

Le traitement des jus de digestion par le procédé de nitritation sharon® cas de la station Seine Grésillons du SIAAP

Jean-Marc Perret, O. Garcia, C. Roose Amsaleg, A. Laverman, S. Pichon, S. Azimi, V. Rocher, J.P. Canler

▶ **To cite this version:**

Jean-Marc Perret, O. Garcia, C. Roose Amsaleg, A. Laverman, S. Pichon, et al.. Le traitement des jus de digestion par le procédé de nitritation sharon® cas de la station Seine Grésillons du SIAAP. Journées Information Eaux 2018, Oct 2018, Poitiers, France. 11 p. hal-01951172

HAL Id: hal-01951172
https://hal.science/hal-01951172

Submitted on 11 Dec 2018

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

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

LE TRAITEMENT DES JUS DE DIGESTION PAR LE PROCEDE DE NITRITATION SHARON®
- CAS DE LA STATION SEINE GRESILLONS DU SIAAP -

Jean-Marc Perret[1]; Olivier Garcia[1], Céline Roose-Amsaleg[2], Anniet Laverman[2], Sébastien Pichon[3], Sam Azimi[3], Vincent Rocher[3], Jean-Pierre Canler[1]

[1] Irstea - Centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, 69626 Villeurbanne
[2] Université Rennes 1 - UMR 6553 Ecobio, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes
[3] SIAAP - Direction Innovation et Environnement ; 82 avenue Kléber, 92700, Colombes

I. INTRODUCTION

Le procédé SHARON® (Single reactor system for High Ammonia Removal Over Nitrite) est implanté en France sur l'usine d'épuration de Seine Grésillons (Yvelines, 1,2 millions d'EH) exploitée par le SIAAP.
Placé en complément de la filière de traitement des boues, son rôle est de traiter les retours issus de cette filière (centrats de déshydratation et condensats de séchage des boues digérées du site). Son intérêt est d'éviter un apport trop important d'azote sur la file de traitement des eaux par l'intermédiaire des retours en tête ; ces apports qui pourraient représenter à charge nominale jusqu'à 20% du flux supplémentaire en entrée de la station.

A l'exception de données bibliographiques, peu de connaissances techniques et scientifiques sont disponibles sur le fonctionnement de ce procédé à l'échelle industrielle. Dans le cadre du programme de recherche MOCOPEE (MOdélisation Contrôle et Optimisation des Procédés d'Epuration des Eaux), une étude a été menée pour acquérir des connaissances sur ce procédé de « shunt des nitrates » en grandeur réelle. L'objectif final est de mieux comprendre les facteurs clés pour l'obtention d'une activité biologique maximale (intégrant une approche quantitative des micro-organismes nitrifiants) et pour la maitrise des facteurs limitants (P-PO_4, T°C, nutriments, …). Suite à cela, des leviers d'optimisation, traduits en consignes d'exploitation, pourront être proposées à l'attention des opérateurs afin de maintenir un mode de fonctionnement optimal.
Pour des raisons de clarté, dans la suite du document, le procédé sera nommé SHARON, sans sigle, bien que la marque soit déposée.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Présentation du procédé SHARON

Le procédé SHARON est un système biologique de traitement des effluents fortement chargés en azote ammoniacal. Il est basé sur la sélection d'une culture de micro-organismes spécifiques, du fait de conditions définies par différents paramètres process comme l'âge des boues, le pH et la température, afin de mettre en place une nitrification dite partielle, ou shunt des nitrates. Il s'agit d'obtenir un traitement de l'azote ammoniacal par une nitritation aérobie ($N\text{-}NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$) suivie d'une dénitrification anaérobie ($NO_2^- \rightarrow N_2$). L'étape classique des Nitrates ($NO_2^- \rightarrow NO_3^-$) n'étant pas recherchée. L'objectif de ce procédé est de réduire les consommations d'air nécessaire pour l'oxydation de l'ammonium mais également de diminuer les quantités de carbone exogène (méthanol) utilisé lors de l'étape de dénitrification. En effet, la maîtrise de ces deux fluides apparait

