



---

Communauté d'Agglomération du Puy-en-Velay  
Station d'épuration de SAINT-PAULIEN - Bourg

(n° SANDRE 0443216S0001)

*Ouvrage de type boues activées, dimensionné en aération prolongée*

**DIAGNOSTIC DES CONDITIONS DE  
FONCTIONNEMENT**

*Mesures réalisées du 21 au 23 juillet 2020*

---

établi par le

**Service Eau & Assainissement**



Portée communiquée  
sur [www.hauteloire.fr](http://www.hauteloire.fr)

Haute-Loire Ingénierie  
Service Eau & Assainissement

04 71 07 41 71 – [sea.inge43@hauteloire.fr](mailto:sea.inge43@hauteloire.fr)



## SOMMAIRE

<b>I. PREAMBULE.....</b>	<b>2</b>
<b>II. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS.....</b>	<b>4</b>
II.2 LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT .....	6
II.2.1 DESCRIPTIF GENERAL .....	6
II.2.2 POLLUTIONS COLLECTEES.....	6
II.3 LA STATION D'EPURATION : DESCRIPTIF DES OUVRAGES.....	7
II.3.1 LA FILIERE EAU .....	7
II.3.2 LA FILIERE BOUES .....	9
<b>III. ETUDE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE</b>	<b>10</b>
III.1 AVANT PROPOS – PROTOCOLE DES MESURES .....	11
III.2 RESULTATS DES MESURES.....	12
III.2.1 LES CHARGES RECUES .....	12
III.2.2 CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS BRUTS.....	19
III.2.3 FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE DE L'INSTALLATION .....	21
III.2.4 ANALYSE DE LA DECANTATION .....	26
III.2.5 RENDEMENTS DE L'INSTALLATION .....	27
III.2.6 QUALITE DES EAUX TRAITEES.....	28
III.2.7 PRODUCTION ET TRAITEMENT DES BOUES.....	29
III.2.8 DEPHOSPHATATION .....	31
<b>IV. CONCLUSION .....</b>	<b>32</b>
<b>V. ANNEXES .....</b>	<b>35</b>

Mesures réalisées par : Eric POISSEAU	Date : 21 au 22 juillet 2020	Rapport réalisé par : Eric POISSEAU	Date : 19/03/2021	Rapport vérifié par : Rémi MASSARDIER	Date : 22/03/2021
--	---------------------------------	--	----------------------	--	----------------------

---

## I. PREAMBULE

---

La commune de SAINT PAULIEN se situe au Centre du Département de la Haute Loire, à une dizaine de kilomètres au Nord – Ouest de la ville du Puy en Velay.

La station d'épuration, de type boues activées, est dimensionnée en aération prolongée avec traitement du carbone et de l'azote par voie biologique et traitement du phosphore par voie physico-chimique. Les boues extraites du réacteur biologique sont traitées par huit lits de séchage plantés de roseaux. La station d'épuration est dimensionnée à capacité nominale comme ci-dessous :

**1900 EH – 114 kg DBO5 /j – 228 kg DCO/j – 611 m<sup>3</sup>/j**

L'exploitation du système d'assainissement est assurée par la commune de SAINT PAULIEN (exploitant), la maîtrise d'ouvrage en matière d'assainissement ayant été récupérée par la communauté d'agglomération du Puy en Velay en 2018.

Le présent rapport a pour objet, à partir d'une analyse de la conception des ouvrages et des capacités de traitement et à la vue des résultats des mesures réalisées en juillet 2020 :

- de déterminer la charge hydraulique, la charge organique, les rendements et la qualité du rejet ;
- d'apprécier les performances épuratoires au regard des exigences réglementaires ;
- d'analyser le fonctionnement de la station, notamment l'oxygénation et la décantation, qui permettront d'ajuster le traitement.

---

## **II. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS**

---

## II.1 GENERALITES

Les études préalables (contexte démographique, documents d'urbanisme, mesures de charges) ont conduit le maître d'œuvre, à dimensionner la station d'épuration de SAINT PAULIEN – Le Bourg, comme indiqué ci-dessous :

Capacité de l'ouvrage (constructeur)	<b>1900 équivalents habitants</b>
Charge organique	<b>114 Kg DBO5/j – 228 Kg DCO/j</b>
Charge hydraulique	<b>611 m³/j</b>
Débit moyen journalier	<b>25,5 m³/h</b>
Débit de pointe	<b>47,8 m³/h</b>

Les bases de dimensionnement appliquées par le constructeur sont les suivantes :

Charge organique	60 g DBO5 / équivalent habitant / jour soit 114 Kg DBO5/j 120 g DCO/ équivalent habitant / jour soit 228 kg DCO/j
Charge hydraulique	285 m³/j (150 l/hab/j) et 326 m³/j d'eaux claires parasites soit 611 m³/j.

D'un point de vue hydraulique, La station d'épuration a été dimensionnée et conçue de façon à traiter d'importantes quantités d'eaux claires parasites.

D'un point de vue administratif et réglementaire, la station d'épuration de SAINT PAULIEN a fait l'objet d'une procédure de déclaration en préfecture.

Le niveau de rejet minimal attendu, a été fixé par les services de police de l'eau dans **le récépissé de déclaration**, à savoir :

	Concentration maximale du rejet	Ou	Rendement épuratoire
DBO5	25 mg/l		70 %
DCO	125 mg/l		75 %
MES	35 mg/l		90 %
NGL	15 mg/l		-
PT	2 mg/l		-

Les performances minimales attendues sont définies réglementairement par **l'arrêté du 21 juillet 2015**, à savoir :

	Concentrations maximales du rejet		Rendements épuratoires minimums	Concentrations rédhibitoires
DBO5	35 mg/L	<b>Ou</b>	> 60 %	70 mg/L
DCO	200 mg/L		> 60 %	400 mg/L
MES			> 50 %	150 mg/L

## **II.2 LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT**

### **II.2.1 DESCRIPTIF GENERAL**

Les principales caractéristiques du réseau sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Linéaire total toutes canalisations (66 % unitaire et 34 % séparatif)	≈ 26,7 km
Nombre de déversoirs d'orage	5
Nombre de postes de relevage	3

**Remarque :** Les données ci-dessus sont issues de l'étude de diagnostic de réseaux réalisée en 2009. Un déversoir d'orage a été supprimé en 2017.

A titre d'information, un diagnostic réseau doit être réglementairement réalisé au moins tous les dix ans.

### **II.2.2 POLLUTIONS COLLECTEES**

La station d'épuration a été conçue et dimensionnée de façon à pouvoir traiter la pollution domestique et assimilée, produite sur le bourg et sur les secteurs limitrophes. A ce jour, au sens de l'article L1331 du code de la santé publique, la station ne traite aucun effluent de type industriel (eaux usées non domestiques).

Les besoins en terme de capacité de l'ouvrage d'épuration vis à vis de la charge organique, ont été établi par le maître d'œuvre de la façon suivante :

Population actuellement raccordée :	1200 équivalents habitants
Evolution à 15 ans :	550 équivalents habitants

On rappellera que la commune de Saint Paulien comptait au dernier recensement 2 402 habitants (données INSEE 2015).

On rappellera enfin, que réglementairement, un équivalent habitant correspond à la pollution de 60 g de DBO5 et qu'en aucun cas un équivalent habitant n'est égal à la pollution produite par un habitant physique.

## **II.3 LA STATION D'EPURATION : DESCRIPTIF DES OUVRAGES**

### **II.3.1 LA FILIERE EAU**

#### **DEGRILLAGE GROSSIER**

Afin de protéger les équipements électromécaniques, les eaux usées brutes sont tout d'abord dégrillées par l'intermédiaire d'un dégrilleur vertical automatique de 4 cm d'entrefer. Celui-ci est programmé de façon à fonctionner 2 minutes toutes les 30 minutes. En outre, en cas de colmatage, une poire de niveau placée en amont du dégrilleur, permet d'activer son fonctionnement.

#### **DEVERSOIR D'ORAGE**

En aval du dégrilleur, une vanne pelle permet d'écrêter le débit entrant. Le débit rejeté par surverse est comptabilisé en continu par un débitmètre à sonde ultrason Endress+Hauser Prosonic FDU 91 et transmetteur FMU 90 placé sur le canal de jaugeage de type venturi Endress + Hauser HQI 520. Les données sont centralisées sur la télésurveillance de la station. Cet effluent passe par une noue d'infiltration avant de rejoindre le Chalon.

#### **DESSABLAGE**

Un dessableur statique rectangulaire est implanté en aval du déversoir. Ses dimensions sont de 3 m par 1,5 m. L'évacuation des sables décantés en fond d'ouvrage est assurée par pompage 2 à 3 fois par an (la vanne de vidange ne fonctionnant pas correctement).

#### **TAMISAGE**

Les eaux usées sont tamisées par l'intermédiaire d'un tamis équipé d'une grille inox de 0,75 mm de mailles et alimenté en continu. Afin de prévenir son colmatage, le tamis est nettoyé manuellement deux fois par semaine. Les déchets sont compactés avant d'être évacués via la filière d'élimination des déchets ménagers et assimilés.

#### **ZONE DE CONTACT**

Afin de limiter les risques de développement de bactéries filamenteuses, les eaux usées prétraitées sont déversées dans une zone dite de contact de 17 m<sup>3</sup>, dans laquelle est également recirculée la biomasse issue du poste de recirculation.

#### **BASSIN D'AERATION**

D'un volume de 517 m<sup>3</sup> (volume utile) le bassin d'aération est équipé d'une turbine de surface de 15 kW. Hors phase d'aération, la biomasse est maintenue en suspension par l'intermédiaire d'un agitateur rapide de 5 kW. La commande de l'oxygénation est assurée par horloge.

#### **Commentaires**

*Les règles de dimensionnement actuellement admises, précisent qu'une charge massique de 0,1 Kg DBO<sub>5</sub>/kgMVS/j permet d'assurer un traitement des matières organiques et des matières azotées, à une concentration en MVS de 2,8 g/l (MES 4 g/l +/-0,5 à 70%). En conséquence, le réacteur biologique doit être capable de traiter à charge nominale et sous réserve d'une parfaite gestion de la filière boues et de la charge hydraulique (limitation des eaux claires parasites), une charge polluante estimée à environ 145 Kg DBO<sub>5</sub>/j.*

*Par ailleurs, le calcul des besoins théoriques en oxygène montre qu'à capacité nominale, les besoins seraient de 214 kg O<sub>2</sub>/j. La turbine est donnée en eaux claires pour apporter 1,7 Kg O<sub>2</sub>/KWh soit 25,5 kg O<sub>2</sub>/h. Dans le bassin biologique, en appliquant un coefficient de transfert de 0,8 (calcul tenant compte de l'altitude de la station et de la température des eaux usées), la turbine serait capable de fournir environ 17,9 Kg O<sub>2</sub>/h. Le temps de fonctionnement de la turbine à capacité nominale serait donc théoriquement d'environ 12 heures/jour.*

#### **DEGAZEUR**



Avant séparation de l'eau traitée et des boues, un dégazeur de 3,5 m<sup>2</sup> a été mis en place. Les écumes du dégazeur, ainsi que les flottants du clarificateur sont collectées dans un bac à écume. L'ensemble est renvoyé vers la filière de traitement des boues.

