

EBR as an Advanced Environmental Technology Incorporating Various New Electrochemical Methods Underlying New Frontiers in Groundwater Remediation

Philippe Oudin

Elie Elgressy

Gil Elgressy



Philippe OUDIN

oudin@semaco.fr

philippe.oudin@mines-nancy.univ-lorraine.fr

www.semaco.fr

Traitement des pollutions de nappes In-situ

- **Utilisation d'oxydants chimiques potentiellement dangereux**
 - **Nanoparticules de Fe**
- **Manque de contrôle une fois les produits injectés**

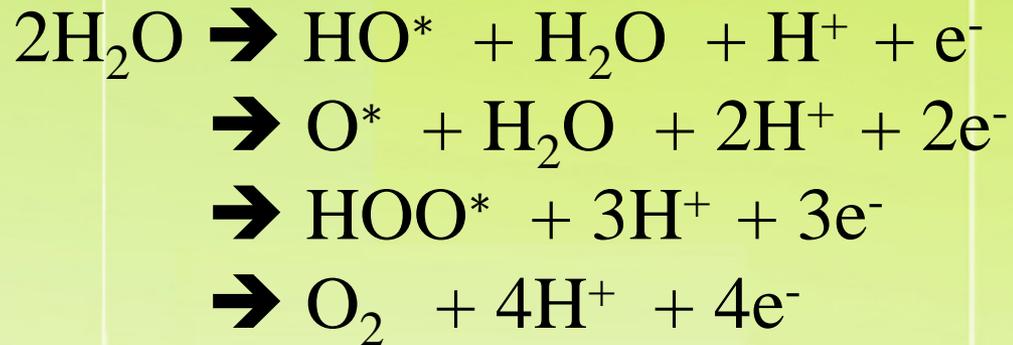
Techniques Electrochimiques

- **Aucun recours à des produits chimiques**
- **Production d'oxydants directement liés à la densité de courant**
- **Possibilité d'utilisations d'électrodes spécifiques**
 - **Déchloration**

LA THÉORIE

Réactions électrochimiques

Anode:

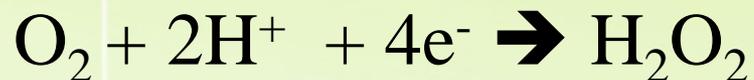


- Oxydation de surface : anodes.

- * Radicaux réactifs

Cathode:

Influence du pH:



Réaction d'électro Fenton

Régénération électrochimique du Fe^{+2} dans le processus d'oxydation

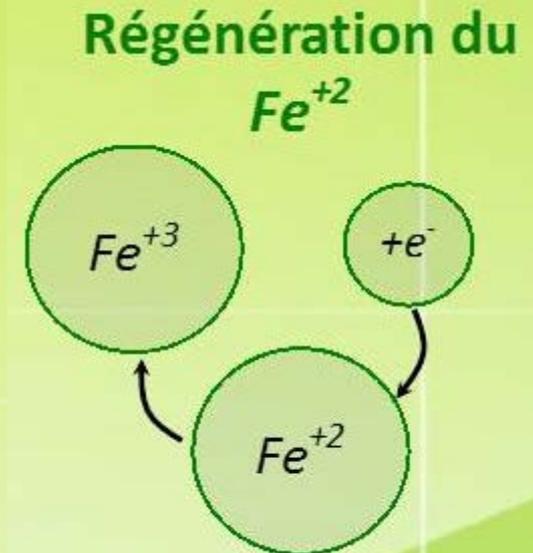
- Oxidation de anode Fe :



- Reaction entre H_2O_2 and Fe^{+2} production de radical hydroxyl :



- Régénération électrochimique de Fe^{+2} au niveau de la cathode.
- Optimisation du processus par modification du courant électrique.

