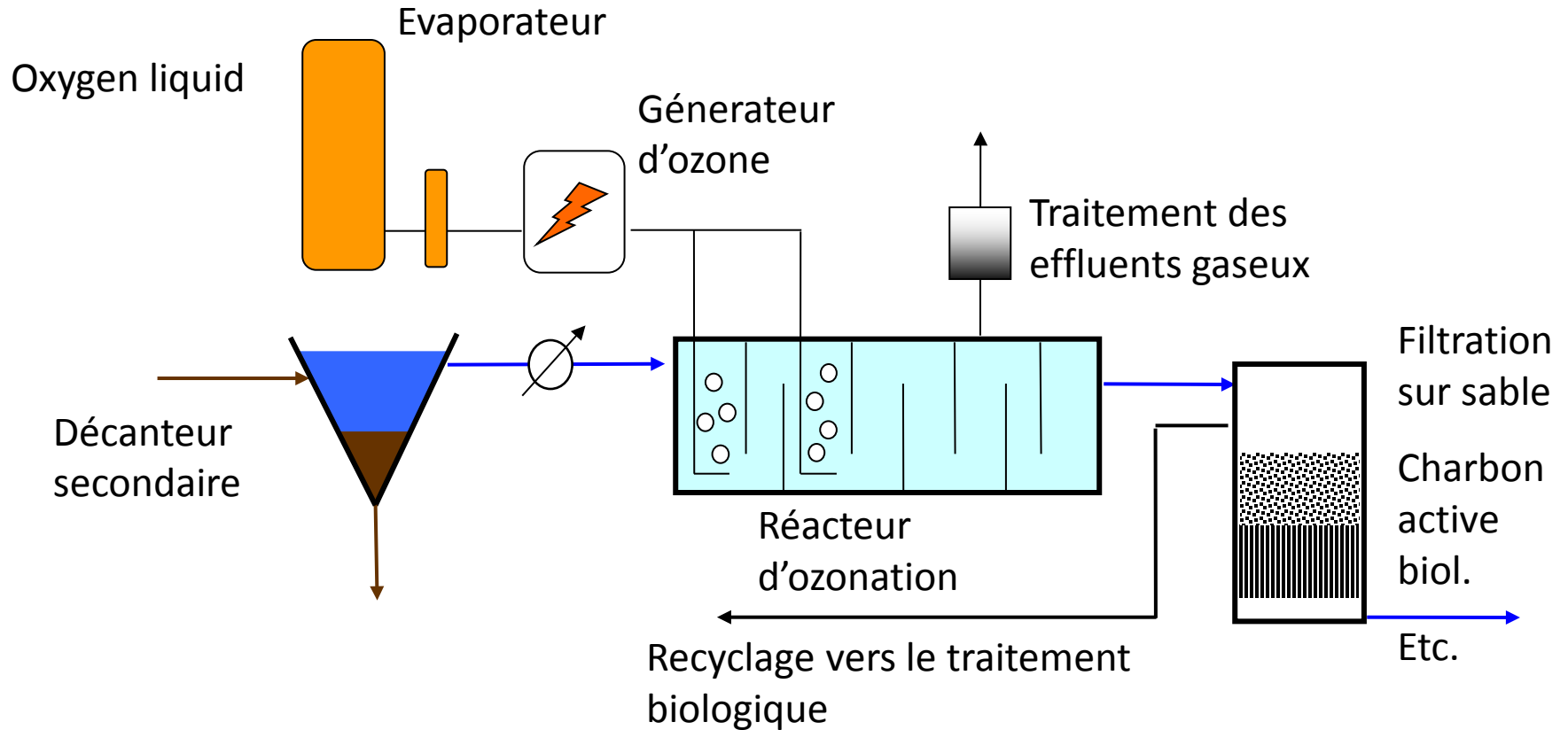


Les produits de transformation d'ozonation et leur devenir dans le post-traitement biologique

Urs von Gunten

Eawag- Das Wasserforschungsinstitut des ETH Bereichs
EPFL, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

