



## Rétrospective et perspective des recherches en écologie menées sur les « boues rouges » de la Métropole Aix-Marseille Provence



Stéven Criquet, Jean-Paul Ambrosi, Christopher Burot, Lauris Cagnacci, Virgile Calvert, Auriane Cassien, Julie Foulon, Camille Fourrier, Pierre Hennebert, Catherine Keller, Olena Khomska, Mathieu Luglia, Daniel Pavon, Héloïse Verdier, Ninon Viard, Maguitte Wright



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021

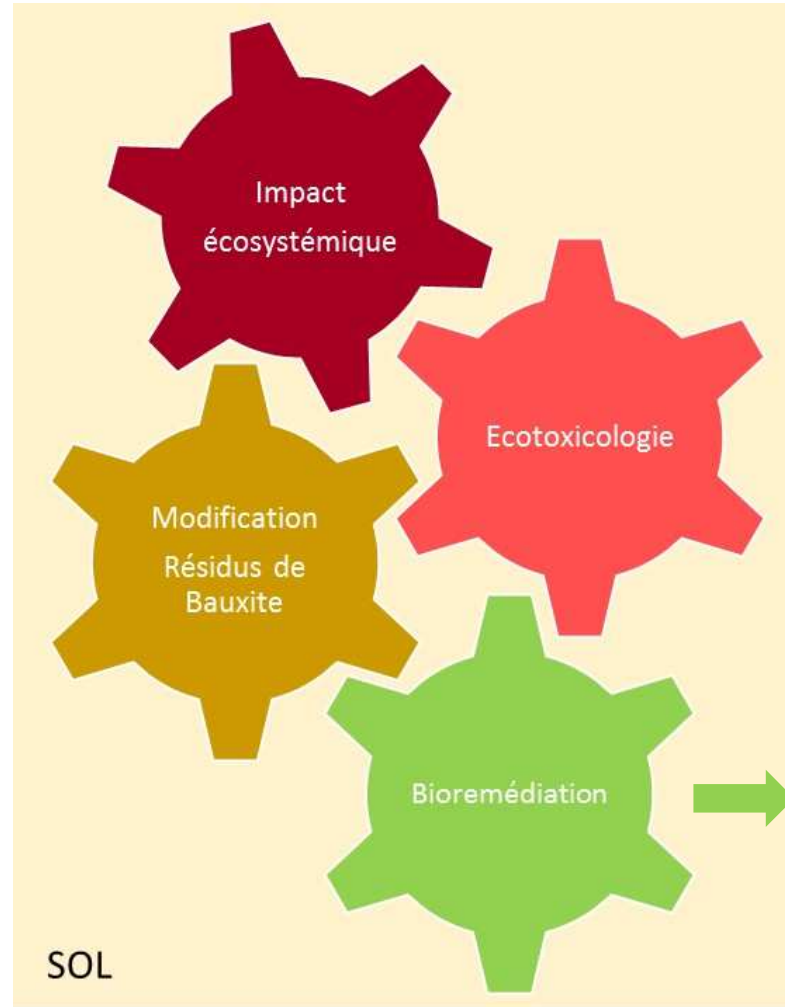
### Finalités / Bilan des travaux effectués

- ❖ Etat des lieux : Impacts écosystémiques des BR vs sols
  - ◆ Caractérisations physico-chimiques
    - pH, EC, ρ, CEC, texture
    - COT, N<sub>tot</sub>, autres majeurs
    - ETMM
    - Terres rares
    - Eléments biodisponibles (DTPA)
  - ◆ Structure des communautés
    - Végétales
    - Microbiennes
  - ◆ Interactions fonctionnelles
    - Fonctions écosystémiques microbiennes

- ❖ Modification des BR
  - ◆ Apport de gypse
    - ↓ pH
    - ↓ ESP & EC
    - ↓ Ecotoxicité

- ❖ Tests écotoxicologiques
  - ◆ Mésocosmes de sols
  - ◆ Microcosmes de labo
  - ◆ Rhizotrons

### Différentes approches



- ❖ Bioremédiation
  - ◆ Lysimètres
  - ◆ Parcelles



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
 Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021



❖ Approches de terrains : Impacts des BR sur les Sols  
 ♦ Cas du crassier de **Vitrolles**