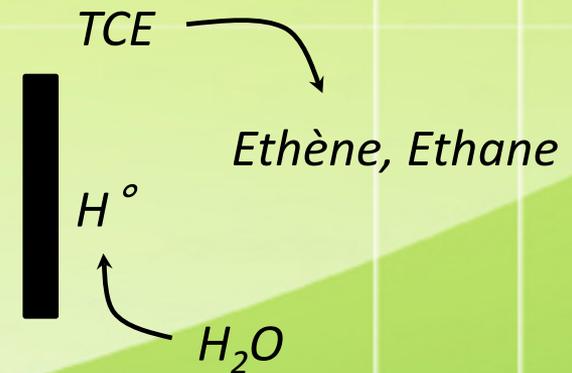


Dechloration electrochimique

trichloroethylene (TCE)

- Approche électrolytique pour une déchloration électro réductrice
- Electrolyse par une anode de Fe induit une forte réduction d'ORP avec augmentation du pH.

Formation de
l'atome
d'hydrogène
(ORP faible ↓)

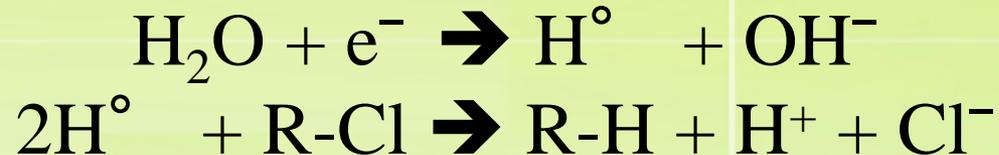


Contrôle Redox de la déchloration électrochimique

Exemple du trichloroéthylène (TCE)

- Le Potentiel Red/ox (ORP) décroît rapidement pour atteindre une stabilité autour de -800 mV traduisant un environnement hautement réducteur.

- L' Hydrogène à la cathode contribue fortement à la dégradation rapide du TCE :



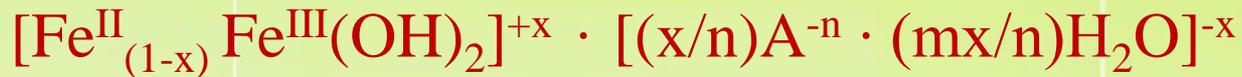
- Aucune formation de cis-DCE ou de Chlorure de Vinyl.

- Impact déterminant du potentiel Red/ox et de la composition de l'électrode

Régulation de la formation des Hydroxydes Fe(II,III) et observation d'une très forte réactivité.

- Apparition de propriétés particulières des mélanges d'hydroxydes.

- **formation de complexes particuliers : Green rust (GR)**



Réducteur très puissant pour les composés organiques et inorganiques :

- Dégradation
 - Stabilisation (As, Cr6+, ...)
- Problématique : gestion de la stabilité de la GR
 - Liée principalement aux anions

