



Workshop de présentations et échanges sur  
les thématiques du projet AgriAs  
24 Septembre 2018 – BRGM - Orléans



# Procédés de traitement des eaux et remédiation de sols riches en arsenic

Isabel Jordan<sup>1</sup>, Hanna Valkama<sup>2</sup>, Esa Turpeinen<sup>2</sup>  
Arslan Ahmad<sup>3</sup>, Marina Le Guédard<sup>4</sup>, Fabienne Battaglia-Brunet<sup>5</sup>

(1) G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Germany

(2) University of Oulu, Finland

(3) KWR, Netherlands

(4) LEB Aquitaine, France

(5) BRGM, France

# Objectifs

1. Améliorer l'efficacité des traitements d'eau arséniées
  - Abaisser les teneurs en sortie de traitement pour la potabilisation
  - Proposer des solutions adaptées à la spéciation de l'arsenic
  - Proposer des solutions adaptées pour réduire l'impact des zones polluées sur les eaux souterraines et les eaux de surface
2. Proposer des stratégies de remédiation pour les sols agricoles à teneurs élevées en arsenic



# Structure de la présentation

- Tâches réalisées dans le cadre du projet AgriAs :
  1. Optimisation de technologies de traitement de sol
  2. Optimisation de technologies de traitement d'eau
- Survol des travaux du BRGM (hors AgriAs) :
  3. Thématique de la bioremédiation des sols et eaux riches en arsenic



# 1. Projet AgriAs - Traitement du sol

Optimisation de procédé de traitement par GEOS

## Adsorbants à base de fer

Etude de :

- La rétention de As et  $\text{PO}_4^{3-}$
- L'influence sur la croissance des plantes
- L'effet des doses d'amendement

→ Expériences en pots avec de l'orge de printemps

- 3 concentrations différentes en adsorbant
- 3 modifications de l'adsorbant

Matériau adsorbant:



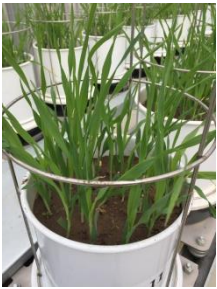
Dispositif expérimental:



# 1. Projet AgriAs - Traitement du sol

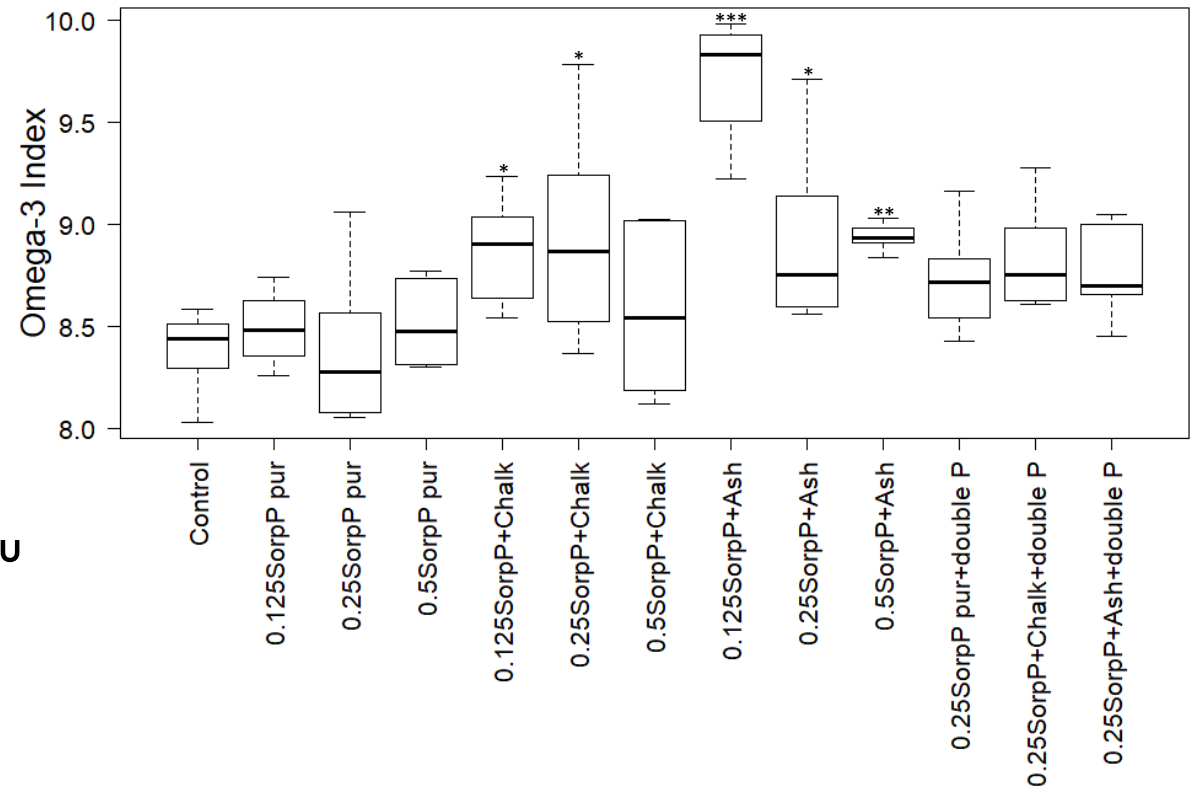
Résultats préliminaire sur l'expérience GEOS : Bioindicateurs plantes analysés par LEB Aquitaine