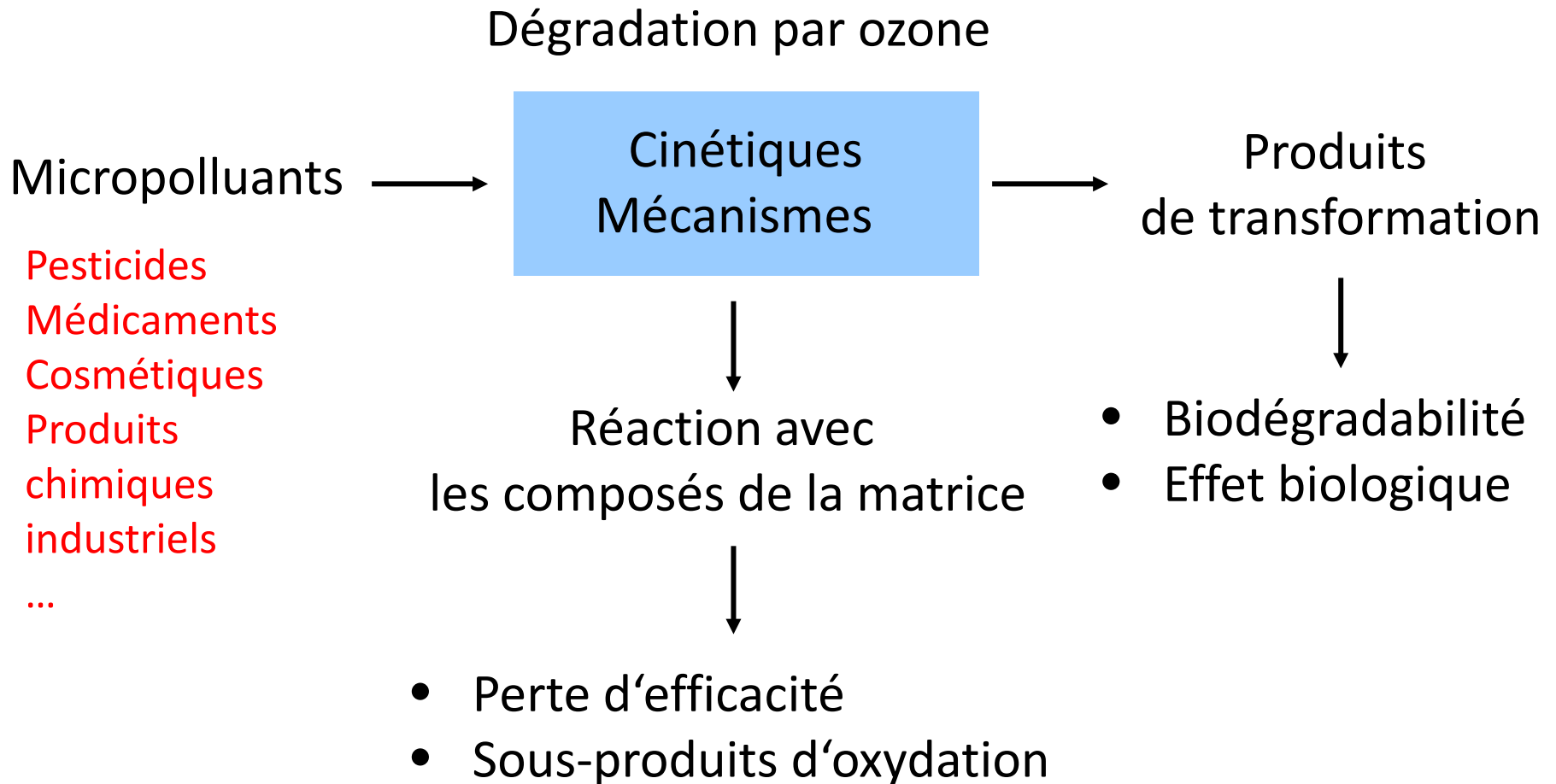
Ozonation pour le traitement des eaux usées



STEP Neugut : Echelle réelle, 105'000 équivalent-habitant, depuis Mars 2014
(quelques résultats de Christa McArdell et son équipe)

STEP Regensdorf : Echelle réelle, 25'000 équivalent-habitant, Aug. 2007 – Oct. 2008