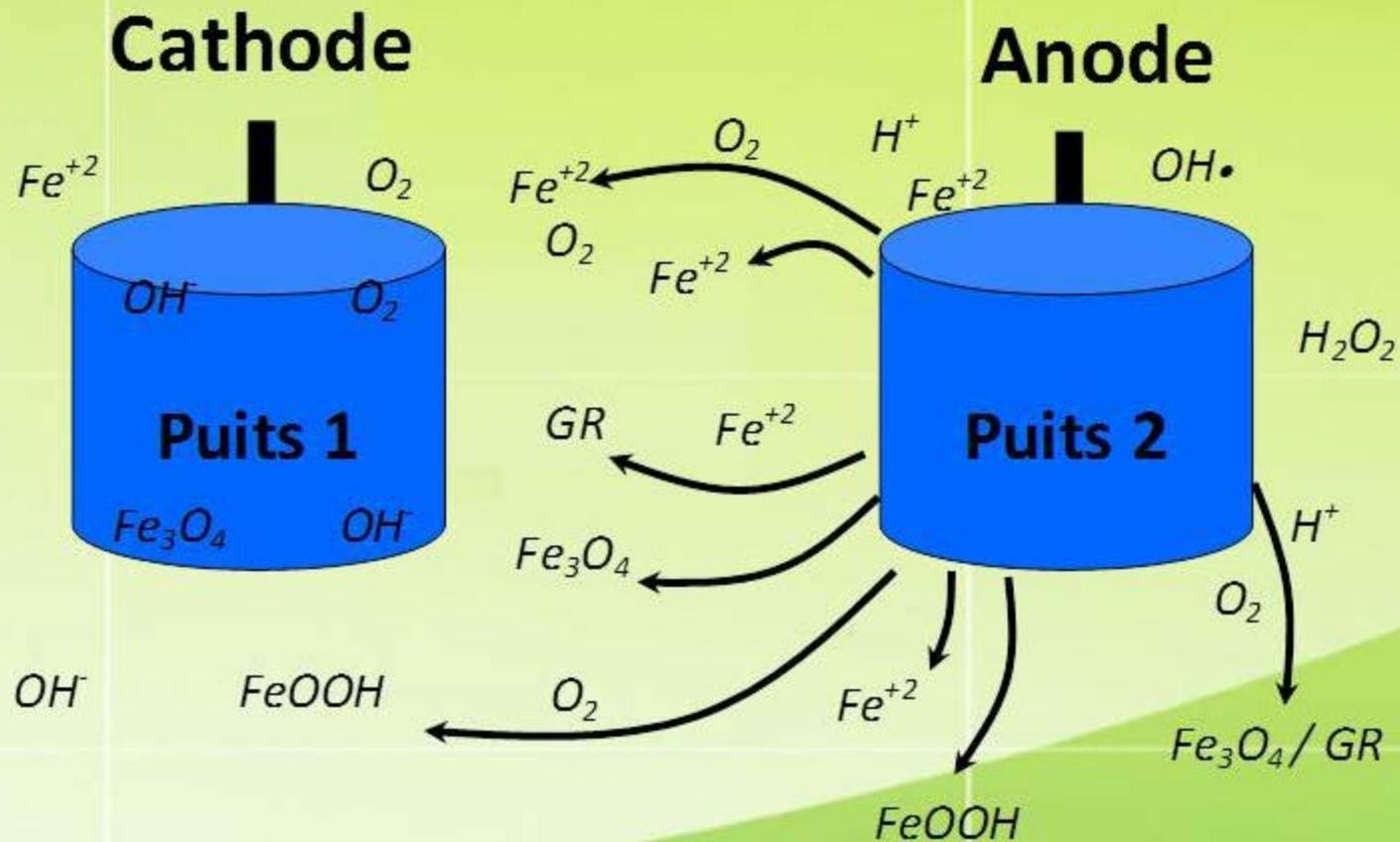
Régulation de la formation des Hydroxydes Fe(II,III) et observation d'une très forte réactivité.

- Production de Magnetite ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$),

