bassin d'aération ont été observées sur 23 échantillons prélevés du 15/02/05 au 05/09/06.

La taille médiane des floccs évolue fortement au cours du temps : de 20 à 700 μm . Nous observons une taille de l'ordre de 50 μm lors de la période de pleine charge (juillet et août de chaque année). C'est une taille que l'on retrouve parfois sur des boues activées « classiques ».

L'édifice biologique rencontré (protozoaires et métazoaires) est le témoin d'un fonctionnement dans le domaine de la faible charge massique avec des âges de boues élevés et est indicateur d'une bonne nitrification (en 2006). La densité de population est proche de celle rencontrée en boues activées classique, durant l'été 2006, c'est la famille des Pérित्रiches qui domine.

Plusieurs espèces de bactéries filamenteuses sont rencontrés. Elle sont présentes dans chaque flocc, et sont peu répandues dans l'eau interstitielle. Cette présence explique l'indice de boue observé, parfois proche de la limite du bulking (Figure 16).

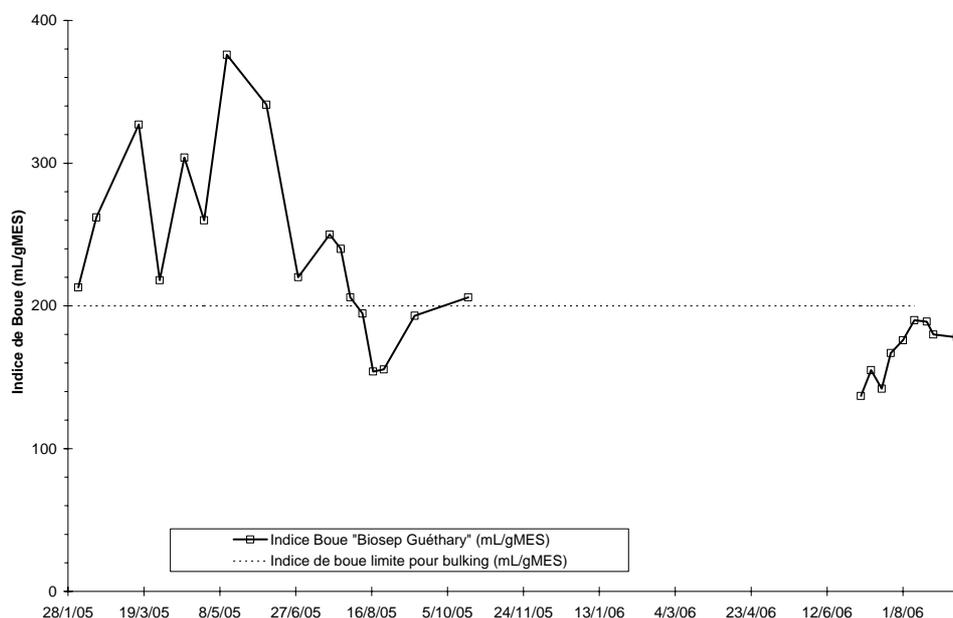


Figure 16 : Evolution de l'indice de boue sur la station de Guéthary

3.2.4. problématique aération avec les membranes installées dans le bassin d'aération

La spécificité des bioréacteurs à membrane est de posséder deux systèmes d'aération : l'un dédié au nettoyage permanent des membranes par des grosses bulles pour éviter le colmatage, l'autre dédié à l'apport d'oxygène nécessaire à l'entretien de la biomasse et à la dégradation de la matière organique. Ces deux systèmes apportent tous les deux de l'oxygène au milieu séparément ou simultanément et avec des rendements de transfert d'oxygène très différents. Pour l'"air membrane" introduit sous forme de grosses bulles le coefficient alpha de transfert en boue est de l'ordre de 0,85 et est peu dépendant des concentrations de boue. Pour "l'air process" apporté sous forme de fines bulles par des diffuseurs, le coefficient alpha observé dans les BRM s'avère sensiblement inférieur à celui mesuré dans les boues activées conventionnelles à cause de la concentration en boues plus importante et d'une augmentation de la viscosité. Des valeurs de alpha inférieures à 0,4 ont été constatées à Guéthary avec la configuration initiale en diffuseurs.

3.2.4.1. Capacité d'oxygénation avec la configuration initiale de l'air process (septembre 2005 et mars 2006)

3.2.4.1.1. Caractéristiques du système d'aération

Dans la configuration initiale, les caractéristiques du système d'aération peuvent se résumer dans le tableau suivant (Tableau 11). Le débit d'air membranes en grande vitesse (ce qui correspond aux périodes de filtration) est presque équivalent au débit d'air process. Il constitue 47% de l'air apporté lorsque les deux systèmes d'aération fonctionnent simultanément. On notera cependant que l'air membranes est insufflé à une immersion de 2,4 m, à la base des cassettes de membranes et sous forme de grosse bulles. Cette aération qui a pour principale fonction d'assurer de bonnes conditions hydrodynamiques pour la filtration n'est pas optimisée pour l'oxygénation et participera dans une faible proportion à l'apport d'oxygène global.

Tableau 11: Caractéristiques des dispositifs d'aération dans le bassin Biosep jusqu'en juin 2006

Dispositif aération	Type de bulles	Immersion de l'insufflation d'air (m)	Débit air surpresseur (Nm ³ /h)	Débit air par diffuseur Nm ³ /(h. diffuseur)	Nombre de diffuseurs	Puissance installée kW
Air membrane Grande vitesse (GV)	Grosses bulles	2,4	1540			30*
Air process	Fines bulles	4,8	1720	3,84	448	44,76
Air process + Air membrane GV	Fines bulles + grosses bulles		3260	3,84		
Agitateurs de fond						2 x 2,5

* Valeur théorique

3.2.4.1.2. Capacités d'aération mesurées en boue

Les performances mesurées en eau claire et en boues ont été rassemblées (Tableau 12) et les résultats sont reportés sous une forme homogène à 20°C. La hauteur d'eau moyenne lors des essais en boue est de 5m sachant qu'en alimentation continue le niveau dans le bassin varie en fonction des pompes d'eau filtrée.

Tableau 12: Apports horaires et coefficients alpha résultant des mesures en eau claire et en boues avec le dispositif d'aération initial (448 diffuseurs).

Milieu de mesure Date	Eau claire	Boues		Boues	
	Décembre 2003	Septembre 2005		Mars 2006	
Méthode mesure	Réoxygénation	Désorption au peroxyde		Réoxygénation	
Concentration en boue (g/L)	0	11,7	11,7	10,3	10,3
Dispositif aération	Apport horaire à 20°C et Heau=5m	Apport horaire à 20°C et Heau=5m	Facteur Alpha	Apport horaire à 20°C et Heau=5m	Facteur Alpha
Air membrane seul	19,3				
Air process seul	71,03	22,2	0,31	25,4	0,36
Air membrane GV + air process	125,3	28,4	0,23	33,2*	0,265

* valeur moyenne de 2 essais

Les performances en boues sont apparues sensiblement plus faibles qu'attendues et conduisent à des facteurs alpha sur les fines bulles respectivement de 0,36 et 0,31 pour une concentration en boue de 10g/L et 11,7g/L. Ces valeurs, obtenues avec des charges massiques très faibles (inférieures à 0,02 kg DBO5/kg MVS.j) en septembre 2005 ont été vérifiées en mars 2006 dans des conditions de charge massique encore plus faibles. Le facteur alpha apparaît un peu supérieur mais demeure anormalement faible. L'implantation des diffuseurs dans le bassin d'aération avec possibilité d'un spiral-flow pourrait expliquer en partie la faible valeur observée. L'hypothèse d'un colmatage des diffuseurs avait été testée lors des mesures de septembre 2005. Afin de s'affranchir d'un possible colmatage partiel des diffuseurs, ces derniers avaient subi un nettoyage à l'acide formique 12 h avant la mesure. Cette action avait eu pour conséquence d'abaisser de 20mb seulement la pression au refoulement et avait montré que le colmatage des diffuseurs était très faible.

En tout état de cause, l'air process ne pouvant fonctionner seul, la valeur d'apport horaire d'oxygène à prendre en compte pour le fonctionnement de l'installation est celle correspondant à l'air process + l'air membrane. Le coefficient permettant de passer des performances en eau claire à celles en boue s'avère alors de l'ordre de 0,25.

Les faibles valeurs de coefficient pourraient s'expliquer par l'hydrodynamique créée par les deux apports d'air simultanés et par la présence des cassettes de membranes qui créent une séparation partielle du bassin en deux ainsi que par la couverture partielle du plancher en diffuseurs. L'ensemble pourrait favoriser un spiral flow nuisible au bon transfert. Ces faibles performances expliquent pourquoi lors de l'été 2005 en dépit d'une aération 24h/24 et avec une charge organique ne dépassant pas la valeur nominale, l'oxygène dissous dans le bassin d'aération est resté nul et pourquoi une partie seulement de l'azote a pu être nitrifié (Figure 17).

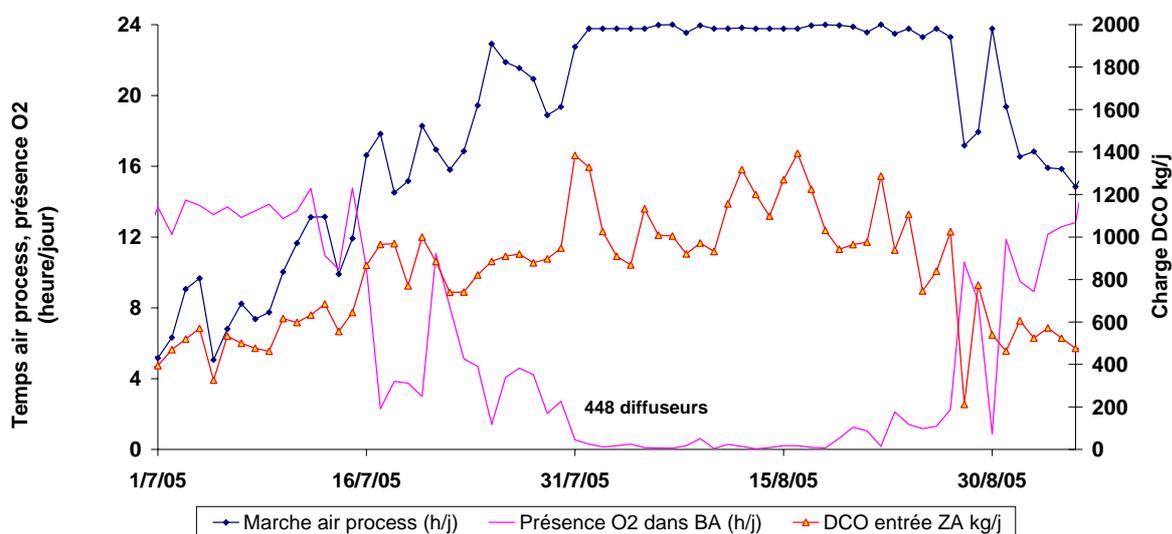


Figure 17: Evolution des temps journaliers de marche de l'air process et de présence d'oxygène dissous en 2005

Ces constatations ont conduit le constructeur à modifier le système d'aération fines bulles en début d'été 2006.

3.2.4.2. Capacité d'oxygénation avec le système d'aération process (fines bulles) modifié en 2006

Afin de nitrifier la totalité de l'azote et de pouvoir respecter les niveaux de rejet en N-NGL le nombre de diffuseurs a été augmenté de plus de moitié en début juillet 2006 passant de 448 à 688. Dans cette nouvelle configuration on se rapproche d'une couverture totale du plancher à l'exception de zone centrale occupée par les cassettes.

Afin de mesurer l'impact de cette modification du système d'aération fines bulles sur les performances et afin de calculer l'apport des différentes configuration à l'origine de l'oxygénation, nous avons utilisé la méthode des bilans.

3.2.4.2.1. Principe du calcul des capacités d'oxygénation à l'aide des bilans journaliers

La connaissance exhaustive des données de fonctionnement a été acquise par l'intermédiaire de la supervision et du système de capteurs et d'enregistrements mis en place par le Cemagref. Ces données, couplées aux analyses réalisées à l'entrée du bassin, dans les boues du bassin Biosep et à la sortie ont permis de calculer jour par jour les demandes en oxygène nécessaires. Les valeurs des coefficients a' et b' indispensables au calcul des quantités d'oxygène nécessaires ont été obtenues à partir des bilans de l'année 2005 où les apports horaires d'oxygène des différentes configurations proviennent de mesures indépendantes (méthode H₂O₂, méthode de réoxygénation). Le coefficient b' est en effet nettement plus faible sur un BRM que celui habituellement pris en compte pour une aération prolongée conventionnelle. Une relation entre la charge massique et le coefficient b' a été établie et utilisée pour le calcul de l'oxygène requis par la respiration des boues. Le principe de la démarche et des calculs est résumé sous forme de graphique (Figure 18).

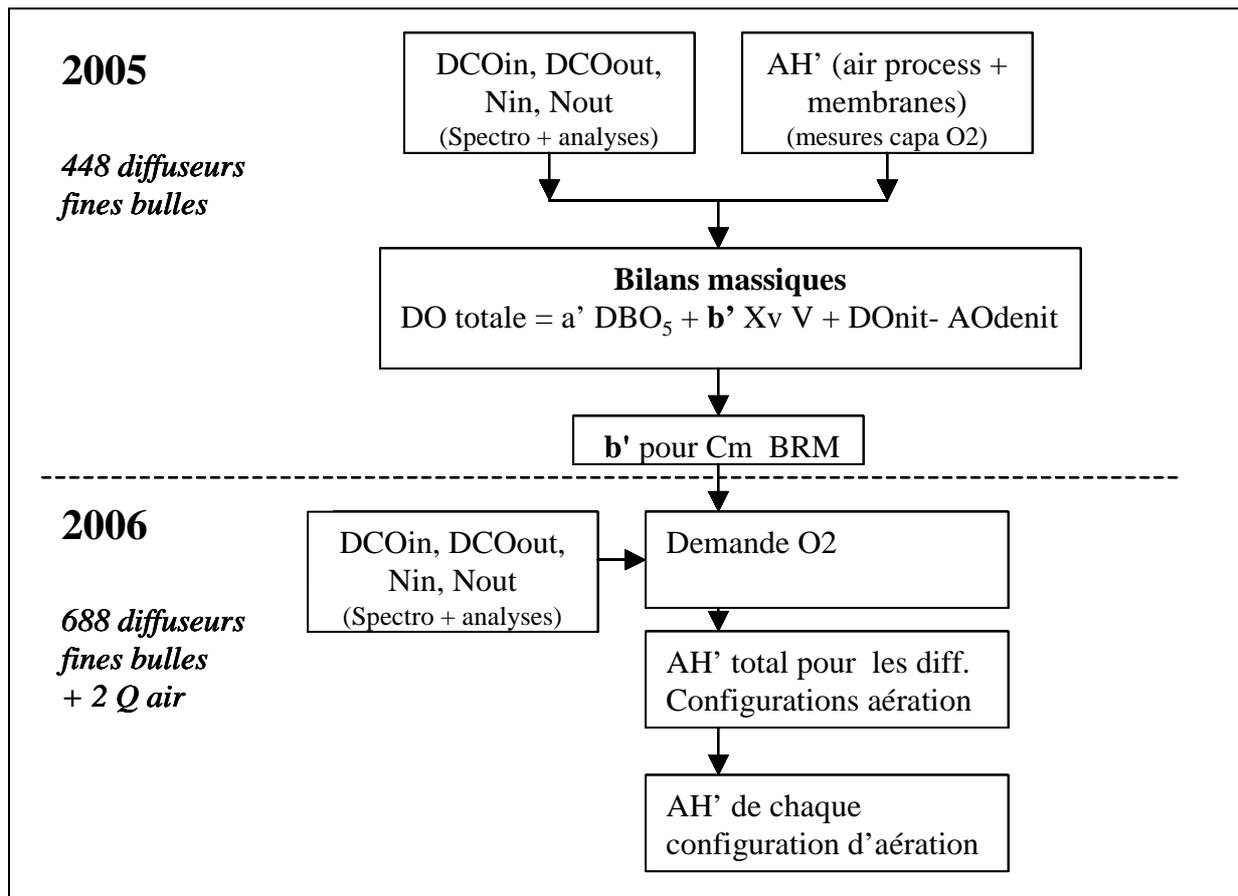


Figure 18: Principe du calcul de la demande en oxygène et des apports des différentes configurations d'aération

Pour calculer l'oxygène apporté par chaque configuration d'aération en 2006 nous avons distingué 6 configurations pour l'apport d'oxygène:

Cas avec de air membrane (AM) + air process (AP)

- AM_pv + AP_1surpresseur
- AM_pv + AP_2surpresseurs
- AM_gv + AP_1surpresseur (filtration)
- AM_gv + AP_2 surpresseurs (filtration)

Cas avec air membrane seul

- AM_pv (hors périodes de filtration)
- AM_gv (filtration)

3.2.4.2.2. Capacités d'aération calculées après ajout de diffuseurs

A l'aide d'un programme d'optimisation (solveur Excel) il est possible de rechercher les valeurs d'apports horaires d'oxygène de chacune des configurations qui conduisent au meilleur équilibre entre demande en oxygène et fourniture jour par jour et pour l'ensemble de la période estivale. On a pu accéder ainsi aux nouvelles performances de l'air process avec 688 diffuseurs (Tableau 13).

Tableau 13: Apports horaires en boues en été 2006 avec le dispositif d'aération modifié (688 diffuseurs).

Milieu de mesure			Boues
Date			Juillet-août 2006
Méthode mesure			Bilans carbone et azote
Concentration en boue (g/L)			7,6 – 9,6 (moyenne: 8,4)
Dispositif aération	Nb Surpresseurs	Débit air par diffuseur Nm³/(h. diffuseur)	Apport horaire à 20°C et Heau=5m
Air membrane seul PV	1 air MB	0	12
Air membrane seul GV	1 air MB	0	16
Air MB (PV)+ air process	1 air MB + 1air process	2,6	46,2
Air MB (GV) + Air process	1 air MB + 1air process	2,6	50,6
Air MB (GV) + Air process	1 air MB + 2 air process	5,1	63

Sous l'effet combiné de l'augmentation du nombre de diffuseurs et de la réduction de la concentration en boue dans le bassin d'aération l'apport horaire a été augmenté de 52% (air membrane GV + air process avec 1 surpresseur). La mise en marche d'un second surpresseur pour l'air process au mois d'août qui double le débit d'air (utilisation du surpresseur secours) permet une augmentation de l'apport horaire de 63/50,6 soit 25 % seulement avec des concentrations de boues équivalentes.

Pour chacun de ces cas d'aération combinée il n'est pas possible de déterminer un coefficient alpha puisque aucune mesure en eau claire dans des conditions identiques d'implantation des diffuseurs et de débit d'air n'est disponible.

