

# Analyse et consolidation de données de fonctionnement des stations d'épuration : une étude de cas

■ A. FILALI<sup>1</sup>, H. HAUDUC<sup>1</sup>, L. RIEGER<sup>2</sup>, L. PHILIPPE<sup>3</sup>, F. NAULEAU<sup>3</sup>, S. GILLOT<sup>4</sup>

**Mots-clés :** analyse de données, consolidation, autosurveillance, station d'épuration, modèle, bilan  
**Keywords:** data analysis, reconciliation, routine data, wastewater treatment plant, model, mass balance

## Introduction

Les stations de traitement des eaux résiduaires en France fonctionnent majoritairement selon le principe des boues activées [GOLLA *et al.*, 2010]. Dans ce procédé conventionnel, une biomasse bactérienne en suspension (la boue activée) est responsable de l'élimination des polluants. Selon les contraintes de rejets imposées et la conception même de la station, il est possible de traiter biologiquement l'azote (N), le phosphore (P) et les substances carbonées (C) contenus dans les eaux résiduaires.

L'avènement de niveaux de rejet de plus en plus stricts en sortie des stations d'épuration implique une fiabilisation et un meilleur contrôle de celles-ci. Dans ce contexte, les modèles mathématiques du fonctionnement des stations sont apparus comme un outil de choix pour l'aide à la conception et à la gestion des stations ainsi qu'à la formation du personnel [HAUDUC *et al.*, 2009]. Les modèles biocinétiques décrivant l'évolution des substrats d'intérêt sous l'action des réactions biochimiques

des boues activées sont appelés modèles ASM (pour *activated sludge models*).

L'analyse du fonctionnement de ces installations et *a fortiori* l'utilisation de la modélisation s'appuie sur un ensemble de données telles que les données d'autosurveillance et de supervision de la station d'épuration. En pratique, ces données visent à évaluer les performances de la station vis-à-vis des niveaux de rejet fixés et se concentrent sur la caractérisation des flux de pollution en entrée et en sortie de la station. Elles incluent également des données d'exploitation nécessaires à la conduite de l'installation (débits des pompes et des surpresseurs, concentration en oxygène, concentration des matières en suspension dans le bassin aéré...).

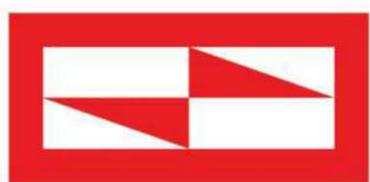
Cependant, ces données peuvent être entachées d'erreurs plus ou moins importantes selon la nature du paramètre et la technique de mesure utilisée. Il est donc nécessaire d'évaluer et de consolider ces données avant d'analyser le fonctionnement des installations et, le cas échéant, de les intégrer au modèle afin qu'il puisse décrire au mieux le fonctionnement du procédé. En effet, l'utilisation de données erronées peut se traduire par l'obtention de valeurs de paramètres non adaptées et donc par une réponse du modèle qui ne reflète pas la réalité. Il a notamment été démontré que les modèles pouvaient être plus sensibles aux données opérationnelles des stations telles que les flux de pollution qu'aux paramètres

<sup>1</sup> Irstea – UR HBAN – 1, rue Pierre-Gilles-de-Gennes – CS 10030 – 92761 Antony cedex – France. Courriel : ahlem.filali@irstea.fr

<sup>2</sup> inCTRL Solutions Inc. – 470 Anthony Drive – Oakville ON – L6J 2K5 – Canada.

<sup>3</sup> Saur – 1, rue Antoine-Lavoisier – 78064 Saint-Quentin-en-Yvelines – France.

<sup>4</sup> Irstea – UR MALY – 5, rue de la Doua – CS 70077 – 69626 Villeurbanne cedex – France.



# PLASSON

FRANCE

Au service de vos réseaux depuis 1964

Présent depuis 50 ans sur le terrain, Plasson propose un ensemble de gammes complètes dédiées aux réseaux d'eau potable, de gaz, à l'irrigation et à l'industrie.

Une gamme de **raccords électrosoudables** jusqu'au 800 mm, des produits en plus

Ø 20 au Ø 800 mm – PN10, 16 ou 25

Raccordements à l'avancement ou dans regard en attente, à vide ou en pression

- > **Machines** et **outillage** complets disponibles (location pour les gros diamètres)
- > Modules de **formation** adaptés aux usages
- > **Documentation** et **vidéos** accessibles sur [www.plasson.fr](http://www.plasson.fr)



**Selles de branchement électrosoudables gros diamètres** : 2 modèles pour couvrir Ø 250 à Ø 800 mm – 4 Ø de dérivation. PN 16. Positionneur spécifique obligatoire.

Des nouveautés en rapport avec les évolutions des pratiques : **raccords Série 1**

**PN16 – Compact – Démontable**

Montage sûr et simple sans serrage

- > Pour les **professionnels de l'eau**, une gamme de **raccords** mécaniques **dédiés**



Réparation PE-PVC



Transition métal-plastique assurée

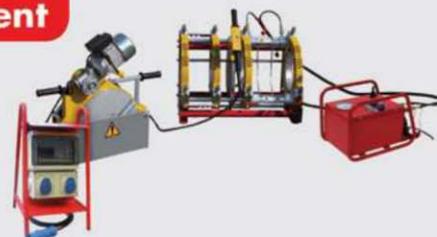
Des compléments de gammes utiles aux exploitants : **série ARPOL**

**DN 40 au 2000 mm**

- > Réparation **définitive** ou liaison multi-matériaux
- > Verrouillée ou non selon le besoin



Et les **gammes** traditionnelles des **réseaux pression** ou **écoulement**



Zac de l'Orme rond – 77170 Servon  
Tél. 01 60 62 64 66 – Fax. 01 60 62 64 67

Hot line technique 01 60 62 64 76

[www.plasson.fr](http://www.plasson.fr)

cinétiques des modèles [MEIJER *et al.*, 2001]. De plus, la pratique révèle que l'utilisation de données erronées entraîne généralement un travail laborieux et injustifié de calage des modèles [MEIJER *et al.*, 2002].

La difficulté d'une analyse systématique des données de fonctionnement des stations d'épuration réside dans la quantité importante de données temporelles disponibles et dans leur variabilité. Celle-ci peut effectivement provenir d'erreurs de mesure, mais également de phénomènes réels et souvent peu prévisibles comme ceux liés aux temps de pluie ou aux variations saisonnières des charges reçues par les installations. Afin de standardiser les procédures d'analyse et de consolidation des données, une procédure systématique a été proposée par le groupe de travail « Good Modelling Practice – GMP » de l'IWA [RIEGER *et al.*, 2013]. Cette procédure a été utilisée dans le cadre d'un projet de modélisation du fonctionnement de l'étage biologique d'une station d'épuration française dimensionnée pour traiter les effluents urbains de 230 000 équivalent-habitant (EH). Une analyse approfondie des données de fonctionnement de cette station était en effet requise. Cet article détaille la procédure employée et présente les principaux résultats obtenus.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Description succincte de la procédure d'analyse de données GMP

La procédure de collecte et d'analyse de données du groupe GMP est présentée sur la *figure 1*.

Le point de départ clé de toute analyse de données réside dans la compréhension du fonctionnement de l'installation par la connaissance de l'ensemble des flux appliqués, de l'emplacement des diverses unités (bassins, pompes, capteurs, préleveurs, etc.) à partir de la visite de l'installation, des documents disponibles et au travers d'échanges avec le personnel exploitant.

Les données nécessaires à l'étude du fonctionnement de la station sont ensuite collectées et archivées dans un fichier de traitement de données selon leur type : influent (débits, concentrations, caractéristiques), données physiques (dimensions des unités), données

de fonctionnement (stratégies de régulation et de contrôle), performances (rendement d'épuration, production de boues, consommation énergétique). Les données pourront également être groupées selon certains critères (temps sec/pluvieux, différentes saisons). Des statistiques descriptives (moyenne, médiane, min, max, écart type...) pourront être appliquées à chaque jeu de données.

La première étape de détection des erreurs consiste en une analyse descriptive simple des jeux de données. Ainsi, l'affichage graphique des données, de préférence sur de longues périodes (un an, par exemple), basé sur des moyennes journalières, permet d'obtenir une vue d'ensemble des variations subies par le procédé. La détection des valeurs potentiellement aberrantes (ou exceptionnelles) est réalisée d'abord avec des méthodes pragmatiques et de statistique descriptive. Cette étape comprend également la comparaison des résultats avec les ratios caractéristiques des eaux urbaines (DCO/N, NH<sub>4</sub>/N, DCO/DBO<sub>5</sub>...). L'évaluation de la distribution des données de débit entrant (fréquence, quantiles) permet de différencier les débits de temps sec/temps de pluie. Cette différenciation est utile pour expliquer certaines variations observées des paramètres mesurés.

La vérification poussée des données s'effectue à l'aide des bilans hydrauliques, massiques (sur les paramètres phosphore, matière organique, azote...) et du calcul de l'âge de boues. Le recouvrement des bilans est un bon indicateur de la validité des données. Le bilan matière effectué sur le paramètre phosphore est particulièrement indiqué pour statuer sur la qualité des données, ce paramètre étant le seul à être conservé dans les flux liquides entrant et sortant du système (*a contrario*, une fraction de la matière organique et de l'azote traités se retrouve dans la phase gazeuse). Si le phosphore dans les boues n'est pas disponible, ce qui est souvent le cas en routine, une mesure complémentaire peut être demandée ou un ratio typique sera utilisé.

Une fois les valeurs potentiellement aberrantes identifiées, il s'agira d'en déterminer la source. Parmi les principales sources d'erreur, on compte : la mesure des débits, la méthode d'échantillonnage, la

# H<sub>2</sub>S

HYDROGÈNE SULFURÉ

NUISANCES OLFACTIVES  
DÉGRADATION DES OUVRAGES  
RISQUES SANITAIRES



27 et 28  
janvier 2016

RENNES  
For the Experts

www.confor-experts.com



RETROUVEZ ATHEO SOLUTIONS

HALL 5 - STAND 253

# NE PRENEZ PLUS DE RISQUES

FAITES EXPERTISER VOS INSTALLATIONS



[www.atheo-solutions.fr](http://www.atheo-solutions.fr)

- Campagnes d'analyses
- Etude diagnostique
- Audit Sécurité
- Contrôle des procédés
- Etude de solutions
- Assistance à Maîtrise d'ouvrage
- Maîtrise d'oeuvre
- Formations Professionnelles

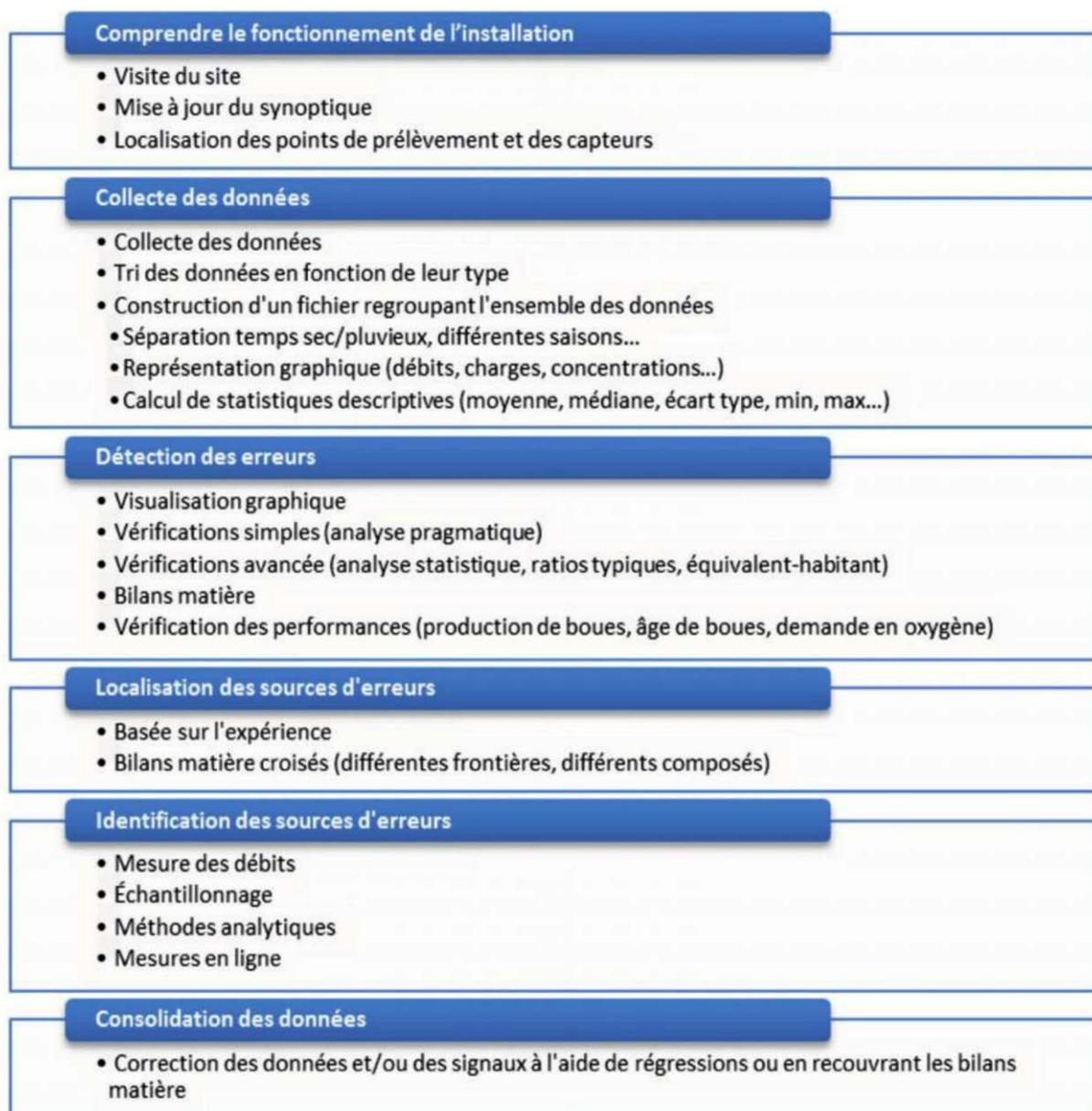


Figure 1. Procédure de collecte et d'analyse des données du groupe GMP

méthode d'analyse des concentrations et les capteurs de mesure en ligne.