### DEPHOSPHATATION

Le traitement physico-chimique du phosphore est réalisé par injection de chlorure ferrique soit au niveau de la zone de contact, soit au niveau du dégazeur.

### CLARIFICATEUR

La séparation entre l'eau épurée avant rejet au milieu naturel et la biomasse active, s'opère dans un clarificateur raclé de 91,6 m<sup>2</sup> de surface utile (hors goulotte et clifford). La pente du radier est de 17% et la hauteur de la tranche d'eau en périphérie de 3,0 m.

#### Commentaires

*Au-delà de la surface totale du clarificateur, c'est la surface du miroir (surface en eau, hors clifford et goulotte extérieure) qui doit être prise en compte dans le dimensionnement des clarificateurs. Ainsi, la surface du miroir étant de 91,6 m<sup>2</sup>, en appliquant un indice de boues théorique optimal de 100 mL/g, avec une concentration de 4,0 g/L en MES, la vitesse ascensionnelle maximale admissible serait de 1,2 m/h, soit un débit de pointe d'environ 110 m<sup>3</sup>/h. En revanche, en cas d'indice de boues moins favorable (> 200 mL/g), ce qui est couramment le cas lorsque les effluents sont dilués ou carencés, la vitesse ascensionnelle limite serait de 0,6 m/h et le débit maximal admissible de 50 m<sup>3</sup>/h.*

*Par ailleurs, il est admis qu'une vitesse ascensionnelle de 0,25 m/h au débit moyen, est suffisante pour éviter tout dysfonctionnement. En conséquence, le clarificateur permet d'admettre un débit moyen de 23 m<sup>3</sup>/h et un débit moyen journalier de 550 m<sup>3</sup>/j (23 x 24) tout en assurant des conditions optimales de décantation.*

### CANAL DE COMPTAGE

Le débit rejeté est comptabilisé en continu par un débitmètre à sonde ultrason Endress+Hauser Prosonic FDU 91 et transmetteur FMU 90 placé sur le canal de jaugeage de type venturi Endress + Hauser HQI 520. Les données sont centralisées sur la télésurveillance de la station.

### PUITS DE RECIRCULATION

Les boues sont recirculées vers la zone de contact par l'intermédiaire de deux pompes de recirculation de 50 m<sup>3</sup>/h chacune, fonctionnant en alternance.

### POSTE TOUTES EAUX

L'ensemble des eaux de colature est ramené vers un poste toutes eaux, équipé de 2 pompes de 20 m<sup>3</sup>/h chacune.

## II.3.2 LA FILIERE BOUES

### **EXTRACTION**

Les boues en excès sont extraites de la filière eaux par l'intermédiaire de deux pompes d'extraction de 50 m<sup>3</sup>/h chacune, placées dans le puits de recirculation. Deux débitmètres électromagnétiques (un sur chaque conduite de refoulement) permettent de quantifier les boues produites.

### **DESHYDRATATION STOCKAGE**

Les boues extraites depuis le puits de recirculation sont envoyées vers un ensemble de 8 lits de séchage plantés de roseaux de 100 m<sup>2</sup> chacun. Depuis octobre 2013, la rotation entre chaque lit s'effectue manuellement deux fois par semaine (3,5 jours d'alimentation pour 24,5 jours de repos). L'alimentation des casiers est programmée par horloge.

### **Commentaires**

*La charge appliquée sur les lits de séchage planté de roseaux doit être limitée à 50 kg MS/m<sup>2</sup>/an lorsque la densification des roseaux est suffisante. Tant que les roseaux n'ont pas colonisé le milieu (on parle de 250 tiges/m<sup>2</sup>), la charge appliquée doit être limitée à 25 Kg MS/m<sup>2</sup>/an.*

*De la même façon, il convient de ne pas dépasser 20 jours de repos entre deux phases d'alimentation (soit une rotation tous les 3 à 4 jours).*

*La siccité attendue des boues avant valorisation agricole est de l'ordre de 15 à 17%.*

*Dans le cas de la station d'épuration de Saint Paulien, la production de boues à capacité nominale est estimée par diverses méthodes : en moyenne 32 tonnes de MS par an soit 123 kg MS/j et 50 kg MS/m<sup>2</sup>/an.*

---

### **III. ETUDE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE**

---

### III.1 AVANT PROPOS – PROTOCOLE DES MESURES

Afin d'étudier les conditions de fonctionnement de l'ouvrage d'épuration du SAINT PAULIEN- Le bourg, il a été réalisé deux mesures consécutives de type bilan 24 heures entre le 21 et le 23 juillet 2020 (de 12h40 à 12h40 puis de 14h35 à 14h35).

Le protocole utilisé lors de cette campagne de mesures, a consisté à déterminer précisément les flux entrants et sortants de l'ouvrage d'épuration. Pour ce faire :

- En entrée de station, un débitmètre de type Octopus (AD59) avec sonde bulle à bulle (SD79), placé en amont du seuil rectangulaire du dessableur, a permis de suivre l'évolution du débit entrant. Un préleveur réfrigéré Aqualyse Aquifroid (PR 32 + REFR27) a été asservi au débitmètre, afin de constituer avec fiabilité un échantillon d'eau brute proportionnel au débit. Le point de prélèvement du préleveur a été placée en aval du dégrilleur ;
- En sortie de station, en parallèle avec l'équipement en place sur l'ouvrage, un débitmètre bulle à bulle HYDREKA Bubbleflow (DB30) a permis de mesurer avec précision le débit rejeté. Un préleveur réfrigéré MAXX et Aquifroid (PR33 + REFR12) a été asservi au débitmètre afin de constituer un prélèvement proportionnel au débit. Le point de prélèvement du préleveur a été installée dans le regard de dissipation du canal de mesure ;

Le tableau ci-dessous détaille le fonctionnement des préleveurs automatiques :

	Du 21 au 22/07/20 (12h40 – 12h40)		Du 22 au 23/07/20 (14h35 – 14h35)	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Fréquence de prélèvement	1 prél. / 2 m <sup>3</sup>	1 prél. / 2 m <sup>3</sup>	1 prél. / 3 m <sup>3</sup>	1 prél. / 3 m <sup>3</sup>
Volume unitaire	49,3 mL	65 mL	49,3 mL	65 mL
Nombre de prélèvements	209 réussis 53 échecs	208 réussis 162 échecs	111 réussis 0 échec	125 réussis 0 échec
Volume total prélevé	10,5 L	13,4 L	5,48L	8,2 L

- Le suivi du fonctionnement du déversoir d'orage en tête de station a été réalisé à partir des données issues du dispositif de comptage des eaux surversées de la station ;
- Le suivi de l'évolution du potentiel Redox dans le bassin d'aération a été réalisé par mise en place d'une sonde (SRED12) connectée sur un transmetteur Hach Lange SC200 (TRANS14;
- En parallèle sur le même transmetteur, le suivi de la concentration en oxygène a été effectué dans le bassin d'aération par une sonde optique LDO (LDO04) (une mesure toutes les 1 minutes de la moyenne des mesures réalisées toutes les 5 secondes pour le Redox et oxygène dissous) ;
- Un pluviomètre à auget (PL07), raccordé à un enregistreur de type Octopus C (AD59), a permis de suivre l'évolution de la pluviométrie sur toute la période des mesures ;
- Les analyses ont été effectuées au Laboratoire TERANA 43.

Lors de cette expertise, l'installation présentait les caractéristiques suivantes :

- les équipements électromécaniques fonctionnaient dans de bonnes conditions ;
- L'extraction des boues n'a pas été suspendue ;

- les mesures ont été réalisées en présence de précipitations et de surverse lors de la première mesure.

## **III.2 RESULTATS DES MESURES**

### **III.2.1 LES CHARGES RECUES**

#### **III.2.1.1 Charges hydrauliques**

L'évolution du débit entrant mesurée au cours du temps sera utilisée en illustration dans les graphiques.

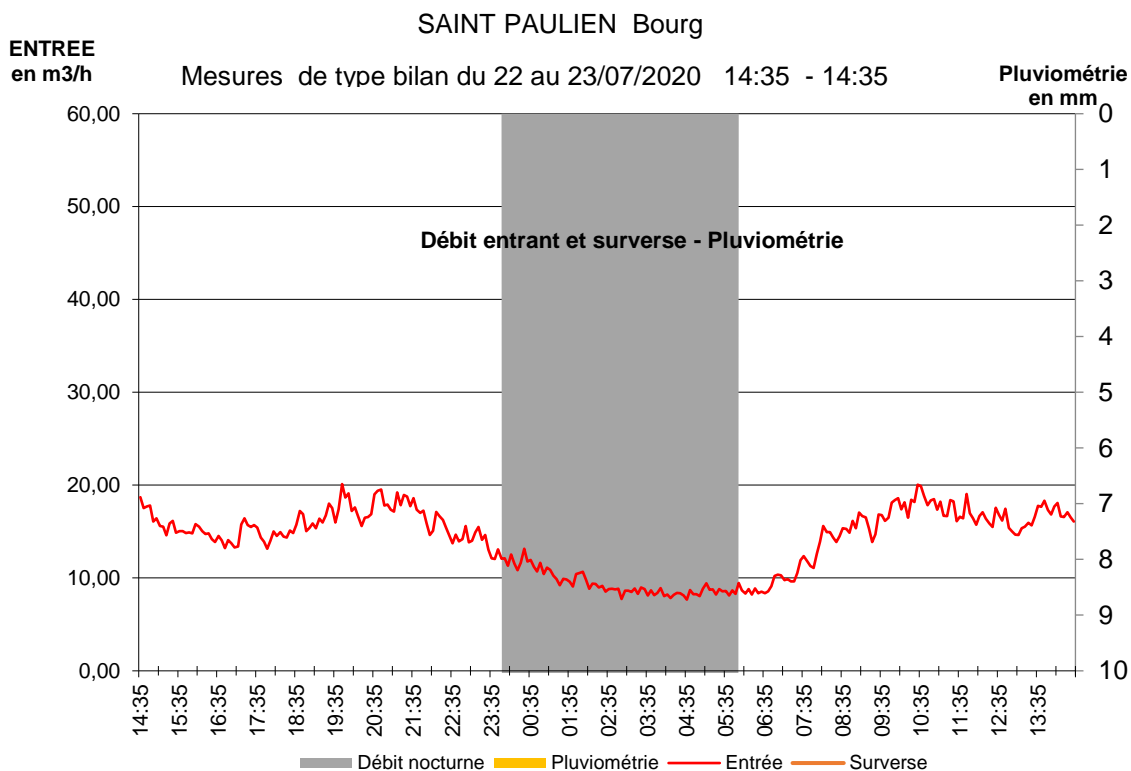
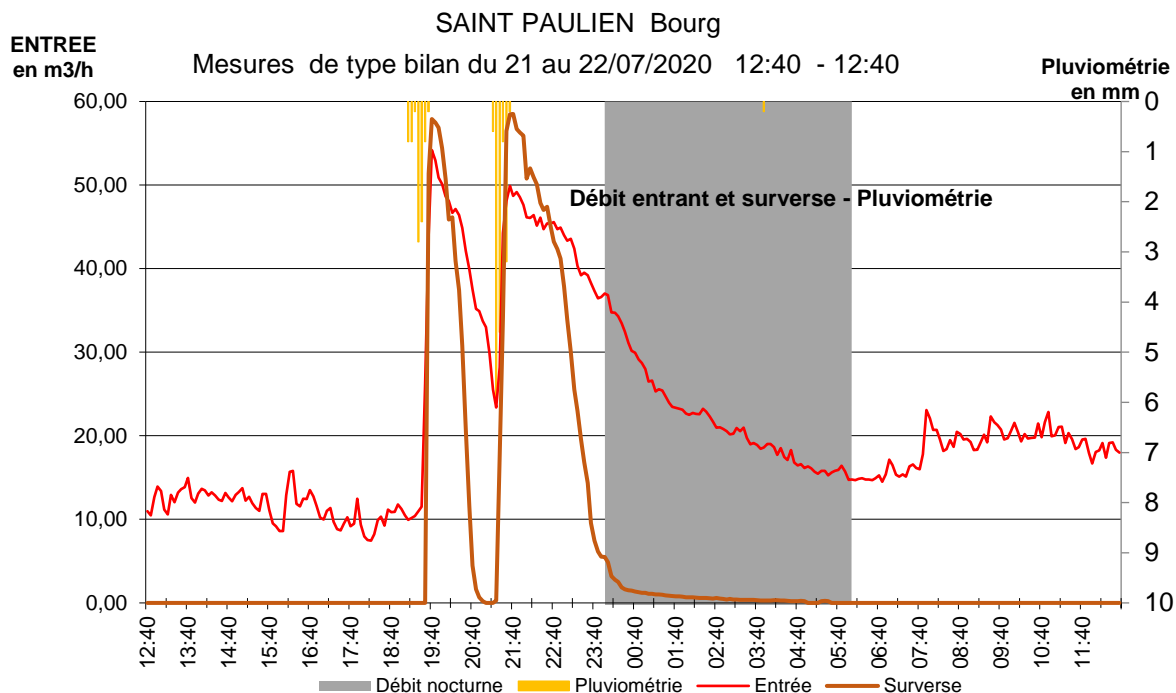
La charge hydraulique admise en entrée de station d'épuration est présentée dans le tableau ci-dessous :