A l'aide des bilans journaliers et des vitesses moyennes de nitrification, il est possible de calculer en 2006 les temps de présence d'oxygène nécessaires pour la nitrification. Les valeurs obtenues sont confrontées au temps d'aération air process et à l'évolution de la charge polluante journalière (Figure 19). Les temps d'aération sont toujours supérieurs au temps de présence d'oxygène nécessaires (TPO₂) pour la nitrification ce qui explique le bon traitement de l'azote en 2006. On notera fin août la baisse des TPO₂ à charge polluante équivalente qui s'explique par l'augmentation de la biomasse nitrifiante. L'accroissement de cette dernière est à l'origine d'une augmentation de la vitesse moyenne de nitrification.

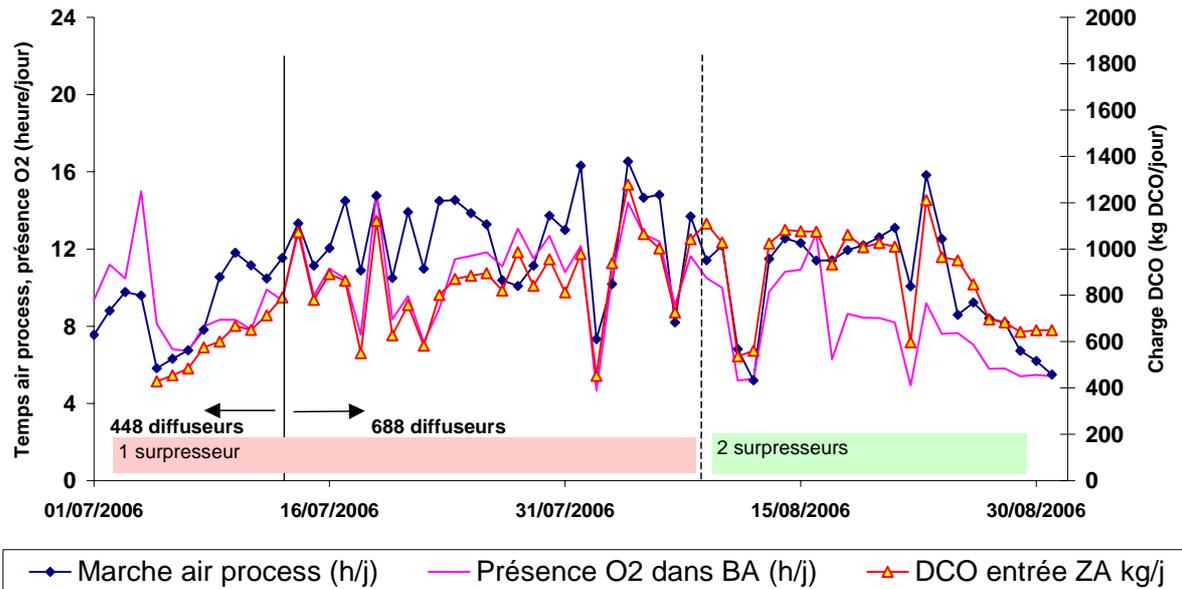


Figure 19: Evolution des temps journaliers de marche de l'air process et des temps de présence d'oxygène nécessaires pour la nitrification en 2006

3.2.5. Filtration membranaire

3.2.5.1. *Historique des réglages*

Les membranes à fibres creuses de marque Zenon sont immergées dans le bassin d'aération. Elles sont regroupées dans des cassettes de type ZW500c, avec une superficie totale de 3740 m². Les cassettes sont réparties en deux groupes, aérés en alternance 24 heures sur 24 par une alimentation d'air grosses bulles, installée à la base des fibres. Le brassage généré par les bulles permet de limiter le colmatage.

Pendant les cycles de filtration, la totalité des membranes est sollicitée. Les cycles de filtration sont déclenchés sur niveau haut du Biosep. Un cycle comprend des phases de lavage et rétrolavage qui se succèdent: 10 mn en filtration, puis 60 s en rétrolavage. Le débit d'air est augmenté lors des périodes de filtration pour limiter le colmatage.

La filtration s'effectue par aspiration au moyen de trois pompes à débit variable fonctionnant de manière alternée. Une seule des trois pompes fonctionne lors de la phase de filtration, par contre, elles sont deux à fonctionner simultanément pendant la phase de rétrolavage.

L'eau traitée est stockée dans une bache de 50 m³, elle est utilisée en phase de rétrolavage. Pour assurer une bonne longévité aux membranes, un nettoyage annuel est préconisé par le constructeur. Les cassettes sont sorties à tour de rôle du bassin, nettoyées à la main, puis trempées dans une solution chlorée.

3.2.5.2. Paramètres de la filtration

Pendant les périodes de suivi, les débits de filtration étaient fixés à 115m³/h (30 l/h.m²) avec un débit de rétrolavage de 172 m³/h. Les retours d'eau traitée représentent 20% du volume filtré pour le rétrolavage et 4% pour les eaux industrielles

Compte tenu des rétrolavages, des eaux industrielles (lavage tamis, ...) et du débit de filtration actuel, le volume journalier maximum traitable est ~ 1800 m³/j

Durant les deux années de suivi, les pression transmembranaire sont restés très stables (Figure 20). Aucun colmatage n'a été constaté en dépit :

- De la variation importante de charge organique en été
- De caractéristiques de filtrabilité variables de la boue
- Des défauts de tamisage observés en 2005 ayant occasionnés des accumulations de fibres dans la partie supérieure du réseau de membranes

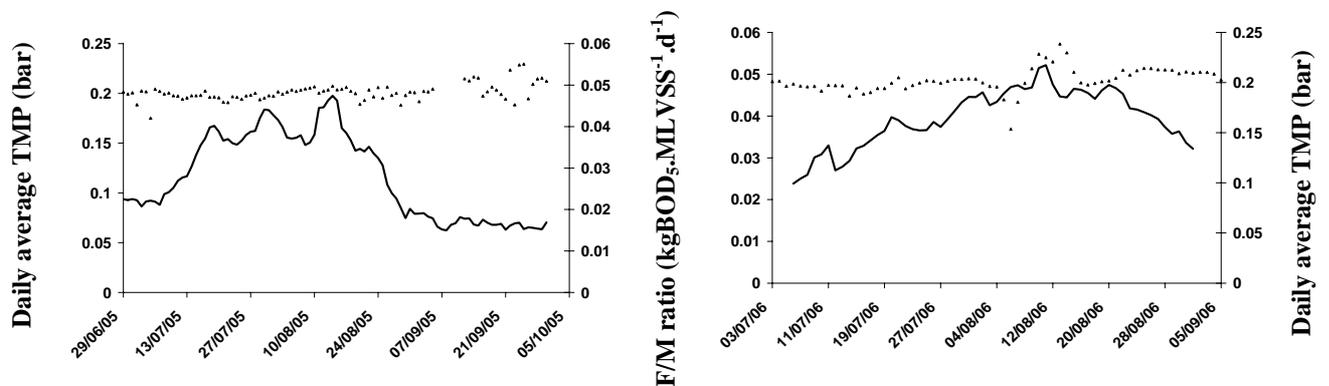


Figure 20 : Pressions transmembranaires moyennes journalières et charges massiques en été 2005 et été 2006

3.2.5.3. Filtrabilité de la boue : mesures de filtration frontale

La filtrabilité a été évaluée au travers de tests de filtration frontale en cellule de Sartorius agitée sur une membrane en PVDF de 0.1µm de porosité. La loi de Darcy permet de calculer le produit $\alpha.C$:

$$\frac{t}{V} = \frac{2\mu\alpha C}{S^2 TMP} V + \frac{\mu R_m}{TMP.S}$$

Avec :

- μ : viscosité de l'eau (10⁻³ Pa.s⁻¹)
- R_m résistance de la membrane utilisée lors de la filtration (m⁻¹)
- α la résistance spécifique du gâteau déposé sur la membrane (m⁻¹)
- C la concentration en colloïdes et en MES dans le gâteau (kg.m⁻³)

Le produit $\alpha.C$ est ensuite divisé par la concentration en MES de la boue afin d'obtenir une quantité proportionnelle à la résistance de la boue à la filtration. C'est donc une caractéristique de la boue, indépendante du procédé utilisé. Le ratio $\alpha.C/MES$ a été obtenu sur plusieurs échantillons durant les étés 2005 et 2006, on observe dans les deux cas une forte corrélation avec la charge massique (Figure 21 et Figure 22) :

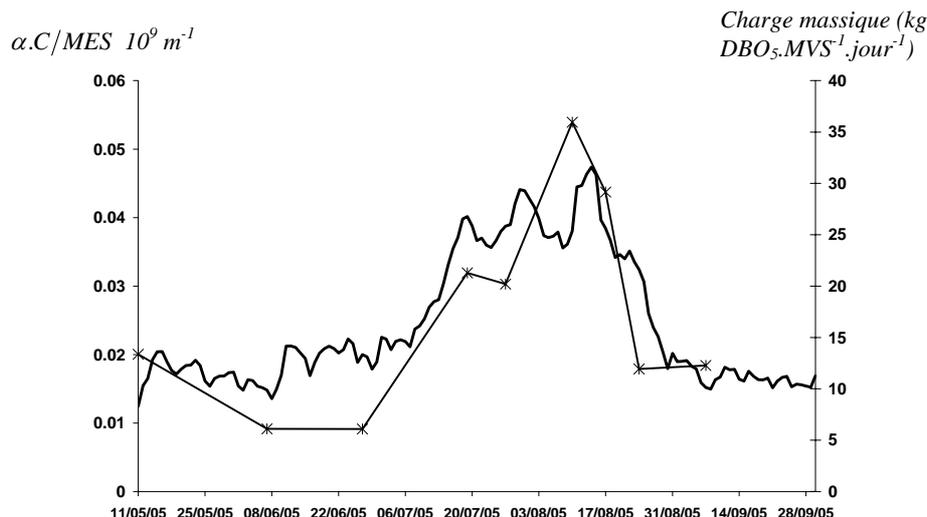


Figure 21 : Evolution de la filtrabilité et de la charge massique, été 2005

Très bonne corrélation observée pendant le suivi 2005.

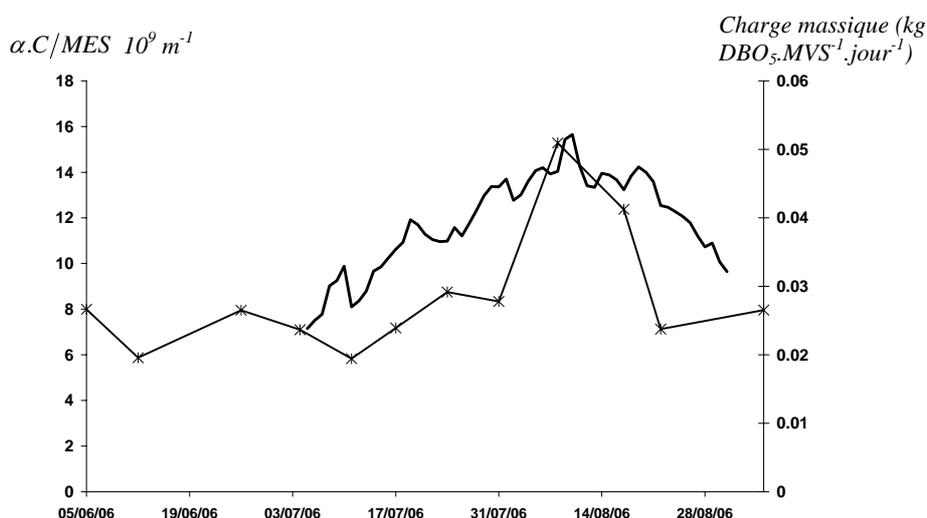


Figure 22 : Evolution de la filtrabilité et de la charge massique, été 2006

La corrélation entre les deux paramètres reste grande en 2006.

3.2.5.4. Exopolymères Solubles (EPS)

Les Exopolymères Solubles (EPS) ou Produit Microbiens Solubles (PMS) sont souvent cités dans la littérature comme jouant un rôle important dans le colmatage des membranes, c'est pourquoi leur dosage sur des installations de bioréacteurs à membranes présente un intérêt certain. Ces produits sont soit amenés par les eaux usées ou alors sécrétés par les microorganismes présent dans les boues. Les principales catégories d'EPS sont les glucides et les protéines, ce sont, du moins, ceux qui semblent avoir la plus grande influence sur le colmatage des membranes. En effet, en plus de jouer un rôle important dans la formation des floes (en liant les bactéries entre elles), ils participent aussi à la création d'un biofilm sur la membrane menant au colmatage de cette dernière.

Les dosages que nous avons effectués concernent uniquement les EPS contenus dans le surnageant et non pas ceux qui sont liés aux floccs. Ce sont, en effet, les EPS libres dans le surnageant qui sont les plus susceptibles de se déposer sur la membrane.

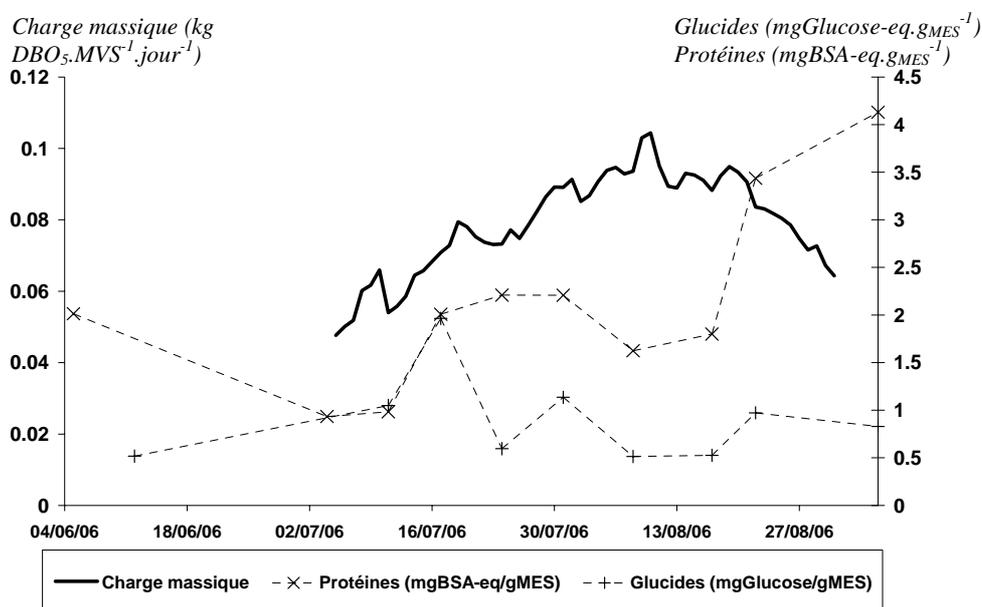


Figure 23 : Evolution des EPS dans la boue du bioréacteur et de la charge massique, été 2006

NB : Les concentrations en EPS sur la figure (Figure 23) sont en mg/g_{MES} afin de pouvoir comparer les différentes valeurs obtenues en boues alors que dans le tableau (Tableau 32 en Annexe 3), elles sont exprimées en mg/L dans le but de confronter les valeurs en entrée, dans les boues et en sortie de la station.

Les concentrations en glucides restent relativement constantes variant de 0,5 à 1,1 mgGlucose-eq/gMES (cf détail dans le tableau Tableau 32 en Annexe 3), excepté pour un pic mi-juillet de 1.96 mgGlucose-eq/gMES correspondant à la répercussion d'une forte charge en glucides dans l'eau d'entrée (37 mgGlucose-eq/L)(Figure 23).

Concernant les protéines, on observe une certaine influence de la charge massique sur leur concentration dans le réacteur. Comparé aux glucides qui sont dans les mêmes proportions dans l'eau brute et dans la boue, les protéines sont toujours plus faibles dans le bioreacteur (1/3 en moyenne de ce qui est présent dans l'eau d'entrée). Ce ratio a augmenté au cours de l'été 2006 montrant une accumulation des protéines dans les boues.

3.2.6. Dépenses énergétiques de la station de Guéthary

3.2.6.1. *Ratios énergie par volume et charge traitée*

Les ratios d'énergie spécifique sont sensiblement sur cette station supérieur à ceux obtenus sur des boues activées conventionnelles (Tableau 14). On obtient des valeurs un peu plus faibles en 2006, notamment du fait de l'amélioration des performances d'aération suite à l'ajout des diffuseurs et d'un cumul de charges à traiter plus faible. On pourra retenir pour une charge organique à traiter correspondant en moyenne à 70% de la charge nominale et avec un temps sec, un ratio de 1,8 KWh/m³traité et de 2,35 KWh/KgDCOb_{éliminé}.

Tableau 14 : Ratios énergétiques spécifiques

	KWh/m ³ traité	KWh/KgDCOb _{éliminé} ¹³
Eté 2005 (1/7 – 31/8/5)	1,83	2,44
Eté 2006 (12/07 – 31/08/2006) ¹⁴	1,74	2,29

3.2.6.2. Répartition des consommations par postes

La totalité de l'aération (air process et air membrane) représente suivant les mois de l'été 2005 et 2006, entre 59 et 65% de la consommation totale de la station (Figure 24, Figure 25). Les prétraitements (tamis + compacteur à déchets) représentent autour de 11 % de la consommation totale, les pompes et agitateurs du bassin tampon autour de 8,5 % et les pompes de circulation et l'agitateur de la zone d'anoxie autour de 12 %. Les pompes perméat et les agitateurs du bassin d'aération représentent 10 à 12,5 % de l'énergie totale. L'énergie représentée par les pompes perméat est en moyenne de 6,5 % de l'énergie totale.