La consolidation des données permet, en croisant différents bilans, d'assigner les éventuelles erreurs mises en évidence dans l'étape de fermeture des bilans. Elle nécessite une connaissance experte du procédé de traitement étudié. Lorsque la consolidation des données se révèle impossible, il faut alors envisager la collecte de données supplémentaires ou faire des hypothèses sur ces données afin d'assigner les erreurs dans les jeux de données.

## 1.2. La station d'épuration étudiée

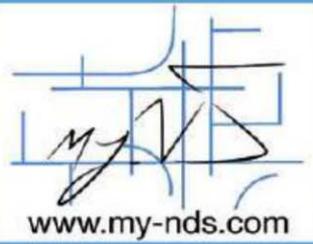
La station d'épuration étudiée a été dimensionnée pour traiter les eaux résiduaires urbaines de 230 000 EH par boues activées à très faible charge. Un schéma simplifié de la file eau de la station, décrivant les principaux flux de matière considérés dans l'étude, est présenté sur la *figure 2*.

Après plusieurs étapes de prétraitement (dégrillage, dessablage, tamisage et dégraisage – représentées par la lettre P sur la *figure 2*), l'eau usée est acheminée vers un répartiteur (R) puis vers deux files de traite-

27 / 28  
janvier  
2016

RENNES  
Parc des  
Expositions

Innovation  
Eaux pluviales  
Assainissement  
CARREFOUR  
DES GESTIONS  
LOCALES  
DE L'EAU



POL  
LU  
TEC  
16

LYON  
EUREXPO FRANCE  
29 novembre  
2 décembre 2016

## My-NDS : My Network Detection Solutions

Détecteurs de réseaux enterrés et géo-référencement  
Accessoires de sécurisation pour chantiers



Radars de sol performants et intuitifs, jusqu'à 3 fréquences en simultanée



Détecteurs électromagnétiques adaptés à vos besoins : évitement ou détection précise



Blindages de fouilles gonflables légers et faciles à mettre en oeuvre sur le terrain



Barrières, plaques de franchissement chaussée et piétons pour sécuriser vos chantiers

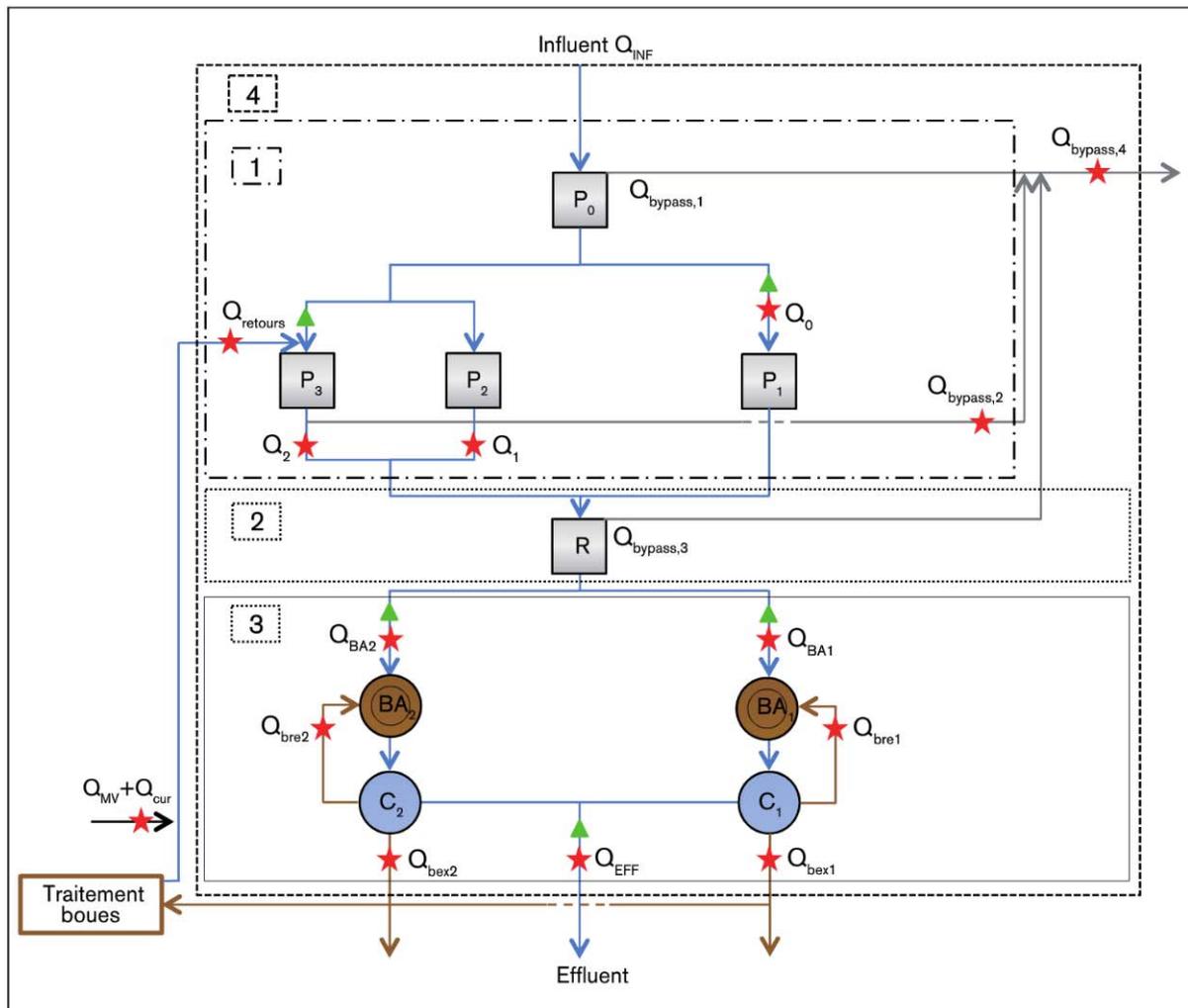


Figure 2. Schéma simplifié de la station décrivant l'emplacement des débitmètres (\*), des préleveurs (▲) et les frontières des bilans matière réalisés (1 à 4). P : étapes de prétraitements, R : répartiteur, BA : bassin d'aération, C : clarificateur

ment biologique parallèles. Chaque file comprend un bassin annulaire (BA) avec une zone anaérobie centrale, et un anneau externe avec syncopage de l'aération et un clarificateur (C). Le traitement du phosphore est réalisé par voie combinée (chimique et biologique). Les boues extraites du clarificateur sont envoyées vers les unités de traitement des boues (table d'égouttage et centrifugeuses), et les filtrats et centrats sont renvoyés vers le bloc de prétraitement. Ces retours en tête sont mélangés aux apports extérieurs en matière de vidange (MV) et produits de curage (Cur) traités par la station.

### 1.3. Données collectées

Les données considérées dans cette étude sont présentées dans le *tableau I*. Elles sont issues de plusieurs

sources : autosurveillance, supervision et campagnes de mesure spécifiques effectuées sur site. Les données d'autosurveillance et de supervision de la station ont été analysées sur une période de plus de 2 ans (du 1<sup>er</sup> janvier 2010 au 31 janvier 2012, soit 761 jours). Les données de flux de pollution en entrée des étages biologiques sont disponibles sur une période de 9 mois (du 1<sup>er</sup> mai 2011 au 31 janvier 2012, soit 276 jours).

## 2. Procédure d'analyse et de consolidation employée

### 2.1. Débits hydrauliques

Les différentes frontières considérées pour la réalisation des bilans hydrauliques de la station sont repré-

	Influent	Effluent	Matières de vidange et de curage	Entrée BA1 et BA2	Traitement biologique	Traitement physico-chimique	Boues extraites et recirculées
Caractérisation des flux	DCO <sub>t</sub> (539) DBO <sub>5</sub> (539) NTK (217) NGL (217) NH <sub>4</sub> (217) P <sub>t</sub> (216) MES (539)	DCO <sub>t</sub> (544) DBO <sub>5</sub> (544) NTK (218) NGL (218) NH <sub>4</sub> (219) P <sub>t</sub> (219) MES (544)	DCO <sub>t</sub> (73) DBO <sub>5</sub> (73) NTK (73) NH <sub>4</sub> (71) P <sub>t</sub> (73) MES (73)	DCO <sub>t</sub> (100) DBO <sub>5</sub> (26) NTK (26) NH <sub>4</sub> (95) NGL (89) P <sub>t</sub> (26) PO <sub>4</sub> (95) MES (100) MVS (73)	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> O <sub>2</sub> MES (356) MVS (308)	-	MES (84) MS (84) MVS (37) P <sub>t</sub> (5)
Paramètre fonctionnement	Q <sub>INF</sub> issu d'un calcul (761)	Q <sub>EFF</sub> (761)	Q <sub>cur</sub> , Q <sub>MV</sub> (761)	Q <sub>BA1</sub> , Q <sub>BA2</sub> (720)	Volume des bassins	Volume FeCl <sub>3</sub> (moyenne mensuelle)	Q <sub>bex</sub> (720) Q <sub>bre</sub> (720)

Tableau I. Données considérées pour l'étude du fonctionnement de la station d'épuration. Le nombre de données collectées est entre parenthèses

sentées sur la figure 2. L'analyse des données a été réalisée jour par jour sur les débits moyens journaliers. Le débit d'eau résiduaire  $Q_{INF}$  n'étant pas mesuré, celui-ci peut être estimé à partir de bilans réalisés sur le bloc de prétraitements (équation 1) et sur le répartiteur (équation 2). La première action entreprise pour la consolidation des données a été d'uniformiser le calcul de  $Q_{INF}$  en ne l'estimant qu'à partir du bilan sur les prétraitements, car le nombre de données disponibles est important.

Comme indiqué sur la figure 2, le débit  $Q_{bypass,4}$  regroupe les débits traversant plusieurs bypass installés à différentes positions stratégiques de l'installation :

- $Q_{bypass,1}$  (niveau des pompes de relevage de l'influent) ;
- $Q_{bypass,2}$  (niveau des prétraitements P2 et P3) et  $Q_{bypass,3}$  (niveau du répartiteur). Le débit traversant le bypass 1, installé au niveau de la pompe de relevage de l'influent, est considéré comme négligeable sauf en cas de dysfonctionnement des pompes de relevage (ce qui n'a pas été le cas lors de l'étude). Le débit  $Q_{bypass,3}$  n'est pas mesuré.

Il est à noter que le débit des apports extérieurs, en matière de vidange et produits de curage, étant négli-

geable en comparaison des autres débits, celui-ci n'a pas été considéré dans les bilans hydrauliques. Cependant, leur apport massique journalier en termes de carbone, azote et phosphore est important en comparaison du flux apporté par l'eau résiduaire urbaine. De fait, ces derniers ont été pris en compte dans les bilans massiques.