Date	Volume (m <sup>3</sup> /j)	Capacité nominale (m <sup>3</sup> /j)	% Capacité nominale	Q moyen (m <sup>3</sup> /h)	Q max (m <sup>3</sup> /h)	Q mini (m <sup>3</sup> /h)
21-22/07/20	<b>723</b>	611	118	30,16	47,7	9,4
22-23/07/20	<b>333</b>		55	13,9	18,4	8,3

*Lors de cette expertise, la mesure en entrée de station d'épuration indique que celle-ci a reçu une charge hydraulique comprise entre 118 et 55 % de sa capacité hydraulique nominale. Le débit horaire entrant maximal enregistré a été de 47,7 m<sup>3</sup>/j en moyenne sur 1 h.*

147 m<sup>3</sup> d'eaux usées ont été délestées par le déversoir d'orage en tête de station lors de la mesure du 21-22/07/2020.

Les graphes suivants présentent l'évolution du débit entrant durant les 2 mesures de 24h (au pas de temps de 5 minutes) :



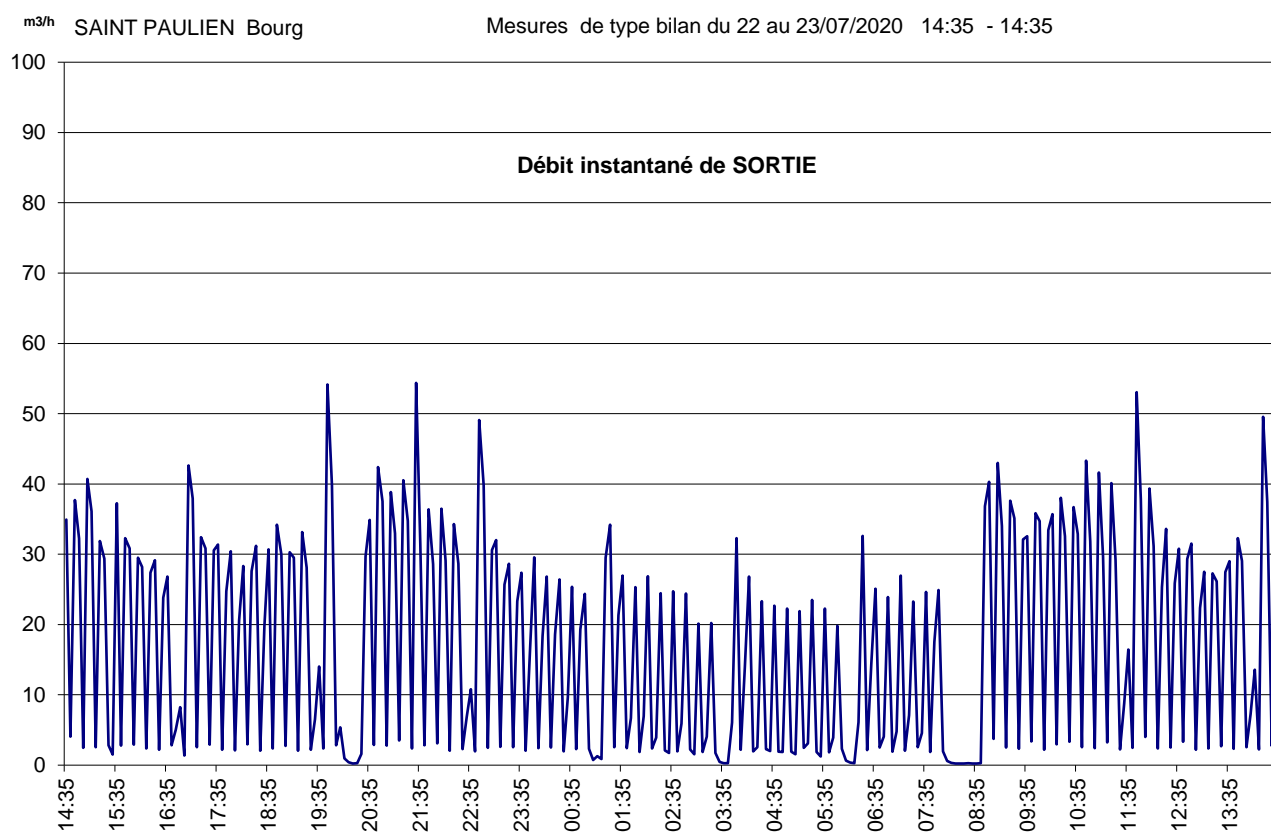
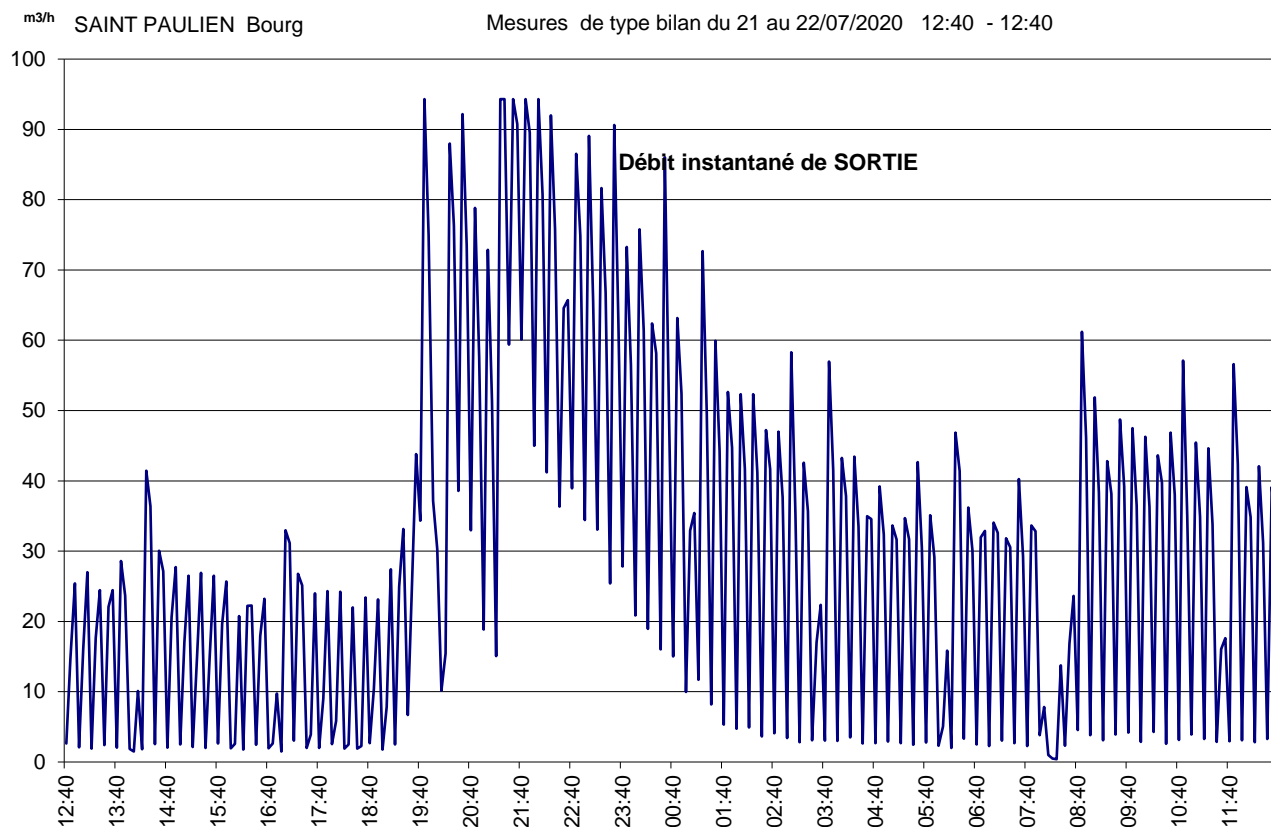
Les remarques suivantes sont faites à l'analyse des graphiques ci-dessus :

- Les fréquentes variations du débit instantané sont dues aux démarrages et arrêts des postes de relevage ;
- On ne retrouve pas clairement sur ces graphes l'évolution habituelle du débit entrant lié à l'activité domestique (3 pics de débit aux périodes de pointe (8h, 12h et 20h)). Sur la seconde mesure (en absence de pluviométrie), deux périodes d'augmentation de charge de débit sont observées entre 18h et 20h et entre 07h et 10h. On enregistre bien le débit minimum en période nocturne (de 22 h à 6 h) ;
- Les mesures ont été réalisées par temps de pluies lors du premier bilan et par temps sec pour le second. Il est possible d'évaluer la part d'eaux claires parasites permanentes qui était contenue dans l'effluent entrant à partir des débits nocturnes (passés de 0 h à 6 h du matin) pour cette dernière mesure. En considérant que la majeure partie de ces derniers représente les eaux claires, on estime que les effluents reçus du 22 au 23 juillet étaient constitués lors des mesures de presque 50 % d'eaux claires parasites permanentes (évaluation qui est cohérente avec la méthode présentée § III.2.2 et basée sur la comparaison entre les concentrations de l'effluent brute mesuré et celles considérées comme conventionnelles pour une eau usée).
- Lors des mesures, la station a globalement fonctionné à environ 118 % de sa capacité hydraulique nominale pour la première mesure, et 55 % lors de la seconde. On peut noter ici l'impact pluvial qui vient se cumuler aux eaux claires parasites permanentes (dilution proche de 50% sans pluviométrie).
- La pluviométrie mesurée se caractérise par deux épisodes orageux avec une intensité notable (8 et 15,4 mm/h) mais de courte durée (environ 30 mn). Il semble qu'au niveau du débit d'entrée, on peut considérer que l'effet de la pluviométrie de 23,6 mm s'est complètement résorbé au bout de 24 h.
- Les deux épisodes pluvieux impactent très rapidement le fonctionnement hydraulique du système d'épuration, mais les surverses d'eaux usées brutes s'interrompent très rapidement après l'arrêt de la pluviométrie (environ de 4 h pour le second épisode pluvieux).