Prélèvements de feuilles :



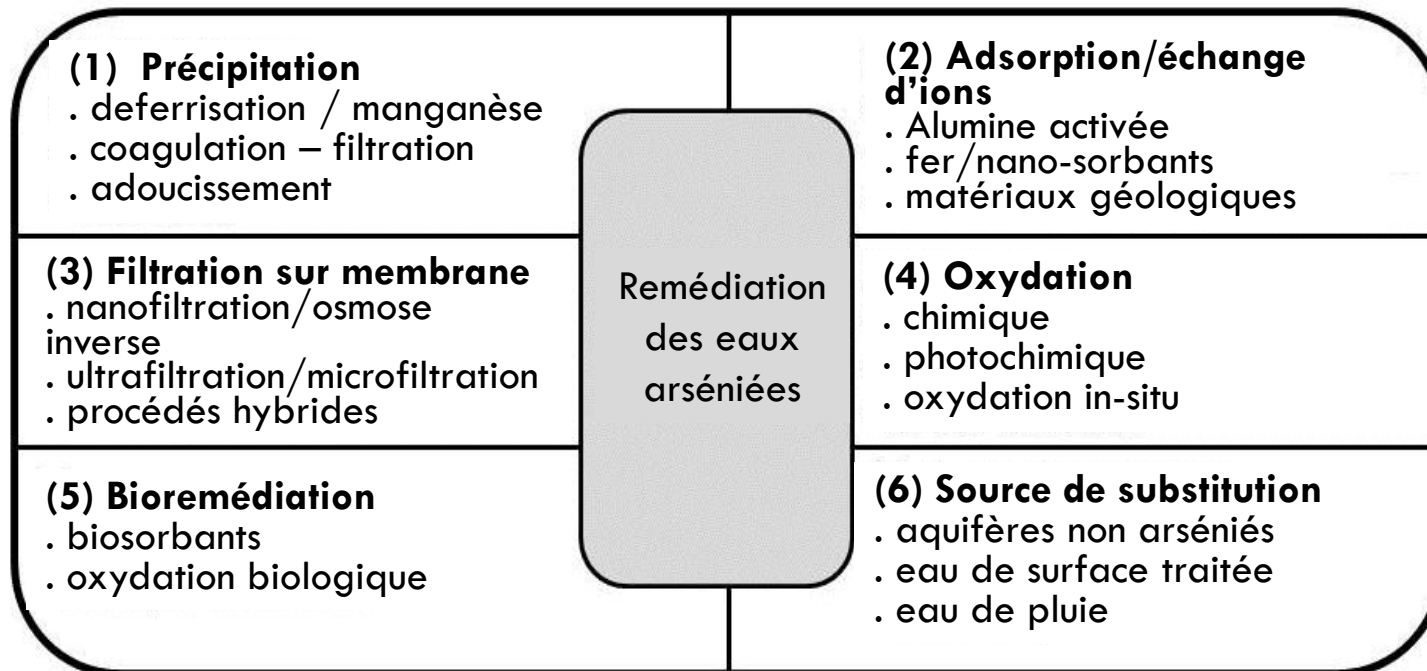
**Index Oméga3 sur les différentes conditions expérimentales :**