La consolidation des données de débits a été réalisée sur la base des bilans suivants :

Bilan sur les prétraitements :

$$Q_{INF} = Q_0 + Q_1 + Q_2 - Q_{retours} + Q_{bypass,2} \quad [1]$$

Bilan sur le répartiteur :

$$\begin{aligned} Q_0 + Q_1 + Q_2 &= Q_{BA1} + Q_{BA2} + Q_{bypass,4} - Q_{bypass,2} \\ &= Q_{INF} + Q_{retours} - Q_{bypass,2} \end{aligned} \quad [2]$$

Bilan sur les BA :

$$Q_{BA1} + Q_{BA2} = Q_{bex1} + Q_{bex2} + Q_{EFF} \quad [3]$$

Bilan global de la station :

$$Q_{INF} + Q_{retours} = Q_{bex1} + Q_{bex2} + Q_{EFF} + Q_{bypass,4} \quad [4]$$

Le bilan, exprimé en pourcentage, est défini comme le rapport des flux hydrauliques en sortie du système étudié sur les flux en entrée  $\left( \frac{\sum Q_{sortie}}{\sum Q_{entrée}} \times 100 \right)$ .

# CONGRÈS

**Journées Information EAUX 2016**

**GRUTTEE**  
Groupement de Recherche Universitaire sur les Technologies de Traitement et d'Épuration des Eaux

**22<sup>e</sup> Édition** **11-12-13 octobre 2016** **11<sup>e</sup> Édition**  
à l'**ENSI Poitiers**

**APPEL À COMMUNICATIONS**  
Envoi des résumés jusqu'au **15 janvier 2016** Diffusé **début 2016**

Inscriptions dès mai 2016 - [www.jie-poitiers.com](http://www.jie-poitiers.com)

**JOURNÉES PROFESSIONNELLES**  
(90 conférences, 20 exposants)

**JOURNÉES RECHERCHE**  
(50 conférences, 50 posters)

**500 PARTICIPANTS**

**APOTEN**  
Association de Professionnels du Traitement des Eaux et des Nuisances

**FORMATION CONTINUE en traitement des eaux pour techniciens supérieurs et ingénieurs**

1. Gestion de la qualité des **eaux de piscines**
2. Procédés conventionnels du traitement des **eaux potables**
3. Technologies avancées du traitement des **eaux potables**
4. Micro-organismes et **microbiologie de l'eau**

En synergie avec les enseignants-chercheurs de la spécialité **Traitement des Eaux de l'ENSI Poitiers**

Dates, contenus, intervenants, tarifs et **nouveaux stages**

[www.apoten.org](http://www.apoten.org) - 05 49 45 37 40

# SERINOL

CONSTRUCTEUR DE MATÉRIELS  
TRAITEMENT DES EAUX USÉES ET DES DÉCHETS



*Flot CY + SERTROM sur plateforme*

- Tamis : rotatifs, inclinés, statiques, trommels, à vis
- Dégrilleurs : Inclinés, verticaux, courbes
- Compacteurs
- Dégraisseurs
- Flottateurs à air dissous
- Classificateurs à sable
- Convoyeurs à vis



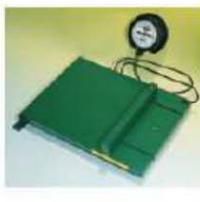
*Nouveau SERTEL Tamis Dégrilleur*

**Technologie et simplicité pour la satisfaction des plus exigeants**

SERINOL S.A.S. – 65, Avenue Ernest Léotard – 11150 BRAM  
Tél. 33(0) 4 68 76 52 52 - Fax : 33(0) 4 68 76 51 01  
[www.serinol.com](http://www.serinol.com) – [serinol@serinol.com](mailto:serinol@serinol.com)

# MATÉRIEL de TRAITEMENT et d'ANALYSE des EAUX

① Cochez  les produits dont vous voulez recevoir la documentation

<input type="checkbox"/> Electrochloration Fabrication in situ d'hypochlorite de sodium par électrolyse du chlorure de sodium (sel) - Capacité : 5 g/h à 100 kg/h - Pas de stockage du chlore 	<input type="checkbox"/> CHLORO+® chloromètre Garanti 5 ans <b>+ de qualité</b> corps en chloraflon® <b>+ de sécurité</b> chargeur de joint de bouteille en pb ou élastomère <b>+ de précision</b> pointeau protégé sonique 	<input type="checkbox"/> AQUANEUTRA - équipement de neutralisation de l'agressivité des eaux douces par aération modulable - sans réactif ni maintenance - permet de supprimer ou diminuer l'utilisation de produits (soude, maérl...) - économie en énergie 
<input type="checkbox"/> TriChloAir mesure en piscine et industrie - mesure des ppb de trichloramines dans l'air - méthode simple et résultat en 30mn - pas de réactif liquide ou toxique, ni dosage - mesure colorimétrique sur réactif solide 	<input type="checkbox"/> MD200 photomètre portable - simple, efficace et étanche IP68 - alimentation 4xAA ou batterie - remplace le Pcheckit - affichage retro-éclairé - chronomètre intégré - mémorisation 	<input type="checkbox"/> Filtre à diatomées 50 à 500 m³/h - grande surface de filtration à 0,1 micron - encombrement réduit au sol - économie d'eau de lavage - floculant inutile - microfiltration retenant les bactéries 
<input type="checkbox"/> REGULATION CHLORE AM20 analyseur intelligent - sonde à membrane sans réactif - enregistreur d'évènement intégré <input type="checkbox"/> MODULO + Vanne modulante de chlore gazeux - dosage de précision même sur les petits débits mini 1,5 g/h - en chloraflon® - régulateur intégré (option) 	<input type="checkbox"/> TRUITOSEM® - TRUITEL® - détecteur de pollution par surveillance des mouvements de truitelles - graphique - seuils multiples - sonar numérique anti-interférences 	<input type="checkbox"/> Inversion bouteille chlore gazeux - vanne motorisée en Chloraflon® - électronique de commande incorporée (monobloc) - câblage et montage simplifiés 
<input type="checkbox"/> Sonde d'analyse Eau de Paris - mesure continue chlore actif (HOCl) et bioxyde de chlore, - pas d'étalonnage, pas d'entretien, - transmetteur Option analyseur intelligent avec régulateur Option chlore libre 	<input type="checkbox"/> Balance hydraulique - pour bouteille de chlore ou SO <sub>2</sub> - suivi de la consommation et anticipation d'un changement de bouteille. 	<input type="checkbox"/> Générateurs portables de gaz pour étalonnage et test détecteurs de fuites Cl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , HCN, H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/> Détecteurs de fuites Cl <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, HCL, NO <sub>2</sub> , NO 

② INDIQUEZ CI-DESSOUS VOS COORDONNÉES :

Organisme..... Mme, Mlle, M..... Prénom.....  
 Activité..... Spécialité..... Fonction.....  
 Service.....  
 Tél..... Fax..... e-mail.....  
 Adresse.....  
 Code Postal..... Ville..... Pays.....

③ Feuillet à copier et faxer ou envoyer à :

**CIFEC** - 12 bis rue du Cdt Pilot - 92200 Neuilly sur Seine - FRANCE  
 Fax : 33 (0)1 4640 0087 - Tél : 33 (0)1 4640 4949  
 e-mail : [info@cifec.fr](mailto:info@cifec.fr) web : [www.cifec.fr](http://www.cifec.fr) Boutique : [www.shop.cifec.fr](http://www.shop.cifec.fr)



Certifiée ISO9001

## 2.2. Analyse des données de concentration

La détection des valeurs aberrantes a été réalisée premièrement en appliquant une analyse pragmatique des données. Il s'agit d'évaluer leur cohérence sur la base de relations logiques simples (par exemple :  $\text{NTK} > \text{NH}_4$ ,  $\text{P}_1 > \text{P-PO}_4$ ,  $\text{DCO} > \text{DBO}_5$ ,  $\text{MS} > \text{MES} > \text{MVS} \dots$ ).

La seconde méthode d'analyse (statistique) repose sur l'évaluation des distributions à l'aide des « boîtes à moustaches » de TUKEY [1977]. La construction des boîtes à moustaches est basée sur les quartiles, c'est-à-dire les statistiques d'ordre. Ainsi, la médiane<sup>5</sup> (second quartile) et l'écart interquartile ne sont jamais influencés par les valeurs extrêmes. Les frontières haute et basse délimitant les « moustaches » ont été fixées à 1,5 fois l'écart interquartile (troisième quartile<sup>6</sup> – premier quartile<sup>7</sup>). Par conséquent, pour une variable suivant une loi normale, la « boîte à moustaches » devrait contenir 99,3 % des observations (rejet de 0,7 % des observations).

Cependant, les données de concentration sont dépendantes des conditions de précipitation et peuvent être sensiblement différentes par temps sec et temps de pluie. Pour s'affranchir de l'influence des conditions de précipitation sur les concentrations mesurées, une analyse croisée entre les valeurs de concentrations et les ratios caractéristiques des eaux résiduaires (relativement constants) a été réalisée. Ainsi, des valeurs de concentrations pouvant être considérées comme aberrantes par la méthode des « boîtes à moustaches », peuvent être validées si leur ratio a préalablement été validé par cette même méthode.

## 2.3. Bilans massiques

Les bilans massiques au niveau de la station ont été effectués sur les paramètres DCO, azote et phosphore. Selon le principe de conservation de la matière, un bilan massique s'écrit comme suit :

$$\text{Entrée} + \text{Réaction} = \text{Sortie} + \text{Accumulation}$$

<sup>5</sup> La médiane [ou second quartile] sépare la série de données en deux groupes d'effectifs égaux. Autrement dit, 50 % des observations seront inférieures à la médiane et 50 % seront supérieures à celle-ci.

<sup>6</sup> Le troisième quartile d'une série de données est le plus petit élément de cette série tel qu'au moins 75 % des valeurs soient inférieures ou égales à cet élément.

<sup>7</sup> Le premier quartile d'une série de données est le plus petit élément de cette série tel qu'au moins 25 % des valeurs soient inférieures ou égales à cet élément.

Un bilan massique est dit « fermé » lorsque tous les flux de matière qui le décrivent sont mesurés. C'est le cas du paramètre phosphore qui est conservé dans les flux liquides entrant et sortant du système. Nous avons donc évalué la validité des données à partir de ce paramètre.

*A contrario*, un bilan est dit « ouvert » lorsqu'un ou plusieurs flux ne sont pas mesurés. C'est le cas des bilans DCO et azote pour lesquels une fraction du flux se retrouve dans la phase gazeuse ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O} \dots$ ). Ces bilans permettent néanmoins d'estimer la consommation totale en oxygène pour dégrader la matière organique carbonée et azotée. Celle-ci a été comparée à la consommation en oxygène dissous estimée à partir des mesures de rendements d'oxygénation globaux et des paramètres de fonctionnement des surpresseurs (campagne de mesure spécifique réalisée en janvier 2012).

Contrairement aux bilans hydrauliques, les bilans matière ne sont pas calculés jour par jour mais en considérant des flux moyennés sur de longues périodes (au minimum trois fois l'âge de boues). Cela est dû au fait que les données de flux en entrée et en sortie du système et les données de concentrations dans le bassin sont rarement toutes disponibles en même temps. Les bilans ont donc été calculés avec les flux moyennés sur 761 jours et 276 jours pour les bilans de la station et les bilans de l'étage biologique, respectivement.

### 2.3.1. Bilan phosphore

Le bilan phosphore réalisé au niveau de la station et au niveau de l'étage biologique est défini respectivement par les équations 5 et 6. Le bilan est considéré comme validé lorsqu'il est bouclé à  $100 \pm 5$  % et acceptable à  $\pm 10$  % [RIEGER *et al.*, 2013]. À noter que, par manque de données, le flux de phosphore issu des jus de traitement des boues (table d'égouttage et centrifugeuses) n'a pas pu être déterminé. Cependant, celui-ci peut être négligé devant les flux de phosphore apportés par les matières de vidange et produits de curage.

$$V \frac{dP}{dt} = \Phi P_{INF} + \Phi P_{MV} + \Phi P_{Cur} - \Phi P_{EFF} - \Phi P_{bcz} - \Phi P_{bypass,A} = 0 \quad [5]$$

$$V \frac{dP}{dt} = \Phi P_{INF-BA} - \Phi P_{EFF} - \Phi P_{bcz} = 0 \quad [6]$$

Avec :

$$\Phi P_{INF} = \frac{P_{INF} * Q_{INF}}{1000}$$

Flux de phosphore apporté par l'influent (kgP/j) ;

$$\Phi P_{INF-BA} = \frac{P_{INF-BA} * Q_{BA}}{1000}$$

Flux de phosphore en entrée des étages biologiques (kgP/j) ;

$$\Phi P_{MV} = \frac{P_{MV} * Q_{MV}}{1000}$$

Flux de phosphore apporté par les matières de vidange (kgP/j) ;

$$\Phi P_{Cur} = \frac{P_{Cur} * Q_{Cur}}{1000}$$

Flux de phosphore apporté par les matières de curage (kgP/j) ;

$$\Phi P_{EFF} = \frac{P_{EFF} * Q_{EFF}}{1000}$$

Flux de phosphore contenu dans l'effluent (kgP/j) ;

$$\Phi P_{bez} = \frac{P_{bez} * Q_{bez}}{1000}$$

Flux de phosphore extrait avec les boues (kgP/j) ;

$$\Phi P_{bypass,4} = \frac{P_{INF} * Q_{bypass,4}}{1000}$$

Flux de phosphore traversant le bypass 4 (kgP/j).