- **Communautés végétales**
- Propriétés physico-chimiques
- (Communautés microbiennes)
- Fonctions microbiennes (CNPS)

Des communautés végétales halotolérantes/halophiles



*Atriplex tatarica*



*Hymenolobus procumbens*



*Suaeda vera*



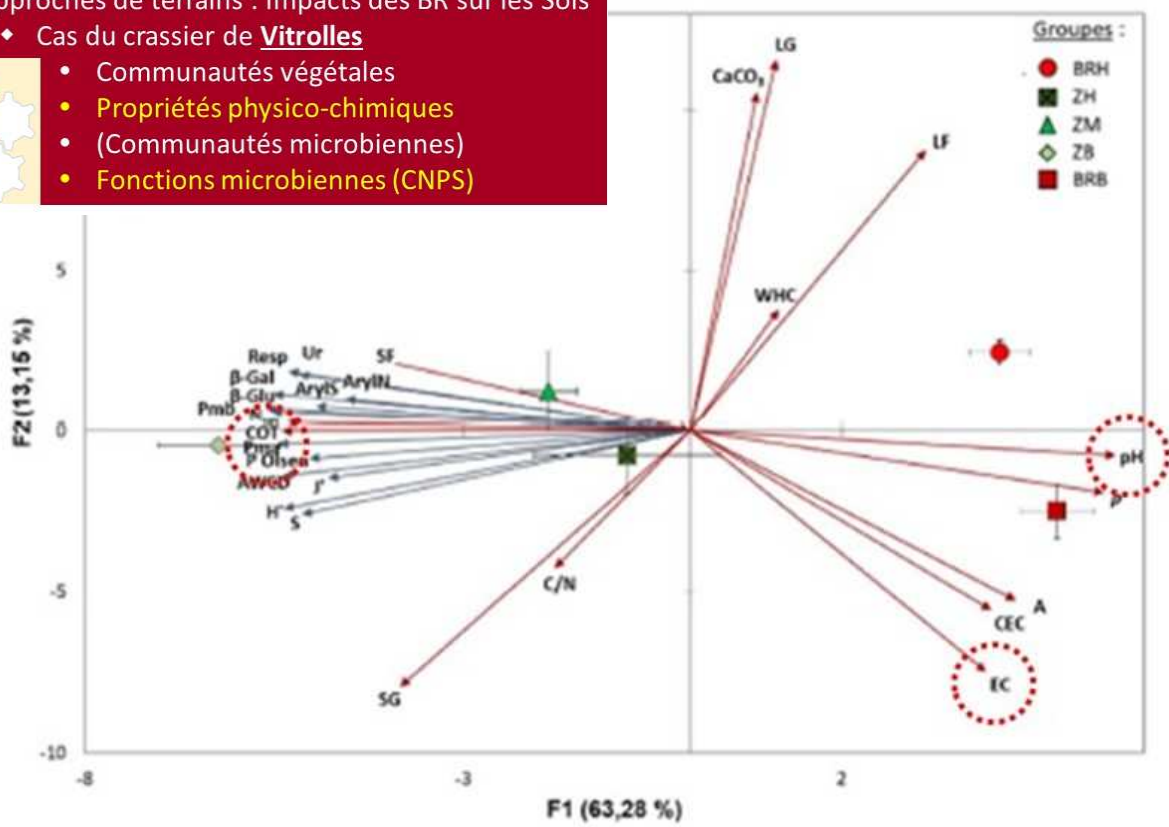
*Beta vulgaris subsp. maritima*



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
 Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021

