



# Ozone Traitement des eaux usées

MICROPOLLUANTS OXYDANTS DANS LE RÉSEAU DE  
CIRCULATION D'EAU

**motralec**

4 rue Lavoisier . ZA Lavoisier . 95223 HERBLAY CEDEX

Tel. : 01.39.97.65.10 / Fax. : 01.39.97.68.48

Demande de prix / e-mail : [service-commercial@motralec.com](mailto:service-commercial@motralec.com)

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

**WEDECO**

a xylem brand

# Substances pharmaceutiques dans le réseau de circulation d'eau



**L'élimination des micropolluants de notre eau est un défi auquel doivent faire face de plus en plus d'installations. Tandis que les processus de traitement conventionnels ne les éliminent pas complètement, l'oxydation avec l'ozone s'avère l'une des méthodes de traitement les plus efficaces.**

Les produits pharmaceutiques aident nombre de personnes et d'animaux à combattre les maladies, à rester en bonne santé ou à améliorer leur qualité de vie. Cependant, une part importante des agents actifs des produits pharmaceutiques se retrouve dans notre environnement par le biais des excréctions corporelles.

Ils ne constituent pourtant pas un danger immédiat et ce sont les dangers à long terme qui sont de plus en plus significatifs. Les effets des micropolluants et des substances pharmaceutiques dans les eaux de surface ont déjà été testés dans de nombreuses études à grande échelle. Ces effets entraînent des modifications négatives dans l'écosystème.

## Micropolluants dans la circulation d'eau

- Substances persistantes
- Biodégradables uniquement dans une certaine mesure
- Ont un effet négatif sur les organismes
- Provoquent des perturbations du système endocrinien
- Peuvent se diffuser rapidement dans les circuits de distribution d'eau

## Problème I : persistance

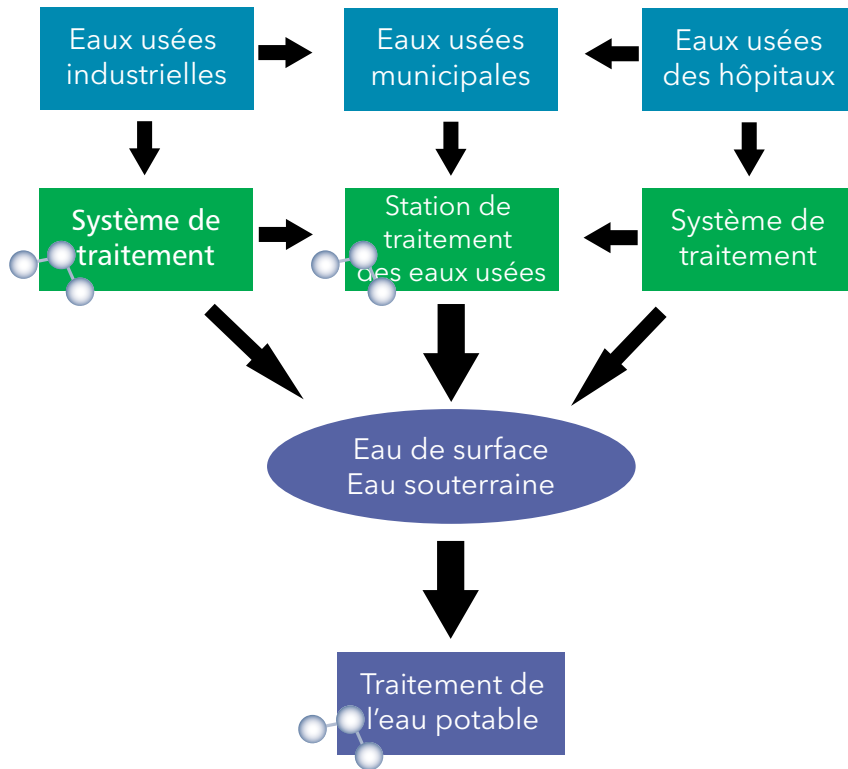
Toutes les substances agréées dans les secteurs pharmaceutique, agricole et industriel, ainsi que celles qui sont communément consommées, ne sont pas entièrement biodégradables. Cela signifie qu'elles ne peuvent pas être entièrement éliminées en utilisant des technologies de traitement conventionnelles. En conséquence, le nombre des matières contaminantes dans notre réseau de distribution d'eau est en augmentation (bioaccumulation). La présence de polluants dans l'eau augmente ainsi de manière constante, de même que les autres effets négatifs dans le futur sur l'environnement aquatique, à moins que des mesures appropriées ne soient prises.