Aucune donnée de la concentration en phosphore n'étant disponible dans les boues extraites, celle-ci a été estimée à partir de mesures réalisées (spécifiquement pour cette étude) sur les boues recirculées sur la base des hypothèses suivantes :

– le ratio PP/MES des liqueurs mixtes (lm) est le même que celui des boues recirculées, extraites et de

l'effluent de sortie. Le ratio moyen PP/MES des boues recirculées mesuré est de 0,02 gP/gMES ;

– la concentration en orthophosphates des liqueurs mixtes est égale à celle des boues extraites et de l'effluent de sortie de la station. La concentration en  $PO_4^{3-}$  dans l'effluent de sortie n'étant pas disponible, celle-ci a été calculée comme suit :

$$P - PO_4^{3-} = P_{EFF} - 1000 * \left( \frac{PP}{MES} \right)_{rec} * MES_{EFF}$$

Ainsi le flux de phosphore dans les boues extraites est calculé comme suit :

$$\Phi P_{bez} = Q_{bez} * \left[ \frac{P - PO_4^{3-}}{1000} + 0,02 * MES_{bez} \right]$$

### 2.3.2. Bilan azote, DCO et consommation de l'oxygène

La consommation totale de l'oxygène ( $OU_{tot}$ ) est calculée à partir des besoins en oxygène pour l'oxydation de la matière organique ( $OU_{OC}$ ) et le traitement de l'azote (nitrification  $OU_N$  et dénitrification  $OU_{DN}$ ).

Les frontières de ces bilans étant les mêmes que celles du bilan phosphore, nous ne décrivons que le bilan global de la station.

Le bilan global est défini par l'équation 7 comme suit :

$$OU_{tot} = OU_{OC} + OU_N - OU_{DN} \quad [7]$$

Avec :

$OU_{OC}$  : consommation de l' $O_2$  pour l'oxydation de la matière organique (kg $O_2$ /j) ;

$OU_N$  : consommation de l' $O_2$  pour la nitrification (kg $O_2$ /j) ;

$OU_{DN}$  : équivalent oxygène ( $NO_3^-$ ) apporté par la dénitrification (kg éq  $O_2$ /j) ;

$OU_{tot}$  : consommation totale de l' $O_2$  (kg $O_2$ /j).

Les besoins en oxygène pour l'oxydation de la matière organique et le traitement de l'azote sont déterminés comme suit :

## POMPES CENTRIFUGES À ENTRAÎNEMENT MAGNÉTIQUE

Agroalimentaire, Pharmaceutique, Cosmétique.

Transfert, Dosage de liquides agressifs,

Acide nitrique, Phosphorique, Soude, etc.

En toute sécurité pour

les personnes et

l'environnement



Série **MXM**



Série **SMX**



Série **MD**



POUR HAUTE  
VISCOSITÉ



POUR FAIBLE  
VISCOSITÉ



Série **EWN-Y**

**POMPES DOSEUSES  
ÉLECTROMAGNÉTIQUE  
AVEC CONTRÔLEUR  
DE DÉBIT**

**VIDE-FÛTS ALIMENTAIRE ET INDUSTRIEL**

# Nouveaux capteurs numériques communicants



**CAPTEUR EHAN REDOX ANNULAIRE**

## CAPTEUR COMBINÉ, RÉDOX ET TEMPÉRATURE

- Rédox : -1000 à +1000 mV
- T°C : -10.00 à +50.00 °C
- Cartouche à électrolyte stabilisé Plastogel
- Communication numérique RS485 / MODBUS ou SDI12



**CAPTEUR MES5 / VB5**

## MATIÈRES EN SUSPENSION, TURBIDITÉ ET VOILE DE BOUE

- Technologie par absorptiométrie
- MES : 0-50 g/L
- Turbidité 0-4000 FAU
- Voile de Boue 0-100 %
- Communication numérique RS485 / MODBUS ou SDI12



[WWW.AQUALABO.FR](http://WWW.AQUALABO.FR)

90, rue du Professeur Paul Milliez • 94500 Champigny-sur-Marne • FRANCE • Tél : +33 (0)1 72 87 97 90 • Fax : +33 (0)1 85 09 03 52



**SNECOREP**

**Le syndicat des professionnels du pompage vous donne rendez-vous au :**

**17<sup>e</sup> CARREFOUR DES GESTIONS LOCALES DE L'EAU**

[www.snecorep.fr](http://www.snecorep.fr)

**LE SNECOREP AU CARREFOUR DES GESTIONS LOCALES DE L'EAU**  
**27 & 28 JANVIER 2016**  
**RENNES - Parc des Expositions**  
**HALL 5 - STAND 31**

**Accès**  
 Le parc des Expositions de Rennes

**Parc Expo Rennes Aéroport**

La halle Gautrais  
 35170 BRUZ

[www.rennesparcepo.fr](http://www.rennesparcepo.fr)



Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage  
 3 rue de Berri - 75008 PARIS  
 Tél. 01 44 13 32 31 - Télécopie 01 44 13 98 72  
 E-mail : [snecorep@fntp.fr](mailto:snecorep@fntp.fr) - [www.snecorep.fr](http://www.snecorep.fr)  
 N° ISSN : 1959-6049



COMTEVIDENCEU - PHOTOS : DR

$$OU_{DCO} = \Phi DCO_{INF} + \Phi DCO_{MV} + \Phi DCO_{Cur} - \Phi DCO_{bez} - \Phi DCO_{EFF} - \Phi DCO_{bypass,A} - V \frac{dDCO}{dt}$$

$$OU_N = \Phi NO_3_{produit} \times 4,57 = [\Phi NO_3_{EFF} + \Phi NO_3_{Dénitrifié}] \times 4,57$$

$$OU_{DN} = \Phi NO_3_{Dénitrifié} \times 2,86$$

Afin de déterminer le flux de nitrates dénitrifié ( $\Phi NO_3_{Dénitrifié}$ ), un bilan sur l'azote a été réalisé comme suit :

$$\Phi N_{INF} + \Phi N_{MV} + \Phi N_{Cur} - \Phi N_{bez} - \Phi N_{EFF} - \Phi NO_3_{Dénitrifié} - \Phi N_{bypass,A} - V \frac{dN}{dt} = 0 \quad [8]$$

$$OU_N = \left[ \Phi N_{INF} + \Phi N_{MV} + \Phi N_{Cur} - \Phi NTK_{bez} - \Phi NTK_{EFF} - \Phi N_{bypass,A} - V \frac{dN}{dt} \right] \times 4,57$$

$$OU_{DN} = \left[ \Phi N_{INF} + \Phi N_{MV} + \Phi N_{Cur} - \Phi N_{bez} - \Phi N_{EFF} - \Phi N_{bypass,A} - V \frac{dN}{dt} \right] \times 2,86$$

Avec :

$\Phi N_{INF} = \frac{N_{INF} \times Q_{INF}}{1000}$	$\Phi DCO_{INF} = \frac{DCO_{INF} \times Q_{INF}}{1000}$	Flux d'azote et de DCO de l'influent ;
$\Phi N_{MV} = \frac{N_{MV} \times Q_{MV}}{1000}$	$\Phi DCO_{MV} = \frac{DCO_{MV} \times Q_{MV}}{1000}$	Flux d'azote et de DCO des matières de vidange ;
$\Phi N_{Cur} = \frac{N_{Cur} \times Q_{Cur}}{1000}$	$\Phi DCO_{Cur} = \frac{DCO_{Cur} \times Q_{Cur}}{1000}$	Flux d'azote et de DCO des matières de curage ;
$\Phi N_{EFF} = \frac{N_{EFF} \times Q_{EFF}}{1000}$	$\Phi DCO_{EFF} = \frac{DCO_{EFF} \times Q_{EFF}}{1000}$	Flux d'azote et de DCO de l'effluent ;
$\Phi N_{bez} = \frac{(NTK_{bez} + NO_3_{EFF}) \times Q_{bez}}{1000}$	$\Phi DCO_{bez} = \frac{DCO_{bez} \times Q_{bez}}{1000}$	Flux d'azote et de DCO extraits ;
$\Phi N_{bypass,A} = \frac{N_{INF} \times Q_{bypass,A}}{1000}$	$\Phi DCO_{bypass,A} = \frac{DCO_{INF} \times Q_{bypass,A}}{1000}$	Flux d'azote et de DCO traversant le bypass 4.

Les données sur les concentrations en azote et en DCO dans les boues extraites n'étant pas disponibles, celles-ci ont été déterminées à partir de ratios [NTK/MVS = 0,1 (g/g) et DCO/MVS = 1,48 (g/g)] couramment employés dans la littérature comme suit [BARKER et DOLD, 1995] :

$$\Phi NTK_{bez} = 0,1 \times MES_{bez} \times \left( \frac{MVS}{MES} \right)_{lm} \times Q_{bez}$$

$$\Phi DCO_{bez} = 1,48 \times MES_{bez} \times \left( \frac{MVS}{MES} \right)_{lm} \times Q_{bez}$$

Le ratio MVS/MES des boues extraites est supposé équivalent à celui des liqueurs mixtes et des boues recirculées (= 0,75 g/g en moyenne).

### 3. Résultats et discussion

Dans cette partie, à la suite de la présentation des résultats de consolidation des données de débits et de concentration de l'influent, une analyse approfondie des paramètres de fonctionnement de l'installation sera réalisée.

# LABOCEA

27 et 28  
janvier 2016

RENNES  
Parc des Expositions

www.carrefour-eau.com



Hall 5  
Stand 248

SANTÉ

Diagnostic  
et contrôles  
en santé  
animale  
et végétale.  
Etudes  
et analyses  
en santé  
humaine  
dont amiante.

Hygiène  
et qualité  
des denrées  
destinées à la  
consommation  
humaine  
et animale.

ALIMENTAIRE

Recherche et  
développement,  
conseils, études  
et formation  
en hygiène  
alimentaire et  
environnement.  
Prélèvements  
et relations  
clients.

SERVICES

Analyses  
microbiolo-  
giques  
et chimiques  
sur toutes  
matrices  
environne-  
mentales  
(eau, boues,  
sédiments,  
sols...).

EAU & ENVIRONNEMENT

## Laboratoire public Conseil, Expertise et Analyse en Bretagne

LABOCEA comptera **deux nouveaux sites** au 1<sup>er</sup> janvier 2016 et sera ainsi fort d'un effectif de 550 personnes travaillant sur plus de 20000 m<sup>2</sup> de plateaux techniques

Ce laboratoire fort de décennies d'expérience dans ses domaines d'activité est re-connu pour sa forte expertise technique et scientifique lui permettant de proposer une haute qualité de service.

Les missions de service public et d'intérêt général répondant aux besoins de l'Etat et des collectivités mais aussi des professionnels et des particuliers sont au cœur de ses métiers.

Efficiency, qualité, indépendance, innovation, accompagnement et conseil, réactivité et disponibilité sont les valeurs portées par **LABOCEA**.

### LABOCEA

**Site de Quimper**  
22 Av. de la Plage des Gueux  
ZA de Creac'h Gwen  
CS 13031  
29334 Quimper Cedex  
Tél. : 02 98 10 28 88

### LABOCEA

**Site de Brest**  
120 Avenue  
Alexis de Rochon  
CS 10052  
29280 Plouzané  
Tél. : 02 98 34 11 00

### LABOCEA

**Site de Saint-Brieuc siège  
social - Zoopôle**  
7 rue du Sabot  
CS 30054  
22440 Ploufragan  
Tél. : 02 96 01 37 22

### LABOCEA

**Site de Javene - Bioagropolis**  
10 rue Claude Bourgelat  
CS 30616 - Javene  
35306 Fougères Cedex  
Tél. : 02 99 02 43 43

### LABOCEA

**Site de Combourg**  
La madeleine  
35270 Combourg  
Tél. : 02 99 73 02 29

[contact@laboce.fr](mailto:contact@laboce.fr)

### 3.1. Données consolidées

#### 3.1.1. Débits

Les résultats des bilans hydrauliques réalisés en différents points de la station sont reportés dans le tableau II. La consolidation des données a nécessité la réalisation de trois tests (1 à 3) dont les résultats sont reportés dans le tableau.