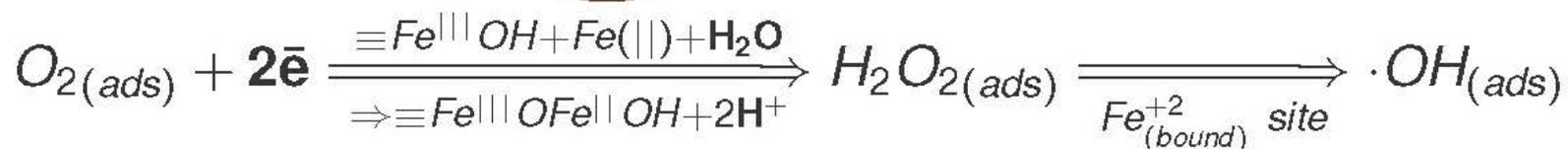
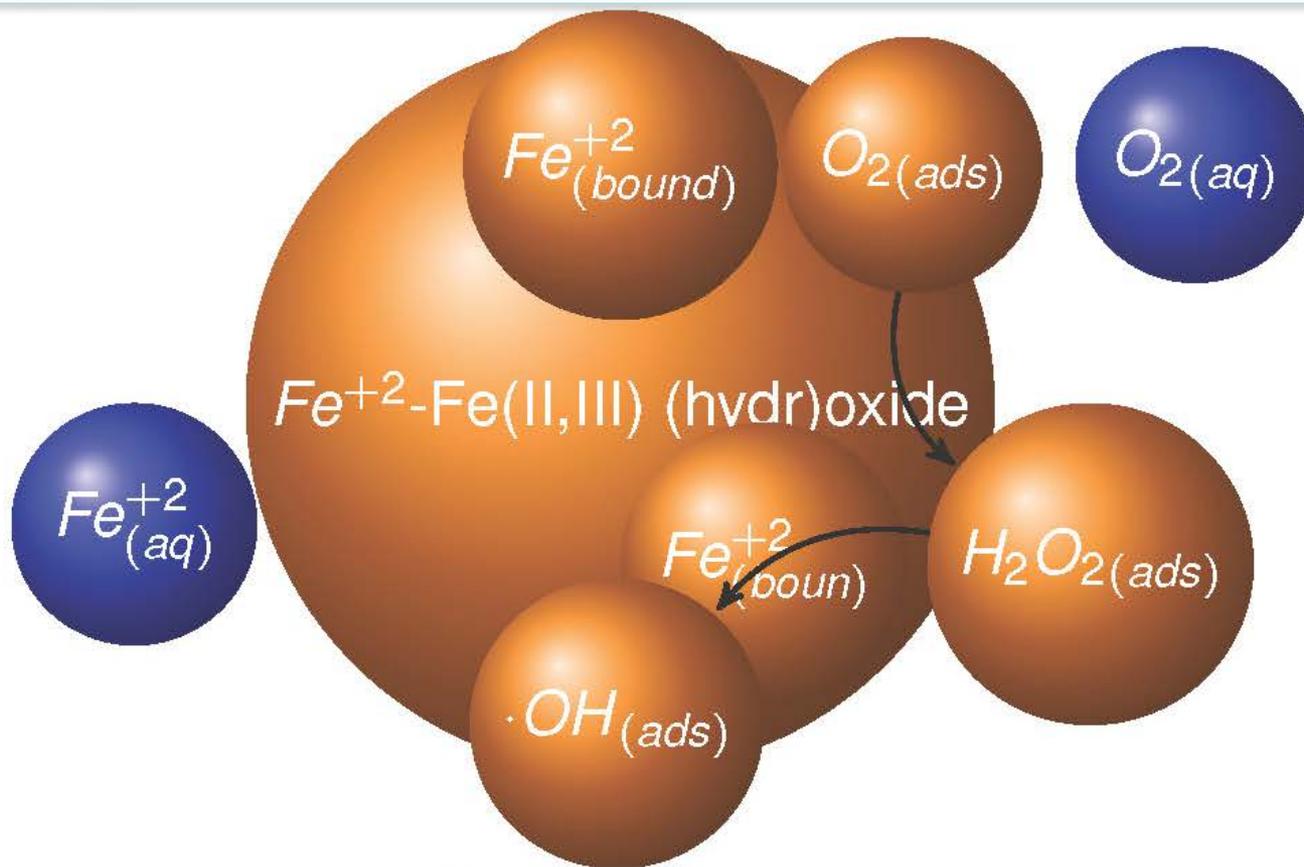
Structure tétraédrique présentant des sites Ferriques avec des propriétés particulières

- Les oxyanions Pyramidaux et tétraédraux (ex : As(III), As(V)) peuvent être piégés dans la structure de la magnétite.
- Forte adsorbabilité des Oxyanions à la surface de la magnétite.
- Possibilité d'influencer cette adsorption par modification de la configuration de surface de la magnétite et donc de sa réactivité