comme incontournable dans le cadre d'une optimisation énergétique et économique des procédés de traitement des eaux résiduaires (Azimi et Rocher, 2017 ; Rocher et al, 2012).
Pour cela, les retours de la file de traitement des boues sont répartis sur 2 files parallèles identiques de traitement équipées de réacteurs SHARON traitant chacune 50% de la charge entrante. Chaque file est constituée de 3 bassins concentriques (Figure 1) : un bassin tampon équipé d'un agitateur au centre qui homogénéise et lisse le débit des retours à traiter, un bassin anoxique pour la dénitrification (non aéré mais agité en continu) et un bassin aéré et agité pour la nitritation à l'extérieur du bassin précédent. L'effluent stocké temporairement dans le bassin tampon est refroidi dans un échangeur de chaleur puis alimente le réacteur anoxique. Le mélange boues-effluent passe ensuite dans le réacteur aéré par une pompe de paroi puis retourne vers le bassin anoxique par surverse. Le temps de séjour hydraulique du système est identique à l'âge de boues puisque ces dernières ne sont ni décantées ni recirculées. Le mélange Boues-effluent traité du bassin aéré est évacué par surverse et retourne en tête de la file de traitement des eaux de la station. Son alimentation est prévue 24h/24 et il est alimenté le week-end en fonction des volumes stockés au bassin tampon le vendredi.

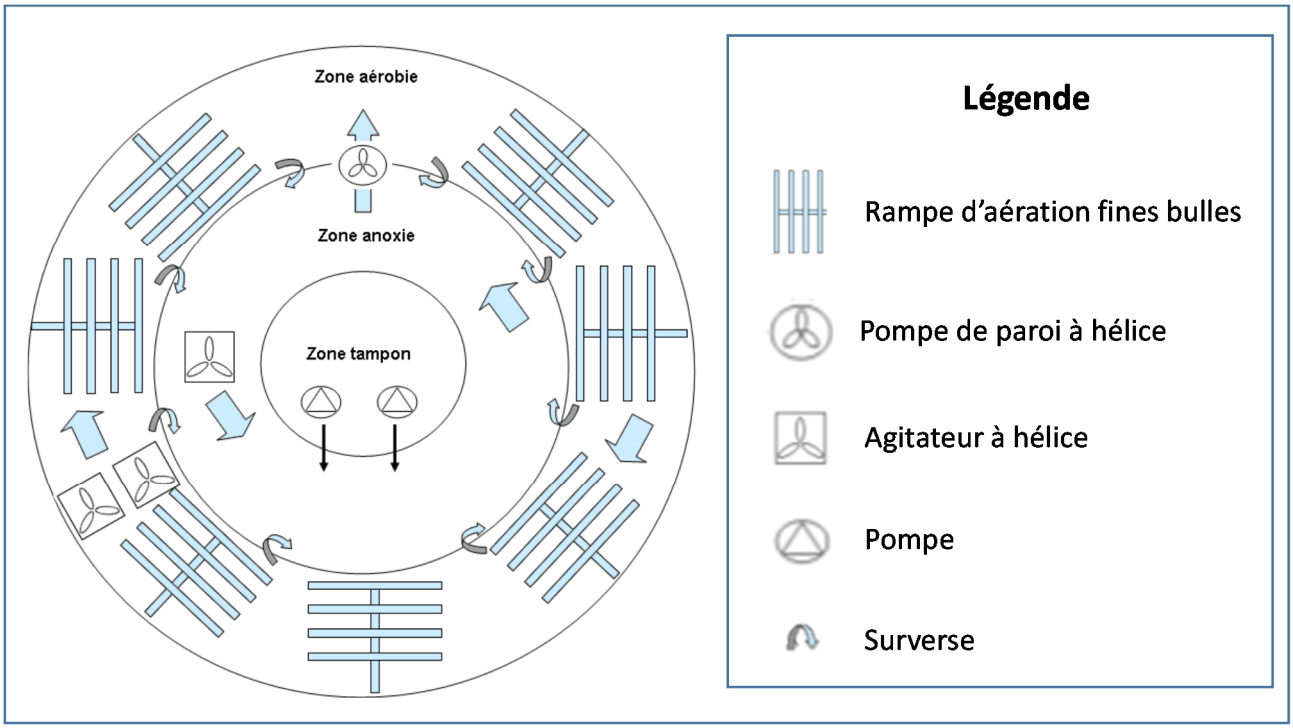


Figure 1 : Schéma de principe de fonctionnement du procédé SHARON

Pour l'optimisation du procédé, le pH des bassins peut être régulé par un apport de soude, un rééquilibrage en phosphore est réalisable par un apport en acide phosphorique, et du carbone organique est apporté sous forme de méthanol pour la dénitrification. Ces apports sont gérés par automate et asservis a différentes mesures (pH, mesures de Noxydés). Les volumes horaires d'alimentation du procédé sont également gérés par automate suivant des mesures en continu de NH_4^+ dans les bassins.
D'après le constructeur, le procédé SHARON et son shunt des nitrates doit permettre de réduire les coûts énergétiques puisque les consommations annoncées sont inférieures de 25% pour l'O_2 lors de la nitrification et de 40% pour le carbone lors de la dénitrification. Il doit permettre de diminuer de 25% la production de boues biologiques grâce à la réduction du nombre d'étapes lors des réactions chimiques. Enfin, le taux de dénitrification est aussi

1,5 à 2 fois supérieur avec une nitrification partielle par rapport à une nitrification conventionnelle.