Tendance diminution de la toxicité du sol pour les plantes par les traitements



## 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

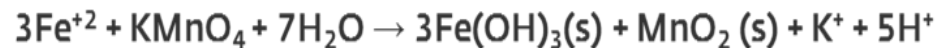
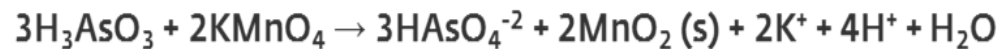
### Etat de l'art sur les stratégies de remédiation





## 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Technique d'oxydation – coprécipitation – filtration avancée  
KTH-KWR



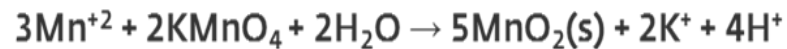
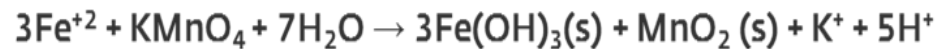
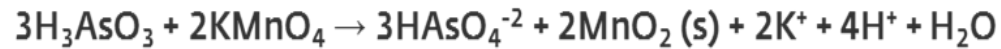
Paramètres :

Concentration As	145-750 µg/L
Majeurs	Eau des sites du projet
pH	De 4 à 9
NaCl	De 0,01 à 0,1 M NaCl
KMnO4	1 mg/L
FeCl3	De 0 à 12,7 mg/l

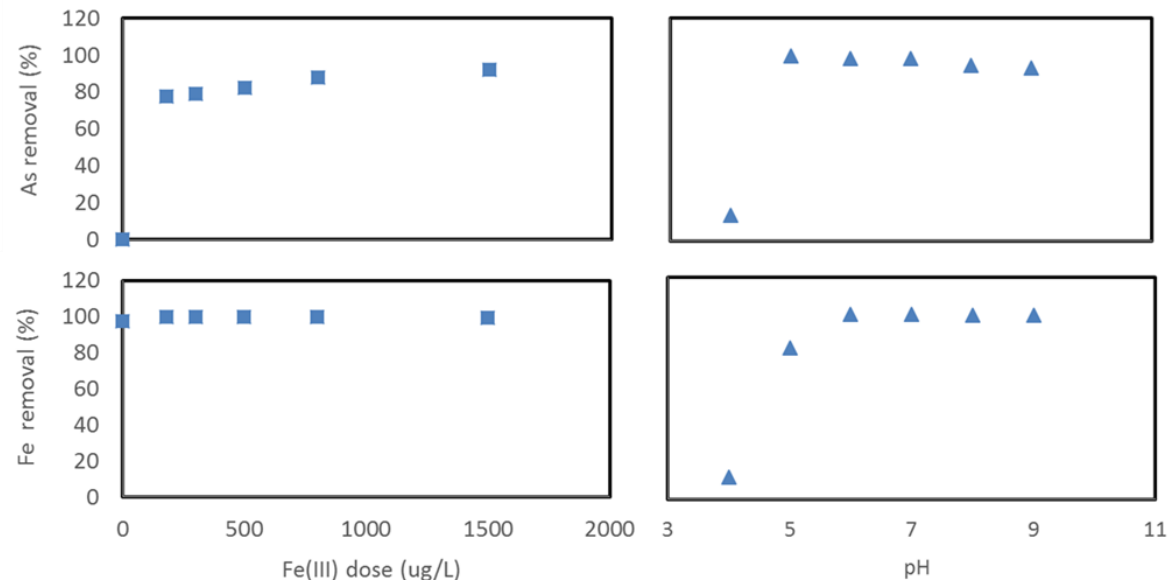


# 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Technique d'oxydation – coprécipitation – filtration avancée  
KTH-KWR



Résultats :