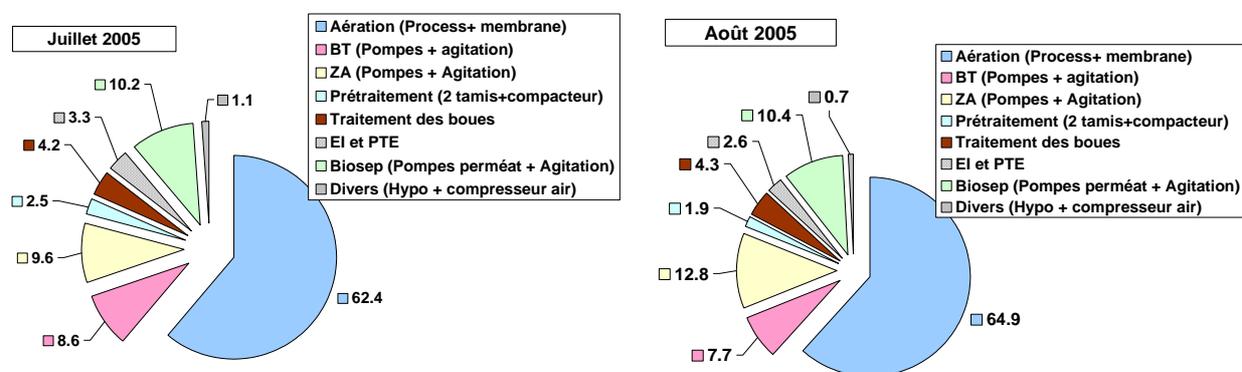


Figure 24 : Répartition en pourcentage de la consommation d'énergie au cours de l'été 2005

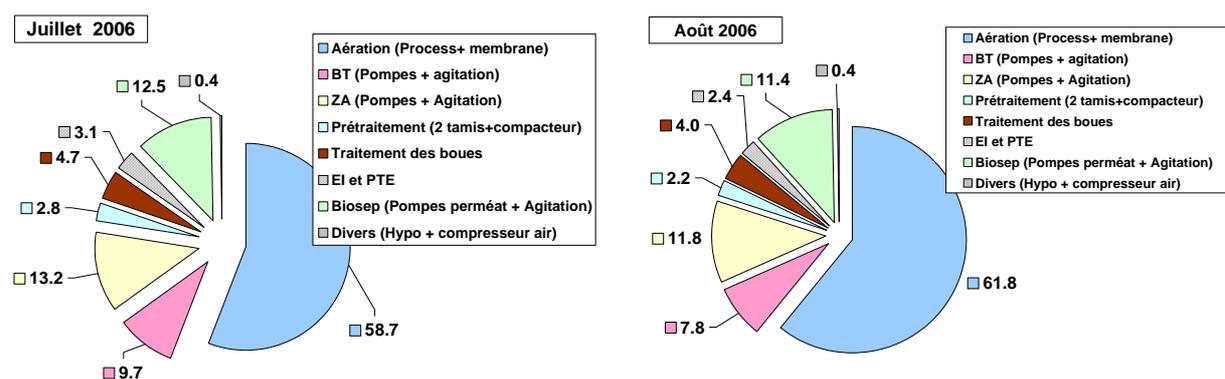


Figure 25 : Répartition en pourcentage de la consommation d'énergie au cours de l'été 2006

A l'exception du mois d'août 2005 où il y a eu un fonctionnement permanent de l'air process, l'air membrane représente entre 24 et 30% de la consommation totale (voire détail en Annexe 4)

¹³ Calculs réalisés avec la DCO éliminée sur l'étage biologique (zone d'anoxie + biosep)

¹⁴ Nouveau système aération process opérationnel le 12/07/2006

3.3. BILAN DES DEUX ANNEES DE SUIVI DU BRM BIOSEP

Le bioréacteur à membranes de Guéthary, en fonctionnement depuis janvier 2004, a été suivi par le Cemagref du printemps 2005 à l'automne 2006. Cette longue période d'observation détaillée nous a permis de rencontrer des conditions de fonctionnement très diverses: basse saison avec très faible charge organique et volumes pouvant être élevés en temps de pluie, saisons estivales avec atteinte d'une charge proche de la charge nominale, concentrations de boues plus ou moins élevées dans le Biosep. De même ce suivi a été l'occasion d'être le témoin de nombreuses situations d'exploitation particulières et d'évaluer la souplesse du système pour y réagir: défauts de tamisage, extraction de boue différées, mise en sécurité de l'installation pour défaut, ...

Ce suivi détaillé a permis d'acquérir une connaissance approfondie du procédé. Nous mettrons ci-après l'accent sur les points importants du fonctionnement en périodes de haute saison telles qu'elles ont été étudiées lors des étés 2005 et 2006:

- Le Biosep de Guéthary permet d'atteindre de manière fiable des niveaux de qualité élevés. La concentration en DCO apparaît toujours inférieure à 40 mg/L même lors des pointes estivales proches de la capacité nominale. Le traitement de l'azote a pu être complet en 2006 suite à modification du système d'aération.
- Le bassin d'aération a fonctionné avec des concentrations de boues moyennes de 10,5 et 8,4 g/L et des charges massiques moyennes de 0,032 et 0,039 kg DBO5/(kg MVS.j) respectivement en 2005 et 2006. En haute saison les âges de boue moyens ont été progressivement réduits et atteignent 50 à 60 jours. Le facteur d'accroissement de la charge organique reçue en été est de l'ordre de trois provoquant une élévation de la charge massique et son évolution dans une plage allant de 0,015 jusqu'à 0,050 kg DBO5/(kg MVS.j).
- La production de boue a pu mesurée avec une bonne précision lors de chaque été. Les valeurs obtenues respectivement en 2005 et 2006 sont 0,32 et 0,27 Kg MES / Kg DCO_b éliminée.
- Les défauts de tamisage relevés lors de l'été 2005 n'ont pas affecté la filtration membranaire mais ont entraîné postérieurement des temps de main d'œuvre importants pour le nettoyage manuel nécessaire à l'extraction des fibres enserrées dans le réseau de membranes. Ce défaut de réglage des tamis a été résolu en 2006 et a mis en évidence la nécessité d'une fiabilité absolue des prétraitements et l'interdiction de by-pass à la conception.
- La filtration membranaire a fonctionné dans des conditions très stables avec des pressions membranaire moyennes demeurant dans une plage de 0,2 à 0,23 bar. Si en 2005 et 2006 nous avons pu mettre en évidence une évolution de la filtrabilité de la boue en cours d'été, très liée avec la variation de charge massique, ces caractéristiques n'ont pas eu d'impact sur la capacité de filtration.
- Le rendement de filtration est proche de 80%. Environ 20% de l'eau traitée est réintroduite pour les rétrolavages et l'eau industrielles servant en particulier au lavage des tamis
- L'aération a constitué un point critique du fonctionnement de l'installation en été 2004 et 2005. Les mesures de capacité d'oxygénation réalisées en boue ont révélé une carence de transfert sur l'air process (fines bulles). Le coefficient permettant de passer du transfert en eau claire au transfert en boue s'est révélé sensiblement inférieur à la valeur prise en compte pour le projet. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à ce résultat: la concentration en boue du milieu qui réduit le coefficient alpha, des conditions hydrodynamiques favorisant un spiral flow, la coalescence de bulles liée à

la présence de deux systèmes d'aération dans le même bassin. L'augmentation du nombre de diffuseurs a permis d'améliorer nettement les performances et d'atteindre les garanties de traitement sur l'azote en 2006.

- La possibilité d'établir des calculs bilans journaliers sur l'oxygène nécessaire en fonction des performances réelles et de la connaissance du fonctionnement détaillé des multiples configurations de l'aération (combinaisons air process + air membranes) ont permis de développer une méthodologie pour accéder aux performances des systèmes d'aération.
- Les coût énergétiques ont pu être analysés dans le détail. L'énergie spécifique globale est, en haute saison avec un taux moyen de charge organique de 70%, respectivement en 2005 et 2006 de 2,44 kWh/kg DCO_{éliminée} et 2,29 kWh/kg DCO_{éliminée}. L'air process et l'air membranes représentent ensemble environ 60% de l'énergie consommée dont près de la moitié pour l'air membranes. Les pompes perméat qui assurent l'extraction des eaux filtrées et les rétrolavages représentent environ 6%.

4. SUIVI DE LA STEP DE LE GUILVINEC

4.1. METHODOLOGIE DES MESURES SUR LA STATION DE GUILVINEC

4.1.1. Acquisition de données

Le Cemagref a vérifié les capteurs de la station (calibration du débitmètre venturi de sortie station ...), et le report des mesures sur la supervision, puis a fait une analyse des critères de fonctionnement.

Afin de suivre au mieux les paramètres de fonctionnement de cette station, le Cemagref a placé des capteurs supplémentaires et les a connectés, sur son propre système d'acquisition¹⁵ durant le printemps 2006 (10/03/06 au 30/5/6) :

- un capteur de température dans le bassin d'aération et dans le compartiment membranaire n°1 avec acquisition d'une valeur ponctuelle chaque heure.
- un MESmètre¹⁶ dans le compartiment membranaire n°1 avec acquisition d'une valeur ponctuelle toutes les 2 minutes.
- un spectromètre¹⁷ de terrain a été mis en place en entrée du bassin d'aération (dans la surverse recueillant à la fois les eaux brutes prétraitées et les lixiviats). Cet appareil permettait de suivre en continu les concentrations en DCOB, MES et DCOF de cet effluent, les données étaient acquises toutes les 2 minutes. La combinaison de ce signal avec le débit admis sur la station permet de connaître le flux de pollution journalier.

4.1.2. Prélèvements du Cemagref

Les prélèvements en entrée de boues activées ont été assurés par un préleveur réfrigéré¹⁸ du Cemagref asservi au temps avec un prélèvement de 100 mL toutes les 6 minutes. Un échantillon moyen journalier proportionnel au débit est ensuite constitué à l'aide des débits enregistrés sur la supervision. L'aspiration de l'échantillonneur est réalisé dans la surverse. Le spectromètre est placé très proche de l'aspiration de ce préleveur, de façon à comparer les estimations du flux de pollution enregistré par le spectromètre (combiné au débit) et l'échantillon moyen réalisé à l'aide de ce préleveur. Les effluents admis à ce niveau correspondent aux eaux brutes prétraitées complétée des dépotages de lixiviats.

Les prélèvements en sortie de station ont été assurés par le préleveur réfrigéré¹⁹ de la station asservi au débitmètre «sortie station», un prélèvement de 100 mL est effectué tous les 5 m³. Ainsi un échantillon moyen journalier proportionnel au débit est constitué. L'aspiration de l'échantillonneur est réalisé dans le canal venturi en sortie de station.

¹⁵ Marque : Datataker, type : DT600

¹⁶ Marque : Royce, type : 7011A. Sonde : B

¹⁷ Marque : S::can, type : cons::tat. Sonde : Specto lyser

¹⁸ Marque : Contronic, type : PSW 2000

¹⁹ Marque : Endress et Hauser, type : ASP Station 2000

Les différents échantillons collectés sur la station ont été conservés à 4°C jusqu'aux analyses au laboratoire du Cemagref. Les analyses réalisées suivent les modes opératoires des normes en vigueur (Tableau 5). Chaque paramètre est défini dans le glossaire à la fin de ce rapport. La liste des paramètres mesurés est jointe en Annexe 5.

4.1.3. Mesure des puissances et consommation électrique

Les puissances absorbées des surpresseurs ont été mesurées par le Cemagref au moyen d'un analyseur d'énergie²⁰. Les puissances des autres appareils électriques ont été relevées sur les plaques signalétiques.

Les temps de fonctionnement horaires des appareillages ont été suivis en continu de janvier 2006 à Décembre 2006 permettant ainsi l'évaluation de la consommation électrique globale de la station et de chaque appareillage (aération, pompes, centrifugeuse ...).

4.1.4. Planning des suivis et mesures (mars 2006-décembre 2006)

Les paramètres de fonctionnement de la station de Guilvinec ont été suivis au travers à la fois d'une campagne de mesure sur le site, de l'analyse des données de la supervision et des capteurs complémentaires installés par le Cemagref.

Détail du suivi :

- Une campagne de mesures du 6 au 10 mars 2006, au cours de laquelle ont été réalisés des bilans 24 heures entrée sortie, des vitesses de nitrification sur pilote, des examens microscopiques des boues, des mesures de filtrabilité, viscosité et EPS sur les boues ...
- Mis en place de mars à fin mai 2006 de capteurs complémentaires par le Cemagref, pour l'enregistrement en continu des DCO brute, DCO soluble et MES en entrée du bassin d'aération (spectro UV-visible), température dans les bassins d'aération et cellules membranaires, MES dans la cellule membranaire n°1.
- Récupération des données de la supervision de la station et des résultats d'autocontrôle (bilan 24 heures et échantillons ponctuels) sur l'année 2006. Mise en forme des données et réalisation de bilans journaliers.

4.2. RESULTATS SUR L'INSTALLATION DE LE GUILVINEC

4.2.1. Evolution des charges entrée sur la station de Guilvinec

4.2.1.1. Caractéristiques des eaux usées

Les résultats des concentrations moyennes de l'effluent d'entrée proviennent des autocontrôles et de nos propres mesures (Tableau 15). Au printemps 2006, période à laquelle a été installé le spectromètre du Cemagref en entrée, on observe une assez bonne corrélation entre les valeurs issues des mesures en continu du capteur et les analyses des autocontrôles (Figure 26).

²⁰ Marque : DOSSENA, type : MULTIVER 3 S

Tableau 15 : Concentrations moyennes de l'effluent d'entrée de la station de Guilvinec

	Toute l'année 2006	mars à mai 2006	mars à mai 2006	Du 9/03 au 10/03/06
	Eaux brutes	Eaux brutes	Entrée bassin aération	Entrée bassin aération
Type de mesure	analyse	analyse	spectromètre	analyse
Nombre échantillons moyens 24 heures	31	8	80	1
DCOb	730	640	690	372
DBO ₅	310	260	/	/
MES	340	290	330	230
N-NTK	90	76	/	43
N-NH ₄	70	51	/	33
P-Pt	9,4	7,3	/	7,4

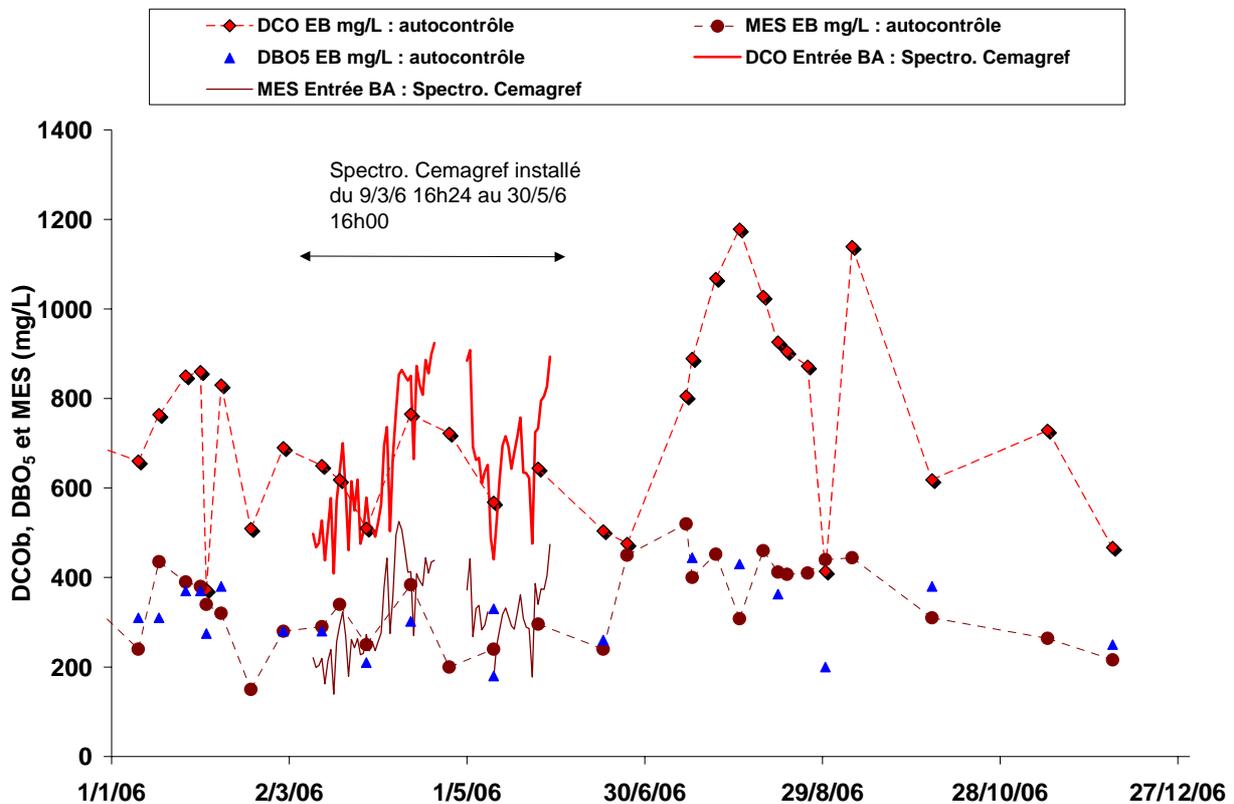


Figure 26 : Evolution des concentrations des échantillons moyens 24 heures entrée eaux brutes (EB) (données autocontrôle de la station de Guilvinec)

Les enregistrements du spectromètre en entrée du bassin d'aération montrent des amplitudes de variations importantes sur les paramètres dues au lieu de prélèvement situé dans le déversoir d'entrée du bassin d'aération (Figure 27 et Figure 47 Annexe 6) mais seuls sont retenus les points correspondant aux périodes de refoulement des eaux usées.

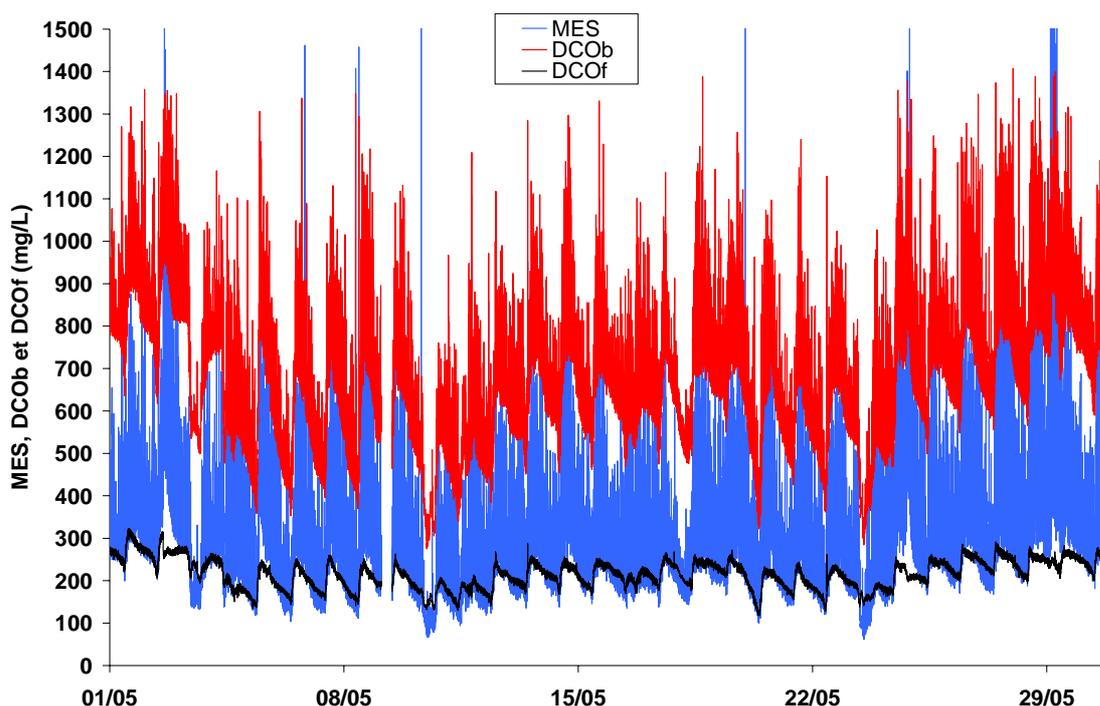


Figure 27 : Evolution des concentrations de l'effluent en entrée du bassin d'aération de la station de Guilvinec en mai 2006 (une mesure ponctuelle toutes les 2 minutes) ;

Les ratios moyens des paramètres d'entrée sont caractéristiques d'un effluent urbain classique (Tableau 16)

Tableau 16 : Principaux ratios de l'effluent d'entrée boues activées

	Bilan autocontrôles		Suivi Cemagref
	Tout 2006	mars à mai 2006	Du 9/3 au 10/3/6
	Eaux brutes	Eaux brutes	Entrée bassin aération
Nombre échantillons moyens 24 heures	31	8	1
DCO/DBO ₅	2,29	2,43	/
DCO/MES	2,25	2,11 ²¹	1,63
% MVS	/	/	77,3
DCO/N-NTK	8,05	8,43	8,63
DCO _{μF} /DCOb	/	/	0,30

En plus des eaux usées, des apports complémentaires (lixiviats et rejet de lipocycle) non comptabilisés dans les prélèvements d'entrée de station s'effectuent directement dans le bassin d'aération.

