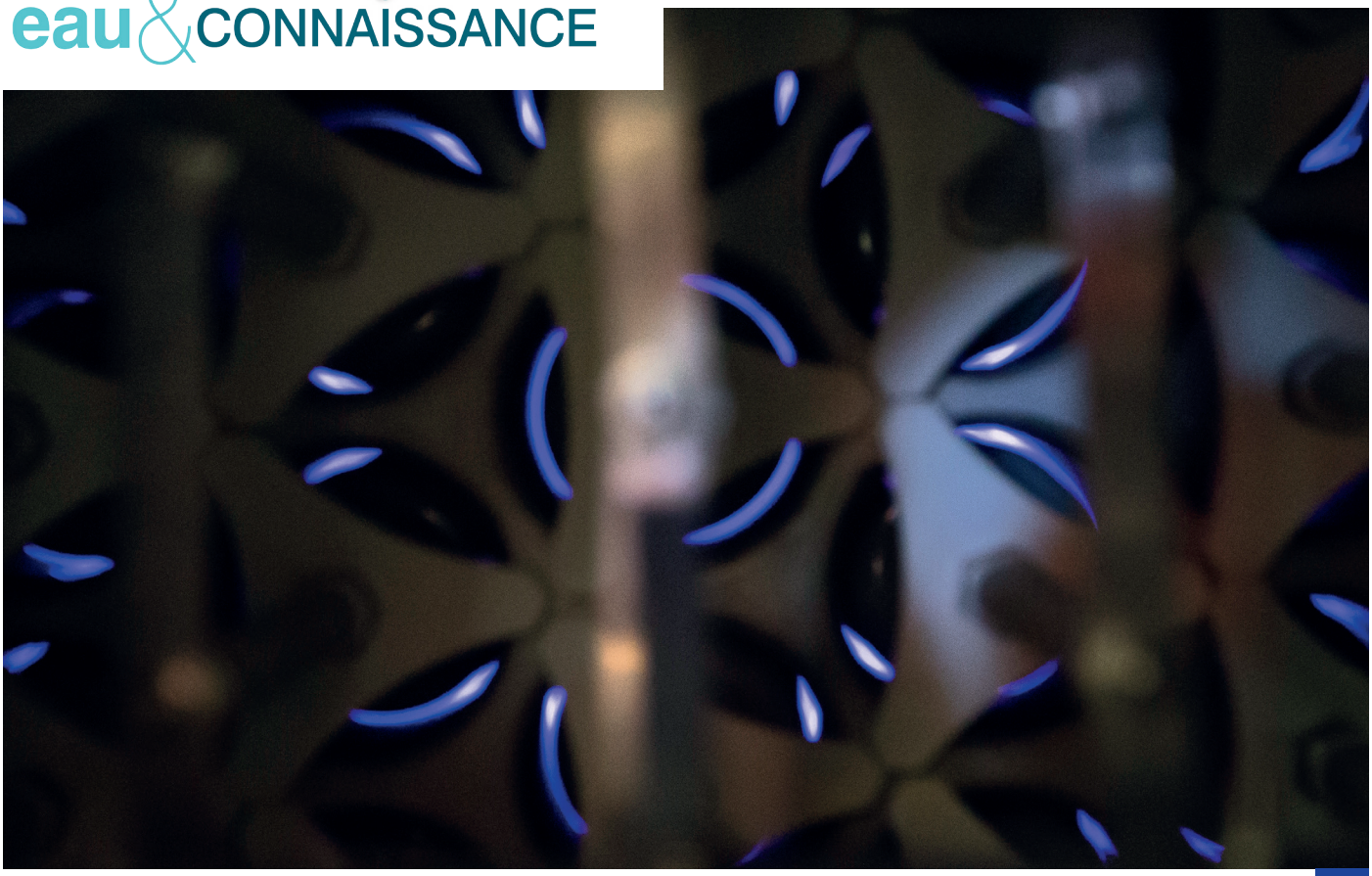
eau & CONNAISSANCE



Assainissement

TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS PAR OZONATION

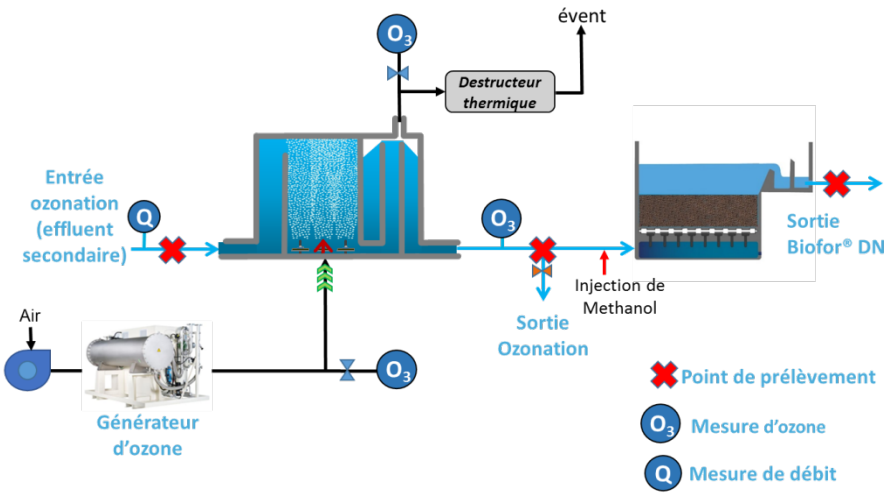
Retour d'expérience sur la station d'épuration de Sophia Antipolis (06)

Septembre 2017

agence de l'eau RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE
établissement public de l'État
SAUVONS L'EAU !

La station d'épuration de Sophia Antipolis

La station des Bouillides (Sophia Antipolis – 06) est une station de traitement des eaux usées par biofiltration. Elle traite le carbone, l'azote global et le phosphore. La station reçoit la pollution de 30 000 EH (dimensionnement prévu pour 50 000 EH). Depuis 2012, elle est équipée d'une installation d'ozonation pour traiter les micropolluants ce qui en fait **la seule station française dotée de garantie de traitement sur certains micropolluants de la directive cadre sur l'eau.**