Aspect du traitement de l'eau par ozonation



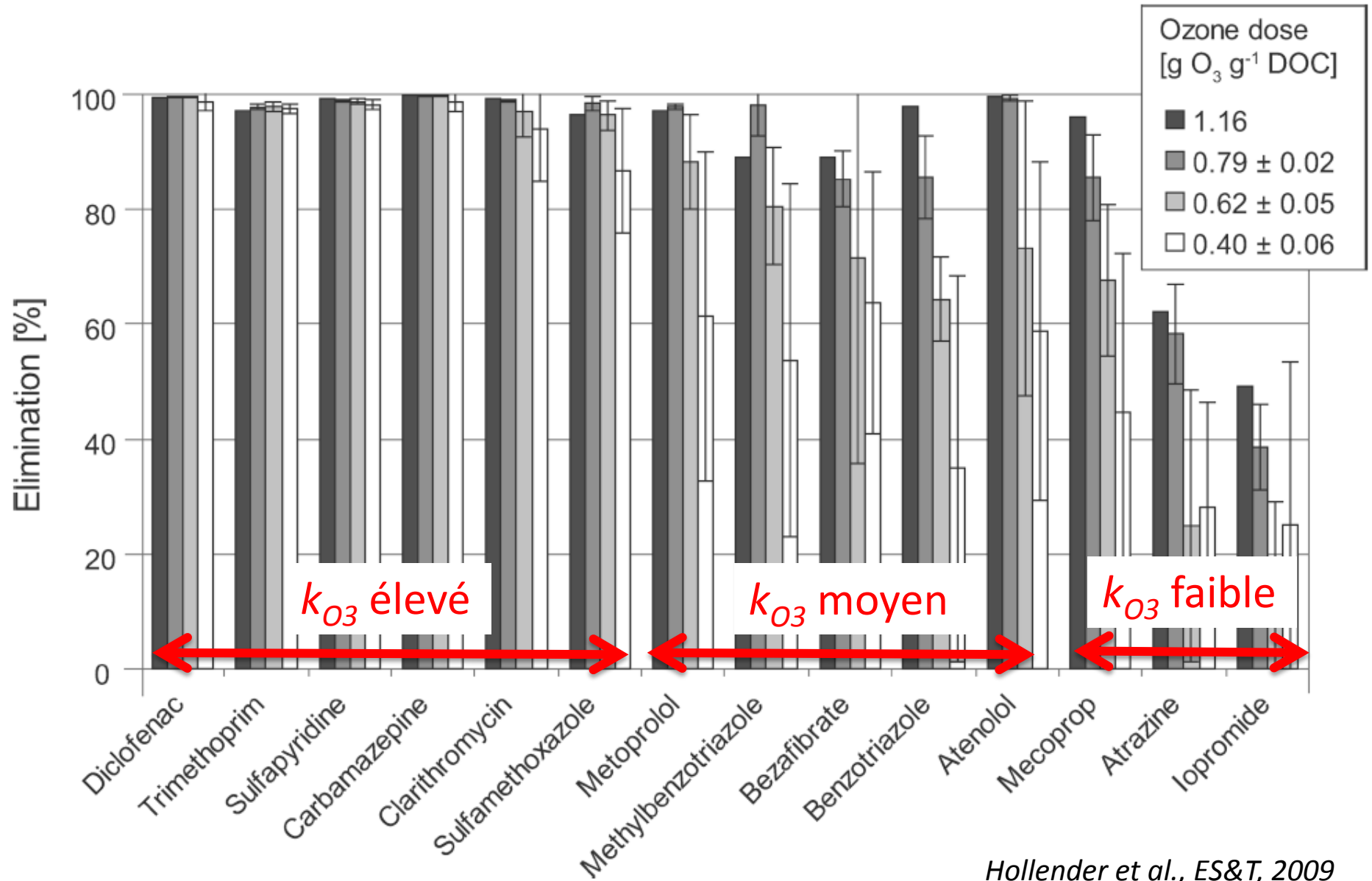
Efficacité de l'oxydation des micropolluants - cinétique

- L'ozone est une **molécule électrophile** sélective
- L'ozone se décompose dans l'eau en **radicaux hydroxyles**
- L'ozone réagit particulièrement avec les **oléfines**, les **composés aromatiques activés**, les **amines neutres** et les **composés soufrés réduits**
- Constante de réaction: **constante physico-chimique k**
- k est, avec la durée d'exposition à l'oxydant, le point critique pour s'assurer d'une oxydation convenable

