

PFAS

PER- AND POLY-FLUOROALKYL SUBSTANCES

AECOM Imagine it.
Delivered.

DE-FLUORO™

Développement d'une nouvelle technologie pour le traitement des PFAS

Dr Peter Martus

1^{er} Symposium Sites pollués Suisse

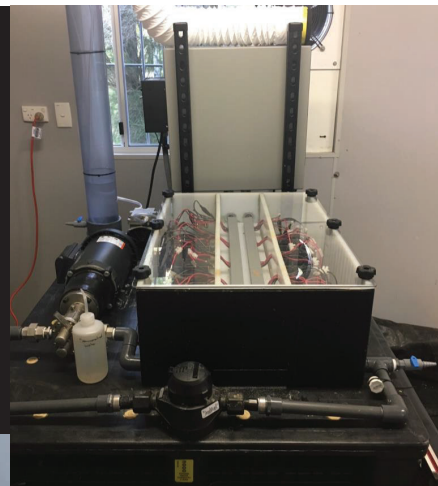
Soleure, 12.11.2019

Plan

- Introduction
- Aperçu des essais de laboratoire
- Types de réacteurs
- Résumé
- L'essentiel en bref

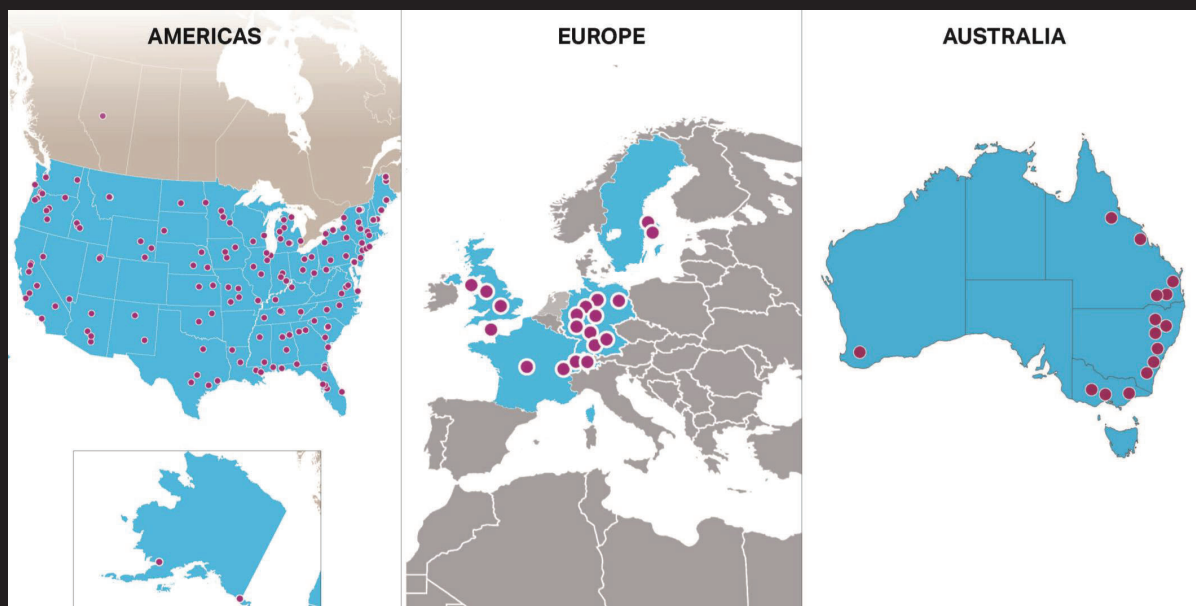
Co-auteurs & remerciements (AECOM US et ANZ EBL, US WBL, joint-ventures et partenaires)

- *Rachael Casson, Director International PFAS Program*
- *Dr Shangtao Liang, Scientist/ Treatability Studies*
- *Dr Jack Q. Huang - University of Georgia*



Introduction

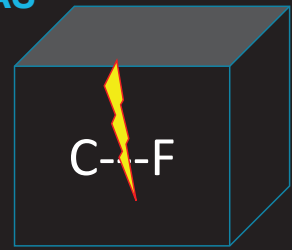
Portefeuille de projets AECOM sur les PFAS



>350 projets depuis 2001

Développement d'une technologie de traitement des PFAS

- Procédés thermiques
 - **Advanced Oxidation***
 - **Oxydation électrochimique***
 - Sonolyse
 - Plasma
 - Photolyse UV
 - **Oxydation par catalyse enzymatique***
- Traitement in situ
 - Pas d'incinération hors site
 - Prévention de futurs problèmes de responsabilité