L'installation d'ozonation en bref

- L'ozonation intervient **entre les étapes de nitrification et dénitrification** (Biofor DN)
- Génération de l'ozone à partir de l'air
- 1 réacteur de 63 m^3
- Dose d'ozone transférée de 5 g O_3/m^3
- Production d'ozone adaptée au débit
- Temps de séjour hydraulique 13-15 min
- Coût de l'installation 24 € HT /EH

Le projet Micropolis - Procédés sur la station de Sophia Antipolis

L'objectif du projet (2013-2016), piloté par Irstea, en collaboration avec Suez, est de disposer d'une **évaluation technique** (performances d'élimination des micropolluants), **énergétique et environnementale** de l'ozonation, et d'identifier les avantages et inconvénients de cette filière en conditions réelles de fonctionnement.

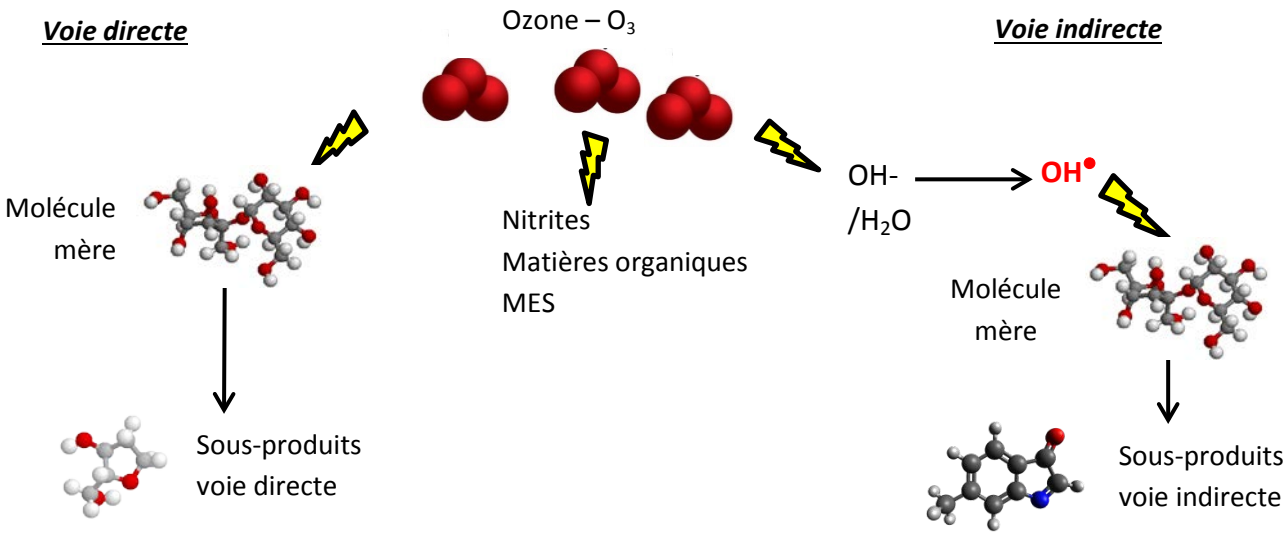
Ce projet a été accompagné financièrement par l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