Une première analyse des débits traversant les bypass indique que, sur plus de 70 % des données, le débit  $Q_{bypass,2}$  est supérieur au débit  $Q_{bypass,4}$  ce qui suggère

un probable dysfonctionnement de l'un de ces débitmètres. Ce résultat est confirmé par le bilan réalisé avec les données brutes (test 1) puisque les résultats les moins probants ont été obtenus avec les bilans faisant intervenir les débits  $Q_{bypass,4}$  et  $Q_{bypass,2}$  (bilans sur le répartiteur et global). Une analyse des données instantanées de ces débits a permis de mettre en cause le débit  $Q_{bypass,2}$ . Le test réalisé sans les données de ce débitmètre (test 2) permet d'améliorer de manière significative les résultats. Le bilan réalisé au niveau

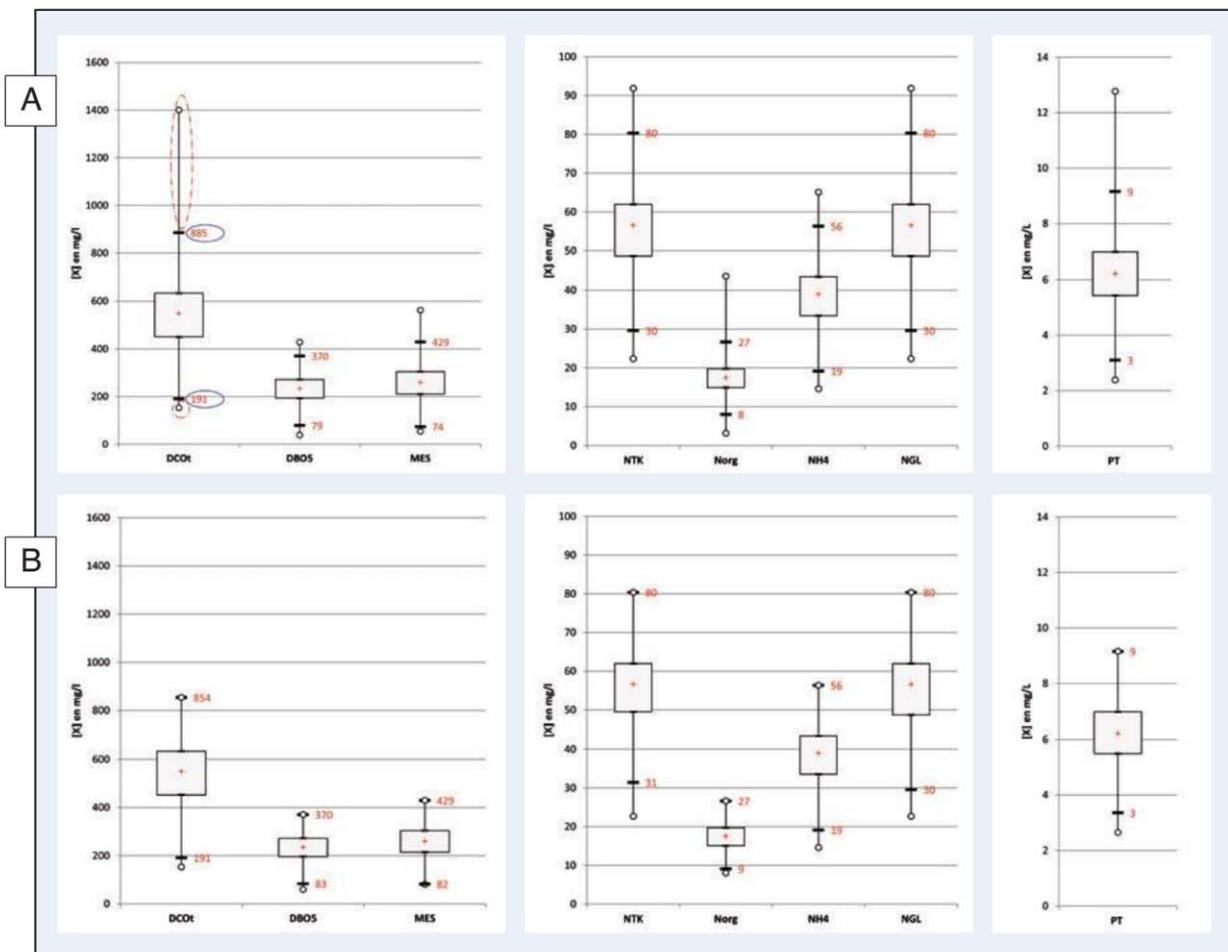


Figure 3. Extrait des distributions obtenues avec les données de concentrations brutes (A) et traitées (B). Valeurs potentiellement aberrantes (○), valeurs en dessous desquelles les données sont considérées comme non aberrantes (○), médianes (+)

Description	Bilan répartiteur	Bilan des BA	Bilan global
	Frontière 2	Frontière 3	Frontière 4
1) Avant consolidation	85 %	106 %	91 %
2) Sans $Q_{bypass,2}$	93 %	106 %	97 %
3) Après consolidation de $Q_{BA1}$	<b>100 % (bilan forcé)</b>	<b>97 %</b>	<b>97 %</b>

Tableau II. Résultats des bilans hydrauliques avant et après consolidation des données



**FAURE**  
ÉQUIPEMENTS  
ÉQUIPEMENTS

# La technologie grandeur nature



- Déshydratation des boues
- Procédé de filtration
- Fonctionnement sans présence humaine

**Ingénierie**  
**Service recherche et développement**  
**Assistance technique**

[www.faureequip.com](http://www.faureequip.com)

**FAURE EQUIPEMENTS SA** - Siège social et usine - ZI Magré - 21, rue Santos-Dumont  
BP 52 - F-87002 LIMOGES CEDEX 1 - FRANCE  
Tél.: +33 (0)5 55 30 12 60 - Fax : +33 (0)5 55 06 16 03 - E-mail : mail@faureequip.com

du répartiteur passe de 85 % à 93 % et le bilan global de la station augmente jusqu'à 97 %.

Du fait de décrochages fréquents du débitmètre placé en entrée de l'étage 1, une correction a été apportée aux données de  $Q_{BAI}$  par l'exploitation. Afin d'affiner encore plus cette correction, les valeurs de ce débit ont été estimées à partir du bilan réalisé au niveau du répartiteur lors du test 3. Afin de valider les données de  $Q_{BAI}$  consolidées, celles-ci ont été employées pour établir le bilan hydraulique réalisé au niveau des bassins aérés (équation 3). Les résultats obtenus sont satisfaisants, puisque le bilan est fermé à présent à 97 % (valeur initiale 106 %).

### 3.1.2. Données de concentration

L'analyse des données selon la méthode pragmatique a permis de détecter quelques valeurs aberrantes, pour lesquelles la concentration en matière sèche des liqueurs mixtes et des boues extraites était inférieure à celle des matières en suspension (environ 4 % des données). Aucune donnée de concentration de l'influent ne correspondait à ce type d'erreur.

L'analyse croisée des concentrations et des ratios caractéristiques a été réalisée une première fois sur le jeu de données global, puis une seconde fois sur les données de temps de pluie et de temps sec (§ 3.2.1., Distribution des débits journaliers). Cette procédure

a permis d'exclure des données de concentrations aberrantes (zones cerclées en rouge sur la figure 3).

La figure 3 présente un extrait des résultats des données de concentrations avant (A) et après traitement (B).

Les résultats obtenus indiquent que les données de concentrations de l'influent de la station étudiée (données d'autosurveillance) sont de très bonne qualité. Seulement 3 % des données ont été supprimées avec la méthode de l'analyse croisée des ratios et des concentrations.

### 3.1.3. Bilan phosphore

Le phosphore étant le seul paramètre à être conservé dans les flux liquides entrant et sortant du système, nous avons évalué la validité des données consolidées à partir de ce paramètre.

Les tableaux III et IV présentent respectivement les résultats des bilans massiques sur le paramètre phosphore réalisés au niveau de la station et de l'étage biologique.

Les données de concentration du  $P_t$  en entrée de l'étage biologique étant trop peu nombreuses pour permettre la quantification précise du flux entrant, les données de concentrations en  $PO_4$  et DCO disponibles ont été employées pour l'estimer en considérant un ratio  $P-PO_4/P_t$  de 0,68 et un ratio  $DCO/P_t$  de 0,95. Ces ratios, déterminés à l'aide des

	$\Phi P$ INF	$\Phi P$ MV	$\Phi P$ Cur	$\Phi P$ bex	$\Phi P$ by pass 4	$\Phi P$ EFF	$\Delta_{masse}$ ( $\Delta t$ )	Bilan sur 761 jours
	kgP/j	kgP/j	kgP/j	kgP/j	kgP/j	kgP/j	kgP	%
Avant consolidation	165	10,0	5,4	176	0,95	14,2	-508	106
Après consolidation	164	10,0	5,4	174	0,95	14,2	-508	<b>105</b>

Tableau III. Résultats du bilan phosphore de la station

	$\Phi P$ INF	$\Phi P$ bex	$\Phi P$ EFF	$\Delta_{masse}$ ( $\Delta t$ )	Bilan sur 276 jours
	kgP/j	kgP/j	kgP/j	kgP	%
Avant consolidation	204	187	10,1	-1 258	93
Après consolidation	185	185	10,1	-1 258	<b>103</b>

Tableau IV. Résultat du bilan phosphore de l'étage biologique



# Pôle des syndicats départementaux d'eau potable du grand Ouest

## L'eau potable à l'échelle du département Une idée qui a de l'avenir !

 Un service public  
solidaire



 Une gestion durable des  
ouvrages et de la ressource



 Une mutualisation  
des compétences au  
service des abonnés



contact: [pole-eau-ouest@outlook.fr](mailto:pole-eau-ouest@outlook.fr)

valeurs mesurées, se différencient de ceux de l'eau résiduaire urbaine du fait de la contribution des apports extérieurs (§ 3.2.3., Analyse des apports extérieurs). Les résultats des bilans de la station avant et après consolidation des données sont similaires et sont très satisfaisants (résiduel de l'ordre 5 %). Cela est en accord avec les résultats de l'analyse des données de concentrations en entrée de la station. Comme indiqué dans le *tableau IV*, le travail de consolidation des données de débits reçus par l'étage biologique ( $Q_{BA1}$ , présenté au § 3.1.1) et des concentrations de l'influent (§ 3.1.2) permet de réduire le résiduel du bilan phosphore de l'étage biologique (3 % au lieu de 7 %). Les bilans phosphore permettent de valider les données consolidées ainsi que leur utilisation pour l'analyse des paramètres de fonctionnement de la station.

## 3.2. Analyse des paramètres de fonctionnement de la station

### 3.2.1. Distribution des débits journaliers

La différenciation entre temps sec et temps de pluie permet d'obtenir davantage d'information sur les charges hydrauliques reçues par la station comme leur variabilité et la fréquence de leur occurrence. Elle permet également de distinguer les événements exceptionnels (comme les événements de très fortes pluies) pouvant avoir un impact significatif sur les charges reçues par la station et les concentrations de l'influent. La distribution des volumes journaliers est reportée sur la *figure 4*.

Deux pics sont observés à approximativement 20 290 m<sup>3</sup>/j et 28 120 m<sup>3</sup>/j, qui représentent respectivement les débits moyens de temps sec et pluvieux observés sur cette station. Un minimum est observé aux alentours de 27 000 m<sup>3</sup>/j, ce qui peut être considéré comme le seuil entre les conditions à prédominance de temps sec et pluvieux. Un troisième pic, de faible fréquence, est observé aux environs de

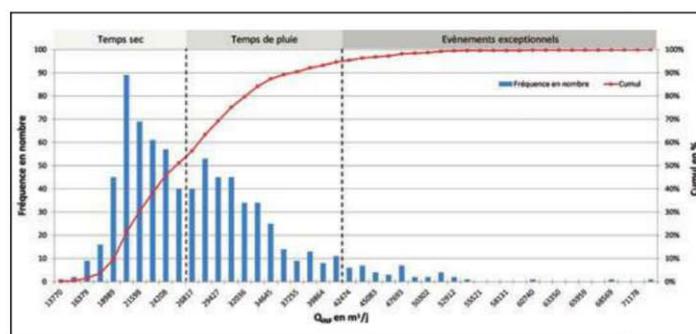


Figure 4. Histogramme des débits moyens journaliers. Les traits en pointillés marquent les frontières entre débits de temps sec et de temps de pluie et événements exceptionnels

42 000 m<sup>3</sup>/j, qui correspond aux conditions exceptionnelles de très fortes pluies.