Ces dépotages ont lieu de façon irrégulière. Les lixiviats sont peu concentrés en MES, présentent une concentration en DCO de 1300 mg/L et sont peu biodégradables (Tableau 35, Annexe 6) ; les bâchées issues du Lipocycle sont constituées de boues concentrées (moyenne de l'ordre de 15,7 gMES/L et 17,7 gDCOb/L).

²¹ Le ratio (DCO/MES) observé sur le capteur SCAN durant cette période correspond à 2,15

Lors de la visite du Cemagref, des échantillons horaires ont été réalisés en entrée du bassin d'aération. Le pH varie de 7,7 à 9,4, et la conductivité de 1020 à 1525 (Tableau 17). Les profils des deux jours de mesure sont assez semblables avec des fluctuations plus marquées le deuxième jour (Figure 48 et Figure 49 Annexe 6).

Tableau 17 : pH et conductivité de l'effluent en entrée des boues activées les 9 et 10/03/06

	Du 08/03/06 au 09/03/06			Du 09/03/06 au 10/03/06		
	minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
pH	7,7	8,5	8,1	7,8	9,4	8,6
Conductivité	1120	1340	1220	1020	1525	1230

4.2.1.2. Fractionnement de l'eau brute

Un fractionnement des eaux brutes a été réalisé à la station d'épuration de Le Guilvinec en mars et juin 2006 afin de quantifier la part de DCO rapidement dégradable, la part soluble inerte et la part inerte. :

Tableau 18 : Détail du fractionnement des eaux brutes de la station de Guilvinec

	DCO totale	DCO Particulaire*	DCO soluble rapidement biodégradable	DCO soluble inerte
8/03/2006	366 (100%)	288 (78.7%)	63 (17%)	15 (4.1%)
9/03/2006	372 (100%)	294 (79.0%)	58 (15.6%)	20 (5.4%)
12/06/2006	643 (100%)	485 (75.4%)	117 (18.2%)	41 (6.4%)
Moyenne sur les trois échantillons	100%	77,7%	16,9%	5,3%

*lentement biodégradable + particulaire inerte

En dépit du changement de concentration entre mars et juin on observe une bonne stabilité dans les différentes fractions. Il faudrait effectuer des bilans complémentaires (DBO ultime) afin de fractionner la DCO particulaire et atteindre le particulaire inerte.

4.2.1.3. Charge hydraulique

Pendant la période d'étude plus détaillée, de mars à mai 2006, la station de Guilvinec était très sous chargée. Elle ne recevait jusqu'à avril 2006 que les eaux usées de la commune de Le Guilvinec ; à partir du début du mois de mai, les eaux usées de la commune de Plomeur ont été rajoutées. Ce raccordement a entraîné une augmentation de 25 à 30 % du débit en entrée de station. Les volumes journaliers varient donc entre 300 et 1800 m³/j fin 2006 (Figure 28) avec une pluviométrie importante, soit de 11 à 70 % de la charge nominale (2600 m³/j). Le réseau de Plomeur amenant une part d'eau pluviale notable, l'impact des épisodes pluvieux sur la station devient significatif à l'automne.

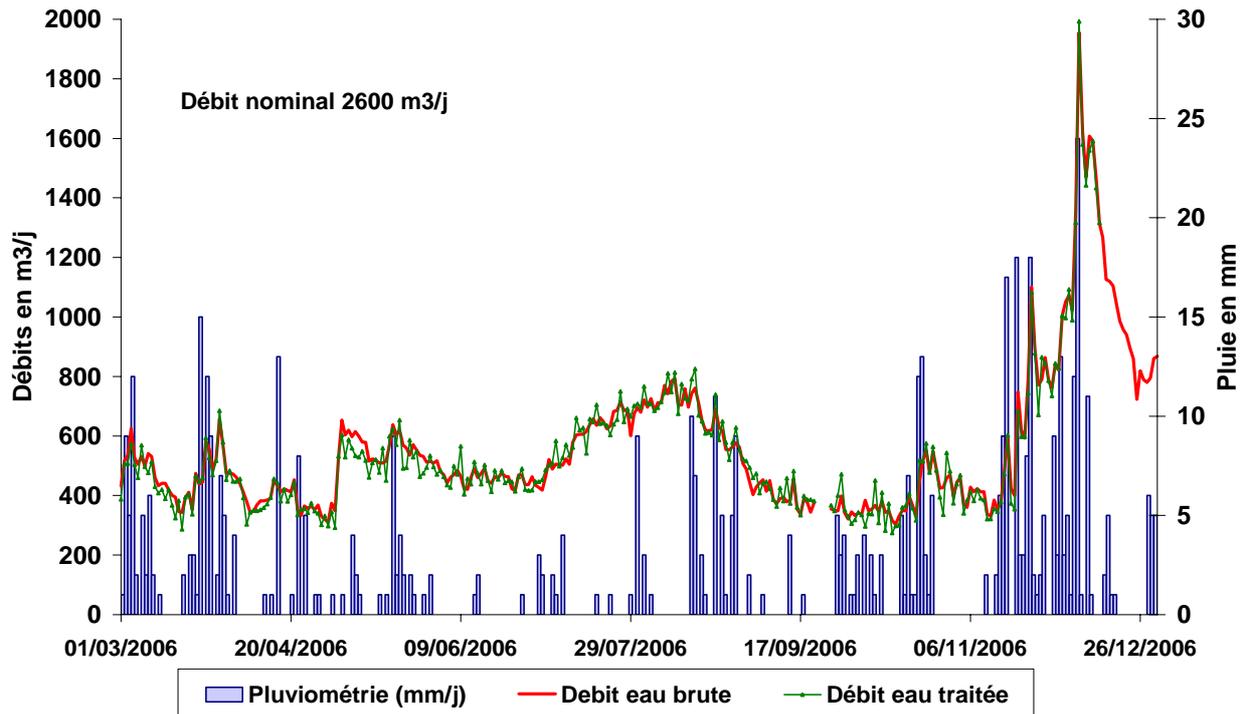


Figure 28 : Evolution des débits journaliers sur la station de Guilvinec, année 2006

En raison d'une activité touristique en été, une pointe peut être constatée aux environs du 15 août, avec une augmentation de plus de 50 % des débits en entrée station par rapport à la fin juin. Le raccordement en fin d'année 2006 (22 novembre) d'un industriel augmente sensiblement la charge en entrée, elle reste cependant inférieure à 50 % de la charge hydraulique nominale.

4.2.1.4. Charge organique

La charge organique a été mesurée en continu avec le spectromètre en entrée du bassin d'aération de début mars à fin mai (Figure 29). Des bilans d'autocontrôle viennent sur la même période compléter ces mesures. Au printemps 2006, la charge en DCO en entrée est très faible (de l'ordre de 10% de la charge nominale de 3700 Kg/j), même si elle augmente un peu avec le raccordement de Plomeur, elle demeure inférieure à 15 % de la capacité nominale de la station jusqu'en juin.

Les lixiviats apportent une charge organique supplémentaire faible, elle représente par exemple 1 % (4,7 KgDCOb/j) de la charge organique réceptionnée le 19/05/06 en entrée du bassin d'aération (453 KgDCOb/j). Sur les 10 premiers mois de l'année 2006, les volumes de lixiviats admis sur le bassin boues activées, représentent 0,2 % du volume total admis sur ce bassin.

Au cours du printemps 2006, les bâchées du Lipocycle dans le bassin d'aération ont lieu environ une fois par semaine (directement dans le bassin d'aération sans passer par la surverse, cette charge s'additionne donc à celle obtenue par le spectromètre du Cemagref), Avec un volume d'environ 3 m³, la charge organique apportée par une bâchée du Lipocycle représente sur une journée 53 KgDCOb/j et 47 KgMES/j. Notons cependant qu'il s'agit de

boues dont la fraction dégradabile rapidement est a priori très faible et dont l'impact sur le fonctionnement du traitement biologique du bioréacteur à membrane est probablement très limité.

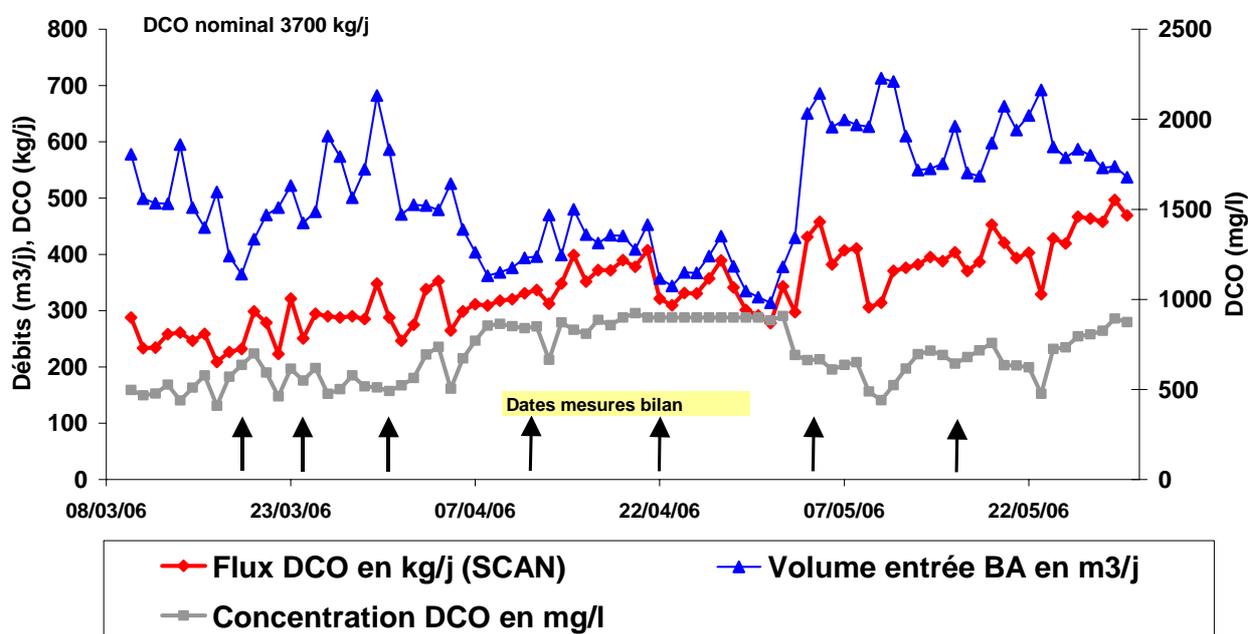


Figure 29 : Flux de DCO en entrée du bassin d'aération, suivi détaillé printemps 2006

Le report graphique des données d'autocontrôle de 2005 et 2006 met en évidence les pointes estivales marquées. En 2006 le facteur d'accroissement de charge en été est de l'ordre de 3 avec une charge en DCO atteignant en pointe 20% de la charge nominale (Figure 30).

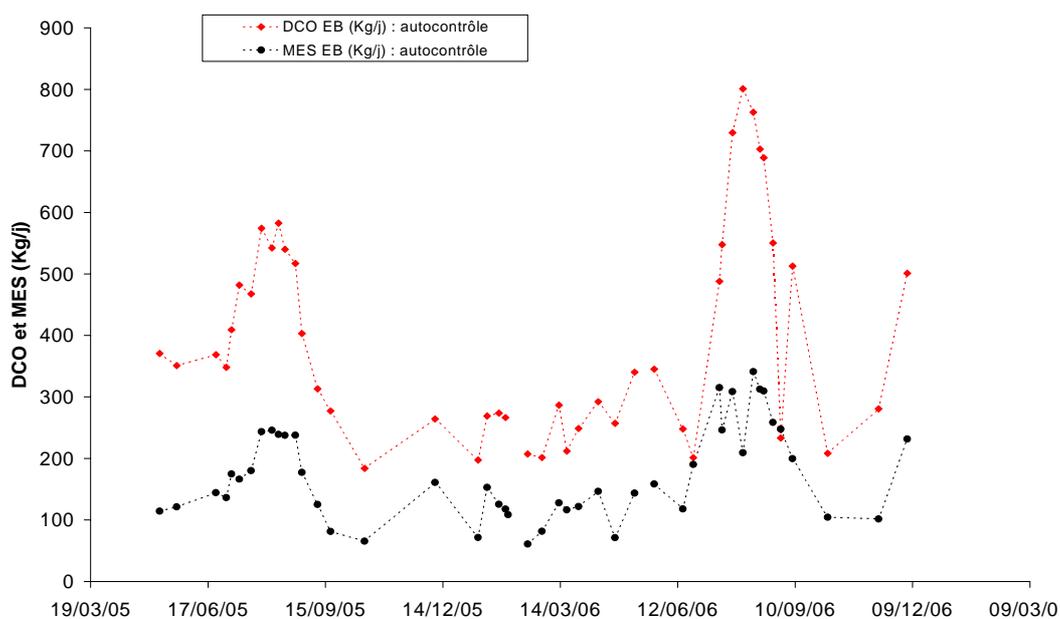


Figure 30 : Flux de DCO et MES en entrée de la station de Guilvinec (données autocontrôle)

4.2.2. Qualité des rejets de la station de Guilvinec

L'exploitation des résultats d'autocontrôle indique une très bonne qualité de traitement sur tous les paramètres. Les concentrations en DCO et MES sont très en deçà des niveaux maximum de rejet (Figure 31). La DCO le plus souvent inférieure à 30 mg/L atteint quelquefois 60 mg/L.

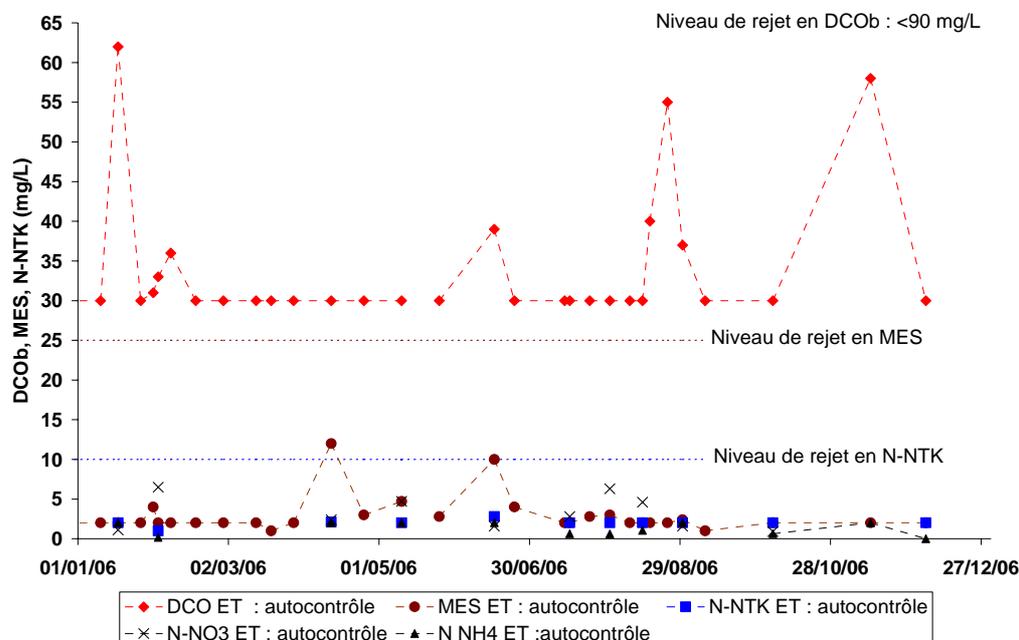


Figure 31 : Evolution des concentrations des échantillons moyens 24 heures sortie station (données autocontrôle de la station de Le Guilvinec)

N. B. sur la Figure 31 : les valeurs 30 mg/L de concentration en DCO indiquent une valeur \leq à 30 mg/L

Les valeurs 2 mg/L de concentration en MES doivent être lues \leq 2 mg/L

4.2.3. Rendement de dépollution

Les rendements de dépollution de cette station sont élevés sur tous les paramètres (Tableau 19). Avec l'ajout de chlorure ferrique, l'abattement sur le phosphore est proche de 91 % sur toute l'année 2006. Une très bonne nitrification et dénitrification conduit à un abattement de 95 % de l'azote.

Tableau 19 : Rendements de dépollution de la station de Le Guilvinec (autosurveillance)

Nombre échantillons moyens 24 heures	Bilan autocontrôles	
	Tout 2006	mars à mai 2006
DCOb	95,2	96,3
MES	99,2	99,0
DBO5	99,1	99,1
Pt	90,8	94,8
Nkj	97,7	98,1
NGL	94,8	94,6

4.2.4. Analyse du fonctionnement de la station de Le Guilvinec

4.2.4.1. Traitement biologique

La connaissance continue des paramètres de fonctionnement provenant des données de la supervision et les informations complémentaires de nos propres capteurs ont permis de calculer de mars à mai et pour chaque jour les paramètres conventionnels de traitement. En dehors de cette période nous nous sommes appuyés sur les charges mesurées dans le cadre de l'autocontrôle.

Le taux de boues dans le bassin d'aération (BA) en 2006 ont été maintenu aux environs de 8g/L. Sur la période du printemps ayant fait l'objet de calculs plus détaillés les charges massiques sont très faibles, comprises entre 0,008 et 0,018 kg DBO₅/(kg MVS.j) (Figure 32). Même si la charge massique a pratiquement doublé entre début mars et fin mai, elle demeure très faible par rapport à une aération prolongée conventionnelle..

Le ratio MVS sur MES est de l'ordre de 67 % avec un âge de boue moyen pendant cette période de 150j.

