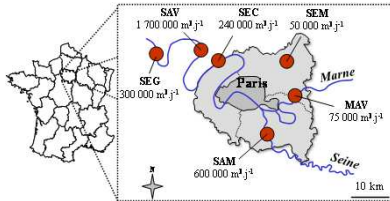


## Introduction

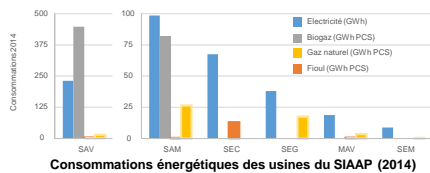
L'atteinte des objectifs fixés par la Directive sur les Eaux Résiduaires Urbaine (DERU, 1991) et la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000) a nécessité l'intégration de technologies performantes dans les usines d'épuration dont le fonctionnement génère une consommation énergétique importante. Parallèlement à cela, la loi transition énergétique (2015) a dessiné les grands objectifs du nouveau modèle énergétique français avec, entre autres, une réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre et une diminution de 20% de la consommation énergétique à horizon 2030.

Dans ce contexte de hautes performances à faible coût énergétique, le Service Public de l'Assainissement Francilien (SIAAP), en charge du transport et du traitement des eaux usées de 8,5 millions de franciliens, a mis en place des actions d'optimisation de ses consommations énergétiques.



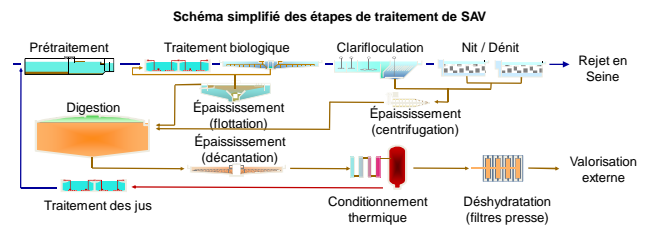
Le SIAAP, industriel majeur du traitement des eaux usées de la région parisienne (6 usines), a élaboré une **cartographie des consommations** et a déployé des **leviers d'action à 3 niveaux** afin de réduire les coûts d'exploitation et les impacts environnementaux associés.

Sur les 1 000 GWh consommés annuellement par l'ensemble des usines, près de la moitié (480 GWh PCS) est issue du biogaz produit sur les usines.



L'électricité représente 86% de l'énergie achetée et 43% de l'énergie consommée. La consommation la plus forte est sur le site SAV avec près de 230 GWh (2014).

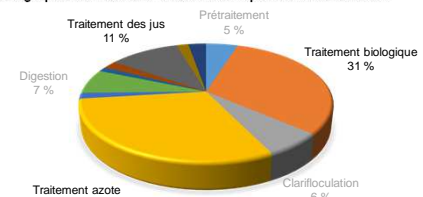
## Cartographie énergétique (SAV)



**File eau.** Prétraitement, traitement biologique, déphosphatation physico-chimique et traitement complet de l'azote (Nitrification/Dénitrification).

**File boue.** Épaulement, digestion, conditionnement thermique (20 bars, 200°C) et déshydratation (filtres presse). Les jus du conditionnement thermique subissent un traitement biologique (bioréacteur à membranaires).

### Cartographie des consommations électriques à l'échelle de SAV



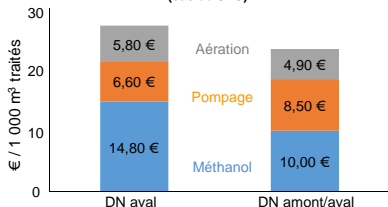
72 % de la consommation électrique sert au fonctionnement des procédés de traitement biologique (aération et pompage)

## Leviers d'action

Les équipements assurant l'aération et le pompage ont été ciblés comme principaux consommateurs d'énergie importée (électrique) pour le traitement des eaux usées. Partant de ce constat, l'objectif est maintenant de présenter une approche méthodologique, applicable aux stations d'épuration, permettant de déterminer des axes d'optimisation. **Trois échelles d'observation** sont à prendre en compte afin de définir les actions de manière pertinente et efficace. Basées sur des exemples mises en œuvre au sein des usines du SIAAP, ces trois échelles d'observation sont décrites ci-dessous, il s'agit des échelles filière, procédé et équipement.