Il est à noter que la formule de STURGES [1926] qui détermine le nombre de classes adéquates ( $1+\text{Log}_2(X)$ ) en fonction du nombre d'échantillons ( $X$ ) ne permettait pas d'observer les deux principaux pics ( $1+\text{log}_2(761) \approx 11$ ). Afin d'observer cette différenciation, une augmentation du nombre de classes a été nécessaire (ici 45 classes).

L'analyse séparée des données de temps de pluie montre que le débit moyen journalier reçu en temps de pluie est modéré. Il est en moyenne une fois et demie celui de temps sec. Par ailleurs, les résultats indiquent que les très fortes charges hydrauliques (de 42 000 jusqu'à 71 000 m<sup>3</sup>/j) sont corrélées à des épisodes de pluies abondantes et nettement supérieures à la moyenne (pluviométrie de 26 mm au lieu de 4 mm en moyenne). Par conséquent, ces valeurs sont considérées comme exceptionnelles et sont validées.

### 3.2.2. Ratios caractéristiques des eaux résiduaires urbaines

Le *tableau V* rapporte la comparaison des valeurs moyennes des ratios caractéristiques des eaux en entrée de la station avec les valeurs usuelles d'une eau résiduaire urbaine [STRICKER et HÉDUIT, 2010] et les gammes de variation des concentrations des eaux résiduaires européenne [HAUDUC, 2010].

Ratio	DCO/DBO <sub>5</sub>	MES/DCO	DCO/NTK	NH <sub>4</sub> /NTK	DCO/P
Station étudiée	2,3 (1,4-3,2)	0,5 (0,3-0,7)	10 (6,9-15)	0,7 (0,6-0,7)	88 (60-137)
Valeurs usuelles	2,4 (1,8-3,0)	0,5 (0,4-0,6)	9,7 (8,3-14)	0,7 (0,6-0,8)	70 (50-80)

Tableau V. Ratios caractéristiques des eaux résiduaires en entrée de station. Valeurs moyennes, min et max entre parenthèses

# CAP RIS

**CAPRIS** est une association indépendante avec des membres professionnels, personnes morales ou physiques, impliqués, dans divers domaines, depuis de nombreuses années pour :  
**les problématiques microbiologiques et sanitaires dans les réseaux d'eau à l'intérieur des bâtiments.**

*légionelles  
potabilité de l'eau  
bactéries Pseudomonas...*



## **ATELIERS DE RENCONTRES AUTOUR DES RISQUES SANITAIRES DES RESEAUX D'EAU :**

- Conférences et tables rondes sur les réseaux d'eau
- Devoir de conseil lié au risque légionelles, litiges et contentieux dans le domaine des réseaux d'eau sanitaires
- Simulations pour la commission des DTU 60.1 et 60.11
- Equilibrage hydraulique de réseaux d'eau chaude sanitaires bouclés
- Productions d'eau chaude sanitaires solaires et risques sanitaires légionelles
- Visites d'hôpitaux en chantier ou neufs,  
Nouvel Hôpital Orléans  
Hôpital Necker bâtiment Laennec  
Nouvel Hôpital de Carcassonne...
- Veille réglementaire, technique et scientifique.



**Association CAPRIS**  
149 avenue du Maine - 75014 PARIS  
Tél : 01 45 45 25 38 - Fax : 01 45 45 03 01

[www.capris.asso.fr](http://www.capris.asso.fr)  
Mail : [infos@capris.asso.fr](mailto:infos@capris.asso.fr)

Les eaux résiduaires reçues par la station étudiée ont des caractéristiques urbaines. Le rapport DCO/P élevé indique un taux de phosphore relativement faible dans l'influent (en moyenne 6,1 mgP/L). Néanmoins, une récente étude faisant l'état des lieux des charges en phosphore reçues par les stations d'épuration en France indique que les teneurs en phosphore ont fortement diminué depuis l'interdiction de phosphates dans les lessives textiles domestiques en 2007 [STRICKER et HÉDUI, 2010]. De plus, cette étude rapporte une décroissance de la charge spécifique du phosphore ( $P/EH_{60}^8 = 2,1 \text{ gP/j}$ ) lorsque la taille de l'agglomération augmente.

L'influence des temps de pluie sur les charges reçues par la station et sur les caractéristiques de l'influent a été étudiée. Les résultats obtenus (non présentés) indiquent un faible impact des temps de pluie sur la dilution de l'influent et sur ses caractéristiques (ratio de concentration similaire en temps sec et en temps de pluie). Ce résultat est en désaccord avec la littérature indiquant que les eaux résiduaires en temps de pluie se caractérisent généralement, par rapport au temps sec, par :

- une augmentation de la pollution particulaire et de sa fraction minérale se traduisant par une augmentation des ratios MES/DCO et DCO/DBO<sub>5</sub> ;
- et une diminution du taux d'hydrolyse, du fait de la diminution du temps de séjour des eaux dans le réseau qui se traduit notamment par une diminution du ratio NH<sub>4</sub>/NTK [STRICKER, 2000].

Le faible impact des temps de pluie sur la dilution de l'influent et sur ses caractéristiques peut s'expliquer par le fait que :

- le réseau est majoritairement séparatif ;
- l'augmentation du débit en temps de pluie est modérée ;
- et l'influent caractérisé est relevé après certaines étapes de prétraitement (dégrillages, dégraissage et dessablage), lesquelles ont probablement modifié les réelles caractéristiques de l'eau résiduaire. Cependant, ce résultat est pertinent puisqu'il valide l'utilisation de ratios uniques pour caractériser

l'influent en entrée de l'étage biologique, quelles que soient les conditions de précipitation.

### 3.2.3. Analyse des apports extérieurs

Les apports extérieurs reçus par la station se composent principalement de matières de vidange et de produits de curage des fosses septiques et des réseaux d'assainissement. Bien que le débit de ces apports soit négligeable devant celui de l'influent, leur contribution en matière de flux journalier de pollution carbonée, azotée et phosphatée est significative. En moyenne, la charge des matières de vidange et produits de curage est de 2,6 t/j en DCO (soit 19 % de la charge reçue par la station les jours où celle-ci admet des matières de vidange et de curage) ; 0,5 t/j en DBO<sub>5</sub> (9 %) ; 2,3 t/j en MES (33 %) ; 0,6 t/j en azote (4 %) et 15 kg/j en phosphore (9 %). Ce résultat indique qu'il est important de comptabiliser ces apports lors de la réalisation de bilans massiques à l'échelle de la station.

Cependant, il est à noter que l'intégration de ces apports dans les bilans est délicate, car les concentrations de ces matières sont très variables comme l'indique leur distribution très dispersée. Cette forte variabilité de la qualité de ces matières est en partie liée au mode de prélèvement ou d'échantillonnage ainsi qu'à la fréquence d'entretien très irrégulière des fosses et au mélange occasionnel avec d'autres types de déchets ou sous-produits de l'épuration des eaux usées d'origine domestique [CANLER, 2010]. De plus, la fréquence de caractérisation de ces matières est généralement plus faible que celle de l'eau résiduaire urbaine. Dans cette étude, le taux de remplissage des données relatives à la concentration en DBO<sub>5</sub> (défini comme le rapport du nombre de valeur de concentration par le nombre de jours d'analyse) est de seulement 9 % pour les apports extérieurs contre 69 % pour l'influent.

De plus, il est à préciser que ces matières se distinguent des eaux résiduaires urbaines vis-à-vis de leur composition. En effet, les ratios caractéristiques de ces eaux sont sensiblement différents de ceux des eaux résiduaires (DCO/DBO<sub>5</sub> > 5, MES/DCO ≈ 1, DCO/NTK > 30).

<sup>8</sup> L'équivalent-habitant (EH) correspond à une charge de 60 g de DBO<sub>5</sub> par jour.



**FIRMUS France est spécialisée dans le traitement de l'eau et des effluents pour leur traitement, leur purification et leur recyclage. FIRMUS France met en œuvre une large palette de technologies, des plus classiques aux plus innovantes, en privilégiant notamment les techniques membranaires dans lesquelles l'entreprise capitalise 25 années d'expérience : de la microfiltration à l'osmose inverse en passant par l'ultrafiltration et la nanofiltration, mais également l'électrodialyse conventionnelle et à membranes bipolaires.**



*traiter, purifier, séparer, recycler l'eau et les effluents*

Reconnue par le Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche comme Organisme de Recherche Privé depuis 2012 et jusqu'en 2017, FIRMUS France conduit des études de faisabilité permettant de sélectionner la meilleure technique de traitement pour répondre au problème posé. Les entreprises qui décident de confier leurs travaux de recherche à FIRMUS France peuvent bénéficier d'un crédit d'impôt au titre des dépenses de recherche qu'elles exposent au cours de l'année.

Ces études de faisabilité sont réalisées au sein de notre plate-forme technique qui est équipée de différents bancs test et pilotes. De plus, nous disposons en interne d'un laboratoire qui nous permet d'être très réactif au plan analytique pour suivre de près, quasiment en temps réel, les résultats de nos essais de traitements. Ces études de faisabilité peuvent déboucher sur des réalisations clef en mains permettant d'atteindre les objectifs de traitement.

Nous réalisons également des études de diagnostic et des expertises pour le compte d'exploitants soucieux d'optimiser leurs procédés.

Nous sommes aussi capables de réaliser, à la demande, des pilotes sur mesure à destination des centres de recherche, des laboratoires ou des industriels, pour qu'ils puissent réaliser en interne leurs propres essais d'optimisation ou leurs travaux de recherche.

Nos clients vont des collectivités locales aux grands groupes industriels en passant par les PME ou des organismes de Recherche pour lesquels nous pouvons travailler dans le cadre de programme pluridisciplinaires.

**Récemment :**

Nous avons installé un procédé de traitement des lixiviats de centre d'enfouissement d'une capacité de 120 m<sup>3</sup>/jour et qui permet de respecter les normes de rejet en milieu naturel ;

Nous avons aussi installé pour une collectivité dans le Gard un procédé d'ultrafiltration de capacité 12 m<sup>3</sup>/h pour la potabilisation d'une eau de forage à forte turbidité ;

Nous avons conçu et réalisé un pilote complet (Ultrafiltration, nanofiltration, osmose

inverse) pour l'Université de Strasbourg (dans le cadre d'un Appel d'Offre CNRS).

Notre savoir-faire s'exprime plus particulièrement dans deux domaines d'actualité :

**- Le traitement des digestats de méthanisation :**

Pour ce secteur nous sommes capables de proposer une solution complète reposant sur une succession d'étages membranaires (ultrafiltration et osmose inverse) pour traiter les digestats et permettre de les valoriser en matière fertilisante. Notre solution est adaptée aux caractéristiques de chaque digestat et dimensionnée en fonction de la taille de l'installation.

**- Le recyclage des eaux grises :**

Notre savoir-faire dans le domaine est issu des travaux de recherche que nous avons réalisés pour le compte de l'ESA (Agence Spatiale Européenne) qui a permis la réalisation du procédé de recyclage des eaux grises sur la Station Antarctique Concordia dont nous suivons le fonctionnement depuis 2005. Notre savoir-faire dans le domaine est quasi-unique et nous permet de proposer une solution validée qui a été utilisée par plus de 1 000 personnes depuis 10 ans. Ces eaux, une fois traitées, sont réutilisées en irrigation pour l'arrosage de jardins ou d'espaces verts, pour un usage en toilettes, mais aussi pour des usages liés à l'hygiène donc en douches et lavabos.

Nous proposons cette solution dans le cadre d'un consortium avec EDF Optimal Solutions, Sherpa Engineering et MRI car il est selon nous indispensable d'associer le recyclage des eaux grises avec une récupération énergétique et aborder ce sujet de façon globale au niveau de l'établissement. Nous disposons d'un logiciel unique permettant de simuler le fonctionnement du procédé et d'en estimer le temps de retour en fonction du prix de l'eau et de celui du kWh électrique.

Nous réfléchissons actuellement à une mise en container de ce procédé pour des installations « Plug & Play » dans des habitations collectives (hôtels) construites dans des zones à fort stress hydrique.