Les charges hydrauliques **mesurées en sortie** sont présentées dans le tableau suivant :

Date	Volume/ jour (m <sup>3</sup> )	Q moyen (m <sup>3</sup> /h)	Q pointe 5 minutes (m <sup>3</sup> /h)
21-22/07/20	<b>723</b>	30,12	94,3
22-23/07/20	<b>402</b>	16,75	50,5

Les graphes suivants présentent l'évolution du débit de sortie au cours du temps :



Le débit de sortie est fortement influencé par le fonctionnement des pompes de recirculation qui donne à la courbe cet aspect en dents de scie. Les ruptures de la fréquence des courbes de débit correspondent à l'arrêt de l'aération (9 périodes).



Le clarificateur a été dimensionné pour un débit de pointe admissible sur la filière de 50 m<sup>3</sup>/h et une vitesse ascensionnelle de 0,6 m/h.

Le débit maximal mesuré sur toute la période des mesures a été de 94,3 m<sup>3</sup>/h sur 5 minutes, ce qui correspond à une vitesse ascensionnelle de 1,03 m/h sur le clarificateur.

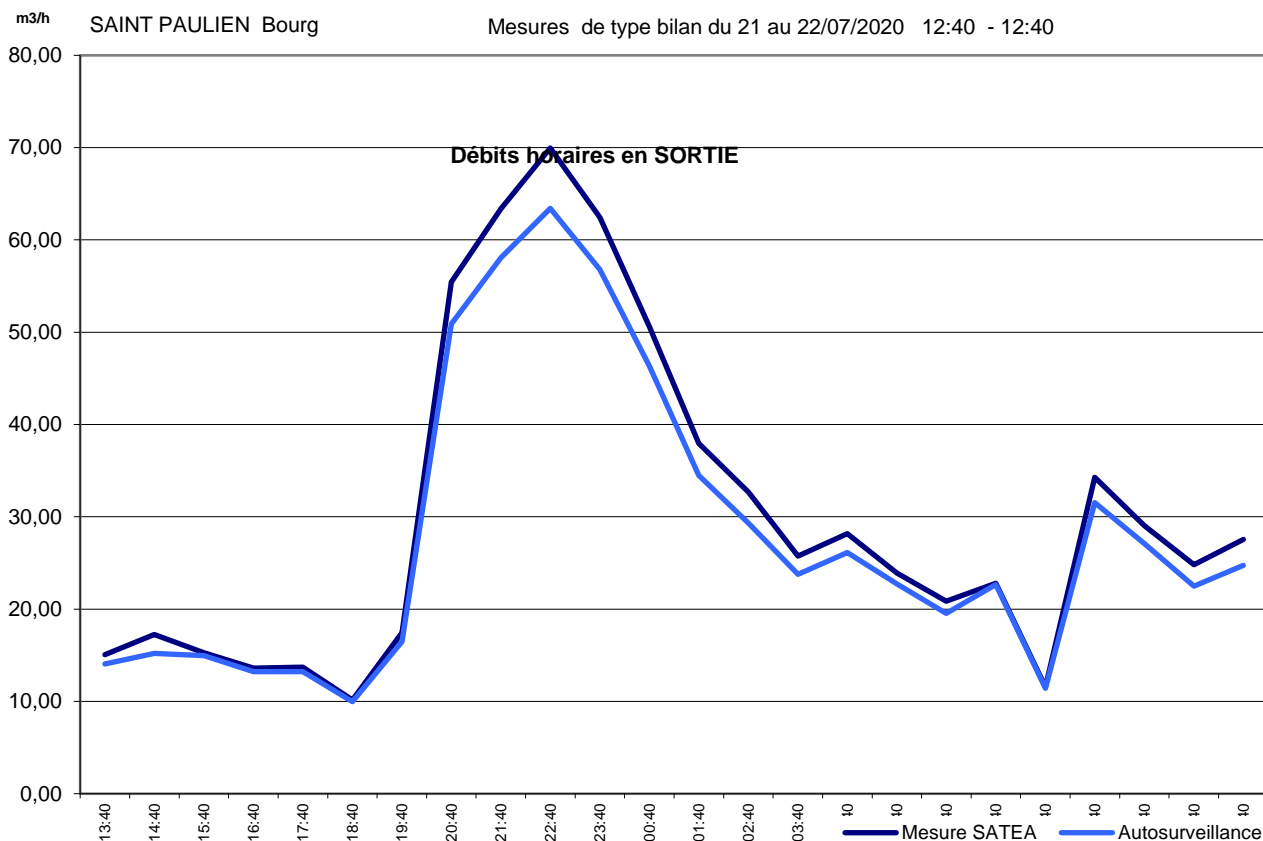
Lors des deux bilans 24 h, le débit admissible était de 63,1 m<sup>3</sup>/h, ce qui indique que l'aptitude à la décantation ne permet pas d'accepter le débit maximal mesuré lors de l'expertise (94,3 m<sup>3</sup>/h). Dans ces conditions, des départs de boues sont théoriquement possibles.

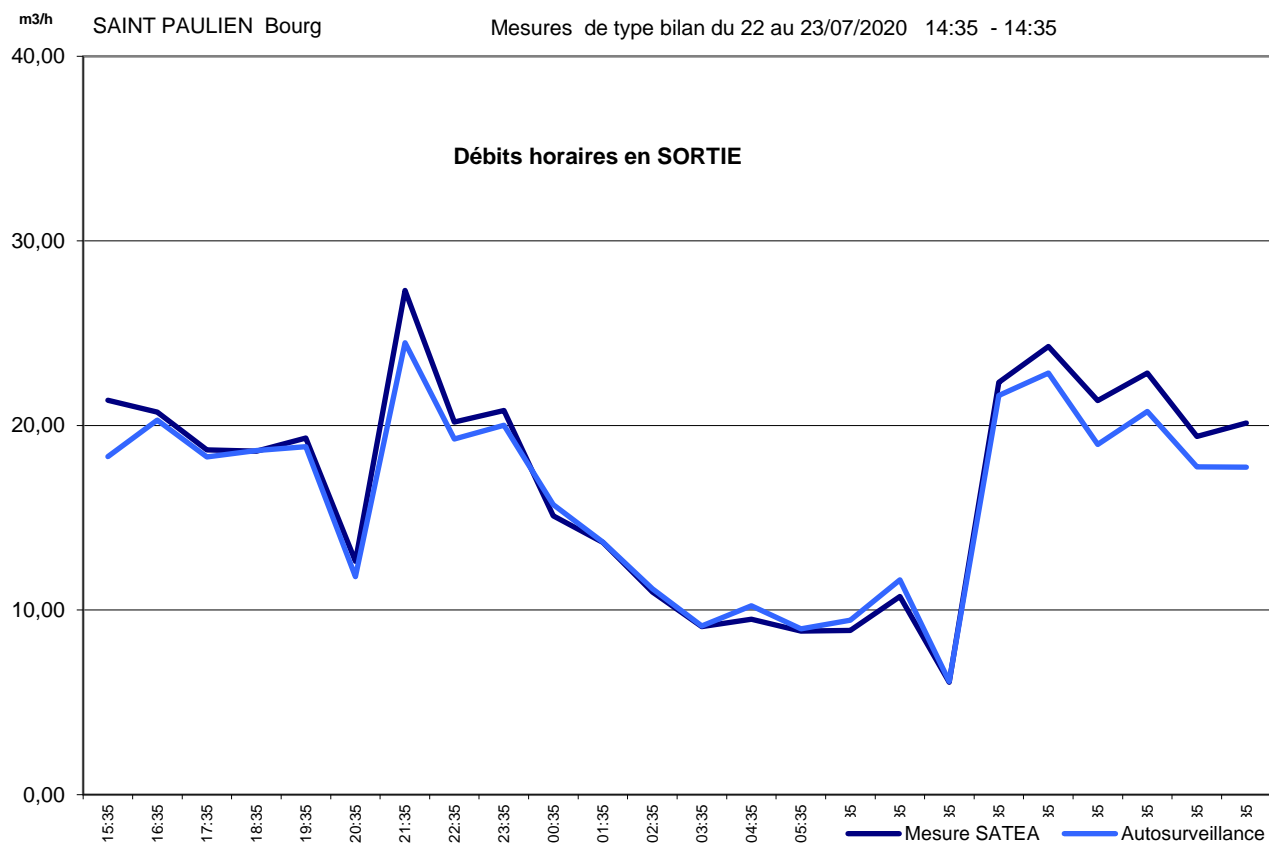
La comparaison des débits mesurés par l'appareil du SEA et celui installé en poste fixe a été faite par relèvement des index totalisateurs et données d'acquisition de la station:

	Débit mesuré SEA (m <sup>3</sup> /j)	Débit mesuré Poste fixe (m <sup>3</sup> /j)	Ecart entre le débitmètre poste fixe et celui du SEA
21-22/07/20	723	669	7,0 %
22-23/07/20	402	386	4,0 %

Les deux débitmètres ont enregistré des valeurs de débit proches. L'écart calculé est acceptable compte tenu des incertitudes liées à l'installation et au paramétrage des 2 appareils.

Le débitmètre à poste fixe de la station fournit des données fiables.





### III.2.1.2 Charges organiques

*Les volumes utilisés pour les calculs qui suivent sont ceux mesurés en entrée de station d'épuration.*

Les mesures réalisées font apparaître les résultats suivants :

	DBO5 (kg/Jour)	DCO (kg/Jour)	MES (kg/Jour)	NK (kg/Jour)	P-total (kg/Jour)
21-22/07/20	<b>101,2</b>	<b>276,2</b>	<b>159,1</b>	<b>20,9</b>	<b>2,4</b>
22-23/07/20	<b>39,9</b>	<b>106,2</b>	<b>43,3</b>	<b>15,0</b>	<b>1,6</b>

Le rapport de la charge organique reçue (effluents bruts), par la charge nominale de la station, fait apparaître les pourcentages de charges en matières organiques suivants :

	DBO5	DCO
21-22/07/20	<b>89 %</b>	<b>101 %</b>
22-23/07/20	<b>35 %</b>	<b>39 %</b>

Lors de cette expertise, la station d'épuration du Bourg de SAINT-PAULIEN recevait une charge organique adaptée à son dimensionnement. On peut penser que la différence de charge entre les deux mesures s'explique par le nettoyage du réseau suite à la pluie orageuse. En effet, comme indiqué dans le commentaire ci-dessous, les charges observées habituellement sont comprises entre 50 et 60 %. Le curage du réseau expliquerait donc les valeurs plus élevées du premier jour de mesure et l'effet résiduel de dilution, celles plus basses le lendemain.