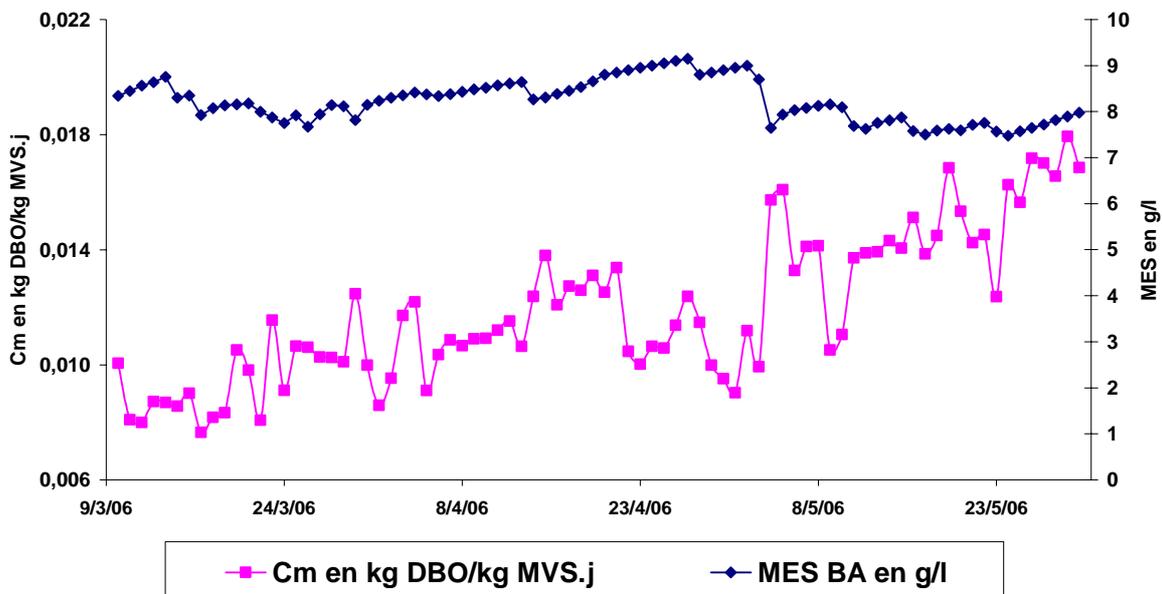


Figure 32 : Evolution de la concentration en boue du bassin d'aération et de la charge massique au printemps 2006

Les trois compartiments membranaires (CM) sont reliés au bassin d'aération par des vannes maintenues ouvertes. Pendant les phases de filtration, la boue se concentre dans les compartiments membranaires et des valeurs supérieures à 17 g/L peuvent être ponctuellement obtenues. Une pompe de 90 m³/h par compartiment assure la recirculation des boues vers le bassin d'aération et permet de rééquilibrer la concentration en boues. Pendant les trois mois de suivi, de mars à mai 2006, les paramètres de fonctionnement sont restés relativement stables. La recirculation fonctionne 6 heures par jour, simultanément sur les trois compartiment (5 mn toutes les 15 mn).

Sur cette même période, les temps de séjour hydrauliques dans l'ensemble « bassin d'aération et cellules membranaires » ont évolué entre 2,5 et 6 jours.

L'ensemble des valeurs des paramètres de l'année 2006 est regroupé dans le tableau ci-après (Tableau 20)

Tableau 20 : Paramètres de fonctionnement biologique de la STEP de Le Guilvinec en 2006

		Mars à mai 2006			Juin à novembre 2006		
		mini	maxi	moyenne	mini	maxi	moyenne
Température	°C	12,2	18,6	15,7	15,3	25,2	21,4
Concentration boues BA*	g/L	7,5	9,2	8,2	7,1	9,0	8,0
MVS	%			67			
Cm en kgDBO5/kgMVS		0,008	0,018	0,012	0,008	0,032	0,019
Age de boues	j	108	208	153			
Taux de recirculation		2,1	5,2	3,4	1,7	7,7	3,6
Temps de séjour hydraulique BA* + CM**	j	2,7	6,2	4	1,6	6,2	3,7

* bassin d'aération

** compartiments membranaires

4.2.4.2. Production de boue et age de boue

L'âge des boues est calculé à partir de la masse de boues présente dans la station en moyenne sur 11 jours (5 jours avant et 5 jours après), sur la moyenne des extractions de boues de la même période. S'il n'y a pas extraction une journée, l'âge de boues augmente d'un jour.

L'âge de boues est très élevé, il reste supérieur à 100 jours pendant toute la période de suivi (Figure 33).

Jusqu'au 29 août 2006, les boues sont extraites dans le compartiment membranaire n°3 pendant les phases de filtration pour obtenir une concentration importante (15 gMES/L et plus) avant centrifugation. Ensuite, les boues ont été extraites dans le bassin d'aération. Les extractions de boues sont évaluées à partir des données croisées des pompes d'extraction et de la concentration en MES dans le compartiment membranaire n°3.

La production de boues globale sur la période est déterminée par la quantité de boues extraites corrigée de la variation de boues présente dans la station. Pour obtenir la quantité de MES produite en fonction de la quantité de DCO_b éliminée (en Kg MES / Kg DCO_b éliminée) cette production globale de boues est ramenée au flux cumulé de DCO éliminée.

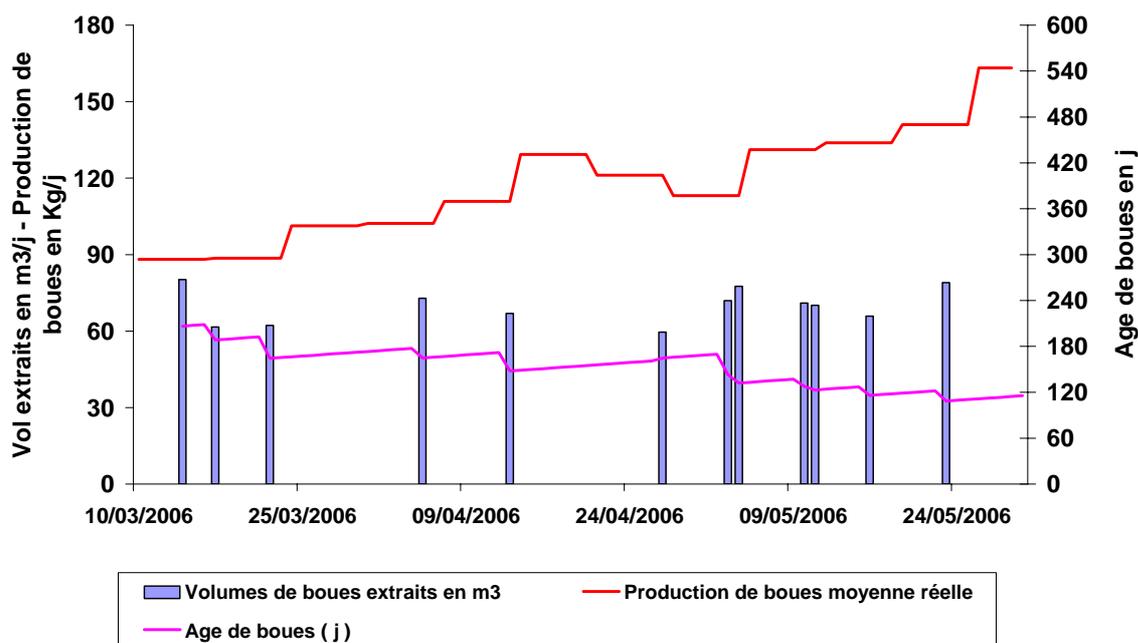


Figure 33 : Production de boues et âge de boue, au cours du printemps 2006, sur la station de Guilvinec

Sur la période printemps 2006 où l'on dispose d'une mesure continue du flux de DCO entrant, la production de boue est de 0,35 Kg MES / Kg DCO_b éliminée. Cette valeur peut paraître élevée compte tenu des très faibles charges massiques mais le traitement du phosphore par le chlorure ferrique augmente la quantité de boues produite.

La production journalière moyenne théorique peut alors être calculée simplement à partir du flux journalier de DCO éliminée (Figure 33).

4.2.4.3. Observations des boues de la station de Guilvinec et indice de boue

Les boues ont été observées à 2 reprises à un an d'intervalle les 23/03/05 et 08/03/06. La taille médiane des floccs est de l'ordre de 200 à 300 µm (Tableau 21), les observations ont été réalisées en dehors de la période de pointe de charge (mars 2005 et mars 2006). On retrouve une taille analogue à celle des boues activées conventionnelles en aération prolongée.

Tableau 21 : Evolution de la taille des floccs des boues activées de la station de Guilvinec

	23/03/05	08/03/06
Taille médiane des floccs (µm)	300	200
Taille minimum des floccs (µm)	50	20
Taille maximale des floccs (µm)	500	500

L'édifice biologique rencontré (protozoaires et métazoaires) indique un fonctionnement dans le domaine de la très faible charge massique avec des âges de boues élevés et est indicateur d'une bonne nitrification. La densité de population est proche de celle rencontrée en boues activées classique, la population la plus dominante est la famille des Thécamébiens.

Les bactéries filamenteuses majoritaires sont du type *Microthrix parvicella*. Elle sont présentes dans chaque floc, et sont peu répandues dans l'eau interstitielle. Cette présence explique l'indice de boue parfois proche de la limite du bulking (160 mL/gMES en mars 2005 et 210 mL/gMES en mars 2006). Cette espèce est souvent favorisée par des alternances de période d'anoxie et d'aérobie. Notons que le bassin d'aération n'est aéré que une heure et demie par jour à ces périodes (Figure 34).

4.2.5. Problématique aération avec des cellules de filtration externes

Comme tous les bioréacteurs à membranes deux systèmes d'aération contribuent à l'oxygénation des boues: l'air process insufflé sous forme de fines bulles dans le bassin d'aération et l'air membranes introduit sous forme de grosses bulles dans les 3 compartiments de filtration pour le décolmatage des membranes

A la station de Le Guilvinec, contrairement à celle de Guéthary, les deux systèmes d'aération sont physiquement séparés dans des bassins distincts.

4.2.5.1. Caractéristiques du système d'aération

Le système d'aération des membranes fonctionne à 3 fréquences différentes en relation avec le nombre de compartiments membranaires en filtration. Lorsque les 3 compartiments sont en filtration ou en agitation (5 mn toutes les 25mn), la fréquence du surpresseur d'air est de 32,5 Hz, si 2 compartiments sont en filtration, elle passe à 27,5 Hz, et à 22,5 Hz pour un seul compartiment en filtration. Les apports horaires en oxygène de l'air membrane seront donc variables en fonction des conditions de filtration.

L'air grosses bulles est insufflé à la base des racks de membranes (2 étages de membranes par rack). Les caractéristiques des deux systèmes d'aération sont reprises dans le Tableau 22

Tableau 22: Caractéristiques des dispositifs d'aération du BRM de Le Guilvinec

Dispositif aération	Type de bulles	Immersion de l'insufflation d'air (m)	Débit air surpresseur (Nm3/h)	Débit air par diffuseur Nm3/(h. diffuseur)	Nombre de diffuseurs	Puissance installée kW
Air process	Fines bulles	4,8 à 5,8	2550	7,9	324	75*
Air membrane	gosses bulles	4,8 à 5,8	3030			90*

* Valeur théorique

4.2.5.2. Capacités d'aération mesurées et évaluées

Le transfert d'oxygène a pu être mesuré en eau claire uniquement pour l'air membrane, avec le surpresseur fonctionnant à une fréquence de 22hz et sur une seule cellule de filtration (Tableau 23). Cette situation reflète le fonctionnement moyen sur les cellules de filtration. Pour l'air process il n'a pas été possible de réaliser une mesure en claire mais nous avons pu faire une bonne estimation de l'apport en boue à partir de plusieurs courbes de réoxygénation enregistrées dans le bassin d'aération et exploitées a posteriori.

Tableau 23: Performances de l'air membrane en eau claire et de l'air process (fines bulles) en boues.

	Aération cellule membrane	Aération fines bulles Bassin d'aération
Milieu de mesure Date	Eau claire Décembre 2004	Boues Mars 2006
Méthode mesure	Réoxygénation	Calcul à partir courbes réoxygénation
Concentration en boue (g/L)	0	8
Hauteur d'eau (m)	6	5
Fréquence surpresseur Hz	22	50
Débit air Nm ³ /h	1050	2610
Kla _(eau claire) à 20°C (h ⁻¹)	12,55 h ⁻¹	
Kla' _(boues) à 20°C (h ⁻¹)	10,7	6,37
Rendement oxygénation %/m	1,3	2,7 (en boues)
Apport horaire eau claire à 20°C Kg O ₂ /h	25.9	?
Apport horaire en boue Kg O ₂ /h		104

A partir des résultats en eau claire sur une cellule membranaire, il est possible d'estimer les apports horaires en boues de l'air membranes pour les différentes fréquences en prenant pour hypothèse une valeur du coefficient alpha de 0,9 (valeur plausible pour des grosses bulles) et un rendement d'oxygénation indépendant du débit d'air dans la gamme de débits utilisés (soit de 1050 Nm³/h à 22 Hz, à 1735 Nm³/h à 32,5 Hz). Les apports d'oxygène en boue par les cellules membranaires dans les différentes configurations de débit d'air peuvent ainsi être estimée avec les valeurs suivantes (Tableau 24) :

Tableau 24: Apports horaires d'oxygène estimés sur les cellules membranaires aux différents débits

	Apport horaire en boue par cellule de filtration (V=150 m ³)		
Fréquence Hz	22,5	27,5	32,5
Débit air Nm ³ /h	1050	1390	1735
AH' _(boues) kg O ₂ /h	14,2	18,8	23,5

4.2.5.3. Part de l'oxygène apporté par l'aération membranes

La station étant très sous chargée, la part d'oxygène apportée par l'air membranes peut être importante. Ainsi pendant la période mars à mai 2006 l'air membrane apporte environ 60% de l'oxygène nécessaire (Figure 34).

Les temps de fonctionnement des fines bulles dans le bassin d'aération sont imposés manuellement par l'exploitant afin d'éviter une absence d'aération prolongée dans le bassin de traitement. Les concentrations moyennes en oxygène dissous pendant les périodes d'aération fines bulles donnent une indication sur la demande en oxygène du milieu et les éventuelles carences ou excédents en oxygène (Figure 34). L'augmentation importante des temps d'aération de l'air process à partir de juin fait passer la part de l'oxygène apporté par l'air membrane à 30%.

On constate en juin un temps de présence d'oxygène dans le bassin d'aération nettement supérieur au temps de marche du surpresseur air process ce qui témoigne d'un excédent

d'oxygénation confirmé par l'augmentation de la concentration en oxygène dissous pendant les périodes aérées. De la mi-juillet à fin août 2006 avec une charge organique d'environ 20% du nominal, un temps d'aération de 7 heures dans le bassin de traitement paraît fournir un bon équilibre de fonctionnement (Figure 34). On peut cependant se demander si la réserve de fourniture d'oxygène sera suffisante à la charge nominale.

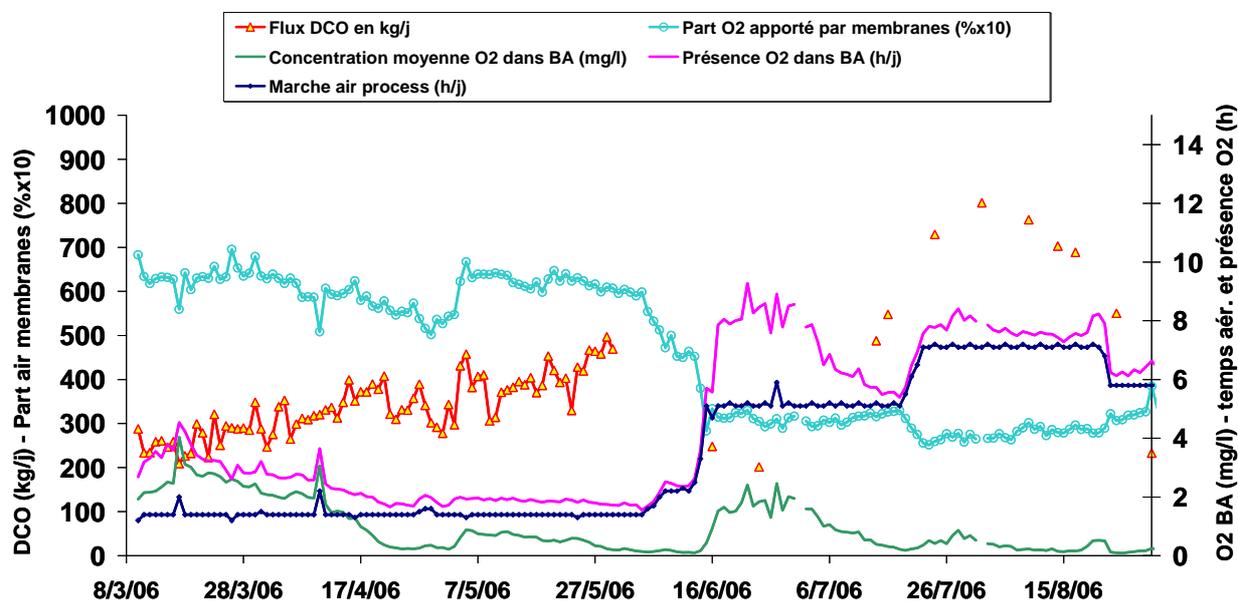


Figure 34 : Evolution de la présence d'oxygène dans le bassin d'aération et charge à traiter

4.2.6. Filtration membranaire

4.2.6.1. *Historique des réglages*

Chacune des trois cellules de filtration comporte 6 modules de 320 m², soit 1920 m² de membranes planes de marque Kubota répartis en deux étages de membranes, installés l'un en dessus de l'autre. Ces deux étages fonctionnent simultanément au même débit et disposent chacun d'une pompe d'exhaure à débit variable.

Les trois cellules sont indépendantes et fonctionnent en alternance. Plusieurs cellules peuvent fonctionner en même temps.

Les cycles de filtration démarrent sur niveau haut du bassin d'aération. Ils alternent des phases de filtration à débit variable de 40 minutes et des phases de relaxation de 2 minutes.

Le décolmatage est assuré par une aération grosses bulles qui fonctionne pendant toute les phases de filtration et de relaxation. En complément, l'aération grosses bulles est déclenchée durant 5 minutes toutes les 25 minutes hors des période de filtration.

Un rétrolavage est réalisé tous les six mois à un an à l'hypochlorite de sodium et éventuellement à l'acide pour assurer le décolmatage complet des membranes. La cellule en nettoyage est isolée, la station continue alors à fonctionner sur les deux autres files de filtration.

4.2.6.2. Paramètres de filtration

Pendant l'année 2006, le débit d'exhaure a varié de 40 m³/h (~ 20 L/h.m²) à 50 m³/h (~ 25 L/h.m²). Les trois compartiments membranaires ont commencé à se colmater pendant la période estivale et ont nécessité une intervention de nettoyage en fin de saison. Les membranes n'avaient pas été nettoyées depuis la mise en service de la station début 2005, soit depuis un an et demi. Notons que la cellule de filtration 1 a été mise en eau plusieurs mois après les deux autres.

Le débit de filtration a été maintenu jusqu'en août 2006 à 25 L/h.m². La pression transmembranaire (PTM) moyenne journalière augmente régulièrement, jusqu'au colmatage en fin de mois d'août. Lorsque les membranes sont colmatées, une réduction du débit de filtration ne suffit plus pour faire redescendre la pression transmembranaire (Figure 35 et Figure 36). Seul les rétrolavages à l'hypochlorite permettent aux membranes de retrouver un fonctionnement stabilisé.