II.2. Exploitation - Suivis Journaliers - Protocole expérimental

Le procédé a été suivi une première fois par les équipes d'Irstea et du SIAAP en 2014, suite à sa mise en route, afin d'en évaluer les conditions de fonctionnement, les performances et de connaitre les possibilités d'optimisation (Perret et al, 2014 ; Laverman et al, 2015). Cette première étude a évidemment montré des performances moindres que celles attendues, mais elle a mis en évidence la présence d'une nitrification partielle dans le réacteur malgré l'absence d'optimisation. Elle a également permis de vérifier les conditions de fonctionnement du procédé (caractéristiques des jus, concentration en MES, charges appliquées, âge de boues, etc.) et de lister un ensemble de paramètres de fonctionnement à vérifier, à régler ou à optimiser pour la suite de l'étude. Celle-ci a été repoussée à 2017 suite à d'importants travaux réalisés sur la station.
Entre 2014 et 2017, des études ont permis de mieux cerner les contraintes d'exploitation du procédé, de maîtriser les paramètres de fonctionnement et d'améliorer certains points tels :
- Le fonctionnement des postes de déshydratation amont (taux de capture plus important, maitrise de l'apport de polymère) permettant de limiter l'apport en matière en suspension à l'entrée.
- L'alimentation du SHARON pour un fonctionnement à une charge hydraulique et azotée proche des données de dimensionnement. La maîtrise des charges en entrée de chaque file du procédé passe par un fonctionnement non automatisé nécessitant des réglages manuels réguliers sur les vannes d'alimentation.
- La mise en place de différents protocoles de décolmatage du système de refroidissement et leur application régulière.
- Le suivi et la maintenance périodique des différentes sondes équipant en fixe le procédé (O_2, pH, T°C, NH_4, NO_x[1]).

Le procédé, dont l'exploitation est aujourd'hui bien maîtrisée par l'équipe d'exploitation du site a été calé au plus proche des paramètres de dimensionnement. Pour la présente étude, et dans l'objectif d'optimiser son fonctionnement, un protocole en 3 phases successives a été élaboré. Les 3 phases sont constituées de 2 périodes :

- Période 1 : fonctionnement en régime stabilisé (hydraulique et charge) durant trois semaines. Durant cette période, un suivi des performances du procédé est réalisé sur la base des données de la station et des analyses process réalisées à la Direction du Innovation et Environnement (DIE) du SIAAP.
- Période 2 : suivi fin du procédé réalisé sur 24 heures. Durant ce suivi poussé, une intensification des mesures en entrée et sortie du réacteur est faite au pas de temps horaire.

Trois campagnes de mesures, correspondant aux 3 phases, ont ainsi été réalisées durant les mois de Mai, Septembre et Novembre 2017. Pour chaque phase, un seul paramètre de fonctionnement a été volontairement modifié afin d'en évaluer le degré d'optimisation (Tableau 1).

[1] NO_x représente la somme des principales formes oxydées de l'azote (NO_2 et NO_3).

Tableau 1 : paramètres process cibles suivant les campagnes

	Mai	Septembre	Novembre
âge de boues		3.34 jours	
T°C		35°C	
pH		6.8	
Taux de recirculation		2000% (20 X Q d'alimentation)	
Consigne en O_2 en mg O_2/L	1.5	0.8	0.8
Apport d'ortho phosphates	Oui	Oui	Non

Deux paramètres process (ou consignes d'exploitation) ont ainsi pu être successivement modifiés durant l'étude à savoir la concentration en O_2 et l'apport en ortho phosphates. Tout d'abord, a été appliquée une concentration en O_2 de 1,5 mg/L en Mai, puis à partir de Septembre une concentration en O_2 de 0,8 mg/L, puis un arrêt de l'apport d'acide phosphorique en Novembre. L'âge de boues, la température, le pH et le taux de circulation étant fixés au plus proche du dimensionnement. Durant cette étude, seule une des deux files de traitement (file sud) a été suivie.