## Problème II : effets endocriniens

Certains micropolluants (par ex. l'éthinylestradiol) ont un effet sur le système hormonal des êtres humains et des animaux. Ces composés perturbateurs endocriniens (les EDC) ont un impact même à faible concentration et ont été classés comme problématiques. Concernant les impacts environnementaux négatifs sur les organismes vivants, les EDC sont actuellement considérés comme étant liés à :

- des observations d'effets négatifs sur la reproduction de certaines espèces de poissons (y compris la féminisation de poissons mâles).
- la baisse de fertilité chez les êtres humains et les animaux en raison de la baisse de qualité du sperme.
- l'augmentation de certains types de cancers pouvant être liés à des perturbations du système hormonal.

# Voies d'afflux



**Les sources d'eau potable, telles que les eaux souterraines ou les eaux de surface, ont des concentrations de micropolluants différentes suivant leur taux de mélange avec les voies d'afflux.**

Les principales voies d'afflux ou les « points chauds » de micropolluants persistants dans les eaux de surface sont les stations de traitement des eaux usées municipales, le drainage de l'industrie pharmaceutique, des zones de reproduction des animaux ou des centres médicaux

D'autres voies d'afflux indirectes résultent de la mauvaise élimination des produits pharmaceutiques non utilisés, de l'épandage agricole d'excréments animaux et des boues d'épuration.

Les principales voies d'afflux de substances perturbatrices du système endocrinien dans les eaux usées.

 = possibilité de traitement avec l'ozone.



Des concentrations élevées de substances perturbatrices du système endocrinien pénètrent dans nos eaux souterraines et nos eaux de surface par le biais du processus de traitement des eaux usées.



# L'agent spécial : l'ozone

**Les effets des substances endocriniennes et des micropolluants persistants sur notre écosystème renforcent la nécessité d'un traitement plus complet. De nombreuses stations de traitement des eaux usées ne sont pas capables d'éliminer suffisamment ces polluants en utilisant leurs technologies actuelles.**

De nombreux essais-pilotes, utilisant l'ozone dans une phase de traitement supplémentaire, indiquent que l'ozone est une solution efficace pour éliminer les polluants persistants. Cela signifie que les micropolluants présents dans l'eau peuvent être suffisamment éliminés en utilisant des doses d'ozone écologiques et économiquement défendables.

## Comment fonctionne l'ozone ?

L'ozone réagit rapidement avec des micropolluants contenant des aminogroupes, liaisons doubles ou systèmes aromatiques accessibles. Parallèlement à ces propriétés spécifiques concernant les polluants, l'efficacité des réactions dépend également de la valeur du pH et de la teneur en carbone organique dissout (DOC).

La possibilité d'éliminer un polluant peut être estimée en s'intéressant à ses constantes de vitesse de réaction avec l'ozone.



### Dissolution d'ozone :

Dès que l'ozone est introduit dans l'eau, tous les polluants dangereux sont dégradés efficacement par oxydation.

On peut supposer que les polluants ayant une constante de vitesse de réaction de  $> 10^5 \text{ M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  réagissent très rapidement avec l'ozone. En comparaison : le colorant indigo (utilisé pour la détection quantitative de l'ozone entre autres) présente une constante de  $\sim 10^7 \text{ M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  et le sulfure d'hydrogène de  $\sim 3 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  pour la réaction avec l'ozone.

Les différences de constantes de réaction résultent essentiellement des différents points d'action de l'ozone sur les molécules.

- Par exemple, l'éthinylestradiol 17 $\alpha$  est affecté au groupe phénol.
- Dans le cas de la carbamazépine, l'ozone réagit avec une liaison double.
- Le Diclofenac et le sulfaméthoxazole ont des aminogroupes fonctionnels qui peuvent être oxydés par l'ozone. Le Bézafibrate et l'Ibuprofène n'ont pas de tels groupes fonctionnels et réagissent donc beaucoup plus lentement avec l'ozone [Schuhmacher].

Le tableau ci-dessous indique les constantes de vitesse de réaction pour les réactions de différents produits pharmaceutiques avec l'ozone.