$$\ln\left(\frac{[c]}{[c]_o}\right) = k \int [ox] dt$$

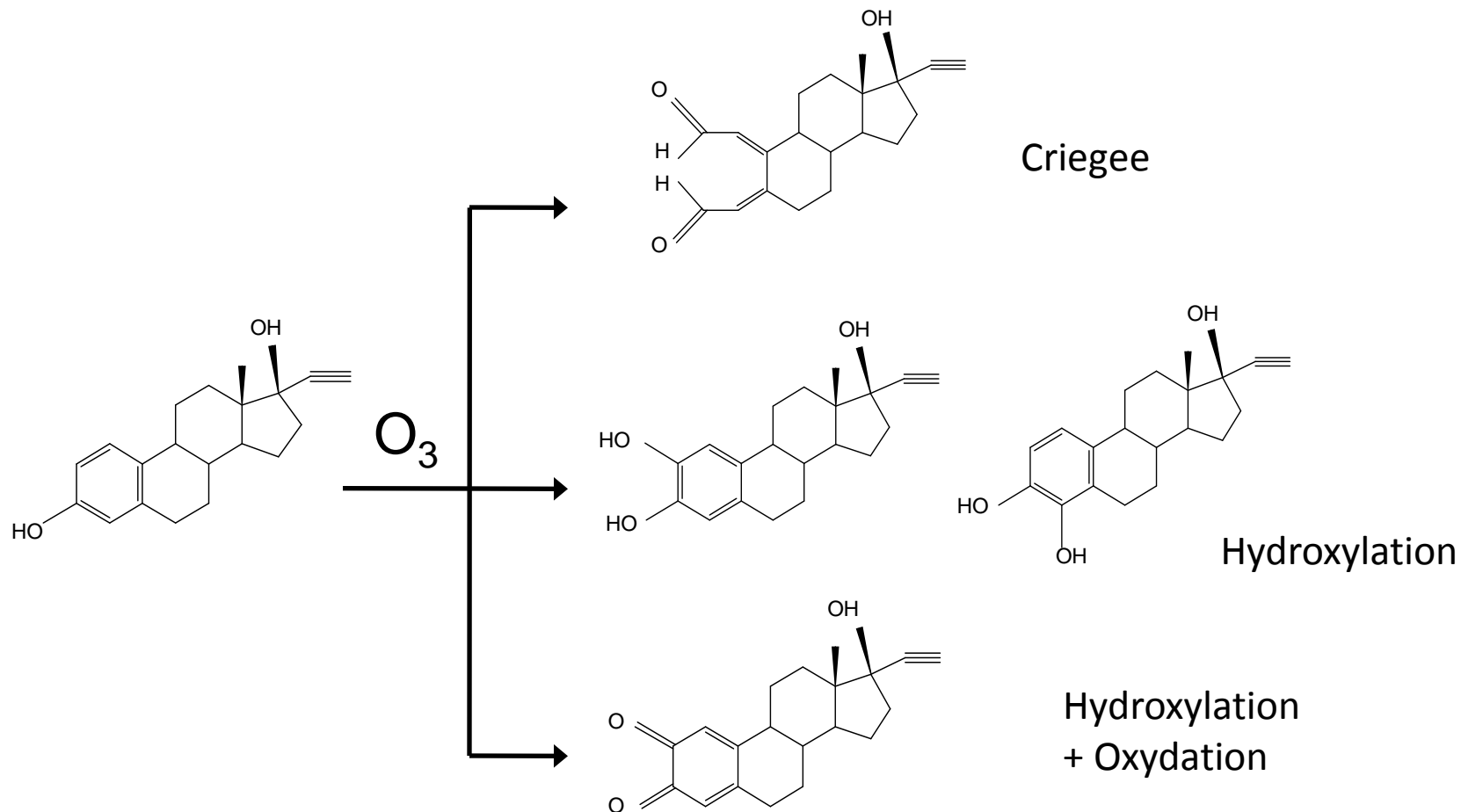
- Mesures des k de réaction (directes, cinétique compétitive)
- Relation quantitative entre la structure et l'activité (QSAR)
- Approche utilisant la mécanique quantique

Importance de la cinétique dans l'élimination des micropolluants dans les eaux usées: STEP Wüeri - Regensdorf