Pour information, le tableau ci-dessous présente les résultats vis à vis de la charge organique telle que mesurée par le SEA lors des précédents bilans réalisés :

Date	DBO5 (Kg/Jour)	% Nominal DBO <sub>5</sub>	DCO (Kg/Jour)	% Nominal DCO
04-05/10/16	34,1	<b>30%</b>	74,0	<b>32%</b>
05-06/10/16	31,4	<b>28%</b>	61,7	<b>27%</b>
04-05/04/17	41,8	<b>37%</b>	109,9	<b>48%</b>
05-06/04/17	59,9	<b>53%</b>	153,5	<b>67%</b>
25-26/09/18	46,1	<b>40%</b>	120,3	<b>53%</b>
26-27/09/18	52,3	<b>46%</b>	141,6	<b>62%</b>
15-16/07/19	53,4	<b>47%</b>	127,5	<b>56%</b>
16-17/07/19	45,3	<b>40%</b>	140,7	<b>62%</b>

A l'exception des bilans de 2016, les valeurs de charges organiques entrantes restent globalement stables et comprises entre 50 et 60% de la capacité nominale.

### III.2.1.3 Estimation des populations raccordées

Paramètres	Ratios théoriques	21-22/07/20	21-22/07/20
<b>DBO5</b>	0,06 (kg/EH)	<b>1687</b>	<b>666</b>
<b>DCO</b>	0,144 (kg/EH)*	<b>1918</b>	<b>738</b>
<b>NK</b>	0,0145 (kg/EH)*	<b>1441</b>	<b>1036</b>
<b>PT</b>	0,0021 (Kg/EH)*	<b>1171</b>	<b>761</b>

(\*) Source IRSTEA – JP Canler 2017

Même si les ratios ci-dessus doivent être utilisés avec précaution, on peut estimer que la pollution produite par environ 1170 équivalent-habitants, était traitée à la station d'épuration lors de ces mesures.

## III.2.2 CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS BRUTS

### III.2.2.1 Concentrations (mg/L)

	21-22/07/20	22-23/07/20	Eaux usées urbaines*
DBO5 (mg/L)	<b>140</b>	<b>120</b>	300
DCO (mg/L)	<b>382</b>	<b>319</b>	700-750
MES (mg/L)	<b>220</b>	<b>130</b>	250
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<b>14,0</b>	<b>31,0</b>	60
NK (mg/L)	<b>28,9</b>	<b>45,1</b>	75-80
P Total (mg/L)	<b>3,4</b>	<b>4,8</b>	10-15

(\*) Source IRSTEA – JP Canler 2017

Les concentrations des eaux usées brutes semblent globalement diluées de moitié par rapport à celles attendues pour un effluent urbain non dilué. La mesure ayant été réalisée par temps sec, cela indique qu'une partie de l'effluent reçu est constituée d'eau claire parasite.

Par un calcul de dilution, on pourrait estimer que la dilution moyenne de l'effluent par des eaux claires parasites se situait à 51,4 %.

### III.2.2.2 Biodégradabilité – Caractéristique des eaux brutes

	21-22/07/20	16-17/07/19	Eaux usées urbaines
DCO/DBO <sub>5</sub>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	2,4
DCO/MES	<b>1,7</b>	<b>2,5</b>	2,1
DCO/NK	<b>13,2</b>	<b>7,1</b>	9,9
DCO/Pt	<b>112</b>	<b>66</b>	72
pH moyen	7,6	8,4	7,8
Conductivité moyenne (μS/cm)	498,0	820,0	900 - 1200

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> traduit la proportion des matières oxydables par voie biologique, par rapport à l'ensemble des matières oxydables contenues dans l'effluent. Il est admis qu'en deçà de la valeur 3, les eaux sont parfaitement oxydables dans une installation d'épuration biologique, ce qui est le cas ici.

Pour l'ensemble des autres rapports entre paramètres, les eaux usées sont conformes à ce qui est généralement obtenu et ne présentaient pas de carence particulière lors de la seconde mesure. Les résultats de la première semblent affectés par la dilution des eaux brutes.

Ces différents ratios ne mettent pas en évidence un apport d'effluent non domestique.

### III.2.3 FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE DE L'INSTALLATION

#### III.2.3.1 Caractéristiques de la biomasse

Les principales caractéristiques de la biomasse sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	15-16/09/19	16-17/07/19	Optimal théorique
MES (g/L)	3,7		4 +/- 0,5
MVS (%)	70%		70% -80%
MVS (g/L)	2,6		2,8 - 3,2
Volume d'aération (m³)	517		
Charge massique (kgDBO <sub>5</sub> /kgMVS/j)	0,08	0,03	0,1
Charge volumique (kgDBO <sub>5</sub> /m³/j)	0,2	0,08	<0,28
Production spécifique de boues (KgMS/j)	79,2	31,0	
Age de boues (j)	17	43	20 j à 10°C
Taux de croissance des boues ( $\mu_0$ )	0,059	0,023	
T° bassin aération moyenne du BA (°C)	19,5	19,5	
Temps de séjour hydraulique (h)	17	37	>15

Dans le cas de la station de Saint Paulien, le taux de biomasse est maintenu bas afin d'obtenir une charge massique acceptable, le plus proche possible de 0,1 kg DBO<sub>5</sub>/kg MVS/j.

A 70 % de Matières Volatiles Sèches (MVS), la biomasse présente une minéralisation optimale.

Lors de la mesure, par temps sec, les charges massiques et volumiques calculées étaient inférieures aux valeurs théoriques optimales. La station fonctionnait ainsi bien dans le domaine de l'aération prolongée.

Il est admis que la température moyenne dans le bassin d'aération doit être supérieure à 12°C pour une activité optimale des micro-organismes responsables de la nitrification de l'azote réduit. Elle était d'environ 19,5 °C lors des mesures.

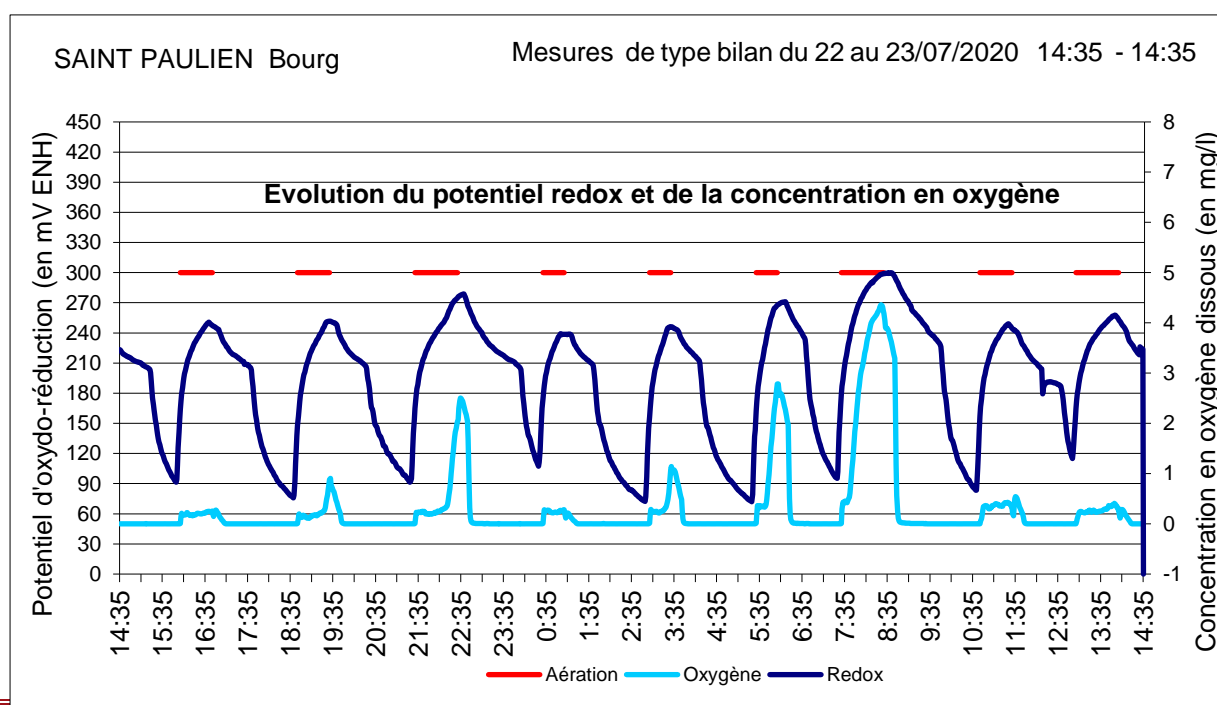
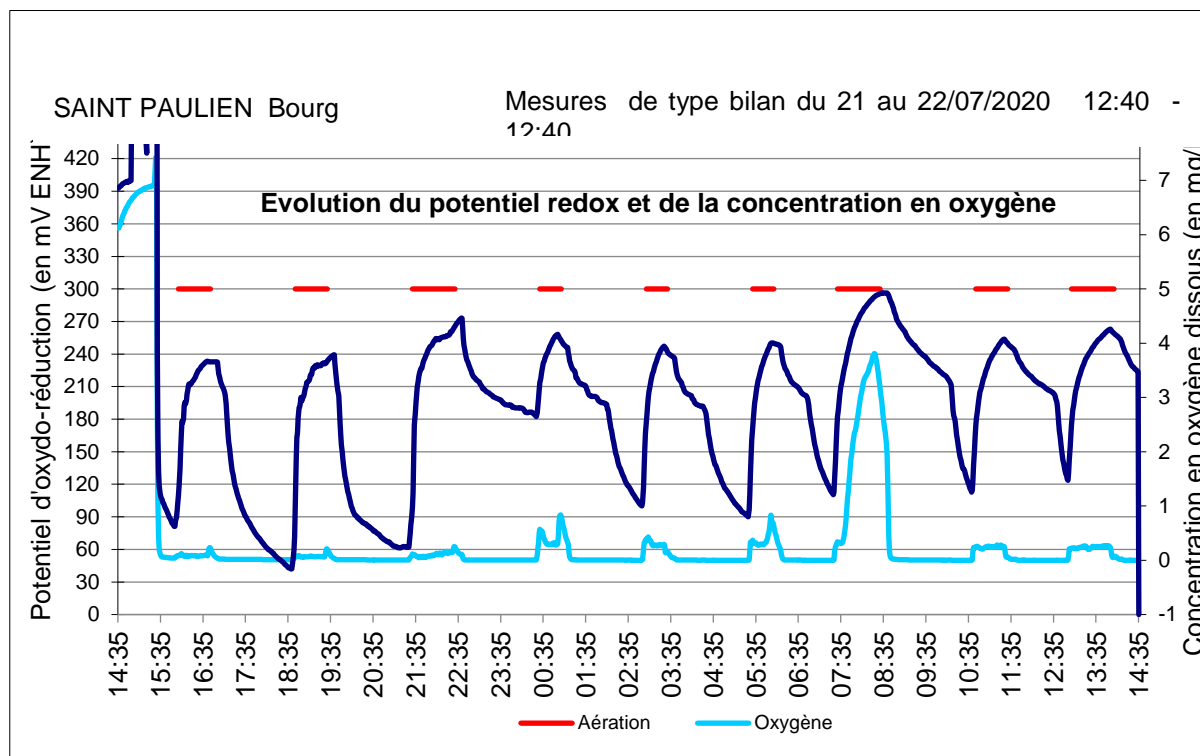
Globalement, on retiendra que les conditions de fonctionnement rencontrées lors des mesures permettaient d'approcher les conditions optimales théoriques (charge organique reçue à environ 60 % de la capacité, taux de biomasse dans le bassin d'au moins 1,5 g/L).