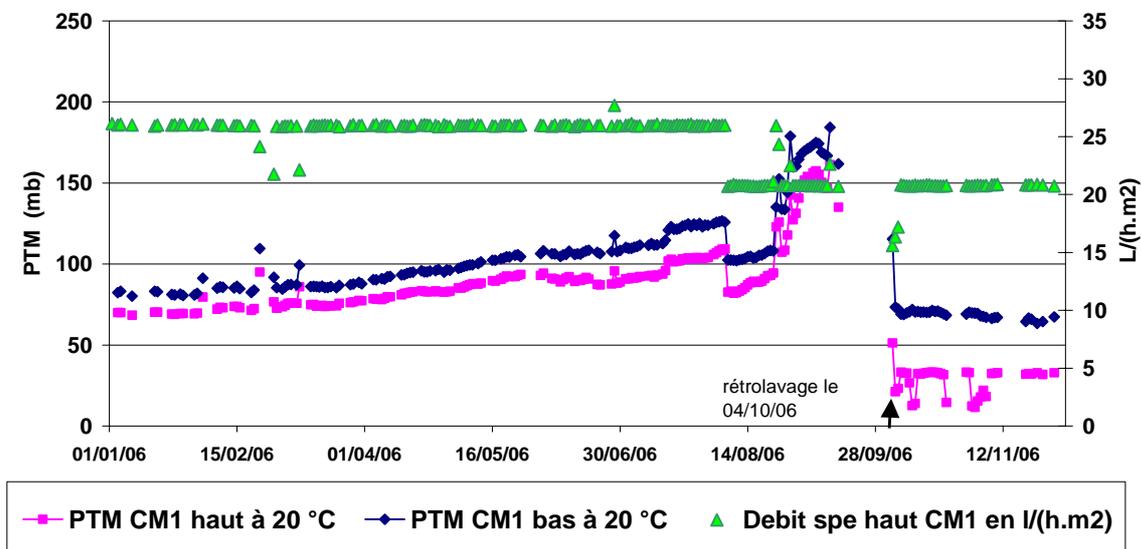


Figure 35 : Evolution des pressions transmembranaires dans la cellule 1, niveau haut et bas

Les cellules 2 et 3 ont un comportement assez semblable vis à vis du colmatage, les pressions transmembranaires subissent les mêmes évolutions (Figure 36 et Figure 37). La cellule n°1 bien que mise en fonctionnement plus tard présente des PTM sensiblement plus faibles mais subit également un début de colmatage en fin d'été probablement lié aux modifications des caractéristiques de la boue et de l'eau interstitielle (Figure 35).

Le rétrolavage à l'hypochlorite de sodium sur le compartiment membranaire n°2 intervient le 12 septembre 2006 (Figure 36).

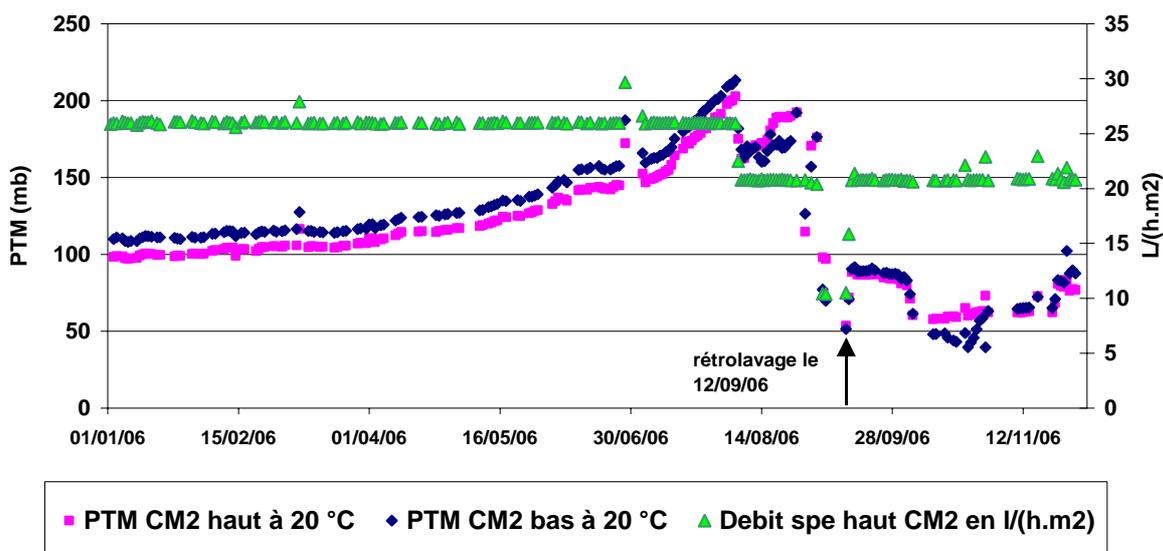


Figure 36 : Evolution des pressions transmembranaires dans la cellule 2, niveau haut et bas

Le compartiment membranaire n°3 a subi un rétrolavage à l'acide et à l'hypochlorite de sodium fin août 2006.

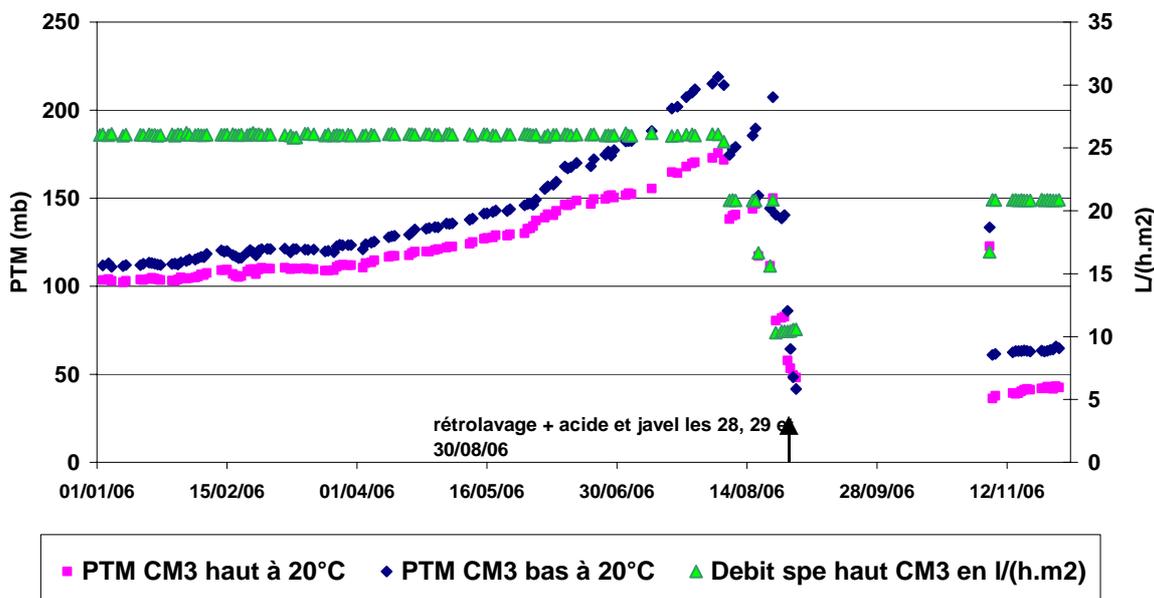


Figure 37 : Evolution des pressions transmembranaires dans la cellule 3, niveau haut et bas

4.2.6.3. Viscosité

La viscosité est mesurée à l'aide d'un viscosimètre Thermo Haake ViscoTester 7L à rotor muni de papier de verre (afin d'éviter la formation d'une couche limite exempte de particules).

Tableau 25 : Résultats de viscosité sur les boues de la station de Guilvinec.

Date Prélèvement	Viscosité à 10RPM Pa.s
12/06/2006	162
19/06/2006	120
24/07/2006	78
21/08/2006	124

4.2.6.4. Filtrabilité

Un test de filtrabilité identique à celui de la station de Guéthary a été effectué sur les boues de la station de Le Guilvinec. En effet, la même membrane (PVDF, 0.1 μ m) a été utilisée afin d'obtenir des résultats qui soient comparables. Les valeurs du ratio $\alpha.C/MES$ (proportionnel à la résistance spécifique à la filtration) qui ont pu être calculées au cours de la campagne sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 26 : Résultats de filtrabilité des boues de la station de Guilvinec.

Date prélèvement	alpha.C $\times 10^{12}$ g.m⁻¹
07/03/2006	5,4
09/03/2006	4,1
12/06/2006	16,2
19/06/2006	11,1
26/06/2006	7,8
24/07/2006	6,6
21/08/2006	10,4

On observe de fortes variations de la filtrabilité qui ne s'expliquent pas par la variation de la charge massique, mais plutôt par la variation de l'âge de boues, qui joue un rôle très important dans la filtrabilité (à faible âge de boues, la boue est beaucoup plus colmatante). On observe une très forte corrélation entre filtrabilité et viscosité pour les quatre prélèvements communs ($R^2 = 0,97$), plus la boue est visqueuse et plus elle est difficile à filtrer.

4.2.6.5. Exopolymères Solubles (EPS)

Les concentrations en EPS (Tableau 27) sont comparables avec celles observées sur le site de Guéthary.

Hormis le prélèvement du 12/06/2006, l'eau de sortie est exempte d'EPS que ce soit de sucres ou de protéines, les taux de rétention de la membrane Kubota sont donc très bons (de 40 à 100% pour les sucres avec une moyenne de 85% et de 91 à 100% pour les protéines avec une moyenne de 96%).

Il semblerait que le niveau de protéines dans l'eau d'entrée et dans le bassin soit assez proche, ceci peut s'expliquer par les forts taux de rétention observés. Malheureusement une seule donnée est disponible pour les polysaccharides et on ne peut véritablement conclure, on peut juste remarquer que l'eau d'entrée en apporte beaucoup (sous forme de polluants organiques).

D'autres campagnes d'analyses sont nécessaire pour confirmer les résultats.

Tableau 27 : EPS sur les effluents d'entrée, les boues et les eaux de sortie de la station de Guilvinec.

Date	Polysaccharides (mgGlucose-eq/L)			Protéines (mgBSA-eq/L)		
	Entrée	Boue	Sortie	Entrée	Boue	Sortie
07/03/2006		16			46	
09/03/2006		28			52	
15/05/2006	28	4,5	0	74,7	60,3	0
12/06/2006		7,2	0		57,9	12,3
19/06/2006		22,8	0	25,9	19,1	0,3

4.2.7. Dépenses énergétiques de la station de Guilvinec

Les ratios spécifiques sur cette station (Tableau 28) sont nettement supérieurs à ceux obtenus sur des stations à boues activées classiques mais s'expliquent par le faible taux de raccordement. Ces ratios varient avec la charge à traiter (minimum lors de la période estivale plus chargée, Figure 38) et devraient donc diminuer avec l'augmentation de la charge polluante.

Tableau 28 : Ratios énergétiques spécifiques de la station de Guilvinec, printemps 2006

	KWh/m ³ eau traitée	KWh/kg DCO _{éliminée} ²²
Printemps 2006 (10/3 – 30/5/6)	3,2	4,5

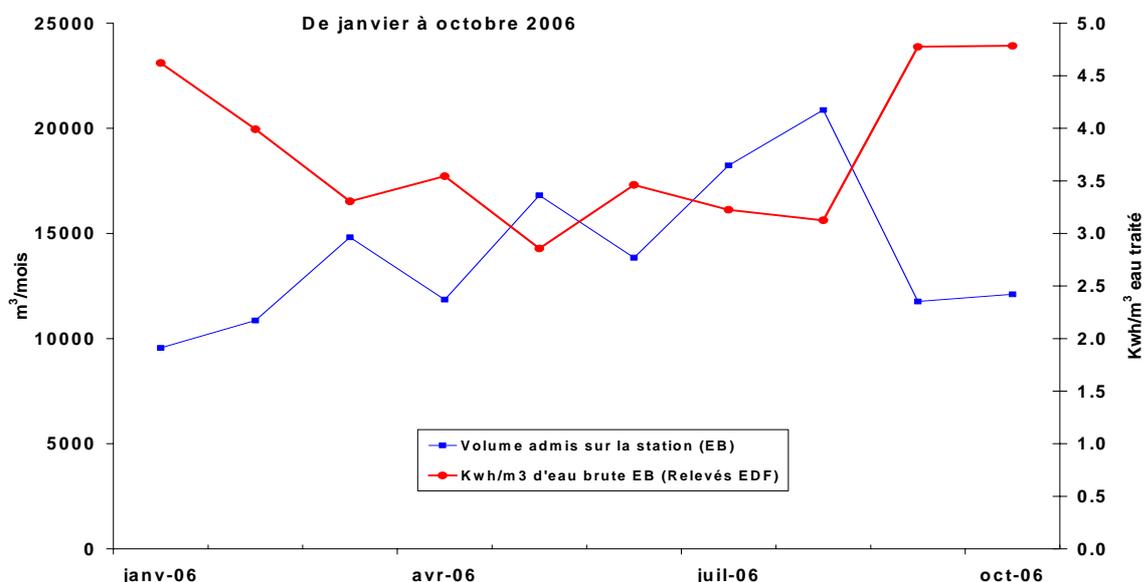


Figure 38 : Evolution de ratio Kwh/m³ d'eau brute de janvier à octobre 2006, sur la station de Guilvinec.

²² Calculs réalisés avec la DCO éliminée sur l'étage biologique (bassin d'aération + compartiments membranaires)

En examinant la répartition des consommations énergétiques, nous observons (Figure 39) que:

- Le poste désodorisation et le traitement des graisses représentent chacun près de 15 % des consommations. La part relative de ces postes serait largement diminuée avec une charge reçue plus importante.
- Le quart des consommations revient au bassin d'aération (air process + agitation)
- Le poste principal est l'aération membranes (cellules membranaires CM) avec 20,3% des consommations. Les pompes de filtration représentant 4 %, la filtration membranaire représente près de 25% des consommations. On notera toutefois que l'aération des membranes est aussi largement utilisée pour l'apport d'oxygène.

L'aération des membranes et des boues activées représente 33 % de la consommation totale, ce qui est faible, mais tendra fortement à augmenter en se rapprochant de la valeur nominale de charge organique.

De janvier à octobre 2006

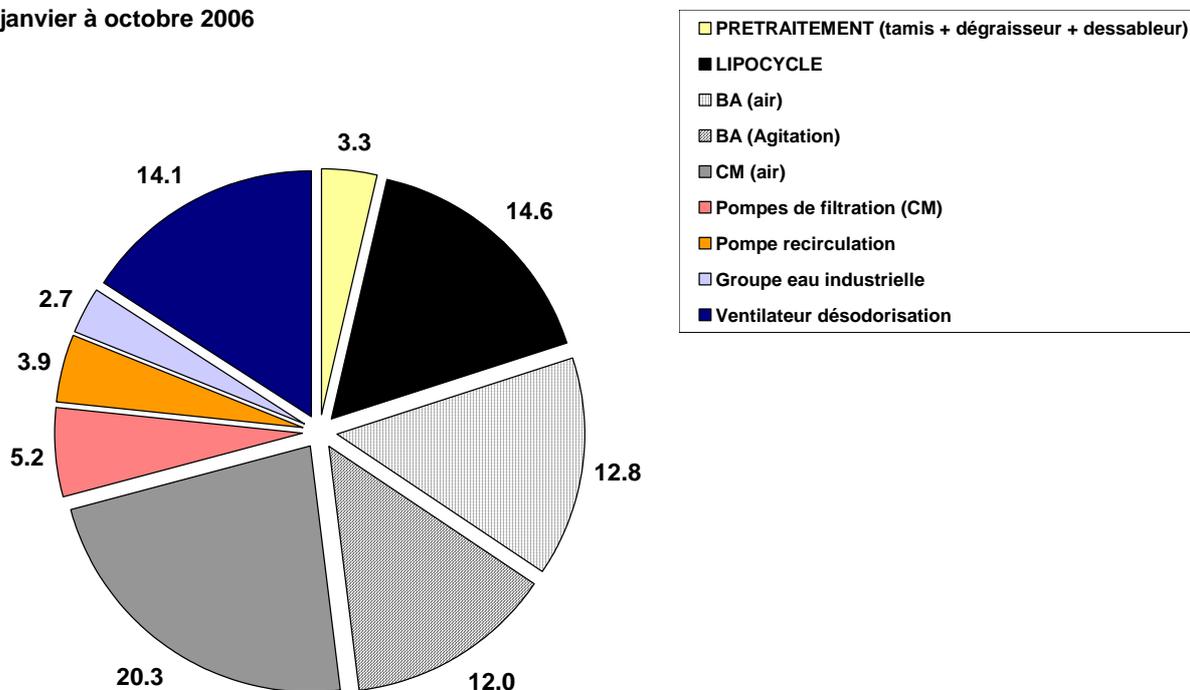


Figure 39 : Répartition en pourcentage de la consommation d'énergie, de janvier à octobre 2006, station de Guilvinec

La répartition des consommations nécessaires à l'aération évolue en fonction du temps (Figure 40), et confirme une augmentation de ce poste lors de l'accroissement de la charge polluante. Au cours du suivi fin du printemps 2006 réalisé par le Cemagref, l'aération du bassin d'aération et l'aération des compartiments membranaires représentaient respectivement 5,8 % 21,8 % des consommations énergétiques.

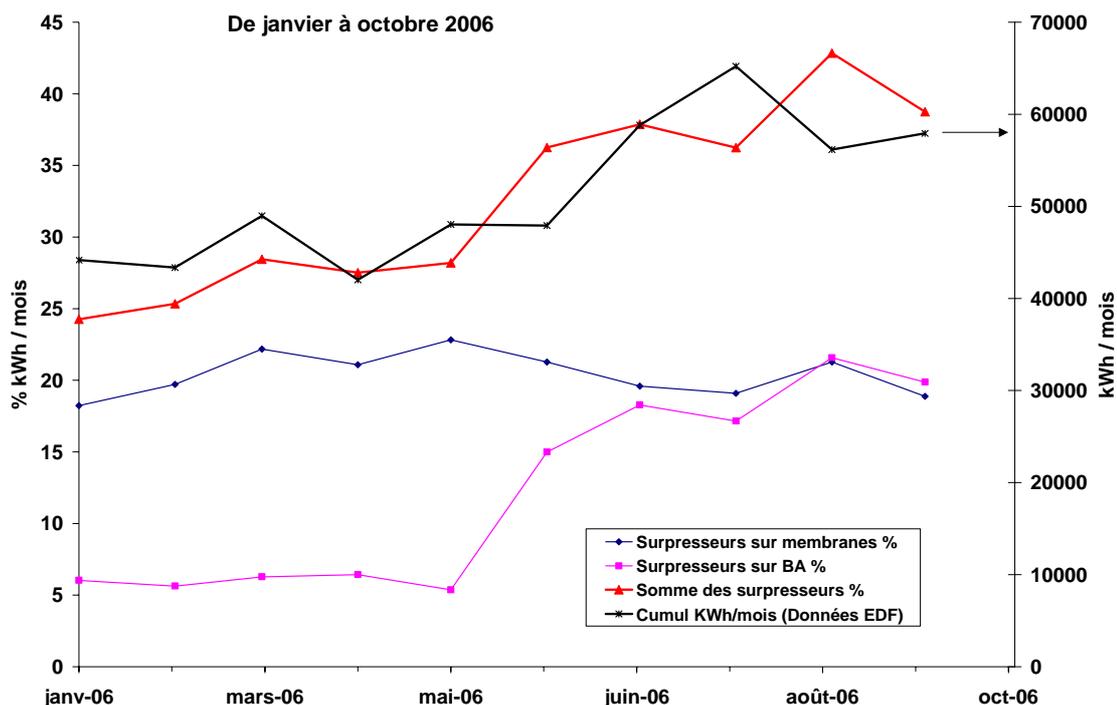


Figure 40 : Evolution de la répartition de l'énergie consommée en pourcentage, nécessaire à l'aération des membranes et des boues activées au cours des mois de janvier à octobre 2006 sur la station de Guilvinec

4.3. BILAN DU SUIVI DU BRM DE LE GUILVINEC

Le bioréacteur à membranes de Le Guilvinec, en fonctionnement depuis janvier 2005, est encore nettement sous-chargé ce qui limite la portée de certaines appréciations sur le procédé. Néanmoins, le suivi réalisé nous a permis d'acquérir une connaissance approfondie du système et apporte des éléments importants sur le fonctionnement.