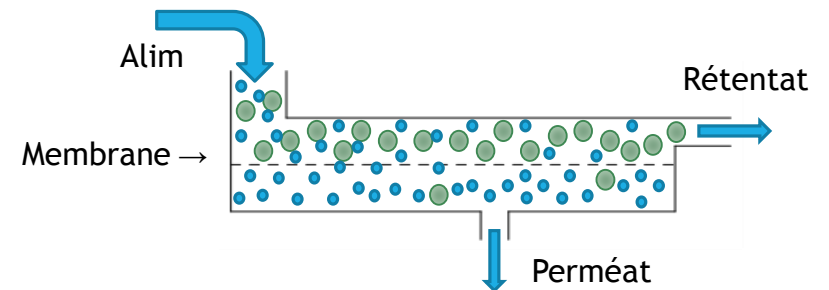
## 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Technique membranaire

University of OULU

Objectifs :

- Eliminer efficacement l'As et les autres contaminants de l'eau par nanofiltration et osmose inverse à basse pression
- Améliorer la qualité de l'eau et la sélectivité par les technologies membranaires
- Minimiser les coûts par la basse pression



# 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Technique membranaire  
University of OULU

## Paramètres :

<b>Concentration As</b>	<b>130 µg/L, moitié AsIII moitié AsV</b>
Majeurs	Eau des sites du projet
pH	6,75 - 7,57
Membranes	Nanofiltration : NF270 de Dow Filmtec Osmose inverse : AK de GE Osmonics.
Pression	8 et 10 bars
Température	15 et 21°C

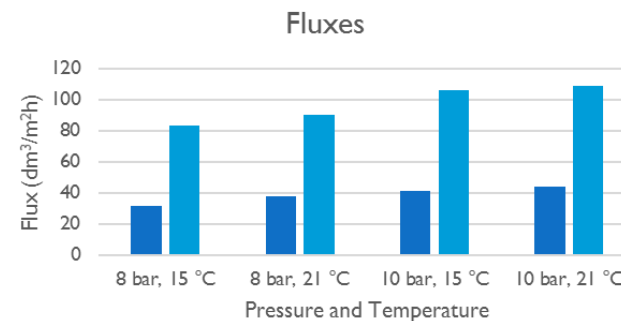
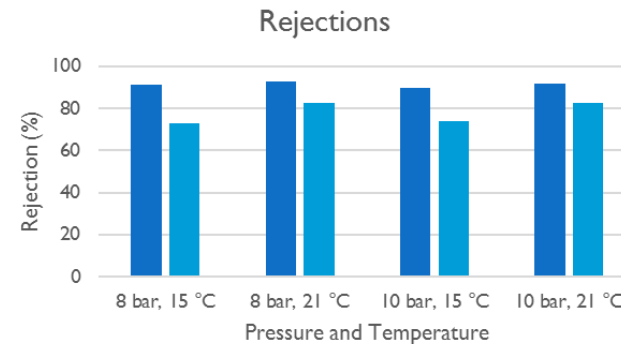


# 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Technique membranaire  
University of OULU

## Résultats :

- L'augmentation de température a un effet plus important pour augmenter le flux que l'augmentation de pression
- Flux plus important avec la nanofiltration (23-34  $\mu\text{g}/\text{L}$  en sortie) mais élimination de l'arsenic plus efficace avec l'osmose inverse (9-13  $\mu\text{g}/\text{L}$  en sortie)



# 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Technique membranaire  
University of OULU

## Objectifs futurs :

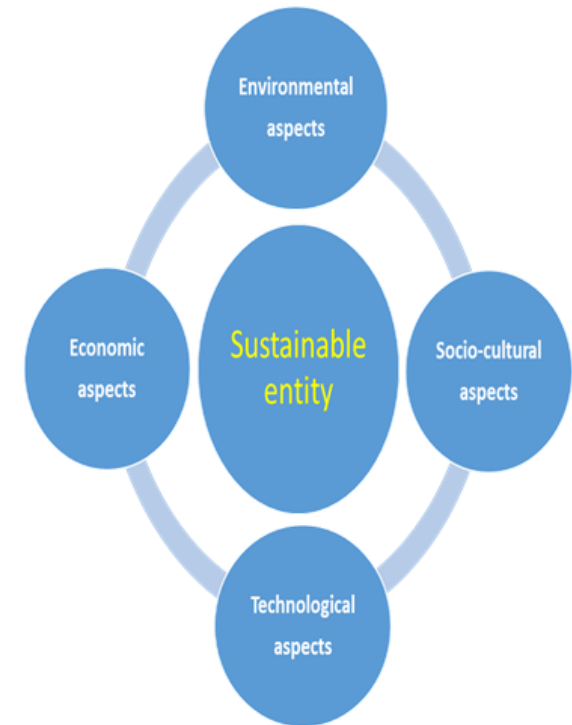
- Echantillons réels et optimisation du procédé de purification
- Combinaison de technologie membranaire avec l'adsorption et/ou la photocatalyse comme procédé hybride
- Concevoir et développer un procédé de remediation durable prenant en compte les aspects environnementaux, sociaux et économiques