### III.2.3.2 Analyse de l'oxygénation

L'analyse de l'oxygénation a été réalisée dans le bassin d'aération par la mesure de la concentration en oxygène par sonde optique et la mesure du potentiel d'oxydoréduction par électrode de platine, appelé également potentiel redox.

L'association de ces deux enregistrements permet une compréhension poussée des phénomènes d'oxydation mis en jeu, car il permet de suivre l'apport en oxygène, mais aussi les phénomènes anoxiques (absence d'oxygène libre).

Les graphes ci-dessous présentent l'évolution des deux paramètres lors des deux mesures successives de 24h :



**Commentaire :** En théorie, en aération, la saturation en oxygène est atteinte à 9 mgO<sub>2</sub>/L en eau claire.

Après l'arrêt de l'aération, la concentration en oxygène chute rapidement et le potentiel redox diminue et se stabilise successivement à différents paliers séparés par des pentes plus ou moins fortes selon la vitesse des réactions mises en jeu : le premier point d'inflexion correspond à la disparition de l'oxygène dissous, le second à la disparition des nitrates.

La plage théorique optimale de variation du potentiel redox s'étend de 150 à 450 mV, rapporté à l'électrode normale à hydrogène (ENH).

Des conditions anaérobies (absence totale d'oxygène) apparaissent en dessous de 150 mV favorisant des phénomènes de fermentation néfastes à la qualité de la biomasse (difficultés de décantation, odeurs...).

Sur les deux mesures, l'amplitude du potentiel d'oxydoréduction, est comprise entre 60 et 300 mV et celle de la concentration en oxygène est de 0 et 4,4 mg/L (les valeurs extrêmes en début de la période de mesure correspondent à la vérification des sondes).

On note une oxygénation du bassin clairement insuffisante le 21/07 avec des concentrations en O<sub>2</sub> globalement inférieures à 2 mg/L, à l'exception de la phase d'aération de 7h30 à 8h30. L'aération semble retrouver progressivement une certaine efficacité le 22/07 à partir de 22h35, même si elle reste insuffisante.

Si l'allure des courbes redox reste conventionnelle, les seuils mini et maxi sont inférieurs aux plages de valeurs habituellement observées. L'amplitude du potentiel redox, bien que moins importante qu'en théorie, reste cohérente. On remarque sur la plupart des courbes au moins le deuxième point d'inflexion correspondant à la disparition des nitrates. Sur la courbe du 21-22 entre 22 et 24 h, on note aussi l'absence de chute importante du redox comme attendu. Cela s'explique par l'apport d'oxygène dans l'eau usée dû à la pluie, et logiquement par un léger pic dans la concentration mesurée.

A l'analyse de ces deux courbes, les cycles d'arrêt de la turbine paraissent trop longs à certaines périodes de la journée. L'apport d'oxygène semble insuffisant (allure de courbe redox correcte mais concentration en oxygène globalement insuffisante).

La concentration de la biomasse étant correcte, on peut penser que ce défaut d'aération est lié à une charge organique plus élevée (ce qui explique la différence entre les deux courbes) et/ou une insuffisance ponctuelle de l'aération. Il en résulte un passage possible en conditions d'anaérobie, néfastes à la qualité de la biomasse. La qualité du rejet est aussi un élément qui peut permettre de déterminer dans quelle mesure l'aération est insuffisante.

Un ajustement des plages de marche de la turbine semble néanmoins nécessaire, pour sécuriser le traitement (en absence de moyen de régulation automatique de l'aération).

### III.2.3.3 Besoin en oxygène

Par un calcul tenant compte de la charge polluante reçue, des caractéristiques de la turbine et de la qualité de rejet mesurées, le besoin théorique en oxygène est évalué pour le 21-22 et le 22-23 respectivement à **191 et 159 kg/jour**.

Cela reviendrait à faire fonctionner la turbine environ **7,4 et 6,2 h/jour**. La turbine fonctionne actuellement 6,75 h/j. La durée d'aération est donc insuffisante lors de la première mesure et satisfaisante pour la seconde. L'amélioration notée sur la courbe du deuxième bilan est donc confirmée. Les plages de fonctionnement doivent cependant être mieux réparties pour accentuer l'aération aux périodes nécessaires, leur durée légèrement augmentée pour faire face à des augmentations de charge et supprimer les phases en absence d'aération trop longues.

**La programmation actuelle est présentée ci-dessous :**

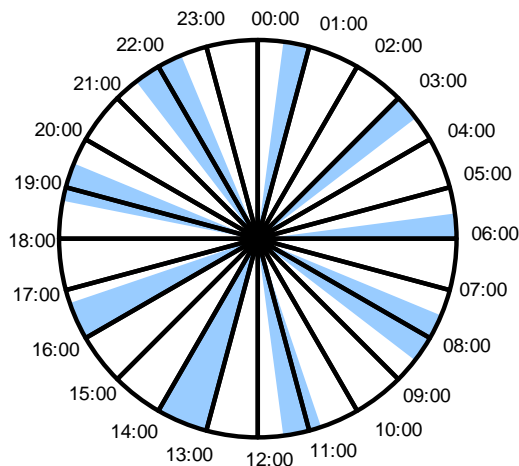


Programmation		Durées	
actuel		ON	OFF
00:00	OFF		00:30
00:30	ON	00:30	
01:00	OFF		02:00
03:00	ON	00:30	
03:30	OFF		02:00
05:30	ON	00:30	
06:00	OFF		01:30
07:30	ON	01:00	
08:30	OFF		02:15
10:45	ON	00:45	
11:30	OFF		01:30
13:00	ON	01:00	
14:00	OFF		02:00
16:00	ON	00:45	
16:45	OFF		02:00
18:45	ON	00:45	
19:30	OFF		02:00
21:30	ON	01:00	
22:30	OFF		01:30
00:30	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		

SAINT PAULIEN

Bourg

22/07/2020



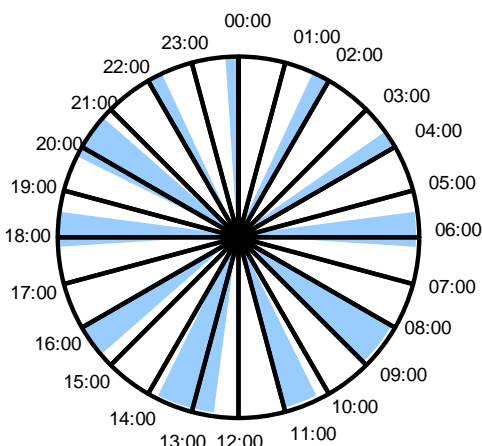
Plage d'aération

Nb Phases aération 9  
Total d'aération en H 6:45  
Durée min Aération 00:30  
Durée max Aération 01:00  
Durée min Arrêt Aération 01:30  
Durée max Arrêt Aération 02:15

**Il est donc conseillé de modifier la programmation de l'aération de la façon suivante :**

Programmation		Durées	
proposée		ON	OFF
00:00	OFF		01:40
01:40	ON	00:20	
02:00	OFF		01:40
03:40	ON	00:20	
04:00	OFF		01:30
05:30	ON	00:45	
06:15	OFF		01:45
08:00	ON	01:00	
09:00	OFF		01:15
10:15	ON	00:45	
11:00	OFF		01:30
12:30	ON	01:15	
13:45	OFF		01:30
15:15	ON	00:45	
16:00	OFF		01:45
17:45	ON	00:45	
18:30	OFF		01:15
19:45	ON	01:00	
20:45	OFF		01:15
22:00	ON	00:20	
22:20	OFF		01:25
23:45	ON	00:15	
00:00	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		
	ON		

SAINT PAULIENBourg



Plage d'aération

Nb Phases aération 10  
Total d'aération en H 7:30  
Durée min Aération 00:15  
Durée max Aération 01:15  
Durée min Arrêt Aération 01:15  
Durée max Arrêt Aération 01:45

Ce nouveau réglage augmente la durée d'aération de 45 minutes par jour pour un total de 7 h 30 /j d'aération réparties en 10 plages de fonctionnement.

#### **III.2.3.4 Recirculation des boues**

La recirculation est assurée par 2 pompes de 50 m<sup>3</sup>/h chacune. Lors de la mesure, elles fonctionnaient alternativement pour un total de 7,8 heures par jour.

Sur la base du débit nominal des pompes de recirculation (50 m<sup>3</sup>/h), le débit journalier recirculé serait de 390 m<sup>3</sup>/j, soit un taux de recirculation de 65% par rapport au débit nominal de temps sec (611 m<sup>3</sup>/j) et respectivement 54 et 97 % par rapport aux débits reçus le 21-22 et le 22-23/07/20.

Il est reconnu qu'un taux de recirculation compris entre 150% et 200% doit être recherché.

**Au regard du débit rentrant lors des mesures, le réglage des pompes de recirculation n'est pas satisfaisant, le temps de recirculation devrait en théorie être plus important.**

Dans la pratique, il est difficile de réaliser un réglage au jour le jour. A noter que la mesure ponctuelle du voile de boue est plutôt satisfaisante.

### III.2.4 ANALYSE DE LA DECANTATION

Les principaux éléments relatifs à la décantation des boues sont présentés ci –dessous :

	21 – 22/07/20	22 – 23/07/20	Optimal théorique
Décantation 30' (ml)	170	170	
Dilution	4	4	
Indice de boues	<b>184</b>	<b>184</b>	100-150
Hauteur du voile (m)	0,2	0,2	< -1,5
Surface du miroir du décanteur (m2)	91,6	91,6	
Volume corrigé (ml/l)	<b>680</b>	<b>680</b>	
Vitesse ascensionnelle limite (m/h)	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	> 0,6
Q max admissible (m3/h)	<b>63,1</b>	<b>63,1</b>	
Q max horaire mesuré (m3/h)	<b>69,9</b>	<b>24,5</b>	
Q max 5 minutes mesuré (m3/h)	<b>94,3</b>	<b>50,5</b>	

En permettant de séparer l'eau épurée des boues, le clarificateur est l'élément fondamental du fonctionnement d'une station d'épuration.