II.3. Campagnes de mesures 24H

Les campagnes de mesure 24H ont principalement comme objectif de mesurer les performances réelles du procédé en lien avec le paramètre testé. Ces mesure 24h sont réalisées sur le réacteur avec :

- le lancement d'un échantillonneur réfrigéré 24 flacons en entrée du réacteur (après refroidissement des effluents pompés dans le bassin tampon),
- la multiplication des prélèvements manuels instantanés en sortie, suivi d'une centrifugation, filtration et mise à 4°C immédiate des échantillons,
- la récupération des débits horaires d'alimentation qui permettent la reconstitution de l'échantillon moyen 24h,
- la mise en place d'une sonde de mesures en continu NH_4^+ / NO_3^- en entrée du réacteur,
- la récupération auprès de l'exploitant, via la DIE, des mesures process durant la période comme la Température, le pH et l'O_2 dissous mesurés dans le réacteur, la concentration en N-NH_4 de sortie et les résultats des analyses journalières.

L'effluent à traiter est très spécifique avec une coloration foncée et une matrice très colloïdale. Le suivi analytique des performances du procédé a donc dû être adapté avec la mise en place d'une centrifugation-filtration immédiate des échantillons et le remplacement des prélèvements 24H, en sortie, par des prélèvements ponctuels instantanés.

II.3.1. Vitesses de nitrification en batch :

Parallèlement, des mesures de vitesses maximales de nitrification (nitritation et nitratation) en batch (avec apport de N-NH_4) et de dénitrification (avec apport de N-NO_2 ou de N-NO_3) sont réalisées sur site. Elles consistent à mesurer des vitesses d'élimination / d'apparition des composés azotés dans le temps dans des conditions contrôlées.
- Vitesse de nitrification (nitritation + nitratation) : Enceinte thermostatée pour maintenir une température proche de celle mesurée au sein du réacteur (35-40°C), aération et agitation continue des boues du SHARON, dopage en N-NH_4 et Titre Alcalimétrique

Complet (TAC) à T0 et prélèvements toutes les 30 mn. Ceux-ci sont immédiatement centrifugés, filtrés et stockés à 4°C. Le pH, la température et l'O_2 sont suivis et modifiés si besoin au cours de temps par ajouts de quelques mL d'acide sulfurique ou de soude.
- Vitesse de dénitrification : Enceinte thermostatée pour maintenir une température proche de celle mesurée au sein du réacteur, agitation continue de boues du SHARON, dopage en $N\text{-}NO_2$ ou en $N\text{-}NO_3$ ainsi qu'en Méthanol à T0. Prélèvements toutes les 30 mn qui sont également immédiatement centrifugés, filtrés et stockés à 4°C. Le pH est suivi et modifié si besoin au cours de temps.

L'ensemble des analyses chimiques a été réalisé par le laboratoire de la DIE, dès le lendemain des prélèvements.

II.3.2. Prélèvements pour quantification des micro-organismes

Les analyses microbiologiques ont été réalisées à l'UMR Ecobio de l'université de Rennes1. Des prélèvements de 5 mL de boues, avant leur utilisation pour les batchs nitrifiants, ont été réalisés et conservés au frais avant d'être acheminés en carboglace jusqu'au laboratoire où ils ont été stockés en congélateur à -80°C. Les densités de bactéries oxydant l'ammonium et oxydant le nitrite ont été estimées grâce à des mesures de nombre de copies de gènes fonctionnels (amoA et nxr respectivement) par PCR quantitative.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Caractérisation de l'effluent

La caractérisation moyenne de l'effluent à traiter lors des mesures est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : caractérisation de l'effluent en entrée SHARON

	Mai	**Sept.**	**Nov.**	**Dim**
Volume journalier traité (m^3/j)	1035	1424	1257	1279
Age de boue moyen (j)	4,1	3,1	3,4	3,35
Concentration appliquée (mg $N\text{-}NH_4/L$)	940	852	830	1038

Dim : données de dimensionnement constructeur.

Le volume journalier d'alimentation du SHARON dépend de l'état de colmatage du système de refroidissement et de la concentration en $N\text{-}NH_4$ mesurée dans le réacteur. Le taux de charge hydraulique lors de nos campagnes est ainsi proche du dimensionnement et se situe entre 81 à 110%, avec un maximum en Septembre.
Le temps de séjour hydraulique du système étant égal à l'âge de boues, celui-ci est également proche du dimensionnement moyen du procédé. Les concentrations en $N\text{-}NH_4$ mesurées en entrée sont en moyenne de 875 mg $N\text{-}NH_4/L$ et décroissent avec le temps.
Ces données permettent de calculer les flux journaliers appliqués au procédé (tableau 3).

Tableau 3 : Paramètres mesurés en entrée SHARON

	Mai	Sept.	Nov.	Dim
Charge appliquée (kg N-NH_4/j)	973	1205	1044	1328
Charge volumique appliquée (kg N-NH_4/m^3 aéré.j)	0,34	0,42	0,36	0,46
Taux de charge en N-NH_4 (%)	73	91	79	100

Dim : données de dimensionnement constructeur.