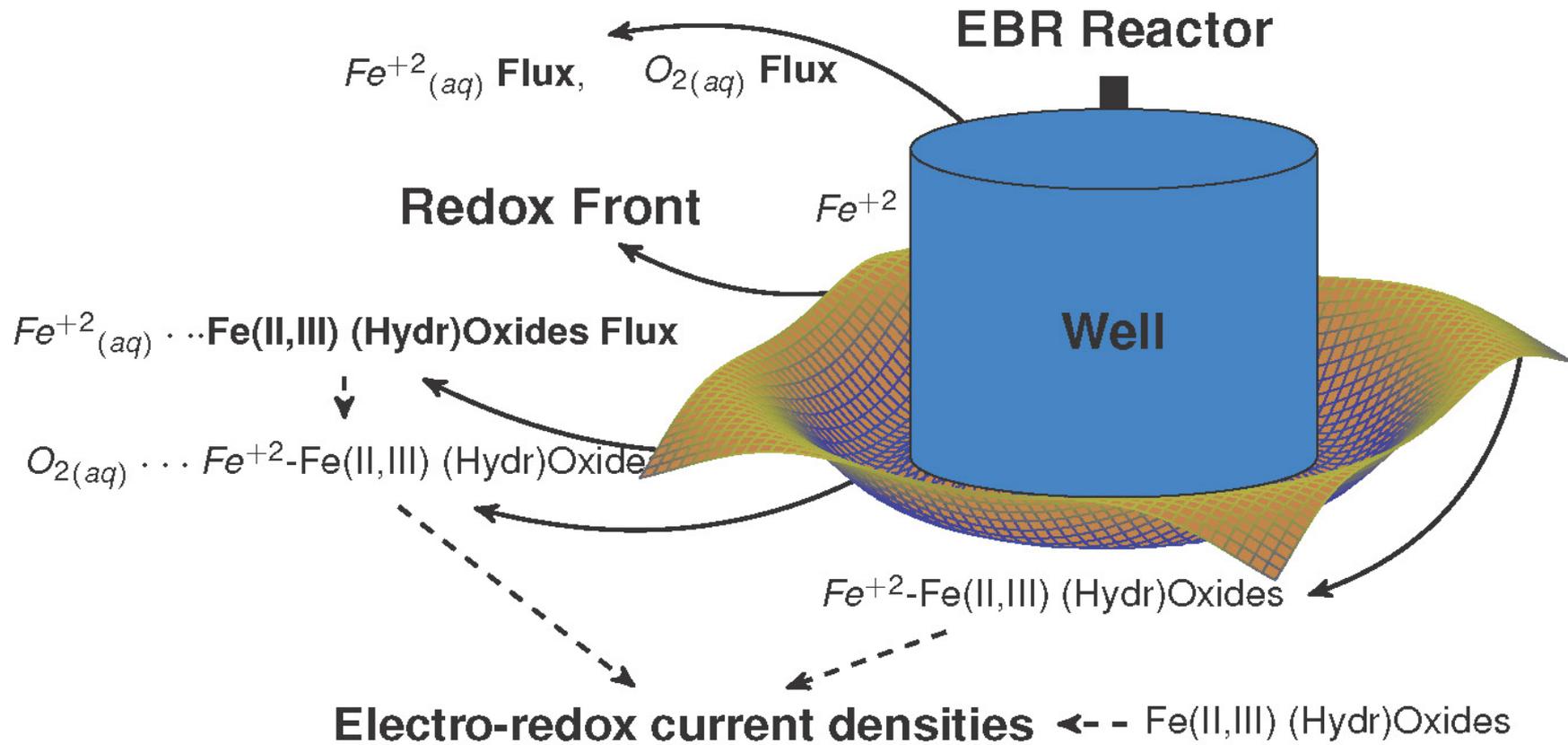
Intéactions possibles entre deux puits de traitement, Migration des composés réactifs.