Toutefois, son efficacité dépend étroitement de la capacité des boues à décanter. Celle-ci est mesurée par l'indice de boues (volume occupé par un gramme de boues). Ce dernier était de 184 mL/g, indiquant que les boues présentaient une aptitude à la décantation relativement correcte.

La décantation 30' permet d'estimer la vitesse ascensionnelle limite théorique de l'eau dans le clarificateur avant entrainement des boues décantées. Celle-ci était de 0,7 m/h et le débit maximal admissible de 63,1 m<sup>3</sup>/h.

Lors des mesures, le débit maximal moyenné sur 5 minutes mesuré en sortie de station a été de 94,3 m<sup>3</sup>/h, ce qui est supérieur au débit de pointe théoriquement admissible.

**Les départs de boues étaient ainsi théoriquement probables, mais en raison de la haute capacité hydraulique du clarificateur et de la faible concentration en biomasse maintenue dans la filière, ils n'ont probablement pas eu lieu (ce que semble indiquer la qualité du rejet § III.2.6).**

### III.2.5 RENDEMENTS DE L'INSTALLATION

Les mesures réalisées sur une période de 24 heures, permettent d'apprécier les rendements épuratoires globaux de l'installation.

	21 – 22/07/20	22 – 23/07/20	Arrêté du 21 juillet 2015	Récépissé de déclaration Police de l'Eau
DBO5	98 %	97 %	60 %	<b>70 %</b>
DCO	87 %	82 %	60 %	<b>75 %</b>
MES	97 %	95 %	50 %	<b>90 %</b>
NK	72 %	91 %		
NGL	71 %	90 %		
P total	62 %	87 %		

La station d'épuration affiche des rendements épuratoires élevés et respecte sans difficulté les rendements minimum imposés par l'arrêté du 21 juillet 2015.

Les seuils fixés dans le récépissé de déclaration sont également satisfaits.

### III.2.6 QUALITE DES EAUX TRAITEES

La qualité des eaux traitées (échantillons proportionnels aux débits rejetés sur 24 heures) est présentée ci-dessous :

	21 – 22/07/20	22 – 23/07/20	Arrêté du 21 juillet 2015		Récépissé de déclaration Police de l'Eau
			Valeurs limites	Concentrations réductrices*	
DBO5 (mg/L)	3,0	< 3,0	35	70	<b>25</b>
DCO (mg/L)	50	48	200	400	<b>125</b>
MES (mg/L)	7,7	4,9		85	<b>35</b>
N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	6,0	2,0			
NK (mg/L)	8,0	3,2			
N-NO <sub>2</sub> (mg/L)	0,05	0,06			
N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	< 0,5	< 0,5			
NGL (mg/L)	8,6	3,8			<b>15</b>
P total (mg/L)	1,3	0,5			<b>2</b>
pH moyen	7,6	7,8			
Conductivité (μS/cm) moyen	681	575			

*\*Arrêté du 21 juillet 2015 : la conformité s'entend en concentration ou en rendement. Cependant, si le seuil de concentration réductrice est dépassé pour un paramètre malgré un rendement satisfaisant, l'unité de traitement est déclarée non conforme.*

Le rejet délivré est d'excellente qualité sur l'ensemble des paramètres considérés. La station respecte, en concentration, les niveaux de rejet imposé par l'arrêté du 21 juillet 2015.

Concernant les seuils imposés au niveau préfectoral, les échantillons du 21-22 et du 22-23/07/20 respectent les limites imposées.

### III.2.7 PRODUCTION ET TRAITEMENT DES BOUES

Les pompes d'extraction 1 et 2 ont un débit nominal de 50 m<sup>3</sup>/h chacune.

Les lits sont alimentés en alternance à raison de 3,5 j d'alimentation et 24,5 j de repos. Un seul lit est alimenté à la fois.

Après 5 ans de service, le premier curage de casiers a eu lieu le 03/10/16. Depuis, deux casiers sont vidés chaque année, et les boues sont épandues sur terrains agricoles, conformément au plan d'épandage.

Les casiers 1 et 2 ont été curés en octobre 2016 (100 m<sup>3</sup> de boues épandus).

Les casiers 3 et 4 ont été curés en octobre 2017 (153 m<sup>3</sup> extraits).

Les casiers 5 et 8 ont été curés en septembre 2018 (170 m<sup>3</sup> extraits).

Les casiers 6 et 7 ont été curés en 2019, à la même période.

La vitesse d'augmentation de la hauteur de boues était stabilisée à 13 cm/an en 2018, avec un maximum de 19 cm/an durant l'année 2015.

Depuis la mise en service de la station le 05/07/2011 et jusqu'en 2018, la production moyenne annuelle de boue pouvait être évaluée à **9,9 tonnes de matière sèche par an, soit 27,1 kg de MS par jour** en moyenne. A titre de comparaison, la production de boues prévue à capacité nominale est de 123 kg MS/j.

A partir de ces données et des charges organiques entrantes mesurées lors des 8 dernières campagnes de mesures, les ratios de production de boue suivants sont établis :

	Ratios St Paulien bourg	Ratios théoriques
Prod. boue par EH et par jour (gMS/EH/j)	35,4	<b>48</b>
Prod. boue par EH et par an (kgMS/EH/an)	12,9	<b>17</b>
Prod. boue par kgDBO <sub>5</sub> éliminé (kgMS/kgDBO <sub>5</sub> /j)	0,6	<b>0,8</b>
Prod. boue par m <sup>2</sup> de lit de séchage et par an (kgMS/m <sup>2</sup> /an)	12,3	<b>25</b>

D'une manière générale, les ratios calculés pour la station d'épuration de Saint Paulien sont inférieurs aux ratios théoriques.

En s'intéressant plus particulièrement à la production de boue par m<sup>2</sup> et par an, on constate que la charge réelle appliquée est largement inférieure à la charge maximale théorique admissible par m<sup>2</sup> de lit de séchage (25 kg MS/m<sup>2</sup>/an en phase de démarrage, puis 50 kg MS/m<sup>2</sup>/an lorsque les roseaux ont atteint un développement optimal).

D'après les mesures du SEA, en 7 ans d'activité, la filière boue de la station a reçu une quantité de boues par m<sup>2</sup> inférieure à son dimensionnement. La hauteur de boues accumulée sur les lits était relativement importante et la siccité des boues relativement faible (11%, ou 115,5 g/L pour une densité de 1,05).

**Toutefois, les 2 prélèvements de boues réalisés par le prestataire en charge du suivi de l'épandage (Chambre d'Agriculture de Haute-Loire) font état d'une siccité d'environ 20% avant épandage, à l'issue de la période d'arrêt d'alimentation des casiers d'au moins 2 mois.**

Cette différence peut s'expliquer par des modes de prélèvement différents (sur l'ensemble des casiers en service pour le SEA) et le moment du prélèvement (en cours d'alimentation pour le SEA et après la période d'arrêt pour le prestataire). Cela traduit une déshydratation efficace des boues durant la période d'arrêt de l'alimentation des casiers.

Afin d'assurer la meilleure ventilation possible des lits pour améliorer la déshydratation des boues et réduire le volume stocké, il est conseillé de remplacer l'ensemble des tampons du réseau de drainage par des tampons ajourés.

### III.2.8 DEPHOSPHATATION

Lors de la mesure, le rendement d'élimination du phosphore a été d'environ 62 et 87%, ce qui est très satisfaisant pour cette capacité d'ouvrage.

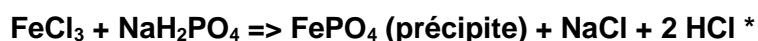
Le traitement est assuré par injection de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) au niveau du dégazeur par deux pompes doseuses d'un débit nominal de 9,6 L/h fonctionnant en alternance. Une molette permet de brider le débit de chaque pompe, celles-ci sont actuellement réglées à **30%**.

Les pompes sont commandées par une horloge à raison de 2 minutes de marche pour 6 minutes d'arrêt, soit 2 heures de fonctionnement par jour.

Le taux de traitement est de 150 mL/minute.

Le volume de réactif injecté chaque jour est actuellement de :  $120 \times 0,15 = 18,0 \text{ L/j}$

La réaction chimique de déphosphatation peut être écrite comme suit :



*\* Source : IRSTEA, FNDAE n°29*

D'après cette équation, une mole de Fe et une mole de  $\text{PO}_4$  donnent une mole de  $\text{FePO}_4$  qui précipite et décante avec les boues.

D'après la fiche produit, la solution de chlorure ferrique utilisée a une densité de 1,43 kg/L et une pureté de 41%. Soit une masse de  $\text{FeCl}_3$  injectée par jour de :  
 $18,0 \times 0,41 \times 1,43 = 10,55 \text{ kg/j}$ .

La masse molaire du fer est de 55,8 g/mol, celle du  $\text{FeCl}_3$  de 162,2 g/mol, soit 62,0 mol/j de  $\text{FeCl}_3$ .

Du 15 au 17/07/19, la charge de Phosphore total reçue était respectivement de 2,45 et 1,6 kg/j le 21-22 et le 22-23/07.

Une concentration de 2 mg/L de phosphore total est tolérée dans le rejet par l'arrêté préfectoral. Soit, pour les volumes journaliers mesurés lors des bilans 24 h, la charge rejetée acceptable serait de respectivement :

$$723 \times 0,002 = 1,44 \text{ kg/j pour le 21 et}$$

$$402 \times 0,002 = 0,804 \text{ kg/j le 22.}$$

De plus, il est admis que du phosphore est consommé par la biomasse à hauteur de 1% de la DBO5 éliminée, soit dans notre cas :

$$98,6 \times 0,01 = 0,98 \text{ kg/j le 21 et}$$

$$38,75 \times 0,01 = 0,38 \text{ kg/j le 22.}$$

La masse molaire du phosphore sous sa forme  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  est de 120,0 g/mol

La quantité de phosphore à éliminer serait donc de :

- Pour le 21-22 :  $2,45 - (1,44 + 0,98) = 0,03 \text{ kg/j}$  soit 0,25 mol/j de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  ou de  $\text{PO}_4$ .

- Pour le 22-23 :  $1,6 - (0,8 + 0,38) = 0,42 \text{ kg/j}$  soit 3,5 mol/j

Ainsi, lors des mesures, pour le traitement du phosphore, on apportait 62,0 moles de fer pour un besoin théorique respectivement de 0,25 et 3,5 moles de phosphate, soit un rapport Fe/ $\text{PO}_4$  de 248 et 17,7.

En théorie, d'après l'équation de réaction, un rapport de 1 serait suffisant. Cependant, on sait qu'en condition réelle, il est nécessaire d'apporter du réactif de fer en excès et que les rendements pour la déphosphatation se dégradent avec la dilution des eaux brutes.

Compte tenu de la concentration en phosphore observée dans le rejet lors des mesures, le réglage d'injection de  $\text{FeCl}_3$  actuel apparaît ponctuellement largement suffisant.