## 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

Evaluation globale socio-technico-économique des technologies

- La **durabilité globale** sera réalisée pour évaluer les technologies mises au point
- Cela permettra de **comparer** les technologies et de choisir la plus adaptée
- L'évaluation sera réalisée sur des critères **technologiques, économiques, environnementaux et sociaux**



# 2. Projet AgriAs - Traitement de l'eau

## Evaluation globale socio-technico-économique des technologies

	Critères d'évaluation			
Procédés testés	Critères technologiques	Critères économiques	Critères Environnementaux	Critères sociétaux
Séparation par membrane	Pertinence	Investissement	Impact de la fabrication	Acceptabilité
Adsorption	Flexibilité/extrapolation d'échelle	Coûts opératoires	Génération d'effluents liquides à traiter	Innovation
Coagulation-filtration	Robustesse, Fiabilité	Coûts de maintenance	Génération de déchets solides	Qualification des opérateurs
Procédé Hybride	Efficacité d'élimination, (As (III), As (V))	Durée de vie	Matériaux utilisés	Sécurité
	Cinétique de traitement	Potentiel de commercialisation		Facilité d'utilisation
	Nécessité d'un pré-traitement			
	Niveau de maturité			
	Capacité à éliminer les autres polluants			

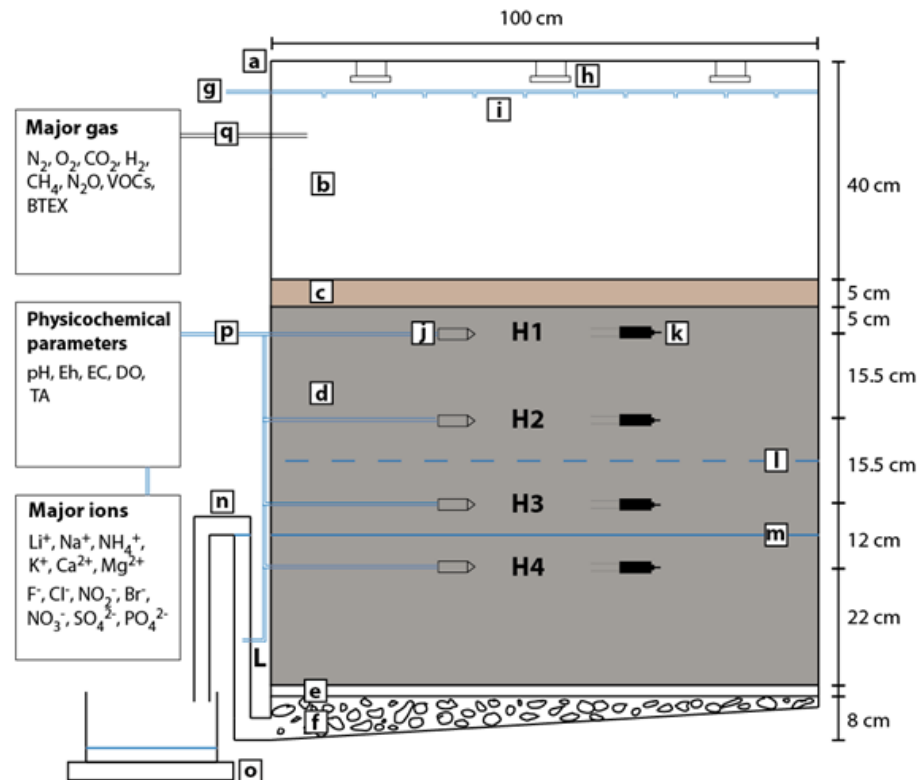
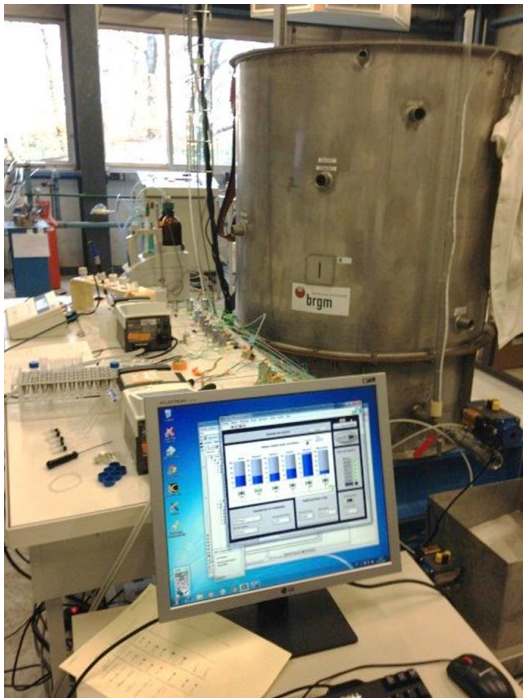
- **Evaluation qualitative et quantitative appliquant une approche multi-critères**
- **Chaque procédé sera évalué sur ces critères et recevra une notation**