Micropolis-Procédés en bref

- **10** campagnes d'échantillonnage 3h + 2 campagnes 24h (sur une année)
- **4** gammes de doses d'ozone testées
- **76** micropolluants analysés (choisis comme réfractaires au traitement biologique des stations d'épuration)

Ozonation des micropolluants, quels mécanismes ?

Pour l'élimination des micropolluants deux voies chimiques sont possibles : la voie directe par oxydation directe du micropolluant par l'ozone et la voie indirecte qui passe par la génération de radicaux hydroxyles ($HO^{\bullet}$).



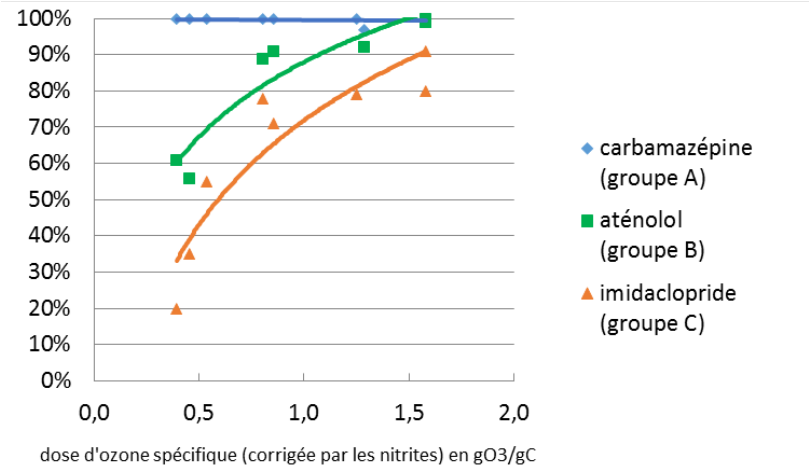
Performances d'élimination des micropolluants sur Sophia Antipolis

Rendements d'élimination

L'ozonation est globalement très efficace sur les molécules organiques (hormones, antibiotiques, pesticides). En revanche, elle n'affecte pas les métaux.

L'augmentation des doses d'ozone entraine une augmentation du rendement d'élimination pour les molécules les plus difficilement oxydables (exemple de l'aténolol et de l'imidaclopride sur le graphique ci-contre). Les molécules rapidement oxydables sont toujours très bien éliminées (exemple de la carbamazépine)

Ainsi, le nombre de molécules très bien éliminées (rendements > 80%) **augmente avec la dose d'ozone.**



Graphique : Rendements d'élimination calculés pour la carbamazépine l'aténolol et l'imidaclopride en fonction des doses d'ozone transférées (corrigées par les nitrites)

Quelle dose pour quels micropolluants ?

L'étude des mécanismes d'oxydation montre que les micropolluants peuvent être classés selon trois groupes en fonction de la vitesse d'oxydation à l'ozone.

Le principal paramètre de fonctionnement de l'ozonation est **la dose d'ozone** (voir l'encadré « comment calculer les doses d'ozone »). **La dose d'ozone est à ajuster en fonction des molécules ciblées et de la qualité de l'eau à traiter (Cf. tableau ci-dessous). Ces résultats, obtenus sur le site de Sophia Antipolis, sont applicables à d'autres installations.**

Groupe de réactivité	Constante cinétique de second ordre ($L.mol^{-1}.s^{-1}$)	Dose d'ozone spécifique corrigée par les nitrites (gO_3/gC) pour atteindre 80% d'élimination par ozonation	Exemples de micropolluants
A – Rapide	[$9,44.10^4$ - $8,18.10^6$]	0,2 - 0,4	carbamazépine, diclofénac, estrone, sulfaméthoxazole
B – Intermédiaire	[$1,3.10^3$ - $4,9.10^3$]	0,6 – 0,7	aténolol, clarithromycine, métoprolol, ofloxacine
C - Lent	[1,5 - $4,5.10^2$]	0,8 – 0,9	diuron, imidaclopride, kétoprofène, acide fénofibrique

Comment calculer les doses d'ozone ?