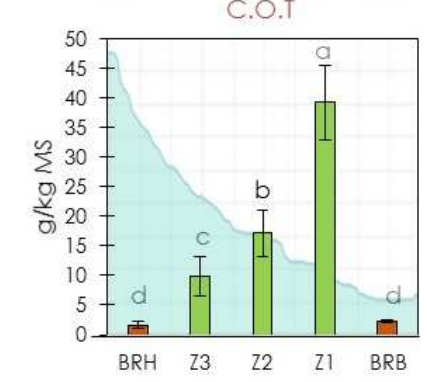
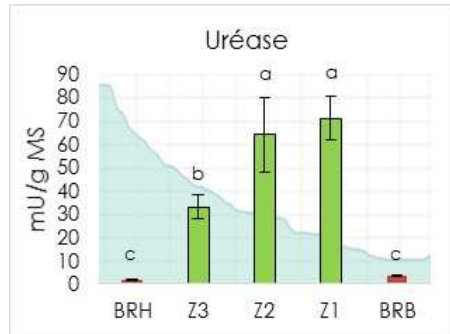
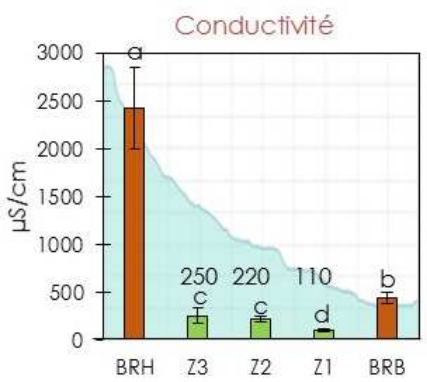
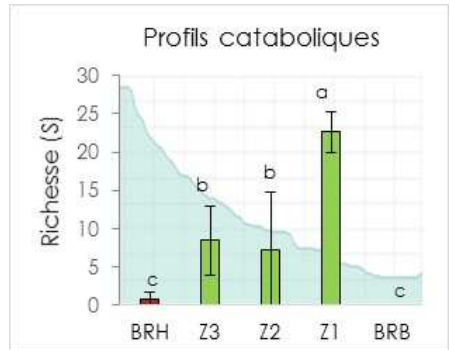
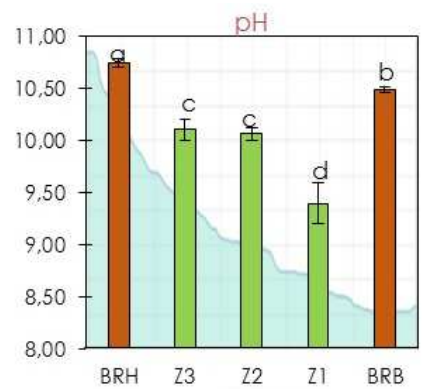
❖ Approches de terrains : Impacts des BR sur les Sols

- ◆ Cas du crassier de **Vitrolles**
  - Communautés végétales
  - Propriétés physico-chimiques
  - (Communautés microbiennes)
  - Fonctions microbiennes (CNPS)



Gradients inversés le long du transect  
 Morg – Activités microbiennes ⇔ Salinité (EC) – pH