Le taux de charge calculé en N-NH_4 est variable suivant la période, et le plus proche du dimensionnement en septembre (91%).

III.2. Caractéristiques des rejets et performances mesurées

Les résultats des analyses réalisées sur les prélèvements moyens en sortie du procédé sont présentés dans le tableau 4 et les performances de traitement dans le tableau 5.

Tableau 4 : Concentrations mesurées en sortie du SHARON (file Sud)

	Mai	Sept.	Nov.	Dim
NH_4 (mg N/L)	215	30.3	81	< 50
NO_2 (mg N/L)	25.1	39.6	43.6	
NO_3 (mg N/L)	1.75	5.2	1.85	
NO_x (mg N/L)	26.85	44.8	45.5	< 50
Ratio N-NO_2 /$NO_{xydé}$ (%)	93.5%	88%	95.8%	-

Dim : données de dimensionnement constructeur.

On observe, suivant la campagne de mesures, des concentrations en N-NH_4 très variables en sortie. Parallèlement, les concentrations en NO_x augmentent avec le temps et sont à rapprocher principalement des concentrations en Nitrites (N-NO_2) très nettement supérieures aux concentrations en Nitrates (N-NO_3).
Le ratio N-NO_2/NOx mesuré en sortie du réacteur SHARON est compris entre 88 et 96%. Pour un fonctionnement du procédé stabilisé, ce ratio témoigne que plus de 88% de l'ammonium présent en entrée est transformé en Nitrite sans passer par la forme nitrate, illustrant une nitrification partielle par shunt des nitrates bien établie.
Parmi les trois campagnes de suivi, seuls les rejets de septembre sont inférieurs aux normes de rejets demandées. Les dépassements en N-NH_4 en mai et novembre illustrent une nitrification insuffisante, la dénitrification étant convenable au regard des rejets en NO_x.

Tableau 5 : Performances mesurées

	Mai	Sept.	Nov.	Dim
N-NH_4 éliminé (Kg N-NH_4/j)	750.4	1162	942.4	
Rendement N-NH_4 éliminé (%)	77.1%	96.4%	90.2	~ 95
Rendement N (N_{Ox}+NH_4) éliminé (%)	74%	91.2%	85%	~ 91

Dim : données de dimensionnement constructeur.

III.3. Paramètres de fonctionnement

Les paramètres de fonctionnement du réacteur durant les jours de mesure sont résumés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Paramètres de fonctionnement du SHARON

	Mai	**Sept.**	**Nov.**
Concentration en MES (mg/L) / % MVS	2,40	1,40 (62%)	2,04 (67%)
Age de boues aéré (j)	2,8	2,05	2,3
Consigne en O_2 (mg O_2/L)	1,5	0,8	0,8
Mesures moyenne en O_2 (mg O_2/L)	1,47	2,23	4,05
Taux de recirculation	22 X	20 X	21,5 X
pH	7,95	7,7	7,3
T°C	39,5	42,4	38,5
P-PO4 (mg P/L)	1,4	1,4	0,87
TAC (mg $CaCO_3$/L)	933	546	390

MES = Matière en suspension ; MVS = Matière volatile en suspension

En examinant l'évolution dans le temps de l'ensemble de ces paramètres avant chaque campagne (stabilité du système recherché sur les 15 jours avant les mesures), on observe qu'à l'échelle industrielle certains facteurs sont difficilement maitrisables et constamment modifiés. Ainsi l'âge de boue aéré, la T°C et le pH oscillent régulièrement tout en restant proches des données de dimensionnement (âge de boue aéré de 2.26 jours, T°C > 35°C, pH proche de 7). La concentration en MES (et MVS) du réacteur varie de façon importante d'une campagne à une autre en fonction des flux particulaires à l'alimentation.

La présence constante en sortie de réacteur de TAC, P-PO_4 et DCO soluble montre que ces paramètres n'ont pas été des facteurs limitants pour le développement de la biomasse et le traitement des retours au sein du SHARON.
La consigne en O_2 de 0,8 mg/L demandée n'a pas pu être obtenue lors des 2 campagnes de septembre et novembre. Ces écarts s'expliquent par un débit minimal des surpresseurs trop élevé, couplé à des variations de charges appliquées en N-NH_4 et de concentration en biomasse dans le bassin.