* **Technologies développées par AECOM**

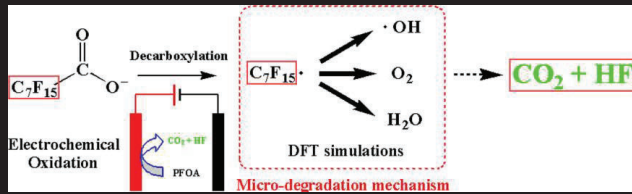
5

La technologie DE-FLUORO™ pour le traitement des PFAS

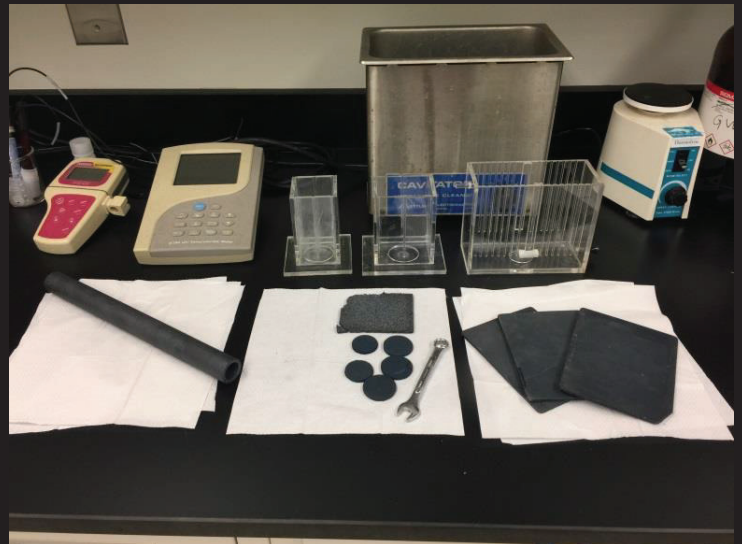
- **DE-FLUORO™** : **D**egradation via **E**lectrochemical oxidation of per- and poly**fluoro**alkyl substances
- Une installation mobile compacte, efficace et avantageuse pour le traitement in situ des PFAS
- La technologie DE-FLUORO™ est basée sur une électrode spécialement conçue, brevetée, durable et avantageuse, disponible sous différentes tailles et formes pour les divers types d'utilisation
- Initialement, cette technologie était surtout utilisée en **combinaison** avec d'autres procédés de traitement, qui ne permettent pas d'éliminer les PFAS mais produisent des résidus de PFAS hautement concentrés
- Les futures applications de cette technologie permettront de traiter les pollutions des eaux souterraines par des PFAS en présence de basses concentrations et de débits élevés
- L'oxydation électrochimique réduit les problèmes de responsabilité environnementale en empêchant la dissémination hors site des déchets pollués par des PFAS

6

Bases scientifiques (Proof of Concept)



- Une multitude de publications confirme les mécanismes d'action et la cinétique de réaction de cette technologie
- Tests de comparaison avec d'autres électrodes dopées (Ce-PbO₂ et BDD) – avec ajout de PFOS et PFOA
- Durée de vie prouvée et potentiel d'oxydation comparable à celui d'autres matériaux d'électrode



Publications

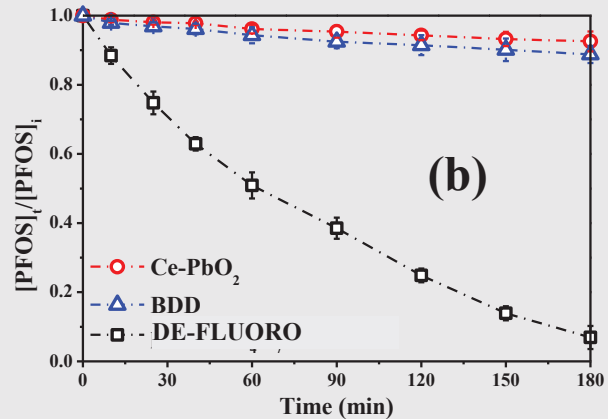
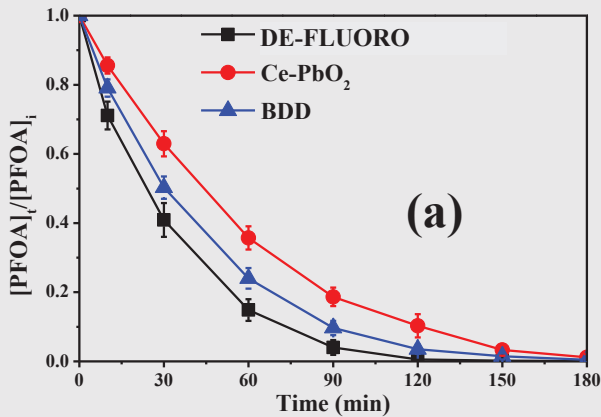
- Niu, Junfeng, et al. "Electrochemical oxidation of perfluorinated compounds in water" *Chemosphere* 146 (2016): 528-538
- Lin, Hui, et al. "Efficient sorption and removal of perfluoroalkyl acids (PFAAs) from aqueous solution by metal hydroxides generated in situ by electrocoagulation." *Environmental Science & Technology* 49.17 (2015): 10562-10569.
- Lin, Hui, et al. "Highly efficient and mild electrochemical mineralization of long-chain perfluorocarboxylic acids (C9–C10) by Ti/SnO₂-Sb-Ce, Ti/SnO₂-Sb/Ce-PbO₂, and Ti/BDD electrodes." *Environmental Science & Technology* 47.22 (2013): 13039-13046.
- Niu, Junfeng, et al. "Theoretical and experimental insights into the electrochemical mineralization mechanism of perfluorooctanoic acid." *Environmental Science & Technology* 47.24 (2013): 14341-14349
- Niu, Junfeng, et al. "Electrochemical mineralization of perfluorocarboxylic acids (PFCAs) by Ce-doped modified porous nanocrystalline PbO₂ film electrode." *Environmental Science & Technology* 46.18 (2012): 10191-10198.
- Lin, Hui, et al. "Electrochemical degradation of perfluorooctanoic acid (PFOA) by Ti/SnO₂-Sb, Ti/SnO₂-Sb/PbO₂ and Ti/SnO₂-Sb/MnO₂ anodes." *Water Research* 46.7 (2012): 2281-2289.