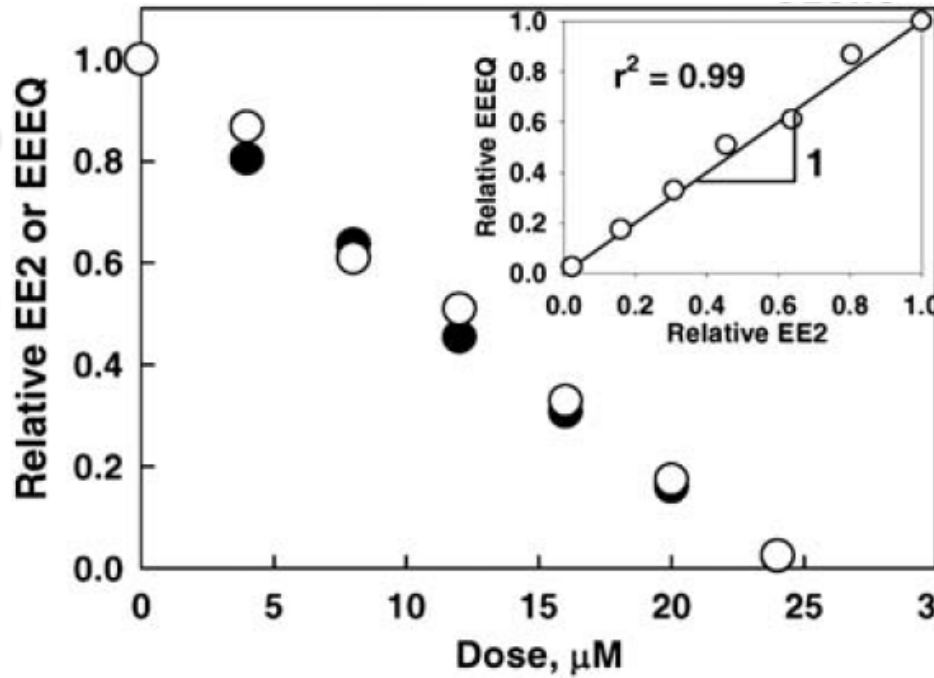
Composés Aromatiques - Oxydation de la 17 α -Ethinylestradiol

Produits primaires suggérés

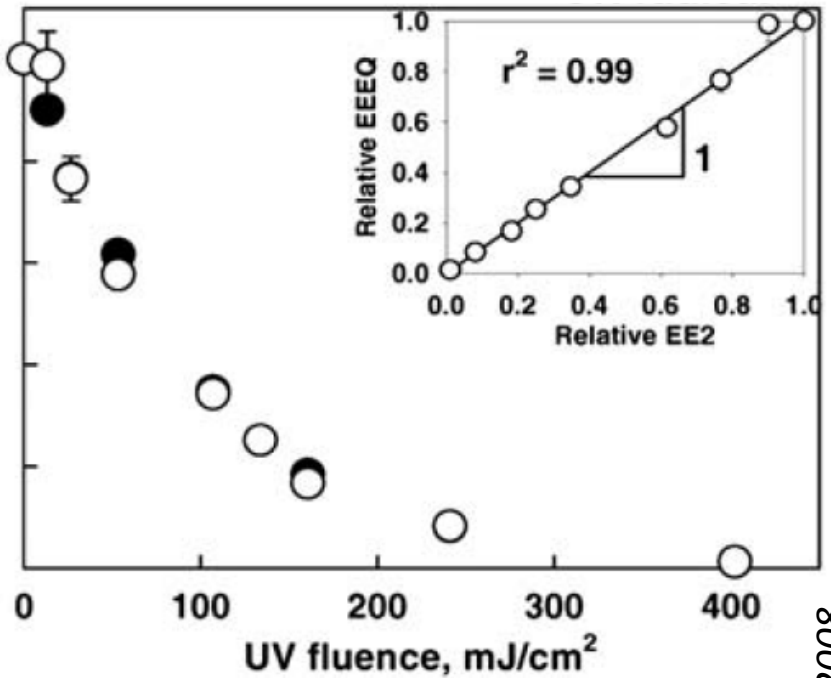


Effets biologiques : Réduction de l'activité oestrogénique (EEEQ, YES) et élimination de la 17 α -Ethinylestradiol (EE2) par l'ozone et les radicaux hydroxyles