Ainsi, aucune réelle corrélation n'a été observée sur nos trois périodes de mesures entre les performances de Nitritation et Nitratation mesurées et les différentes variations des paramètres process, comme le pH, la T°C ou l'O_2. En exploitation, il semble donc que piloter le SHARON avec une température élevée (> 35°C), un effluent concentré induisant une charge d'alimentation en N-NH_4 stable et proche du nominal, tout en maintenant un âge de boue faible (de l'ordre de 3,35 jours) permette d'assurer une nitrification partielle (shunt des nitrates) élevée.
Pour la dénitrification, la baisse de performance observée en septembre semble liée au taux de circulation des boues entre les 2 réacteurs (aérobie / anoxie) plus faible et à l'apport de quantité de méthanol (carbone exogène pour la dénitrification) également inférieur aux autres périodes.

III.4. Vitesses de nitrification en Batch

Les mesures de l'évolution des différentes formes de l'azote dans le temps permettent de calculer des vitesses d'apparition ou de disparition de composés azotés comme illustré en exemple par la figure 2 suivante.

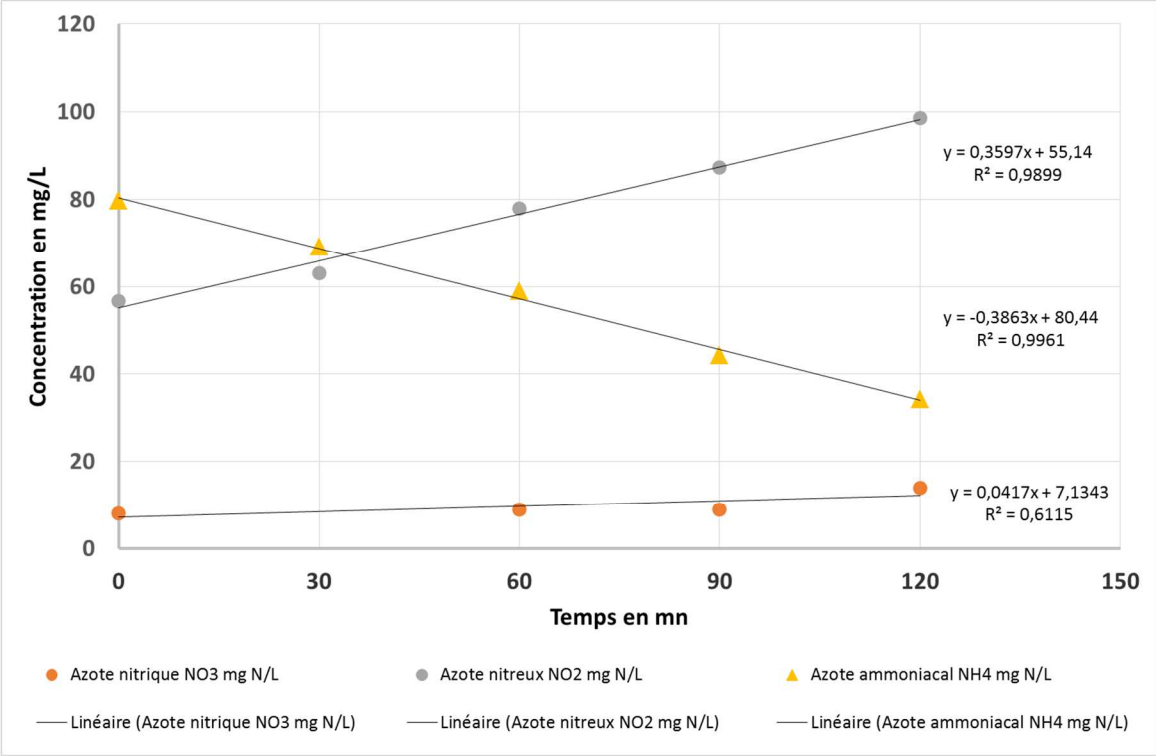


Figure 2 : Exemple de courbe de cinétique de vitesses de nitrification obtenue en Batch

Les résultats moyens obtenus sont résumés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Vitesses moyennes mesurées en Batch

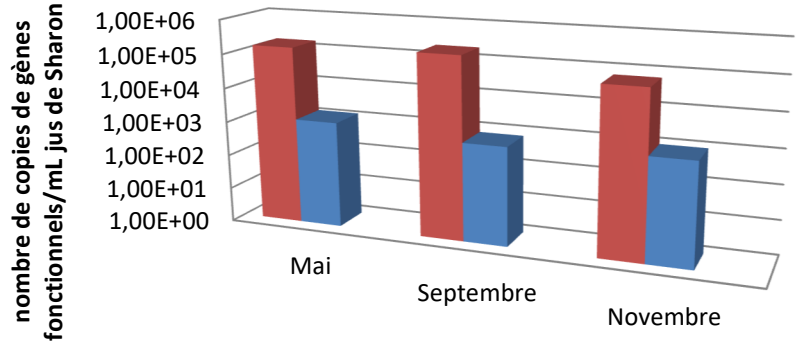
	Mai	**Sept,**	**Nov,**
Vitesses de Nitritation (mg N-NO_2 formé /L.h)	18,1	18,7	19,4
Vitesses de Nitratation (mg N-NO_3 formé/L.h)	1,64	1,1	0,86
Ratio vitesses (N-NO_2/NO_x) (%)	92	94	96