Produit pharmaceutique	$k=[\text{M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$
Éthinylestradiol	$\sim 3,0 \times 10^6$
Bézafibrate	$\sim 0,6 \times 10^3$
Carbamazépine	$\sim 0,3 \times 10^6$
Diclofenac	$\sim 1,0 \times 10^6$
Ibuprofène	$\sim 9,6 \times 10^3$
Sulfaméthoxazole	$\sim 2,5 \times 10^6$

Source : Projet Poseidon, EAWAG, Huber, entre autres

# Produits pharmaceutiques et leurs effets

Dans cet exemple, un total de plus de 2 700 produits différents sont utilisés en médecine humaine et plus de 600 agents en médecine animale. Le tableau indique les polluants présents en concentrations les plus élevées dans l'eau de surface, ainsi que leurs effets.

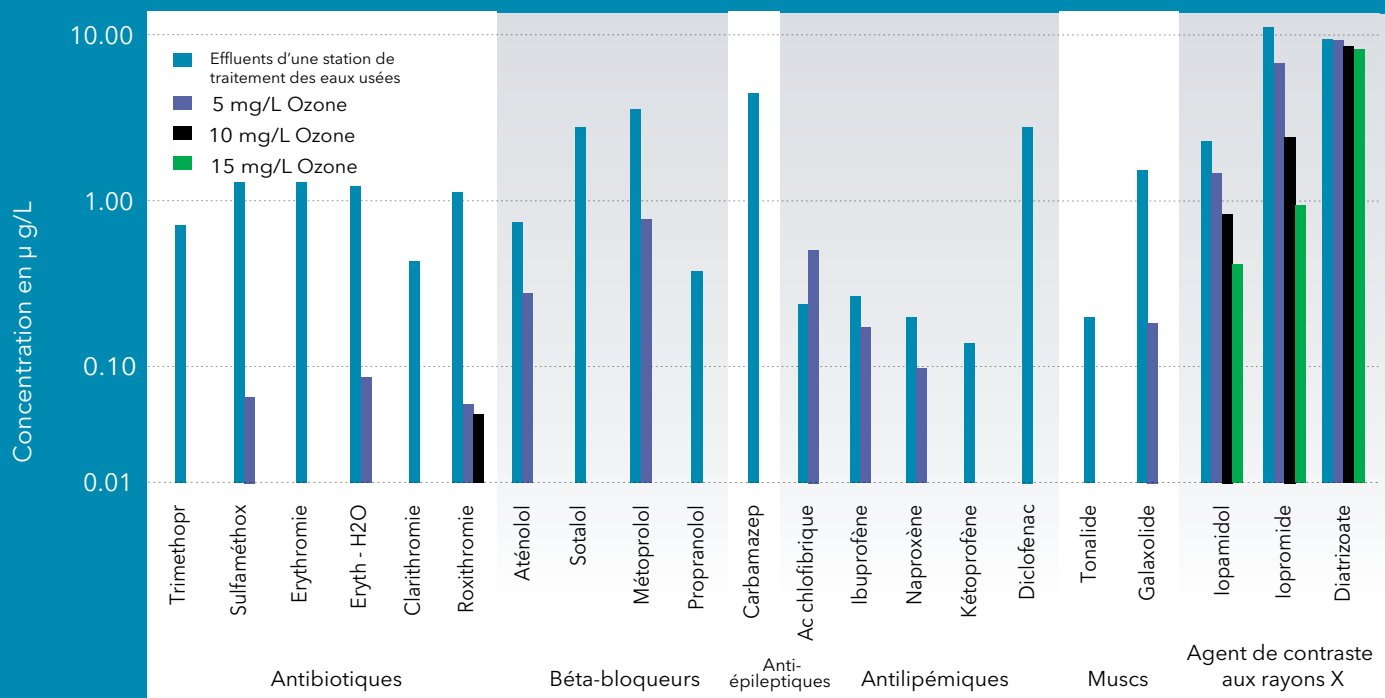
Ingrédients actifs	Produits pharmaceutiques	Élimination [kg/an]	Concentration [µg/L]	Effet	Réaction
		Élimination totale en 2001	Concentration la plus élevée mesurée dans les eaux de surface	Effets sur différents organismes dans l'eau	Réaction dans l'environnement (faiblement dégradable)
Antibiotiques	Sulfaméthoxazole	53,600	1	X	X
	Érythromycine	19,199	1,7		X
	Triméthoprim	11,427	0,2		X
	Clarithromycine	7,159	0,003	X	
Antidouleurs	Diclofenac	85,801	2	X	X
	Ibuprofène	344,885	1,5	X	
	Phénazone	24,843	0,95	X	X
	Propyphénazone	28,140	0,31		X
Antiépileptiques	Carbamazépine	87,605	6,1	X	X
Antilipémiques	Bézafibrate	33,476	3,1	X	
	Acide clofibrique	2	1,1		X
Beta-bloqueurs	Aténolol	13,594	0,22		X
Antirhumatismaux	Indométacine	3,721	0,7		X
Hormones	Estradiol	1,098	0,0006	X	
	Éthinylestradiol	48	0,002	X	
Produits de contraste aux rayons X	Ioméprol	83,377	0,89		
	Iopamidol	42,994	2,8		
	Iopromide	64,056	8,5		
	Diatrizoate	60,687	15,8		
Cytostatiques	Cyclophosphamide	385	0,1		X
	Ifosfamide	170	0,18		X