Ozone



Radicaux hydroxyles

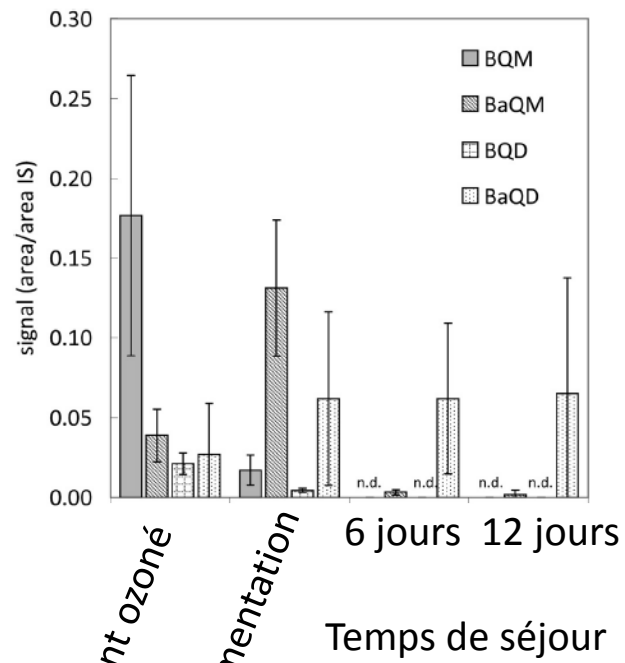


La perte de l'activité oestrogénique est proportionnelle à l'élimination de l'EE2

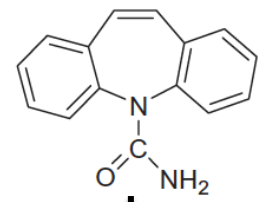
Effet oestrogénique des produits $\ll 10\%$ de EE2

Biodégradation des produits de transformation de la carbamazépine (oléfine) dans une colonne de sable

Colonne de sable

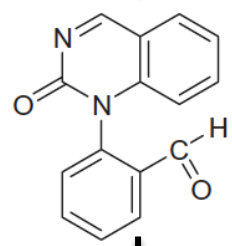


Carbamazépine



O₃

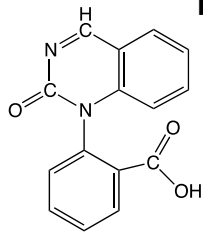
BQM



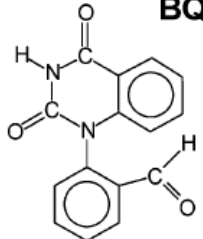
Biol.

O₃

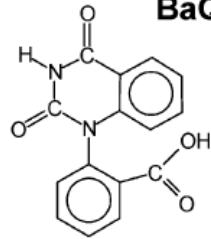
BaQM



BQD

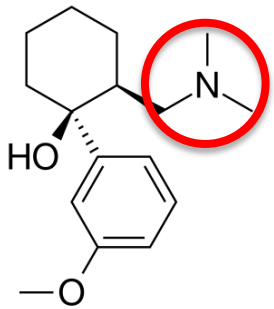
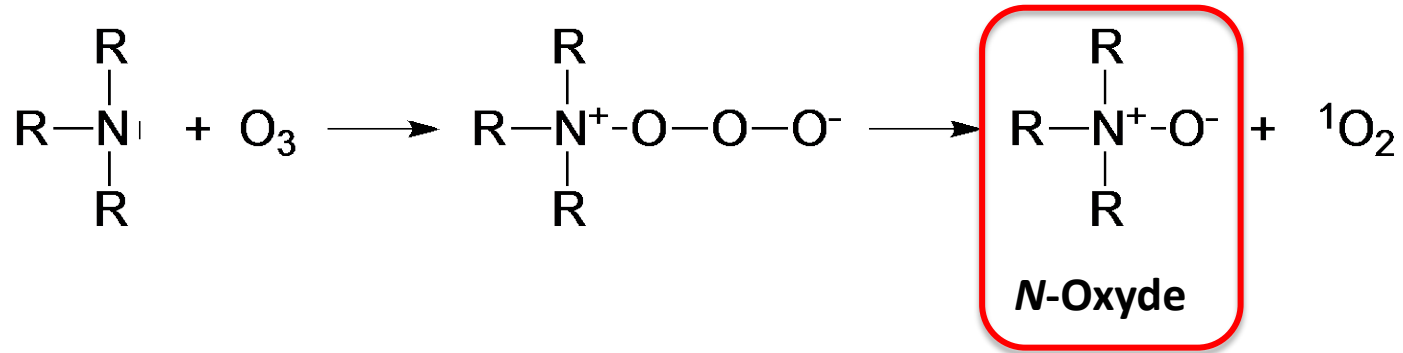


BaQD

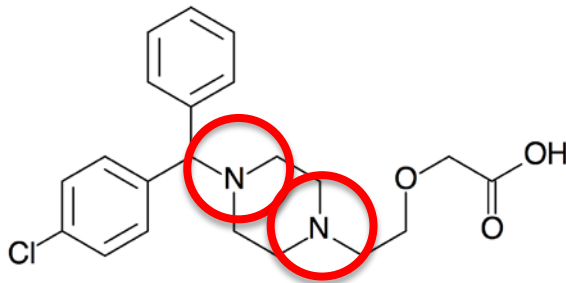


Hübner et al., Water Res. 2014; McArdell et al. in prep.