7

Aperçu des essais de laboratoire

8

Essai de laboratoire DE-FLUORO™ : Traitement des PFAS avec DE-FLUORO™ (Spiked)



Électrode	PFOA t _{1/2} (min)	PFOS t _{1/2} (min)
Ce-PbO ₂	34.7	NA
BDD	25.7	NA
Électrode DE-FLUORO	20.3	52.6

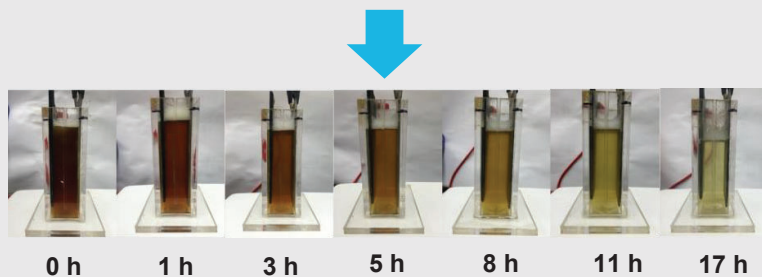
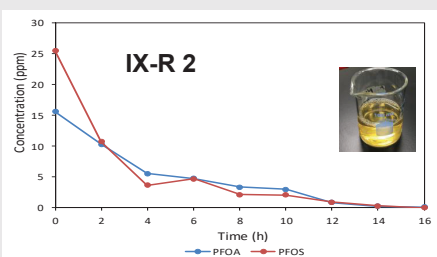
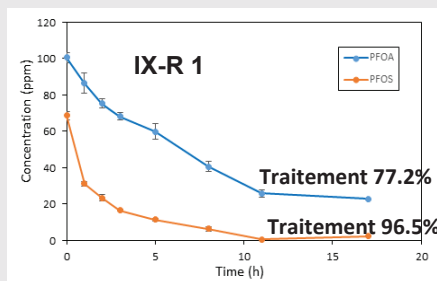
Conditions expérimentales

- 0.5 mM PFOA (a) 0.1 mM PFOS (b)
- 5 mA/cm², 20 mM NaClO₄ comme électrolyte
- Solution 200 ml, surface des électrodes 50 cm²

**Methods and systems for electrochemical oxidation of polyfluoroalkyl and perfluoroalkyl contaminants. 2016, US provisional patent application 62377120

Essai de laboratoire DE-FLUORO™ : Traitement des résidus de résine d'échange d'ions (IX-R)

TOC (ppm)	Conductivité (µs/cm)	PFOA (ppm)	PFOS (ppm)	PFHxS (ppm)	PFHxA (ppm)	PFHpA (ppm)	PFPeA (ppm)	PFBS (ppm)
7861	2939	100.5	68.6	55.1	18.7	10.2	5.3	1.9