Source : MUNLV 2008

## Expressions et définitions

**Micropollution** : pollution par des substances en concentrations relativement faibles, qui sont résistantes à un traitement conventionnel.

**Composés perturbateurs endocriniens (EDC)** : polluants ayant des effets indésirables sur le système hormonal des êtres humains et des animaux. Ces effets peuvent être causés par des produits pharmaceutiques ou même d'autres substances.



Le graphique présente les résultats obtenus dans une station de traitement des eaux usées à Brunswick, avec un dosage d'ozone de 5 à 15 mg/L. Ils illustrent les degrés élevés de dégradation (non représentés = inférieurs au seuil de détection) qui peuvent être atteints en utilisant de l'ozone.

## Succès d'essais-pilotes avec de l'ozone

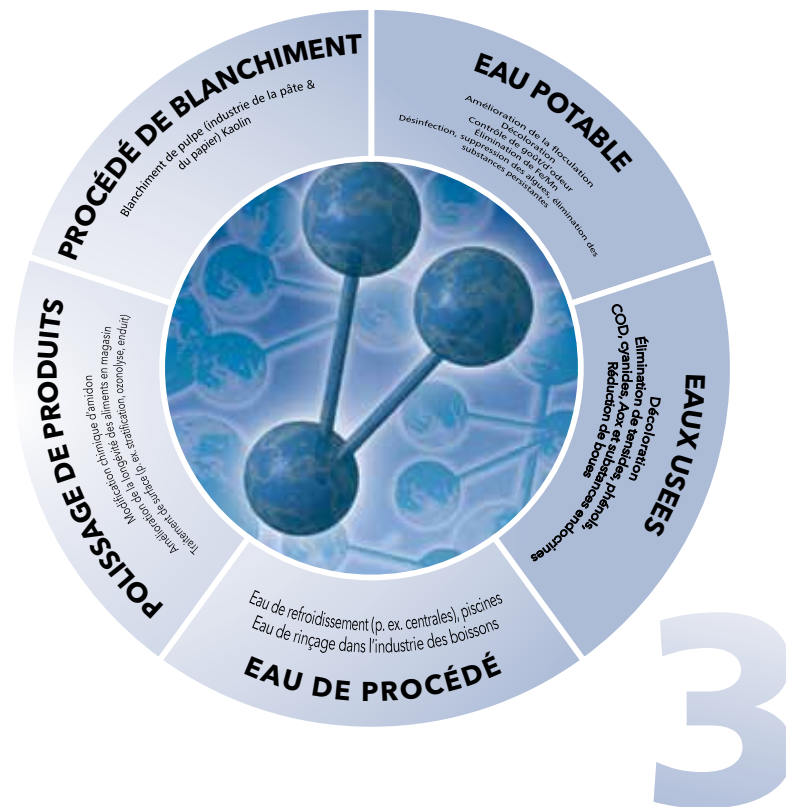
Des systèmes à l'ozone WEDECO ont déjà été utilisés dans le cadre de plusieurs projets nationaux et internationaux de réduction des micropolluants :