### Echelle filière

Filières de traitement biologique du carbone et de l'azote (cas de SEC)

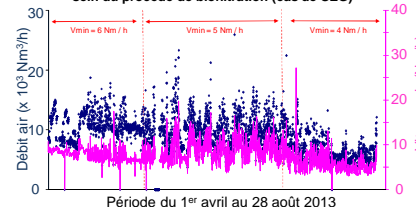


DN aval : la dénitrification est effectuée après l'étape de nitrification avec ajout de substrat carboné (méthanol) ; DN amont/aval : une partie des effluents nitrifiés est renvoyée en tête de l'étape de traitement de la matière organique.

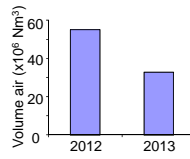
Au regard des seuls coûts de consommation électrique (aération et pompage), le fonctionnement en dénitrification aval apparaît la plus avantageuse. Or, en regardant l'ensemble des coûts de fonctionnement de la filière, il apparaît clairement que l'autre mode de fonctionnement présente des coûts de l'ordre de 14 % inférieur.

### Echelle procédé

Régulation de l'aération lors de l'étape de nitrification au sein du procédé de biofiltration (cas de SEG)



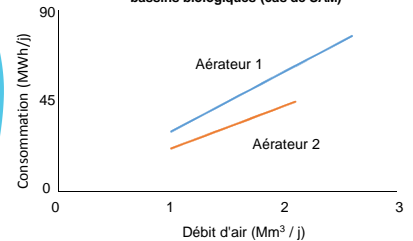
La vitesse minimale d'injection d'air, initialement de 8 m/h, a été réduite progressivement à 6, 5 puis 4 m/h.



Les débits d'air injectés ont sensiblement baissé durant cette période (40% en moins entre 2012 et 2013) sans que la qualité des effluents au rejet de l'étape de nitrification ait été altérée. Rapportée à la quantité d'azote éliminée, une diminution de près de 0,7 MWh par tonne d'azote éliminée a été constatée.

### Echelle équipement

Équipements de production et d'injection d'air dans les bassins biologiques (cas de SAM)



Les deux aérateurs du même procédé ne consomment pas la même quantité d'énergie électrique pour leur production d'air. Cette différence, liée à la configuration du réseau et au fonctionnement des machines, aurait pu provoquer, à l'échelle de l'année, une surconsommation de 3 à 6 GWh.

La prise en compte des coûts de fonctionnement de la filière est donc nécessaire afin de prendre les décisions en adéquation avec les objectifs.

Un travail approfondi sur les modes de régulation des réactifs et de l'air permettront d'optimiser significativement les coûts d'exploitation.

Il est essentiel de cibler les équipements les plus énergivores et de les doter de compteurs de consommation électrique.

## Suivi des actions

### Indicateurs de suivi

**Global.** Il est utile de connaître la consommation énergétique de l'ensemble des filières de traitement mais il n'apparaît pas judicieux d'utiliser l'indicateur de MWh électrique consommé par mètre cube d'eau traité si le traitement complet de l'eau nécessite d'autres sources d'énergie. Un indicateur de suivi du fonctionnement global des usines peut prendre la forme du **MWh énergie par mètre cube d'eau traité**.

**Procédé.** La détermination de ratios caractéristiques pour suivre le fonctionnement des principaux procédés d'épuration est également nécessaire. Un des indicateurs pertinents à l'échelle du procédé est la **consommation électrique nécessaire à la production d'air par quantité d'azote éliminée** sur l'étape de nitrification (2,2-2,4 MWh/tonne de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> éliminé sur SAV).

### Approche intégrée

Au regard de l'empreinte environnementale globale, l'application de leviers d'optimisation peut générer un déplacement des équilibres. Dans le cadre du programme de recherche Mocopée, l'Institut de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA), centre d'Antony (Haut-de Seine, 92) a montré que les procédés de traitement biologique induisaient des émissions significatives de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et qu'il existait une relation forte entre les débits d'air injectés et les émissions de ce gaz à effet de serre (Bollon et al., 2016a; Bollon et al., 2016b). Ainsi, les **actions en matière d'optimisation énergétique** des procédés de traitement **doivent tenir compte de l'ensemble des impacts environnementaux** pour orienter les décisions.

Bollon J., Filali A., Fayolle Y., Guerin S., Rocher V., Gillet S. 2016a. N<sub>2</sub>O emissions from full-scale nitrifying biofilters. Water Research. Bollon J., Filali A., Fayolle Y., Guerin S., Rocher V., Gillet S. 2016b. Full-scale post denitrifying biofilters: sinks of dissolved N<sub>2</sub>O? STOTEN