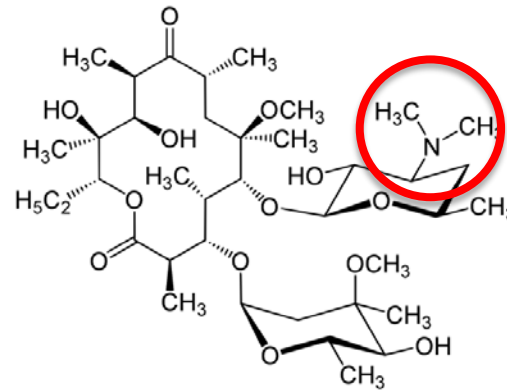
Amines – amines tertiaires : Formation des *N*-oxydes



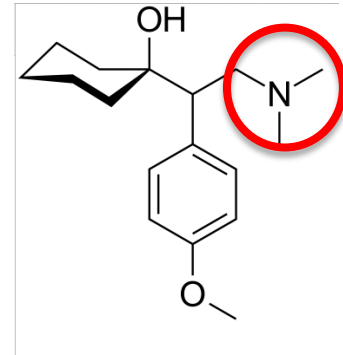
Tramadol
Analgésique



Cetirizine
Antihistaminique



Clarithromycine
Antibiotique



Venlafaxine
Composé
antidépresseur

Procédure en 5 étapes pour vérifier la faisabilité d'un traitement par ozonation

WATER RESEARCH 75 (2015) 324–335

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect



ELSEVIER

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



Novel test procedure to evaluate the treatability of wastewater with ozone

Yael Schindler Wildhaber ^{a,b,1}, Hana Mestankova ^{a,1}, Michael Schärer ^b,
Kristin Schirmer ^{a,c,d}, Elisabeth Salhi ^a, Urs von Gunten ^{a,c,d,*}

^a Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, P.O. Box 611, 8600 Dübendorf, Switzerland

^b Federal Office for the Environment (FOEN), Water Division, 3003 Bern, Switzerland

^c School of Architecture, Civil and Environmental Engineering (ENAC), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 1015 Lausanne, Switzerland

^d Institute of Biogeochemistry and Pollutant Dynamics, ETH Zurich, 8092 Zürich, Switzerland

- Caractérisation de l'ozonation
- Abattement des micropolluants
- Formation des sous-produits
- Tests biologiques
- Pilotage

BEHANDELBARKEIT VON ABWASSER MIT OZON

TESTVERFAHREN ZUR BEURTEILUNG

Test recommandé par OFEV pour les STEPs considérant une ozonation

Schindler Wildhaber et al., Water Res. 2015; Wunderlin et al. Aqua&Gas, 2015

Conclusions

- La **cinétique de réaction** avec l'ozone détermine le taux de transformation des micropolluants
- Les produits **primaires d'ozonation** sont connus pour des substances traces avec différents groupes fonctionnels : des **oléfines**, des **phénols**, des **amines**, des **sulfures**
- Les tests biologiques montrent généralement une **perte de l'activité biologique initiale**
- Les **produits de transformation** connus sont souvent **peu biodégradables**
- L'application du traitement d'ozonation comprend l'évaluation de **la cinétique, des mécanismes, de la toxicité et de la biodégradation**

Remerciements

- Birgit Beck
 - Ewa Borowska
 - Marc Bourgin
 - Juliane Hollender
 - Uwe Hübner
 - Minju Lee
 - Yunho Lee
 - Christa McArdell
 - Tony Merle
 - Hana Mestankova
 - Elisabeth Salhi
 - Max Schachtler
 - Michael Schärer
 - Yael Schindler Wildhaber
 - Kristin Schirmer
 - Fabian Soltermann
 - Rebekka Teichler
 - Saskia Zimmermann Steffens
- Support : Eawag, EPFL, OFEV, BMBF, SCIEX, DEMEAU, KRF, STEP Neugut, WABAG, Chemviron Carbon, Ensola, Mecana