- **Projet Poseidon**  
Station de traitement des eaux usées de Braunschweig  
Janvier 2001 – Juin 2004  
(Projet N° EVK1-CT-2000-00047)
- **Projet national Switzerland Strategy MicroPoll**  
Station de traitement des eaux usées de Wueri à Regensdorf  
Juillet 2007 – Octobre 2008
- **Projet PILOTOX** à l'Université de technologie de Berlin,  
station de traitement des eaux usées de Berlin Ruhleben,  
Décembre 2004 – Juillet 2005
- **Projet Poseidon**  
Station de traitement des eaux usées EAWAG Zurich/Opfikon
- **Projet de recherche de l'Université de Stuttgart Busnau**  
station de traitement des eaux usées  
Décembre 2003 – Mai 2005
- **Projet KomOzon** à l'Université de technologie de Vienne  
Station de traitement des eaux usées de Vienne  
2007 – 2009



Station de traitement à l'ozone WEDECO de la station de traitement des eaux usées de Wueri à Regensdorf en Suisse.

# Utilisation de l'ozone



**L'ozone, l'un des plus puissants agents oxydants disponibles dans le commerce, est communément utilisé pour le traitement des eaux municipales et des eaux usées. En plus de ses propriétés d'oxydation, il constitue une méthode de traitement écologique. Les polluants, substances colorées, odeurs et microorganismes sont immédiatement détruits par l'oxydation, sans générer de produits dérivés chlorés ou résidus nocifs.**

En se décomposant en oxygène pendant sa réaction, l'ozone représente une alternative économique et écologique à l'oxydation avec du chlore, à l'absorption (charbon actif) ou à la séparation (osmose inverse).

## Les avantages de l'ozone :

- L'ozone supprime les bactéries, virus et autres contaminants organiques et inorganiques.
- L'ozone permet de réduire de manière significative les niveaux de produits chimiques dangereux, tels que le chlore.
- L'ozone agit comme un microfloculant, contribuant à l'élimination des minéraux tels que le fer et le manganèse.

- L'ozone ne laisse ni produits résiduels chlorés, ni goûts ni odeurs déplorables chimiques.
- L'ozone est généré sur site et à la demande à partir d'air/oxygène et d'énergie électrique.
- Aucun stockage ni manipulation de produits chimiques.

## L'action oxydante de l'ozone

L'ozone réagit rapidement avec un grand nombre de composés. Ce faisant, ces composés sont attaqués soit directement par la molécule d'ozone, soit indirectement par les radicaux hydroxyles produits en phase intermédiaire. L'ozone est de préférence entièrement consommé lors de ce processus de réaction, ne libérant ainsi que de l'oxygène. S'il reste de l'ozone dans les effluents gazeux, ce résidu est transformé en oxygène par un destructeur d'ozone résiduel.

En associant l'ozone avec les UV ou du peroxyde, des processus avancés d'oxydation se créent alors, capables de réduire même les substances les plus persistantes. Ces processus d'oxydation avancés (AOP) contribuent également à rendre inoffensifs d'autres polluants de l'eau, précédemment non dégradables.

# Xylem |'zīl m|

- 1) Tissu végétal qui achemine l'eau des racines vers le haut des plantes ;
- 2) société leader mondial dans le secteur des technologies de l'eau.

Nous sommes 12 000 personnes unies dans le même but : créer des solutions innovantes qui répondent aux besoins en eau de la planète. Développer de nouvelles technologies qui améliorent la façon dont l'eau est utilisée, stockée et réutilisée dans le futur est au cœur de notre mission. Tout au long du cycle de l'eau, nous la transportons, la traitons, l'analysons et la restituons à son milieu naturel. Ainsi, nous contribuons à une utilisation performante et responsable de l'eau dans les maisons, les bâtiments, les industries ou les exploitations agricoles. Dans plus de 150 pays, nous avons construit de longue date de fortes relations avec nos clients, qui nous connaissent pour notre combinaison unique de marques leaders et d'expertise en ingénierie, soutenue par une longue histoire d'innovations.

Pour découvrir Xylem et ses solutions, rendez-vous sur [www.xyleminc.com](http://www.xyleminc.com)

**WEDECO**

**xylem**  
Let's Solve Water

**motralec**

4 rue Lavoisier . ZA Lavoisier . 95223 HERBLAY CEDEX  
Tel. : 01.39.97.65.10 / Fax. : 01.39.97.68.48  
Demande de prix / e-mail : [service-commercial@motralec.com](mailto:service-commercial@motralec.com)  
[www.motralec.com](http://www.motralec.com)