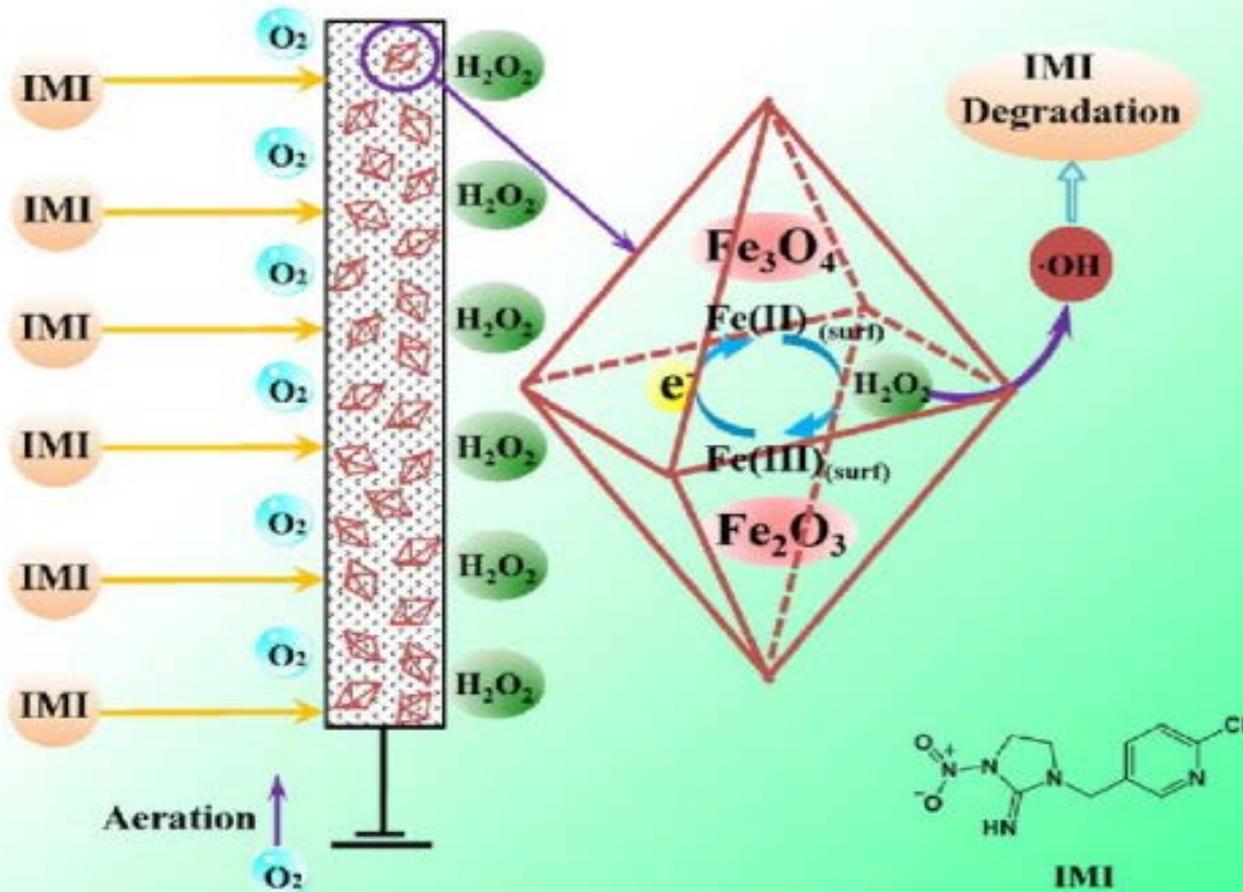
EN RÉSUMÉ



Redox Fronts and Electro-Redox Current Densities Accounting for Site Activation



Neutral pH condition



: Chemical Engineering Journal 223 (2013) 524-535.

EN CLAIR

- **Procédé basé sur :**
 - **Production contrôlée in situ d'(Hydr) Oxydes de Fe (II; III)**
 - **Activation catalytique de l'Oxygène incluant H₂O₂**
- **Pour l'activation de l'Oxygène**
 - **Combinaison de deux voies d'activation**
 - **Radical Hydroxyl OH°**
 - **Radical Superoxyde ° O₂-**
- **Favorisation de la migration des réactifs entre les puits**
 - **Electro-osmose**
- **Utilisation de l'électricité**
 - **Facile à automatiser**
 - **Facile à contrôler à distance**