Les points importants peuvent se résumer ainsi :

- L'automatisation poussée nécessaire au pilotage d'une telle installation s'est révélée fiable a permis de maintenir une très bonne qualité d'effluent. La difficulté liée à la sous-charge organique était d'optimiser la dénitrification sans faire passer le bassin d'aération en anaérobie. Un mode de fonctionnement satisfaisant a été trouvé par l'exploitant.
- Le bassin d'aération a fonctionné avec une concentration en boue de 8g/L et compte tenu des taux de recyclages pratiqués (en moyenne 350%) et de la filtration la concentration dans les cellules peut atteindre jusqu'à 15-17 g/L.
- L'installation a fonctionné avec des charges massiques très faibles (0,01 à 0,03 kg DBO₅/(kg MVS.j) et des ages de boues très élevés (150 jours en moyenne de mars à mai 2006). La filtrabilité des boues a varié au cours du suivi mais les conséquences sur les conditions de filtration membranaire ne peuvent être mises en évidence. L'augmentation des pressions transmembranaires en été 2006 résulte probablement à la fois d'une longue période sans rétrolavage et d'une modification de la qualité des boues suite au fort accroissement de charge organique en juillet et en août.
- La filtration membranaire a répondu aux prévisions d'exploitation avec des nécessités de décolmatage très espacés dans le temps (un an et demi pour les cellules 2 et 3). Il

faut certes pondérer cette constatation par des charges hydrauliques et organiques encore faibles. Le comportement des différents racks de membranes s'est montré très homogène et on retrouve de bas niveaux de pression transmembranaire après la phase de rétrolavage.

- L'aération est un autre point clef du procédé. L'oxygène apporté par l'air membrane peut représenter à très faible charge 60% de l'apport total. Avec 20% de la charge organique et 7h d'aération air process, l'oxygène apporté dans les cellules membranaires ne représente plus que 30% du total. Les apports d'oxygène par les cellules membranaires en boues ne sont pas facilement déterminables. Pour les charges organiques explorées, on a tenté d'évaluer les apports en s'appuyant à la fois sur les résultats de l'essai en au claire et sur les bilans oxygène de l'ensemble du système. Il n'est pas encore acquis que les apports en oxygène de l'air membrane seront conformes aux demandes à la charge nominale.
- La production de boue a pu être mesurée sur une période de deux mois et demi pour une charge massique moyenne de 0,012 kg DBO₅/(kg MVS.j) : elle atteint 0,35 Kg MES / Kg DCO_b éliminée. Cette valeur est conforme aux autres résultats de BRM en eaux usées urbaines avec une légère majoration due à l'ajout de chlorure ferrique pour traiter le phosphore.
- Le coût énergétique spécifique est relativement élevé: 4,5 kWh/kg DCO_{éliminée} mais dans des conditions non optimisées liées à la sous-charge et donc avec un effet d'échelle défavorable (poids anormalement élevé de certains poste du traitement de l'air et du lypocycle qui traite des graisses d'autres sites). En s'affranchissant de ces postes l'énergie consommée serait de 3,2 kWh/kg DCO_{éliminée} pour une installation fonctionnant entre 10 et 20% de sa charge organique nominale.

L'exploitation des résultats avec des charges plus élevées sera indispensable pour affiner le diagnostic sur l'évolution des paramètres de filtration et la validation des bases de dimensionnement en aération.

5. CONCLUSION

Les deux filières de bioréacteurs à membranes étudiées se différencient dans la conception:

- Pour l'une, le système Biosep, ce sont des membranes à fibres creuses immergées directement dans le bassin d'aération. Elles doivent subir des rétrolavages très fréquents (toutes les 10 mn en phase de filtration) ce qui nécessite l'utilisation d'environ 20% de l'eau filtrée. Un lavage par an des membranes (hypochlorite) est conseillé par le constructeur. Deux systèmes d'aération sont présents dans le même ouvrage : l'air membranes et l'air process. Le dimensionnement de l'oxygénation se fait uniquement sur l'air process.
- Pour l'autre, le système Aqua-RM, ce sont des membranes planes installées dans des cellules séparées. L'apport d'oxygène de l'air membranes nécessaire au décolmatage est pris en compte dans le dimensionnement de l'aération globale (à charge nominale, l'air membrane compte dans le dimensionnement pour plus de 50% de l'oxygène apporté). Les membranes doivent subir des phases de relaxation fréquentes mais le rétrolavage intervient très épisodiquement lorsqu'un début de colmatage intervient. Le constructeur conseille 2 à 3 lavages par an des membranes (hypochlorite + éventuellement acide).

Le premier système a pu être suivi sur une longue période et avec des charges organiques élevées en haute saison (période estivale), le second est encore largement sous-chargé ce qui peut limiter la portée de certaines appréciations.

Un certain nombre de points communs aux deux systèmes peuvent être dégagés:

- La qualité des rejets est excellente et il est possible de traiter l'azote quelles que soient les conditions de charge.
- Les deux systèmes présentent une bonne fiabilité mais exigent des exploitants bien formés. En cas de défaut il faut pouvoir intervenir rapidement, les sécurités bloquant l'alimentation.
- La production de boue est voisine sur les deux installations (environ 0,3 kg MES/kg DCOéliminée) soit une valeur en relation avec les âges de boues élevés.
- Sur chacun des deux systèmes la concentration de boue préconisée pour l'exploitation du bassin d'aération se situe entre 8 et 10g/L soit une réduction significative par rapport aux données des projets.
- Dans le cadre des suivis réalisés sur deux années aucun problème de colmatage des membranes n'a été relevé et on note aux débits d'exploitation une très bonne stabilité des pressions transmembranaires. Dans les deux cas la qualité et la fiabilité du tamisage sont essentiels.
- L'énergie spécifique consommée est d'environ 2,5 KWh/kg DCOéliminée (cas du Biosep à 70% de la charge nominale) mais peut atteindre 3,2 KWh/kg DCOéliminée lorsque l'installation est sous-chargée et donc non optimisée (cas de l'Aqua-RM). Ces valeurs sont élevées mais une comparaison avec une installation conventionnelle devrait intégrer le coût énergétique des traitements tertiaire permettant d'atteindre un niveau de qualité équivalent avec d'éventuels traitement de l'air (station couverte).

Parmi les points importants de conception à examiner avec attention réside l'aération. En effet le transfert d'oxygène en boues sur la station de Guéthary s'est révélé assez nettement inférieur

aux bases de calcul du projet empêchant en 2005 une nitrification complète en été. L'ajout de diffuseurs et l'abaissement de la concentration des boues a solutionné le problème mais des mesures sur d'autres sites utilisant la même technologie seront nécessaires pour valider les dimensionnements de la filière.

Dans le cas du système Aqua-RM la confirmation des apports d'oxygène à la capacité nominale reste aussi à faire. La simple extrapolation à partir des bilans oxygène réalisés sur l'année 2006 à la station de Le Guilvinec ne permet pas de valider le dimensionnement du poste oxygénation avec la charge nominale. Les temps d'aération dans le bassin d'aération ne peuvent être trop augmentés car il faudra réserver des périodes d'anoxie pour dénitrifier. Des gains d'énergie sont probablement possibles sur l'aération membranes, notamment sur les membranes à fibres creuses.

Sur les membranes planes il faudra également confirmer la stabilité des pressions transmembranaires avec des charges plus élevées et lors des variations importante de flux à traiter (industrie ou population saisonnière).

ANNEXE 1

Tableau 29 : Paramètres mesurés sur les échantillons moyens 24 heures

	Echantillons moyen 24 heures		
	Entrée Biosep (Entrée ZA)	Sortie Biosep	Sortie Station
	Cemagref	Cemagref	Cemagref
	Eté 2005 et 2006	Eté 2005 et 2006	Eté 2005 et 2006
pH	X	X	
conductivité	X	X	
MES	X	X	
MVS/MES	X	X	
DCOb	X	X	
DCO μ F	X		
DBO5	X		
NKj	X	X	
NKj μ F	X		
NH4	X	X	X
NO2	X	X	X
NO3	X	X	X
PT	X	X	
PO4	X	X	
TAC	X		

Cellules grisées : analyses réalisées uniquement en 2006

Tableau 30 : Paramètres mesurés sur les échantillons moyens 24 heures (exploitant)

	Echantillons moyen 24 heures	
	Sortie Biosep	Sortie Station
	Cemagref	Cemagref
	Eté 2005 et 2006	Eté 2005 et 2006
NH4	X	X
NO2	X	X
NO3	X	X

Tableau 31 : Paramètres mesurés sur les échantillons ponctuels

	Vitesse nitrification	Boues Biosep	Boues zone d'anoxie
pH		X	X
conductivité		X	X
MES		X	X
MVS/MES		X	X
DCOb		X	X
DCO _μ F			
DBO5			
NKj			
NKj _μ F			
NH4	X		
NO2	X		
NO3	X		
PT		X	X
PO4			
TAC			
MS		X	X
Observation microscopique des boues		X	

Cellules grisées : analyses réalisées uniquement en 2006

ANNEXE 2

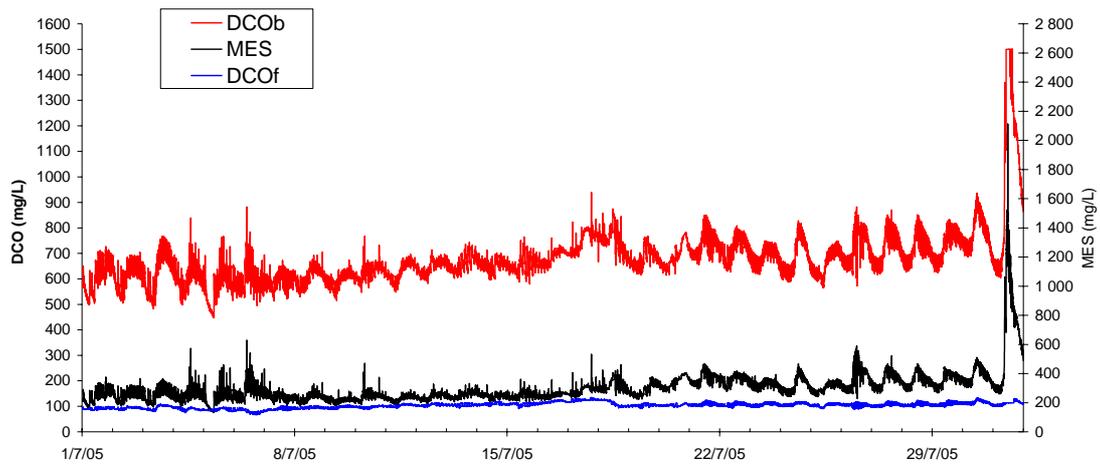


Figure 41 : Evolution des concentrations de l'effluent en entrée du bassin zone d'anoxie de la station de Guéthary (une mesure ponctuelle toutes les 2 minutes) , en juillet 2005

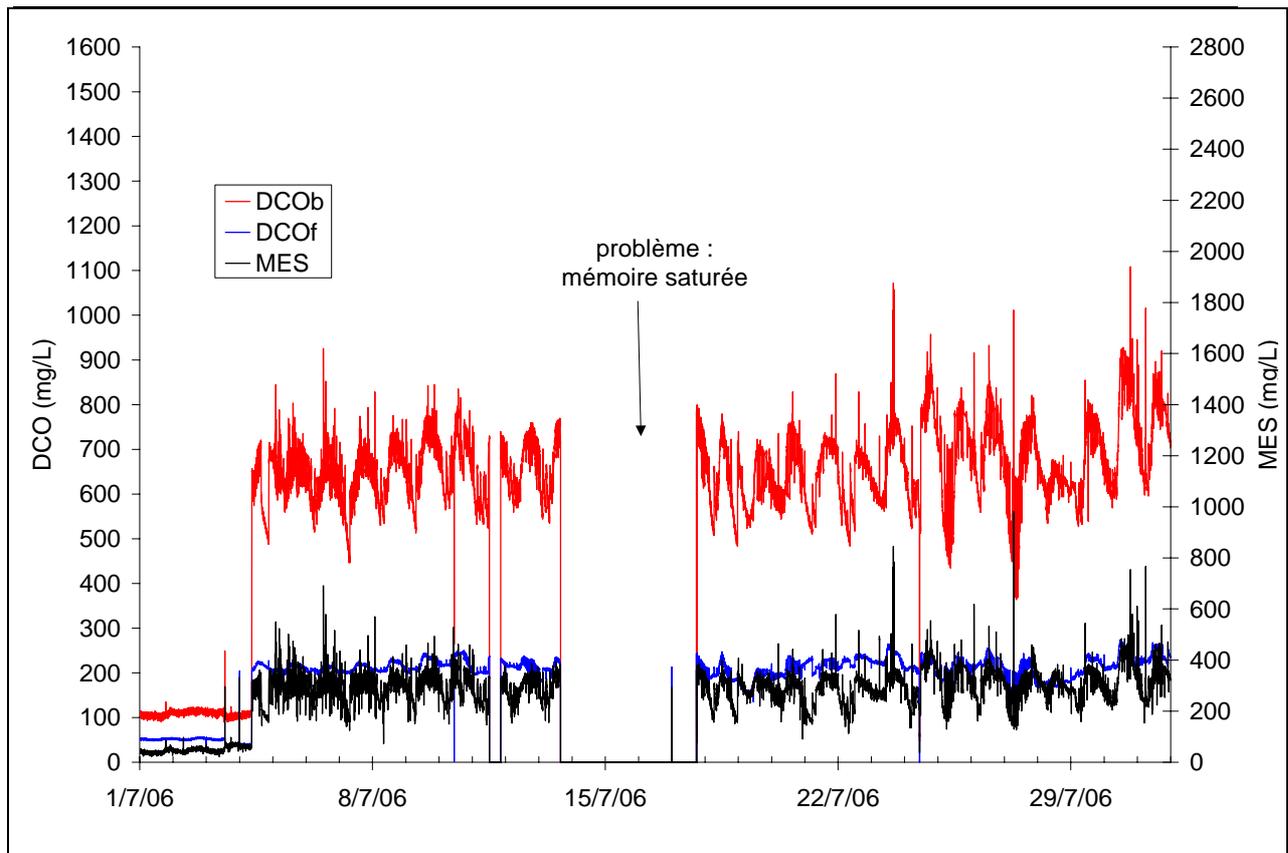


Figure 42 : Evolution des concentrations de l'effluent en entrée du bassin zone d'anoxie de la station de Guéthary (une mesure ponctuelle toutes les 2 minutes) , en juillet 2006

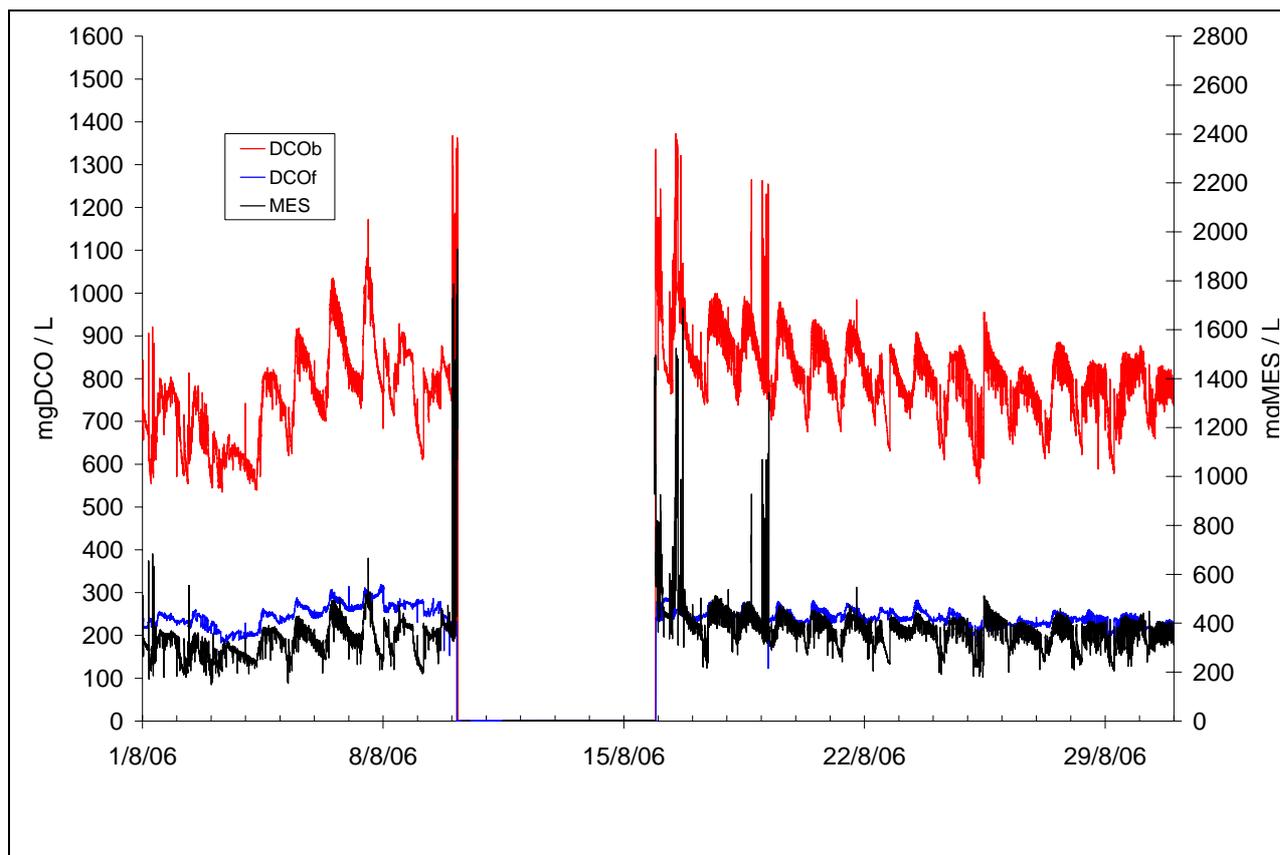


Figure 43 : Evolution des concentrations de l'effluent en entrée du bassin zone d'anoxie de la station de Guéthary (une mesure ponctuelle toutes les 2 minutes) , en août 2006

ANNEXE 3

Tableau 32: EPS relevés en entrée station, sur les boues et en sortie station à Guethary

Date	Glucides mgGlucose/L			Ratios			Protéines mgBSA/L			Ratios		
	Entrée	Biosep	Sortie	Sortie/entrée	Sortie/biosep	Biosep/entrée	Entrée	Biosep	Sortie	Sortie/entrée	Sortie/biosep	Biosep/entrée
05/06/06								17.12	0.32		1.9%	
12/06/06	11.82	4.97	0.00	0.0%	0.0%	42.0%						
19/06/06	2.55	7.89	0.00	0.0%	0.0%	309.3%	48.72	13.52	0.00	0.0%	0.0%	27.8%
26/06/06												
04/07/06								8.56			0.0%	
11/07/06	36.90	8.06	0.00	0.0%	0.0%	21.8%	42.96	7.56	2.16	5.0%	28.6%	17.6%
17/07/06	10.25	13.85				135.1%	67.96	14.16	2.56	3.8%	18.1%	20.8%
24/07/06	3.82	4.04	0.00	0.0%	0.0%	105.8%	48.16	14.96	0.00	0.0%	0.0%	31.1%
31/07/06	6.04	9.65	3.64	60.3%	37.7%	159.7%	65.96	18.76	2.36	3.6%	12.6%	28.4%
08/08/06	5.63	4.04	1.23	21.9%	30.5%	71.7%	58.16	12.76	1.16	2.0%	9.1%	21.9%
17/08/06	7.89	4.49	1.66	21.0%	36.9%	57.0%	53.76	15.36	4.96	9.2%	32.3%	28.6%
22/08/06	7.89	8.88	1.17	14.8%	13.2%	112.6%	65.96	31.36	1.16	1.8%	3.7%	47.5%
05/09/06	3.75	7.39	0.00	0.0%	0.0%	197.3%	55.96	36.76	2.16	3.9%	5.9%	65.7%
Moyenne	10.27	7.55	1.10	16.9%	16.9%	107.6%	57.36	18.96	2.07	3.7%	13.8%	32.7%

NB : Les concentrations en EPS sur la Figure 23 sont en mg/g_{MES} afin de pouvoir comparer les différentes valeurs obtenues en boues alors que dans le tableau 1, elles sont exprimées en mg/L dans le but de confronter les valeurs en entrée, dans les boues et en sortie de la station.