---

## IV. CONCLUSION

---

L'expertise de deux fois 24h réalisée en juillet 2020 sur la station d'épuration du Bourg de SAINT-PAULIEN met en évidence les éléments suivants :

- Les mesures ont été réalisées par temps de pluies et par temps sec: les charges hydrauliques observées étaient de 118 % et 55% de la capacité nominale de la station (respectivement 35 et 40% en 2019 et 2018). 147 m<sup>3</sup> d'eaux usées brutes ont été surversés par le déversoir d'orage en tête de station lors de la mesure du 21-22/07/2020 ;  
La différence de pourcentages de charge hydraulique entre les deux mesures montre l'impact des eaux claires parasites météoriques. Ceci met en avant la nécessité de poursuivre les travaux sur le réseau établis dans le cadre d'une « étude diagnostic » et visant à réduire la part des eaux claires parasites.
- Les charges organiques étaient comprises entre 89 et 35 % de la capacité nominale (entre 40 et 60 % en 2019) et on estime que la pollution produite de 800 à 1500 EH environ (900 EH en 2019) était traitée en station d'épuration ;  
La variation de la charge organique peut être le reflet d'un effet de curage du réseau d'assainissement dû à la pluie orageuse du 21/07/2020. Cette charge reste tout à fait compatible avec la capacité de l'unité de traitement.
- L'analyse de l'oxygénation du bassin d'aération montre que le réglage de l'aérateur conduit à la fourniture d'oxygène légèrement insuffisante notamment lors de la première mesure et en décalé avec les besoins. Une légère augmentation (45 minutes) de la durée de marche de la turbine et une réorganisation des plages de fonctionnement sont préconisées (voir réglage proposé en page 24). L'objectif est de réaliser les apports aux moments nécessaires et, en l'absence de sonde de régulation, d'optimiser au mieux le traitement des eaux usées ;
- Les fonctionnements biologique et hydraulique de la station apparaissent globalement satisfaisants. Les paramètres liés aux processus épuratoires montrent la présence de conditions favorables à un traitement satisfaisant du carbone et de l'azote total grâce au maintien d'une concentration basse en biomasse dans le bassin d'aération (optimum entre 2 et 3 g/L) ;
- La quantité actuelle de chlorure ferrique injectée, via les pompes doseuses, dans la filière biologique apparaît largement suffisante au regard des concentrations en phosphore mesurées dans le rejet (< 2mg/L lors des deux bilans 24h).
- La comparaison entre les débits totalisés sur le canal de rejet par le débitmètre du SEA et celui installé en poste fixe donne un écart acceptable (entre 4 et 7 % sur 24h), le débitmètre équipant la station fournit donc des données fiables ;
- Dans ces conditions, la station d'épuration respecte les niveaux imposés par l'arrêté du 21 juillet 2015 tant en concentration qu'en rendement. Les niveaux plus exigeants imposés par la Police de l'Eau sont également atteints;
- Concernant la filière boue : depuis le 05/07/2011, la production moyenne de boues est évaluée à 9,9 t MS/an soit 27,1 kg MS/j (par comparaison, la production prévue à capacité nominale est de 123 kg MS/j). Les lits de séchage plantés de roseaux reçoivent une charge surfacique de 12,3 kg MS/m<sup>2</sup>/an, ce qui est faible au regard des 50 kg MS/m<sup>2</sup>/an admissibles. Les deux derniers lits ont été curés en 2019. Un nouveau cycle sera donc initié en 2020 avec le curage du premier lit de séchage d'ici 4-5 ans ;

Pour parfaire le fonctionnement de la station de SAINT-PAULIEN, il est proposé :

1. De remplacer les tampons du réseau de drainage des lits de séchage des boues plantés de roseaux par des tampons ajourés afin de maximiser la ventilation inférieure des lits et la déshydratation des boues ;
2. De modifier le réglage de la turbine ;
3. De réaliser un diagnostic du réseau pour répondre aux obligations réglementaires (le système d'épuration doit disposer d'étude diagnostic de moins de dix ans) et pourvoir, si nécessaire, prioriser les travaux à entreprendre sur le réseau.

---

---

## V. ANNEXES

---

---

**COMMUNE DE SAINT PAULIEN - Station d'épuration Bourg**  
**Mesures de type bilan du 21 au 22/07/2020 12:40 - 12:40**

Capacités nominales station		Données hydrauliques		% de la charge appliquée à la capacité nominale	
1900	EH	Q entrée (m3/j)	723,0		
611	m3/j	Q sortie (m3/j)	723,0	Charge hydraulique	118%
114	Kg DBO5/j	Q surverse (m3/j)	147,27	Charge organique DBO5	89%
273,6	Kg DCO/j	Q Boues (m3/j)	18,3	Charge organique DCO	101%

Capacités réelles station				% de la charge appliquée à la capacité réelle	
1900	EH				
611	m3/j			Charge hydraulique	118%
114	Kg DBO5/j			Charge organique DBO5	89%
274	Kg DCO/j			Charge organique DCO	101%

Proposition sur la Conformité du rejet de la station (hors surverse)	
Pour information: Conforme selon l'Arrêté du 21 juillet 2015	Conforme selon l'Arrêté préfectoral

Estimation population raccordée	
Paramètres	en (EH)
DBO5	1687
DCO	1918
NKj	1441
PT	1171
Moyenne CNP	1554
Estimation charge hydraulique	4820
Estimation ECPP	67,8%

Conso. EDF (KW/h)	247,00
Kg DBO5 éliminé/kWh	0,40
Kg DCO éliminé/kWh	0,97

Pluviométrie (mm)	23,6
Consommation AEP m3/jour	Pas de relevé

Concentrations et Charges						
Paramètres	Entrée station		Sortie station		Rendmt station %	
	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j		
DBO5	140	101,22	3	2,17	98	
DCO	382	276,19	50	36,15	87	
MES	220	159,06	7,7	5,57	97	
N-NH4	14,0	10,12	6,0	4,34	57	
NK	28,9	20,89	8,0	5,78	72	
NGL	30,0	21,69	8,6	6,22	71	
P tot	3,4	2,46	1,3	0,94	62	

Caractéristiques Eaux brutes	
DCO/DBO5	2,7
DCO/MES	1,7
DCO/NTK	13,2
DCO/PT	112
pH moyen	7,6
Conductivité moyenne (µS/cm)	498,0

Fonctionnement biologique	
MES (g/l)	3,7
MVS (%)	70%
MVS (g/l)	2,6
Volume aération (m3)	517
Charge massique (Kg DBO5/Kg MVS/j)	0,08
Charge volumique (Kg DBO5/m3/j)	0,20
Production spécifique de boues (KgMS/j)	79,2
Age de boues (j)	17
Taux de croissance des boues (µ0)	0,059
T° bassin aération moyenne du BA (°C)	19,5
Temps de séjour hydraulique (h)	17

Organes électromécaniques (heure/jour) ou Débitmètres (m3/j) ou Consommation énergétique (kWh)						
Dégrilleur	Aération 1	Agitateur BA	Recirculation 1	Recirculation 2	Extraction 1	Extraction 2
24,46	6,86	15,53	4,08	3,74	0,34	0,00

Pompe Reactif 1	Pompe Reactif 2	Pompe T_EAUX1	Pompe T_EAUX2	Q BOUE 1	Q BOUE 2	EDF-JOUR
2,99	3,07	0,95	0,39	18,30	0,00	171,00

EDF-NUIT
76,00

Fonctionnement hydraulique	
Décantation (mL)	170
Dilution	4
Indice de boues	184
Hauteur du voile (m)	0,2
Surface du miroir du décanteur (m2)	91,6
Volume corrigé (mL/L)	680
Vitesse ascensionnelle limite (m/h)	0,7
Q max admissible (m3/h)	63,1
Q max horaire mesuré (m3/h)	69,9
Q max 5 minutes mesuré (m3/h)	94,3

**COMMUNE DE SAINT PAULIEN - Station d'épuration Bourg**  
**Mesures de type bilan du 22 au 23/07/2020 14:35 - 14:35**

Capacités nominales station		Données hydrauliques		% de la charge appliquée à la capacité nominale	
1900	EH	Q entrée (m3/j)	333,0		
611	m3/j	Q sortie (m3/j)	402,0	Charge hydraulique	55%
114	Kg DBO5/j	Q surverse (m3/j)	0,00	Charge organique DBO5	35%
273,6	Kg DCO/j	Q Boues (m3/j)	18,2	Charge organique DCO	39%

Capacités réelles station		% de la charge appliquée à la capacité réelle			
1900	EH				
611	m3/j			Charge hydraulique	55%
114	Kg DBO5/j			Charge organique DBO5	35%
274	Kg DCO/j			Charge organique DCO	39%

Proposition sur la Conformité du rejet de la station (hors surverse)	
Pour information: Conforme selon l'Arrêté du 21 juillet 2015	Conforme selon l'Arrêté préfectoral

Concentrations et Charges						
Paramètres	Entrée station		Sortie station			Rendmt station %
	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j		
DBO5	120	39,96	3	1,21		97
DCO	319	106,23	48	19,30		82
MES	130	43,29	4,9	1,97		95
N-NH4	31,0	10,32	2,0	0,80		92
NK	45,1	15,02	3,2	1,29		91
NGL	45,6	15,19	3,8	1,51		90
P tot	4,8	1,60	0,5	0,20		87

**Organes électromécaniques (heure/jour) ou Débitmètres (m3/j) ou Consommation énergétique (kWh)**

Aération 1	Agitateur BA	Recirculation 1	Recirculation 2	Extraction 1	Extraction 2	Pompe Reactif 1
6,70	15,15	3,97	3,67	0,33	0,00	3,00

Pompe Reactif 2	Pompe T_EAUX1	Pompe T_EAUX2	Q BOUE 1	Q BOUE 2	EDF-JOUR	EDF-NUIT
3,01	0,46	0,43	18,07	0,00	169,82	74,48

Estimation population raccordée		
Paramètres	en (EH)	
DBO5	666	
DCO	738	
NKj	1036	
PT	761	
Moyenne CNP	800	
Estimation charge hydraulique	2220	
Estimation ECPP	64,0%	

Conso. EDF (KW/h)	244,30
Kg DBO5 éliminé/k Wh	0,16
Kg DCO éliminé/kWh	0,36

Pluviométrie (mm)	0
Consommation AEP m3/jour	Pas de relevé

Caractéristiques Eaux brutes		
DCO/DBO5	2,7	
DCO/MES	2,5	
DCO/NTK	7,1	
DCO/PT	66	
pH moyen	8,4	
Conductivité moyenne (µS/cm)	820,0	

Fonctionnement biologique	
MES (g/l)	3,7
MVS (%)	70%
MVS (g/l)	2,6
Volume aération (m3)	517
Charge massique (Kg DBO5/Kg MVS/j)	0,03
Charge volumique (Kg DBO5/m3/j)	0,08
Production spécifique de boues (KgMS/j)	31,0
Age de boues (j)	43
Taux de croissance des boues (µ0)	0,023
T° bassin aération moyenne du BA (°C)	19,5
Temps de séjour hydraulique (h)	37

Fonctionnement hydraulique	
Décantation (mL)	170
Dilution	4
Indice de boues	184
Hauteur du voile (m)	0,2
Surface du miroir du décanteur (m2)	91,6
Volume corrigé (mL/L)	680
Vitesse ascensionnelle limite (m/h)	0,7
Q max admissible (m3/h)	63,1
Q max horaire mesuré (m3/h)	24,5
Q max 5 minutes mesuré (m3/h)	50,5