L'EBR EN PRATIQUE

LES ELECTRODES EBR

Iron electrodes

R

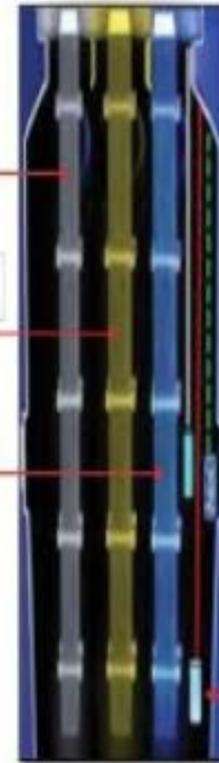


Computerized controller

Electrolytic cells for O_2 production

Electrolytic cells for H_2O_2 production

Electrolytic cells for Fe^{2+} production

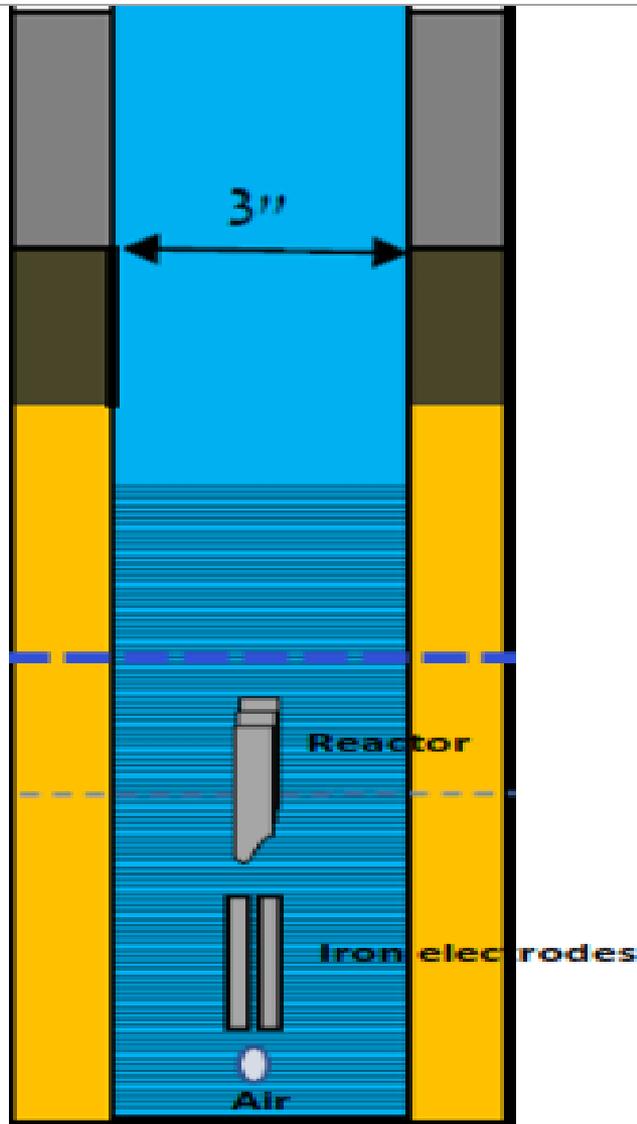


Reactor

Length of reactor 75 cm

Length of electrodes 75 cm diameter 18 mm

IMPLANTATION DANS UN PUIIS DE 3 POUCES



Aucune difficulté d'implantation

Convient à des sites en fonctionnement

Seuls consommables

Electricité

Electrodes de fer

Avantages

- 1. Aucune utilisation de produits chimiques**
 - 2. Possibilité de traitement de sites sensibles en activité**
 - 3. Taux de production d'oxydants adaptable (densité de courant)**
-
- 1. Coûts Maîtrisés et Technique innovante subventionnable**
 - **ADEME,**
 - **Agences de l'Eau**
 - **Programmes de recherche**

Inconvénients

- 1. Nécessité d'essais pilote**
- 1. Uniquement en zone saturée**
- 2. Limité par la conductivité des sols**

MERCI DE VOTRE ATTENTION