Les vitesses en batch obtenues sont dites maximales en absence de facteur limitant. La concentration en O_2 dissous et le pH sont corrigés régulièrement mais certains paramètres pouvant influencer les cinétiques ont varié entre les trois campagnes de tests. C'est le cas de la Température et de la concentration initiale des formes de l'azote.
On observe des vitesses maximales de Nitritation, en mg N-NO_2 formé/L.h, semblables et légèrement en hausse pour les différentes campagnes de mesures. Inversement, les vitesses de nitratation, en mg N-NO_3 formé/L.h sont faibles et en diminution. Il en résulte des ratios Vitesse N-NO_2 formé / Vitesse NOx formé élevés et stables se situant entre 92 et 96%. Cette stabilité indiquerait une répartition identique entre les populations AOB et NOB au sein du SHARON durant nos mesures à savoir une nette dominance des bactéries nitritantes par rapport aux bactéries nitratantes.

La standardisation des vitesses mesurées en les ramenant aux matières volatiles en suspension (MVS) donne les résultats suivants 11,1 ; 21,7 et 14,18 mg N-NO_2 formé/g MVS.h^{-1} respectivement pour les campagnes de mai, septembre et novembre. Cette approche est discutable pour ce système alimenté avec des retours de centrifugation des boues digérées. En effet, on ne connait pas le ratio entre les bactéries actives et inactives au sein des MVS présentes dans le procédé.

III.5. Suivi de la composition des populations microbiennes nitrifiantes

L'approche microbiologique moléculaire de quantification des micro-organismes nitrifiants a permis de valider la dominance des bactéries oxydant l'ammonium (AO) sur celles oxydant le nitrite (NO, voir Figure 3). Si les nombres de copies de gènes fonctionnels des AO et des NO sont stables pour les trois périodes, lorsqu'ils sont considérés séparément, leurs proportions respectives varient de façon plus importante. En effet, il est observé que les gènes des AO sont 66 fois plus abondants que ceux des NO en novembre contre 277 fois plus en septembre.
Plus que des différences d'abondance entre les trois conditions testées, il semblerait que ce sont des espèces d'AO et/ou NO différentes qui sont majoritaires dans le SHARON. Ainsi, en mai, une population de NO très distincte a été remarquée alors que c'est une population d'AO qui est inédite en septembre. Ces taxons sont en cours d'identification.



	Mai	Septembre	Novembre
AO	1,62E+05	2,06E+05	6,42E+04
NO	1,26E+03	7,42E+02	9,67E+02
AO/NO	128,02	277,09	66,37

Figure 3 : Nombre de copies de gènes présents permettant d'estimer les densités de bactéries oxydant l'ammonium (AO, rouge) et le nitrite (NO, bleu), ainsi que le ratio entre les deux pour les trois périodes d'étude du réacteur SHARON.

IV. Limites opérationnelles.

En dehors du croisement de l'influence des paramètres d'exploitation sur la composition des populations microbiennes, et donc sur les performances de traitement, cette étude a également permis de proposer certains points de vigilance et des préconisations à suivre ou à mettre en œuvre pour un fonctionnement optimisé pérenne du procédé SHARON. En effet, le fonctionnement du SHARON sur des bases proches du nominal se heurte à des dysfonctionnements du matériel en place comme par exemple :
- un surdimensionnement probable des surpresseurs qui empêche le maintien dans le temps d'une consigne en O_2 dissous faible (< 1.5 mg O_2/L),

- un colmatage régulier des échangeurs de chaleur qui conduit à brider involontairement le débit et donc les flux en $N\text{-}NH_4$ d'alimentation des réacteurs,
- des sondes de mesures des NOx non opérationnelles du fait probablement de la forte coloration des effluents.

Le contrôle de la T°C des effluents doit également trouver une solution. En effet, la gestion de la température du réacteur par dilution des effluents avec de l'eau traitée entraine un lessivage de la biomasse, et donc un traitement dégradé du procédé. Les protocoles de nettoyage manuels des échangeurs mis en place (à co-courant, chimiques, et mécaniques) sont très contraignants en exploitation.