Notre réactivité, et notre capacité à mobiliser autour de nous les compétences complémentaires aux nôtres, nous permettent de répondre dans tous les cas de figure et pour tous les problèmes liés au traitement de l'eau et des effluents. Nous possédons plus de 25 ans d'expérience dans le domaine des techniques membranaires et nous ne sommes liés à aucun fabricant de membrane ce qui garantit notre objectivité dans la recherche de la meilleure solution technico-économique.



### 3.2.4. Charges journalières ramenées à l'équivalent-habitant

La distribution des charges ramenées à l'équivalent-habitant est présentée sur la *figure 5* pour les eaux résiduaires urbaines. L'équivalent-habitant pour les différentes charges a été défini selon les résultats moyens rapportés par STRICKER et HÉDUIE [2010]. Seul l'équivalent-habitant pour le phosphore (initialement de 2,1 g/hab./j) a été réduit selon les conclusions de cette même étude (*tableau VI*).

L'évolution des charges journalières est similaire pour l'ensemble des paramètres mesurés. Ce résultat indique que la qualité des mesures est homogène pour tous les paramètres. Au 95<sup>e</sup> centile, la charge en entrée de station, exprimée en DBO<sub>5</sub>, équivaut à 137 100 équivalent-habitant, ce qui indique que la station fonctionne à près de 60 % de sa charge nominale (230 000 EH) 95 % du temps. La charge brute de pollution organique<sup>9</sup> (CPBO) est de 157 073 EH (environ 68 % de la charge nominale de la station). Si l'on considère l'apport en DBO<sub>5</sub> des matières de vidange et des produits de curage, la charge reçue par la station, exprimée en DBO<sub>5</sub>, équivaut à 151 170 équivalent-habitant (66 % de la charge nominale de la station).

<sup>9</sup> La charge brute de pollution organique (CBPO) correspond à la charge journalière moyenne (en kgDBO<sub>5</sub>/j) de la semaine la plus chargée dans l'année. Elle a été calculée sur la base de la moyenne glissante de la charge en DBO<sub>5</sub> de l'influent.

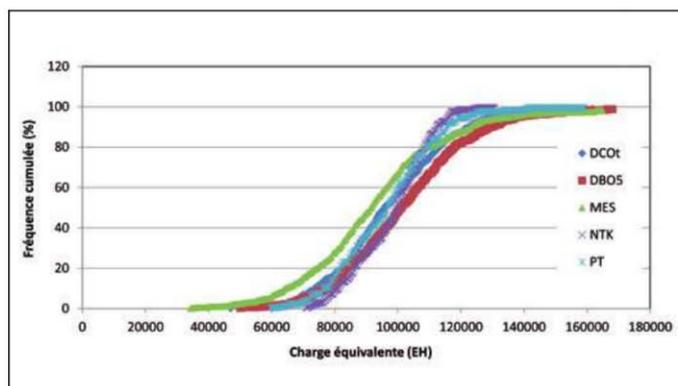


Figure 5. Charges journalières ramenées à l'équivalent-habitant (contribution seule de l'eau résiduaire)

### 3.2.5. Estimation de la consommation en oxygène

Les résultats des bilans DCO, azote et oxygène appliqués à la station sont présentés sur la *figure 6*. Ces résultats indiquent que sur la durée étudiée (761 jours) le flux d'azote nitrifié et dénitrifié est en moyenne de 821 kgN/j et 780 kgN/j, respectivement. La consommation en oxygène est de l'ordre de 8 012 kgO<sub>2</sub>/j.

La consommation journalière en oxygène estimée par les bilans massiques a été comparée à celle déterminée à partir de mesures de rendements d'oxygénation globaux sur une période d'un mois (campagne de mesure spécifique réalisée lors du mois de janvier 2012). Les résultats obtenus sont très satisfaisants puisque l'écart est de l'ordre de 3 % entre les deux estimations (bilans massiques : 8 401 kgO<sub>2</sub>/j, bilan gazeux : 8 627 kgO<sub>2</sub>/j).

<b>DCO<sub>t</sub></b>	<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>MES</b>	<b>NTK</b>	<b>P<sub>t</sub></b>
g/j/hab.	g/j/hab.	g/j/hab.	g/j/hab.	g/j/hab.
145	60	75	15	1,7

Tableau VI. Valeurs de l'équivalent-habitant employées

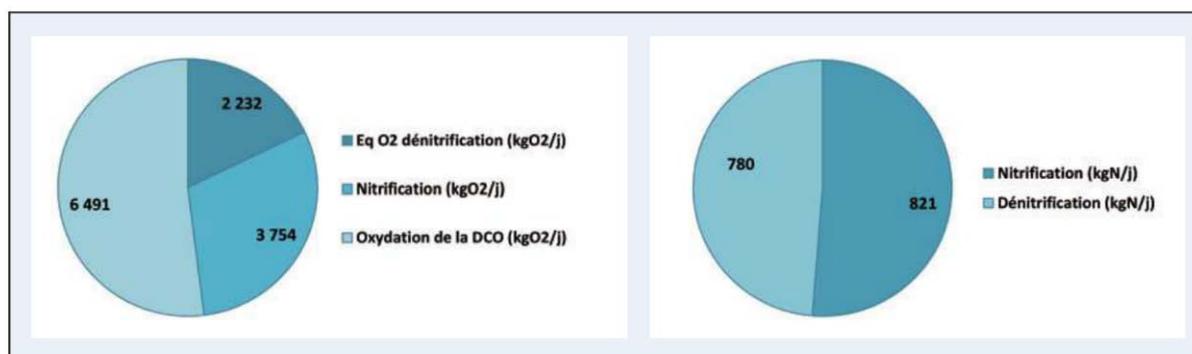


Figure 6. Demandes en oxygène et flux d'azote nitrifiés et dénitrifiés, déterminées à partir des bilans massiques effectués sur la station

### 3.2.6. Charge massique

La charge massique ( $C_m$ ) appliquée à la station correspond au rapport de la quantité de la pollution carbonée ( $DBO_5$ ) reçue par la quantité de biomasse (MVS) présente dans le système (équation 9). La charge massique appliquée est une donnée importante qui peut être corrélée à l'âge de boues afin d'être validée.

$$C_m = \frac{Q_{INF} \times [DBO_5]_{INF} + Q_{Cur} \times [DBO_5]_{Cur} + Q_{MV} \times [DBO_5]_{MV}}{1000 \times MVS_{Système}} \quad [9]$$

Avec :

$C_m$  : charge massique (kg $DBO_5$ /kgMVS/j) ;  $[DBO_5]_{INF}$ ,  $[DBO_5]_{Cur}$ ,  $[DBO_5]_{MV}$  : concentrations en  $DBO_5$  en entrée de station, des produits de curage et matières de vidange, respectivement;  $MVS_{Système}$  : masse totale des MVS (kgMVS).

La figure 7 présente l'évolution de la charge massique appliquée.

La charge massique appliquée varie entre 0,017 et 0,080 kg $DBO_5$ /kgMVS/j. Les valeurs minimales calculées correspondent aux périodes (juin à août) où l'extraction des boues des bassins aérés a été arrêtée. En moyenne, la charge massique est de 0,045 kg $DBO_5$ /kgMVS/j, ce qui correspond à une station fonctionnant à très faible charge ou en aération prolongée ( $C_m < 0,1$  kg $DBO_5$ /kgMVS/j).

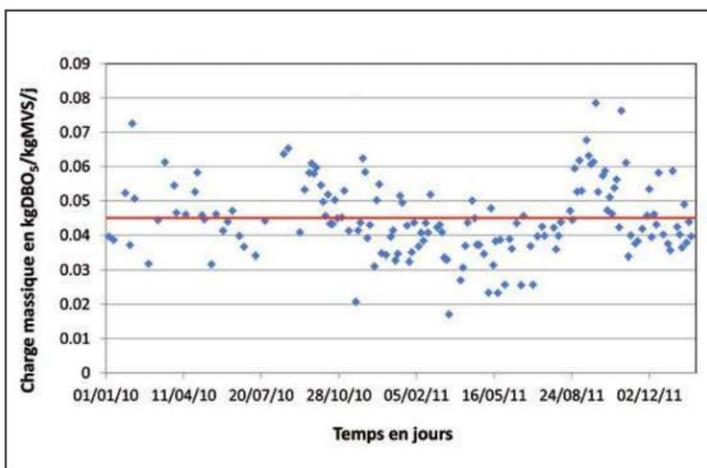


Figure 7. Évolution de la charge massique appliquée (filet rouge : moyenne sur la période)

### 3.2.7. Production et âge de boues

La production de boues (exprimée en kgMES/j) a été déterminée à l'aide de la masse de boues en sortie du système (équation 10) et à partir de l'estimation de la production de boues biologiques et physico-chimiques (équation 11) selon les relations suivantes :

$$P_{boues} = M_{boues\ extraites} + M_{boues\ effluent} + \Delta_{masse\ MES\ dans\ le\ système} \quad [10]$$

$$P_{boues} = P_{Biologiques} + P_{Physico-chimiques} \quad [11]$$

La production de boues biologiques a été estimée par la formule du binôme [DUCHÈNE, 1999] en considérant les flux en MES et  $DBO_5$  de l'eau résiduaire, des matières de vidange et produits de curage.

$$P_{biologiques} = k \frac{\Phi DBO_5_{INF+MV+Cur} + \Phi MES_{INF+MV+Cur}}{2} \quad [12]$$

Le paramètre d'ajustement ( $k$ ) varie selon les caractéristiques de l'influent entre 0,84 (réseau séparatif) et 1,02 (réseau unitaire) pour un temps sec. Considérant que le réseau de la station étudiée est à 70 % séparatif, le paramètre  $k$  a été estimé par extrapolation à 0,89.

La surproduction de boues liée à l'ajout de chlorure ferrique dans les bassins aérés a été calculée à partir de l'estimation du phosphore à précipiter. Celui-ci a été calculé selon l'équation suivante [DERONZIER et CHOUBERT, 2004] :

$$P_{à\ précipiter} = PO_4_{INF} - PO_4_{EFF} - P_{assimilé} \quad [13]$$

Avec le phosphore assimilé pour les besoins métaboliques de la biomasse ( $P_{assimilé}$ ) égal à 1 % de la  $DBO_5$  éliminée (l'apport supplémentaire en  $DBO_5$  des matières de vidange et produits de curage a été considéré dans le calcul du flux de  $DBO_5$  éliminée).

Notons que, puisque le traitement du phosphore est réalisé par voie combinée, la part de phosphore suraccumulée dans les boues devrait également être considérée dans l'estimation du phosphore à précipiter [DERONZIER et CHOUBERT, 2004]. Cependant, par absence de données cinétiques (de relargage et réabsorption de phosphate) et parce que les rende-

Du 22 juin 2007 au 21 juillet 2015

## Un arrêté ministériel fixant trois critères de seuil pour la gestion des réseaux d'assainissement par temps de pluie :

- Pas plus de 20 jours de déversements par an par déversoir d'orage
- Ou un rejet par temps de pluie < 5% des volumes collectés
- Ou < 5% du flux de polluants produits par an

Les solutions passent par une réduction des rejets aux réseaux. La déconnexion des surfaces déjà imperméabilisées nécessite le recours aux techniques alternatives.



Mise en œuvre d'une chaussée réservoir dans le cadre d'une réhabilitation de voirie - CUNCY (59)

L'ADOPTA peut vous **aider** et vous **accompagner** dans vos démarches ou projets en faveur d'une gestion durable des eaux pluviales (mise en place d'une nouvelle politique, sensibilisation auprès du public...).

### Ses outils :

- des fiches de vulgarisation et des vidéos,
- des réunions thématiques,
- des visites de sites,
- un showroom,
- un site Internet [www.adopta.fr](http://www.adopta.fr)
- des sessions de formation adaptées à la demande,
- des conférences, colloques...
- de la recherche et du développement (études sur la bouche d'injection, création de protocoles de réception des techniques alternatives, SIG...)
- et surtout :

**plus de 17 années d'expérience**



Conférences / Débats



Protocoles de réception des techniques alternatives



Journées de sensibilisation en partenariat avec l'Agence de l'Eau Artois Picardie

Association pour le Développement Opérationnel et la Promotion des Techniques Alternatives  
746, rue Jean Perrin - Parc d'activités de Dorignies - BP 300 - 59351 DOUAI Cedex  
Tél : 03/27/94/42/10 - Fax : 03/27/94/40/39  
Mail : [contact@adopta.fr](mailto:contact@adopta.fr) - Site Internet : [www.adopta.fr](http://www.adopta.fr)





# DESINFECTION des EAUX POTABLES, de PISCINE et de PROCESS



## CHLORE GAZEUX

- Pureté de 99.8%
- Bouteilles de différentes capacités (6, 15, 30 et 50 Kg)
- Entretien régulier des bouteilles



## MATÉRIEL DE CHLORATION ET DE SÉCURITÉ

- Analyseur de chlore
- Matériel île sécurité

## NOUVEAU

- Module clé en main pour le stockage du chlore



## FORMATION ET AUDIT

- Formation « Le chlore gazeux et la sécurité »

## NOUVEAU

L'AQUAMANDIX POUR RETIRER LE FER ET LE MANGANÈSE  
DANS L'EAU POTABLE

**Eurochlore SAS**  
25, rue Circulaire  
78110 Le Vesinet  
France  
[www.eurochlore.com](http://www.eurochlore.com)

**E**UROCHLORE.SAS

ments de déphosphatation biologiques sont très influencés par les caractéristiques de l'influent et les conditions de traitement (selon temps sec ou temps de pluie, concentration d'acides gras volatils (AGV) dans l'influent, ratio DBO/P de l'influent...), la part de phosphore suraccumulée dans les boues a été considérée comme négligeable devant celle précipitée.