ANNEXE 4

L'aération du biosep est répartie de la façon suivante (Figure 44et) : 33 à 30 % consommé par le surpresseur process en juillet 2005 et juillet 2006, contre 44 et 38% en août 2005 et août 2006 (process + secours). L'aération des membranes représente entre 29 % de la consommation totale en juillet 2005 et 2006, contre 22 % en août 2005 et 2006.

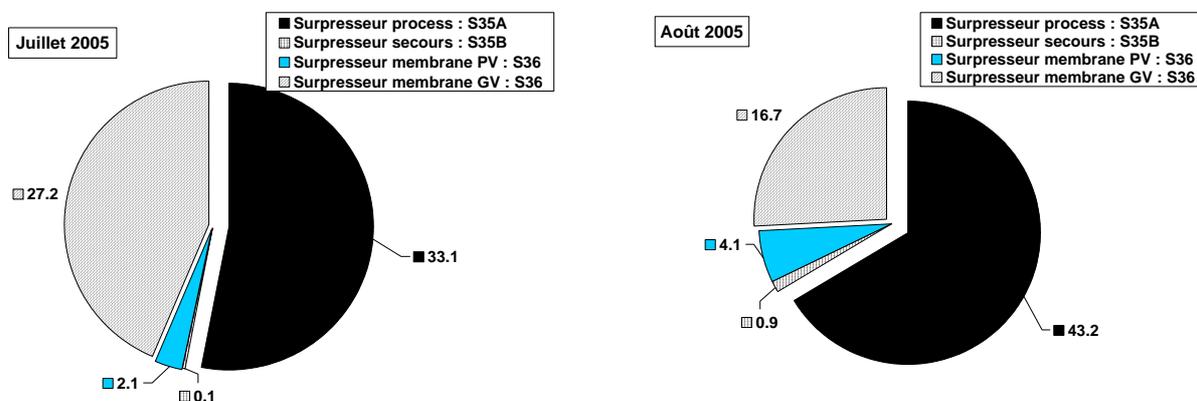


Figure 44: Répartition en pourcentage de la consommation d'énergie du système d'aération au cours de l'été 2005

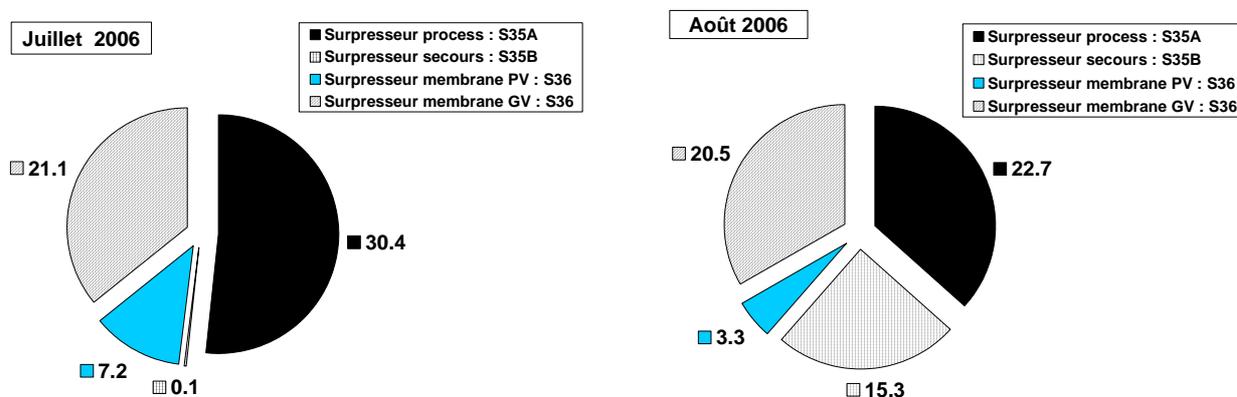


Figure 45 : Répartition en pourcentage de la consommation d'énergie du système d'aération au cours de l'été 2006

Durant l'été 2006, le système d'aération a été modifié comme indiqué précédemment. Du 12/7 au 8/8/6, 1 seul surpresseur (secours ou process) était utilisé alors que du 08/08/06 au 31/08/06 2 surpresseurs (process + secours) ont fonctionnés simultanément. Il y a peu de différence dans la répartition de la consommation d'énergie (Figure 46) suite à ce changement de configuration de l'aération (31 % avec 1 surpresseur et 40 % avec deux surpresseurs).

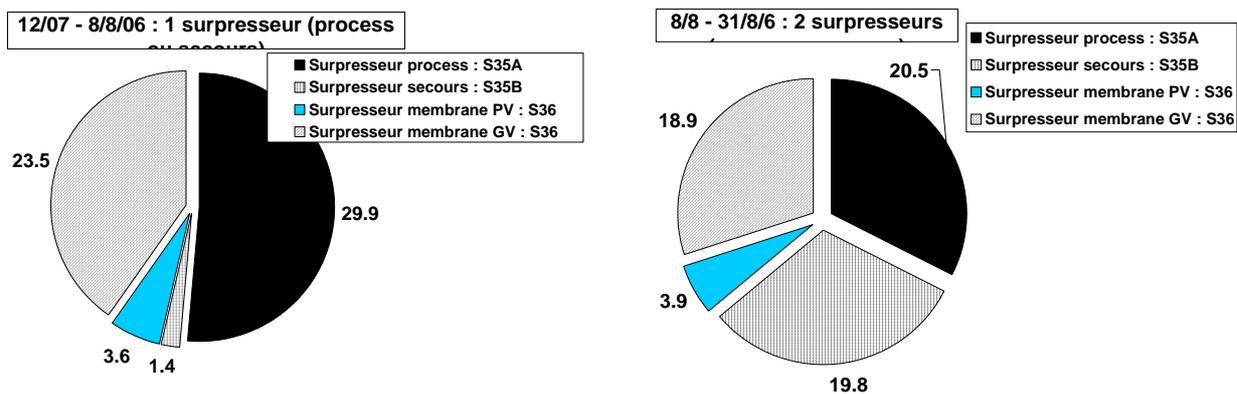


Figure 46: Répartition en pourcentage de la consommation d'énergie du système d'aération au cours de l'été 2006 en distinguant la période avec 1 surpresseur process et 2 surpresseurs process (configuration nouveau système aération)

ANNEXE 5

Tableau 33: Paramètres mesurés sur les échantillons moyens 24 heures du 08/03/06 au 10/03/06

	Echantillons moyen 24 heures (9/3/06 au 10/3/06)	
	Entrée boues activées	Sortie Station
	Cemagref	Cemagref
pH	X	X
conductivité	X	X
MES	X	
MVS/MES	X	
DCOb	X	X
DCO _μ F	X	
DBO5	X	
NKj	X	X
NKj _μ F	X	
NH4	X	X
NO2	X	X
NO3	X	X
PT	X	X
PO4	X	X
TAC	X	X

Des mesures complémentaires ont été réalisées afin de caractériser la boue grâce au test de filtrabilité, et à la mesure de la vitesse de nitrification maximale.

Tableau 34 : Paramètres mesurés sur les échantillons ponctuels

	Vitesse nitrification	Boues activées	Boues Compartiment membranaire n°1	Boues recirculées	Lipocycle	Lixiviats
pH					X	X
conductivité					X	X
MES		X	X	X	X	X
MVS/MES		X	X		X	X
DCOb					X	X
DCO _μ F					X	X
DBO5					X	X
NKj					X	X
NKj _μ F					X	X
NH4	X				X	X
NO2	X				X	
NO3	X				X	
PT		X			X	X
PO4					X	X
TAC					X	X
MS		X	X		X	
Observation microscopique des boues		X				

ANNEXE 6

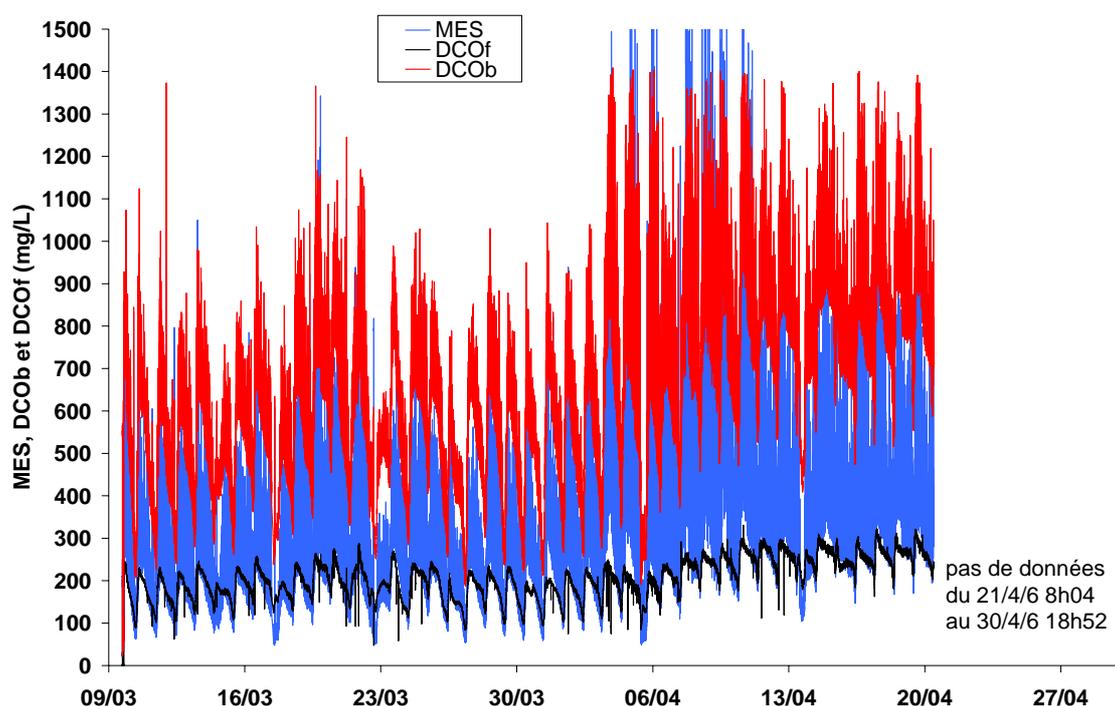


Figure 47 : Evolution des concentrations de l'effluent en entrée du bassin d'aération de la station de Guilvinec (une mesure ponctuelle toutes les 2 minutes), de mars à avril 2006

Tableau 35 : Caractéristiques des échantillons ponctuels du Lipocycle, et des lixiviats

	Date-heure	Lixiviats	Lipocycle			
		9/3/06 12:30	7/3/06 10:00	8/3/06 10:00	9/3/06 10:00	10/3/06 10:00
pH		8.38		6.37		
conductivité	microS/cm	4600		2182		
MESf	mg/L	97	15510	15575	16089	15733
DCOb	mg/L	1336		17684		
DCO _μ F	mg/L	1212		96		
DBO5	mg/L	80		/		
NKj	mgN/L	310,8		828,8		
NK _μ F	mgN/L	299,6		7,8		
NH ₄ _μ F	mgN/L	232,6		0,6		
NO ₂ _μ F	mgN/L	/		0,000		
NO ₃ _μ F	mgN/L	/		0,287		
PT	mgP/L	546,7		349,5		
P-PO ₄ _μ F	mgP/L	2,7		211,1		
TAC	mmolH ⁺ /L	31,5		12,0		
MS	mg/L	/	16542,0	16762,0	16875,0	16752,0
MVS/MES	%	70,5	75,9	76,1	76,7	76,6

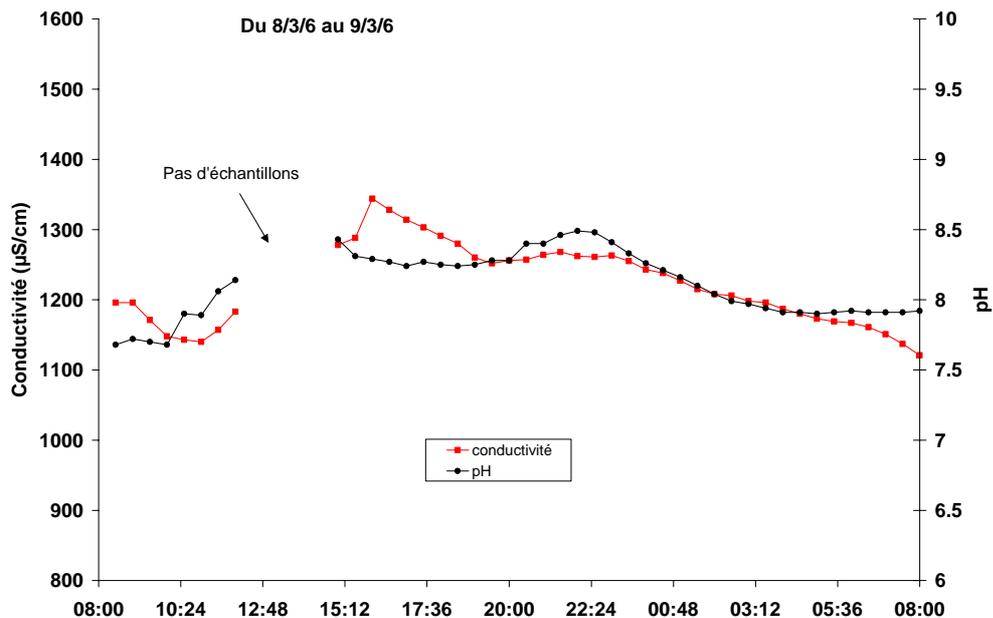


Figure 48 : Evolution du pH et de la conductivité du 08/03/06 8h00 au 09/03/06 8h00, en entrée du bassin «boues activées»

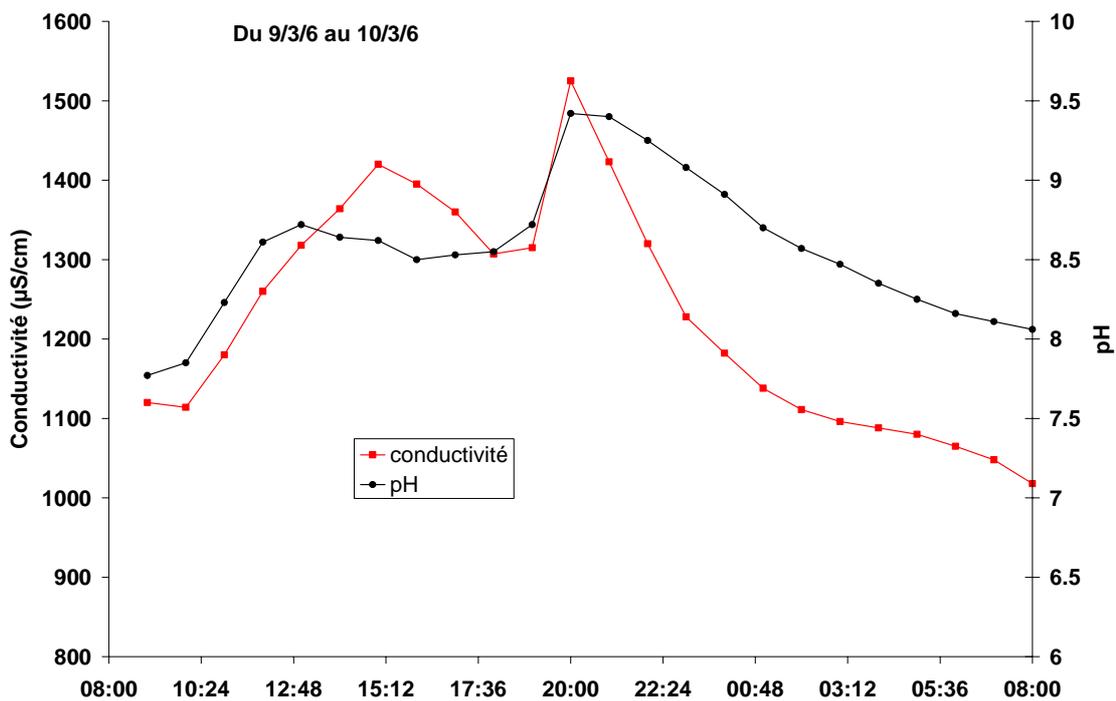


Figure 49 : Evolution du pH et de la conductivité du 09/03/06 8h00 au 10/03/06 8h00, en entrée du bassin «boues activées»

GLOSSAIRE

Conductivité : à 20°C en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène.

DCO μf : Demande chimique en oxygène après microfiltration à 0,1 μm . Correspond à la DCO dite « soluble ».

DCO b : Demande chimique en oxygène sur échantillon brut, c'est à dire sans filtration ni décantation.

EPS : Exopolymères Solubles

I_b : indice de boues exprimé en ml/g. Ratio du volume de décantat (boues) en ml après trente minutes de décantation en éprouvette de 1 litre en verre sur la concentration en MES. Si nécessaire on effectue une dilution avec de l'eau traitée pour que le volume de boues à 30 minutes soit inférieur à 250 ml.

MES : Matières en suspension.

MVS : Matières volatiles en suspension.

N_{org} : azote sous forme azote organique exprimé en N.

N-NH₄⁺ : azote sous forme azote ammoniacal exprimé en N.

N-Nkj : azote Kjeldhal exprimé en N.

N-NO₂ : azote sous forme azote nitreux exprimé en N.

N-NO₃ : azote sous forme azote nitrique exprimé en N.

PTM : pression transmembranaire

P-Ptot : phosphore total exprimé en P.

TAC : Titre alcalimétrique complet (meq/l).