V. Conclusion

Le suivi du procédé SHARON dans le temps a permis de mesurer par différentes approches (bilan 24H, prélèvements instantanés, mesures de vitesses en batch, microbiologique moléculaire) l'existence d'une nitrification partielle ou shunt des nitrates importante et constante sur le site. En effet, les concentrations mesurées en $N\text{-}NO_2$ de sortie sont nettement supérieures à celles en $N\text{-}NO_3$ et permettent d'obtenir un ratio de concentrations $N\text{-}NO_2/NO_x$ supérieur à 88%, ratio mesuré aussi bien au niveau du réacteur que lors des tests en batch. De même, au niveau microbiologie moléculaire, les abondances de bactéries AO et NO mesurées sont stables dans le temps avec une dominance nette des bactéries AO.

Malgré un protocole d'étude rigoureux, on observe qu'à l'échelle industrielle certains facteurs sont instables et difficilement maitrisables. Ainsi, aucune réelle corrélation n'a été observée lors de cette étude entre les performances mesurées de Nitritation et Nitratation et les différentes variations des paramètres process, comme le pH, la température ou l'O_2.

La variabilité des performances de nitrification est à rapprocher du fonctionnement à grande échelle d'un système à faible temps de séjour. La moindre variabilité d'alimentation en $N\text{-}NH_4$ est visible sur la qualité du traitement.

En exploitation, il semble que piloter le SHARON avec une température élevée (> 35°C), un effluent concentré induisant une charge d'alimentation en $N\text{-}NH_4$ stable et proche du nominal, et en maintenant un âge de boue total faible (de l'ordre de 3.35 jours) permette d'assurer une nitrification partielle (shunt des nitrates) élevée.

Outre les interrogations sur le choix du matériel en place (dimensionnement des surpresseurs et des systèmes d'échangeur de chaleur, choix des sondes de mesure), cette étude a permis au service d'exploitation de bien prendre en main le procédé (mode d'alimentation, fiabilité des mesures en continue, suivi fin des performances, modification régulière des consignes automate) et d'améliorer le suivi analytique de ce type de procédé (tests de sonde de mesures, filtration immédiate nécessaire des échantillons, conservation avant mesure).

IV. Remerciements

Nos remerciements vont aux personnes du SIAAP qui ont permis le bon déroulement de ces mesures de terrain, particulièrement Céline Briand de la Direction du Développement et de la Prospective Service Expertise et Henry Roda Responsable adjoint d'exploitation et son équipe d'exploitation de l'Usine d'épuration Seine Grésillon (SEG).

Bibliographie

AZIMI S. AND ROCHER V., 2017. Energy consumption reduction in a waste water treatment plant. Water Practice and Technology, 12(1), 104–116.

GE Shijian and Al., 2015, Detection of nitrifiers and evaluation of partial nitrification for wastewater treatment: A review, Chemosphere 140, 85-98

HELLINGA C. et al., 1998. The Sharon process: An innovative method for nitrogen removal from ammonium-rich waste water, Water Science and Technology, V.37, p.135-142.

Laverman A.M., Quenette F., Roose-Amsaleg C., 2015, Communautés microbiennes nitrifiantes du procédé SHARON – Abondance des oxydants de l'ammonium et du nitrite. Rapport d'activité du programme Mocopée, 7p.

PAN Yuting and Al., 2013, Electron competition among nitrogen oxides reduction during methanol-utilizing denitrification in wastewater treatment, Water Research 47, 3273-3281

PENG Y., ZHU G., 2006, Biological Nitrogen Removal with Nitrification and Denitrification via Nitrite Pathway, Applied Microbiology and Biotechnology 73 ; 15-26

Perret J.M., Bugarin A.H., Canler J.P., 2014. Evaluation du procédé SHARON – Etat des connaissances, étude du site, résultats et synthèse. Rapport d'activité du programme Mocopée, 104p.

ROCHER V., PAFFONI C., GONCALVES A., GUERIN S., AZIMI S., GASPERI J., MOILLERON R., PAUSS A., 2012. Municipal wastewater treatment by biofiltration: comparisons of various treatment layouts. Part 1: assessment of carbon and nitrogen removal. Water Science and Technology, 65(9), 1705-1712.

SINHA B. et al., 2007. Partial nitrification-operational parameters and microorganisms involved, Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, V.6, p.285-313.

VASQUEZ-RODRIGUEZ G. A., ROLS J.-L.,1996, Etude du processus de nitratation avec boues activées : effet inhibiteur de l'ammoniac sur les bactéries nitratantes, rev. Sci. Eau 3, 359-375