La production de boues estimée selon l'équation 10 (extraction des boues) est en moyenne de 9157 kgMES/j contre une production de 7572 kgMES/j selon l'équation 11 (production biologique et physico-chimique). Compte tenu des hypothèses simplificatrices faites lors du calcul du phosphore précipité et des fortes incertitudes liées à la mesure de la concentration en MES des matières de vidange et produits de curage, l'écart moyen entre les deux estimations de la production de boues (17 %) est considéré comme acceptable.

L'âge de boues a été déterminé à partir des calculs précédents, en moyennant par année la quantité de boues dans les bassins et les masses de boues extraites. L'âge de boues moyen pour les années 2010 et 2011 est respectivement de 23 j et 21 j. Les résultats obtenus sont en accord avec l'ordre de grandeur de l'âge de boues correspondant à la charge massique calculée (entre 10 et 30 j).

## Conclusion

L'objectif du travail réalisé était d'analyser et de consolider les données d'autosurveillance d'une station d'épuration selon le protocole développé par le groupe GMP. Pour cette installation, bien que les données d'autosurveillance et de supervision aient été de très bonne qualité, le protocole d'analyse systématique du groupe GMP a permis de détecter certaines données erronées et de les consolider.

L'analyse des débits de la station au moyen de bilans hydrauliques a mis en évidence deux débits à consolider :

- le débit d'entrée de station ( $Q_{INF}$ ) ;
- et le débit d'entrée d'un des bassins aérés ( $Q_{BAI}$ ).

Au moyen d'une analyse croisée de bilans hydrauliques réalisés en différents points de la station, les données des débits identifiées comme erronées ont été consolidées puis validées.

L'analyse des concentrations de l'influent a révélé que les données de l'autosurveillance étaient de très bonne qualité. En effet, la suppression des données erronées, à partir de l'analyse croisée de leur distribution statistique et des ratios, ne concernait que seulement 3 % des données.

À partir des données consolidées, une analyse du fonctionnement de la station a été réalisée. Le tri des données temps sec/temps de pluie a permis d'évaluer la gamme de variation des flux polluants en entrée de la station et de mettre en évidence le très faible impact du temps de pluie sur les caractéristiques des eaux résiduaires et notamment sur les ratios caractéristiques. Ces résultats valident l'utilisation de ratios uniques pour caractériser l'influent en entrée des étages biologiques.

Bien que le débit des apports extérieurs (matières de vidange et produits de curage) soit faible, leur apport en flux de pollution est important en comparaison du flux journalier apporté par l'eau résiduaire urbaine (19 % DCO, 33 % MES, 4 % NTK, 9 % P). Il convient donc de les prendre en compte lors de l'analyse des données de fonctionnement des stations. Les bilans massiques réalisés permettent enfin de caractériser avec précision les principaux paramètres de fonctionnement de l'installation tels que la consommation en oxygène, la production et l'âge de boues.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la responsable process de la station d'épuration étudiée ainsi que les personnes travaillant au département recherche et développement de Saur, pour leur aide et contribution précieuses à ces travaux.

Symbole	Définition	Unité
$\Phi$	Flux de matière	Selon paramètre
bex	Boues extraites	-
bre	Boues recirculées	-
Cur	Produits de curage	-
DBO <sub>5</sub>	Demande biologique en oxygène, mesurée au bout de 5 jours	mgO <sub>2</sub> /L
DCO <sub>t</sub>	Demande chimique en oxygène	mgO <sub>2</sub> /L
EFF	Effluent	-
FeCl <sub>3</sub>	Chlorure ferrique	-
INF	Influent	-
Im	Liqueurs mixtes	-
MES	Matières en suspension	g/L
MS	Matières sèches	g/L
MV	Matières de vidange	-
MVS	Matières volatiles en suspension	g/L
NGL	Azote global (=NTK+N-NO <sub>3</sub> +N-NO <sub>2</sub> )	mgN/L
NH <sub>4</sub>	Ammonium	mgN/L
NO <sub>3</sub>	Nitrate	mgN/L
NTK	Azote Kjeldahl (=N <sub>organique</sub> + N-NH <sub>4</sub> )	mgN/L
PO <sub>4</sub>	Orthophosphates	mgP/L
PP	Phosphore particulaire	mgP/L
P <sub>t</sub>	Phosphore total (=P-PO <sub>4</sub> +PP)	mgP/L
Q <sub>0</sub> , Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub>	Débits mesurés au niveau du bloc de prétraitements	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>BA1</sub> , Q <sub>BA2</sub>	Débits d'entrée des étages biologiques	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>bex1</sub> , Q <sub>bex2</sub>	Débits d'extraction des boues	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>bre1</sub> , Q <sub>bre2</sub>	Débits de recirculation des boues	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>bypass,1</sub>	Trop-plein d'eau au niveau des pompes de relevage	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>bypass,2</sub>	Trop-plein d'eau au niveau des prétraitements P2 et P3	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>bypass,3</sub>	Trop-plein d'eau au niveau du répartiteur	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>bypass,4</sub>	Trop-plein d'eau général	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>Cur</sub>	Débit des matières de curage	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>EFF</sub>	Débit de l'effluent	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>INF</sub>	Débit de l'influent (eau résiduaire urbaine)	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>MV</sub>	Débit des matières de vidange	m <sup>3</sup> /j
Q <sub>retours</sub>	Débit incluant les eaux issues du prétraitement des boues et les apports extérieurs	m <sup>3</sup> /j
V	Volume des bassins d'aération	m <sup>3</sup>

## Bibliographie

BARKER P.S., DOLD P.L. (1995) : « COD and nitrogen mass balances in activated sludge systems ». *Water research* ; 29(2) : 633-43.

CANLER J.-P. (2010) : « Guide technique sur les matières de vidange issues de l'assainissement non collectif : caractérisation, collecte et traitements envisageables ». *Document technique FNDAE n° 37*, 65 p.

DERONZIER G., CHOUBERT J.-M. (2004) : « Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique ». *Document technique FNDAE n° 29*, 49 p.

DUCHÈNE P. (1999) : « Estimation de la production des boues ». *CemOA Publications - Publications scientifiques et techniques du Cemagref*, 12 p.

GOLLA G., PETIT K., HOCQUET C. (2010) : « Bilan 2008 de l'assainissement en France ». *Rapport pour l'Onema*, 27 p.

HAUDUC H. (2010) : *Modèles biocinétiques de boues activées de type ASM : Analyse théorique et fonctionnelle, vers un jeu de paramètres par défaut* [thèse]. Génie civil et génie des eaux, Université Laval/AgroParisTech, Québec (CA)/Paris, 221 p.

HAUDUC H., GILLOT S., RIEGER L., OHTSUKI T., SHAW A., TAKACS I., WINKLER S. (2009) : « Activated sludge modelling in practice - An international survey ». *Water Science & Technology* ; 60(8) : 1943-51.

MEIJER S.C., VAN DER SPOEL H., SUSANTI S., HEIJNE J.J., VAN LOOSDRECHT M.C. (2002) : « Error diagnostics and data reconciliation for activated sludge modelling using mass balances ». *Water Sci Technol* ; 45(6) : 145-56.

MEIJER S.C., VAN LOOSDRECHT M.C., HEIJNEN J.J. (2001) : « Metabolic modelling of full-scale biological nitrogen and phosphorus removing wwtp's ». *Water Res* ; 35(11) : 2711-23.

RIEGER L., GILLOT S., LANGERGRABER G., OHTSUKI T., SHAW A., TAKACS I., WINKLER S. (2013) : *Guidelines for Using Activated Sludge Models*. London, IWA Publishing, 312 p.

STRICKER A.E. (2000) : *Application de la modélisation à l'étude du traitement de l'azote par boues activées en aération prolongée : comparaison des performances en temps sec et en temps de pluie* [thèse]. Laboratoire des systèmes hydrauliques urbains Engees, Université de Strasbourg I - Louis Pasteur, 363 p.

STRICKER A.E., HÉDUI A. (2010) : « Phosphore des eaux usées : état des lieux et perspectives ». *Rapport pour l'Onema*, 54 p.

STURGES H.A. (1926) : « The Choice of a Class Interval ». *Journal of the American Statistical Association* ; 21(153) : 65-6.

TUKEY J.W. (1977) : *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company.

## Résumé

**A. FILALI, H. HAUDUC, L. RIEGER, L. PHILIPPE, F. NAULEAU, S. GILLOT**

### Analyse et consolidation de données de fonctionnement des stations d'épuration : une étude de cas

L'analyse du fonctionnement des stations d'épuration et *a fortiori* l'utilisation d'outils de modélisation dynamique de ce fonctionnement s'appuient sur un ensemble de données issues de mesures pouvant être entachées d'erreurs. Ces données, acquises pour l'autosurveillance de l'installation ou pour son exploitation doivent donc être validées de manière systématique afin de décrire au mieux le système de traitement et éventuellement de les utiliser en modélisation. Dans cet article, la procédure d'analyse et de consolidation des données développée par le groupe de travail « Good Modelling Practice » de l'IWA a été appliquée aux données de fonction-

nement d'une station d'épuration dimensionnée pour traiter les eaux résiduaires urbaines de 230 000 équivalent-habitant (EH). L'analyse de ces données a permis l'identification de certaines mesures erronées, concernant principalement les débits d'alimentation des réacteurs biologiques. Celles-ci ont été consolidées à partir de bilans hydrauliques et massiques réalisés à l'échelle de la station. Les données consolidées permettent de décrire précisément les principaux paramètres de fonctionnement de la station, tels que les charges reçues, la production de boues, l'âge de boues et la consommation d'oxygène.

## Abstract

**A. FILALI, H. HAUDUC, L. RIEGER, L. PHILIPPE, F. NAULEAU, S. GILLOT**

### Data analysis and reconciliation of full-scale wastewater treatment plants. A case study

Analysis and modelling of the time-varying operation of wastewater treatment plants are based on a set of measurement data that may contain errors. For a proper description of the process operation, these data, acquired either to evaluate the installation's performances or to operate the plant, should be validated especially before being incorporated into a model. In this paper, the data evaluation and reconciliation procedure developed by the IWA task group GMP "Good Modelling

practice" has been applied to data of an urban wastewater treatment plant designed to treat the wastewater of about 230 000 population equivalents (PE). Data analysis allowed the identification and reconciliation of erroneous data by applying hydraulic and mass balance calculations. Reconciled data were used to describe the main parameters of the plant, such as the sludge production, the sludge retention time and the oxygen consumption.

## Appel à concurrence



Par décision du directeur de l'ARS d'Île-de-France, est ouvert un appel à candidature pour la désignation d'hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique dans les 8 départements d'Île-de-France.

Les hydrogéologues agréés émettent des avis pour le compte de l'ARS, notamment dans le cadre des demandes d'autorisation de captages publics. Leurs avis portent alors sur les disponibilités en eau, le débit d'exploitation et les propositions de périmètres de protection du captage et de prescriptions associées.

Les hydrogéologues agréés basent leurs avis sur leur expertise du fonctionnement hydrogéologique et de la vulnérabilité de la ressource en eau captée.

Le dossier de demande d'agrément peut être téléchargé sur le site de l'agence Régionale de Santé Île-de-France à l'adresse suivante : <http://www.ars.iledefrance.sante.fr/Eau-de-consommation.93614.0.html>

Ce dossier devra être déposé en double exemplaire contre remise d'un accusé de réception ou adressé sous pli recommandé au plus tard le 15 janvier 2016, auprès du siège de l'ARS Île-de-France.

**Personne à contacter :** Stéphane CAZIMAJOU – 01 44 02 07 14