# 3. Travaux du BRGM dans la thématique

## Traitement de sol

- Plateforme **PIVOTS-PRIME** en construction (multi-échelles)
- Plateforme **PRIME-LABBIO** en fonctionnement : métrique, étude du transfert sol vers nappe, test de procédés de stabilisation, sans ou avec plantes

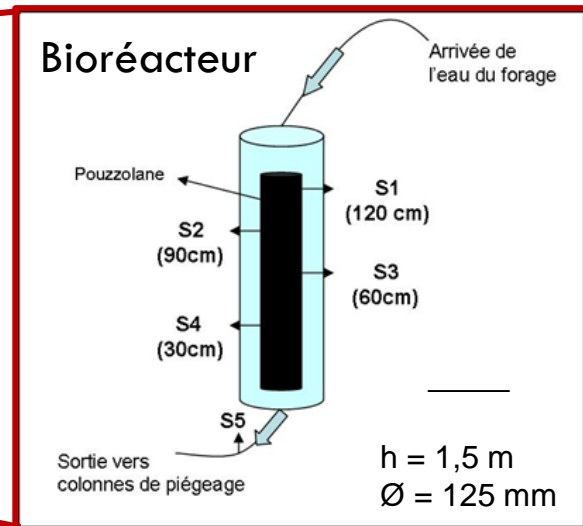




# 3. Travaux du BRGM dans la thématique

## Traitement d'eau

- Expérience dans l'**oxydation bactérienne** de l'AsIII en AsV : projet antérieur sur eau potabilisable -> pilote de traitement sur une commune en Loir-et-Cher, entrée 10-13  $\mu\text{g/L}$  AsIII, 87% d'oxydation en 30 min



# 3. Travaux du BRGM dans la thématique

## Traitement d'eau

- Expérience dans l'**oxydation bactérienne** de l'AsIII en AsV : projet antérieur sur eau de mine (Bretagne), développement d'un procédé entièrement passif basé sur l'oxydation de Fe et As



Laboratoire



Petite échelle sur site



Pilote sur site

Station achevée en 2017



# 4. Conclusion - perspectives

## Procédés de traitement de l'arsenic

- **Niveau d'expertise élevé** des instituts et entreprises Européens pour **l'arsenic inorganique** ( $As_{III}$  et  $As_{V}$ )
- Travaux de R & D à poursuivre pour atteindre des **efficacités de traitement** toujours meilleures, et toujours **réduire les impacts** (moins de déchets, moins de consommation de produits et d'énergie, moins cher...)
- Traitement des **espèces arséniées organiques** (munitions chimiques) : peu connu (???), à développer, pertinent pour de nombreux sites en Europe