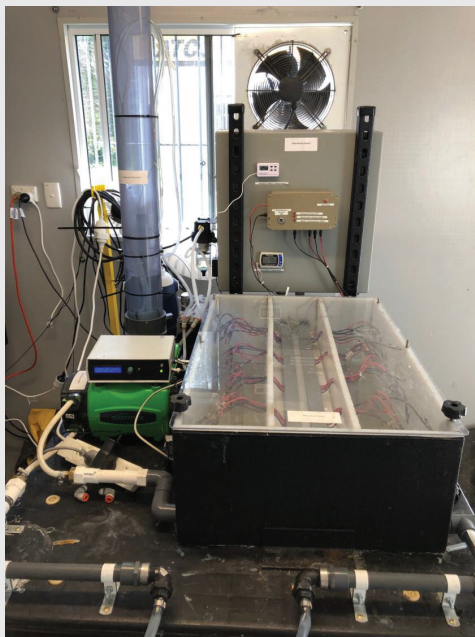
	Fluorure (ppm)	Chlorure (ppm)
T0	1	3534
Échantillon de 17h	836	2874

Conditions expérimentales

- Densité du courant 10 mA/cm²
- Tension de la batterie : 7.0 V
- pH : 12.0 (initial), 9.0 (final)

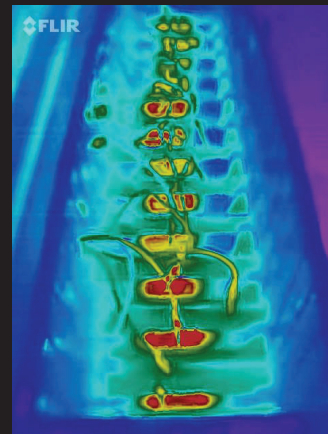
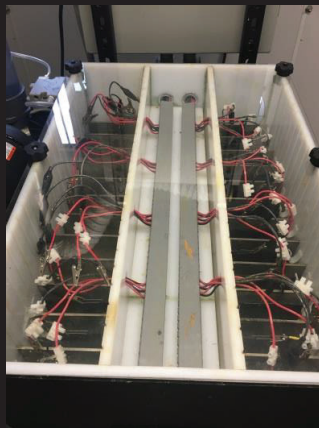
Types de réacteurs

DE-FLUORO™ - Modèle 1



Utilisations de la technologie DE-FLUORO™

- Eau souterraine des foyers de pollution (places d'exercice des pompiers 2x et pollutions mixtes) – Etat US et industrie chimique
- Déchets d'assainissement :
 - Eaux souillées après lavage du sol - Etat US
 - Résine d'échange d'ions régénérable - diverses compositions
 - Fractionnement de l'ozone - aviation
 - Déchets de fractionnement des mousses (assainissement full scale des eaux souterraines) - Etat US
 - Résidus de l'osmose inverse - industrie chimique
- Industrie de fabrication - eaux usées non traitées
- Concentré AFFF - industrie pétrolière



13

Modèle 2 – Installations de traitement adaptables



Unité de laboratoire ~ 4 l/min



Installation mobile pour les essais



Installation full scale ~ 100 m³/h



Mode de fonctionnement par passage

- Électrodes à membrane
- Grande surface de contact
- Surtension élevée
- Robuste et durable

14

Résumé & perspectives

- Preuve de faisabilité / contrôle des bases ✓
- Essais à l'échelle du laboratoire (échantillons dopés et échantillons réels) ✓
- Développement et construction de réacteurs ✓
- Essais US DE-Fluoro™ (échantillons dopés et échantillons réels) ✓
- Démonstration ANZ DE-Fluoro™ (échantillons réels) ✓
- DE-Fluoro™ Modèle 2 - installation pilote mobile - en cours d'élaboration
- DE-Fluoro™ Modèle 3 - électrodes tubulaires en fonctionnement continu - planifié

15

L'essentiel en bref

Avantages du procédé

1. La technologie **DE-FLUORO™** **fonctionne** – traitement des déchets fortement chargés en PFAA à courte et longue chaîne et leurs précurseurs
2. Les mécanismes de réaction de l'oxydation électrochimique sont clarifiés
3. Conception flexible des électrodes en toute grandeur et forme - peu encombrant
4. Élimination in situ des polluants
5. Peut se combiner avec d'autres technologies
6. Concurrentiel en termes de coûts par rapport aux autres technologies (évaluation en cours)

Défis à relever

1. La défluoration est un processus relativement lent, surtout pour les composés à chaîne courte
2. Actuellement, il est difficile de démontrer que la défluoration est efficace pour traiter les déchets liquides faiblement pollués (cela nécessite des méthodes analytiques de détection ou des seuils de quantification plus sensibles)
3. Possibilité d'up-scaling à condition de trouver de nouveaux investissements et partenaire externes

PFAS

16

Get in touch.

Dr. Peter Martus

Practice Area Lead, Remediation Deutschland & Schweiz

M: +49 (172) 6180576

Peter.martus@aecom.com

Sean Carson

Team Leader Geneva

M: +41 (0)79 123 9220

Sean.carson@aecom.com