La dose d'ozone est le plus souvent exprimée en fonction du volume d'eau à traiter (gO_3/m^3). Cette étude montre que les doses d'ozone spécifiques (quantité d'ozone transférée rapportée à la pollution organique entrante exprimée en gO_3/gC) sont davantage corrélées aux rendements atteints. **L'utilisation des doses spécifiques est donc à privilégier pour décrire le fonctionnement de l'ozonation**.

De manière à estimer la dose d'ozone efficace pour les micropolluants, **des corrections sont nécessaires pour intégrer les consommations d'ozone par d'autres polluants**. Une correction est nécessaire vis-à-vis des nitrites qui peuvent être formés durant les étapes de nitrification ou de dénitrification. D'autres corrections pourraient être envisagées notamment vis-à-vis des MES lorsque le taux de MES est élevé.

Pilotage et exploitation de l'ozonation à Sophia Antipolis

Les tâches d'exploitation comprennent : le pilotage du procédé d'ozonation et la maintenance des équipements.
La génération d'ozone à l'air sur cette installation évite la gestion d'oxygène liquide. La dose d'ozone transférée est pilotée avec le débit de l'effluent secondaire.

Le coût d'exploitation de l'ozonation est expliqué par la consommation d'électricité supplémentaire. **650 000 kWh/an** sont nécessaires pour faire fonctionner l'ozonation, cela représente **27 %** de l'électricité consommée sur la station de Sophia Antipolis. Mais, plusieurs pistes d'évolution permettraient d'économiser jusqu'à 20% de l'énergie consommée sur le traitement complémentaire.

Impact sur le prix de l'eau*

+ 0,10 à 0,18 € HT/m^3

Ce calcul prend en compte les coûts d'exploitation (énergie et maintenance) et l'amortissement des investissements (deux calculs avec deux durées différentes d'amortissement : 5 et 10 ans).

*Ce calcul est valable dans le strict cadre de la station de Sophia Antipolis

Ce qu'il faut retenir sur l'ozonation

L'ozonation ne peut avoir une action que sur les molécules présentes en sortie de station d'épuration. En particulier, elle n'a pas d'impact sur les molécules stockées dans les boues. **L'ozonation, à elle seule, n'est pas suffisante pour limiter toutes les émissions de micropolluants des agglomérations.**

Avantages	Limites
➲ Solution efficace sur un large spectre de micropolluants (organiques hydrophiles) ➲ Désinfection partielle de l'effluent (en fonction de la position de l'ozonation dans la filière) ➲ Pas de réactif supplémentaire à utiliser sur la station (si génération d'ozone à l'air) ➲ Pas de nouveaux déchets à gérer	➲ Pas d'action sur les métaux ➲ Besoin d'informations complémentaires sur les produits de dégradation issus de l'ozonation ➲ Consommation d'ozone par la matière organique, les nitrites et les MES ➲ Contraintes liées à la protection des travailleurs à l'exposition à l'ozone ➲ Consommation énergétique supplémentaire

La formation de produits de dégradation lors de l'ozonation reste une préoccupation centrale qui n'a pas été abordée dans le cadre de ce projet. Cette question est étudiée dans le cadre du projet **Micropolis – Indicateurs** qui vise le développement de nouveaux outils pour **l'évaluation de la toxicité des rejets**. Les résultats sont attendus pour 2018.

Partenaires du projet

POUR ALLER PLUS LOIN : TELECHARGER LE RAPPORT COMPLET

Contacts :
Jean Marc Choubert (chef de projet Micropolis-Procédé) – IRSTEA : jean-marc.choubert@irstea.fr
Ywann Penru – SUEZ Cirsee : ywann.penru@suez.com
Céline Lagarrigue – Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : celine.lagarrigue@eaurmc.fr

Agence de l'eau
Rhône Méditerranée Corse
2-4 allée de Lodz
69363 Lyon cedex 07
Tél. 04 72 71 26 00

www.eaurmc.fr

Photos : ©SUEZ / CDPNEWS / Cyrille Dupont