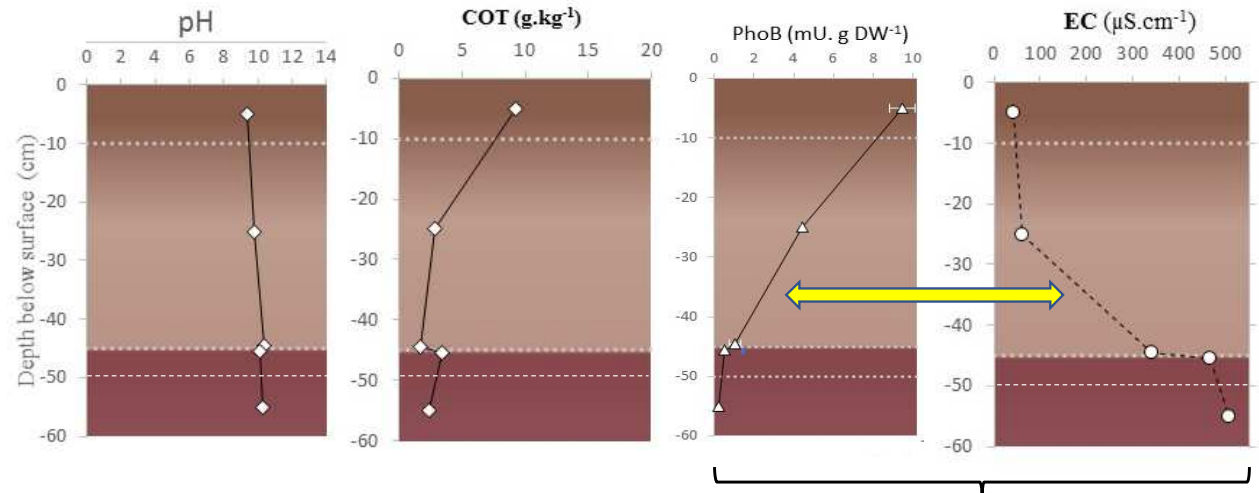
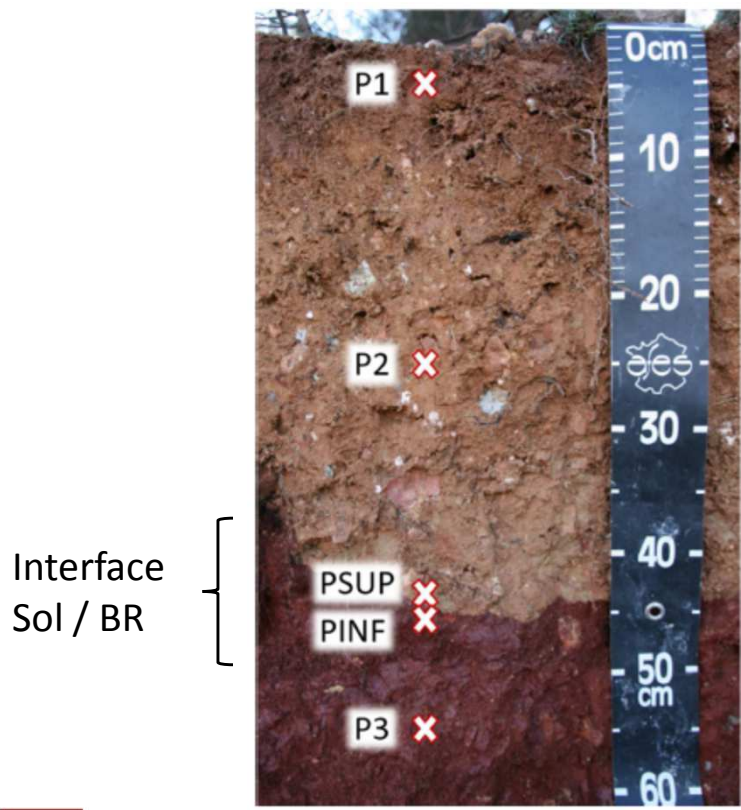
- Quels facteurs structurent le plus les activités microbiennes ?
- Morg (stimulation)?
  - Salinité – pH (inhibition)





- ❖ Approches de terrains : Impacts des BR sur les Sols
  - ◆ Cas du crassier de **Vitrolles**
    - Communautés végétales
    - Propriétés physico-chimiques (Communautés microbiennes)
    - Fonctions microbiennes (CNPS)

Une autre approche : profil de sol avec couche de fermeture (Vitrolles)

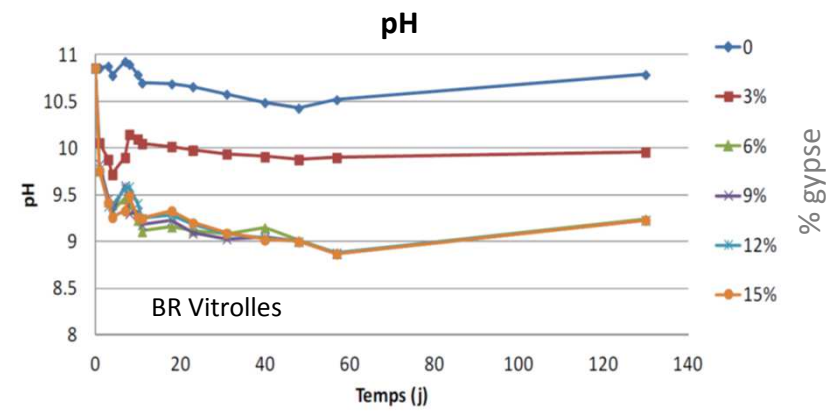
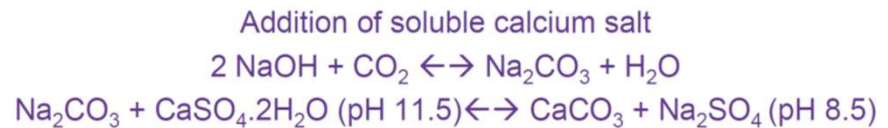
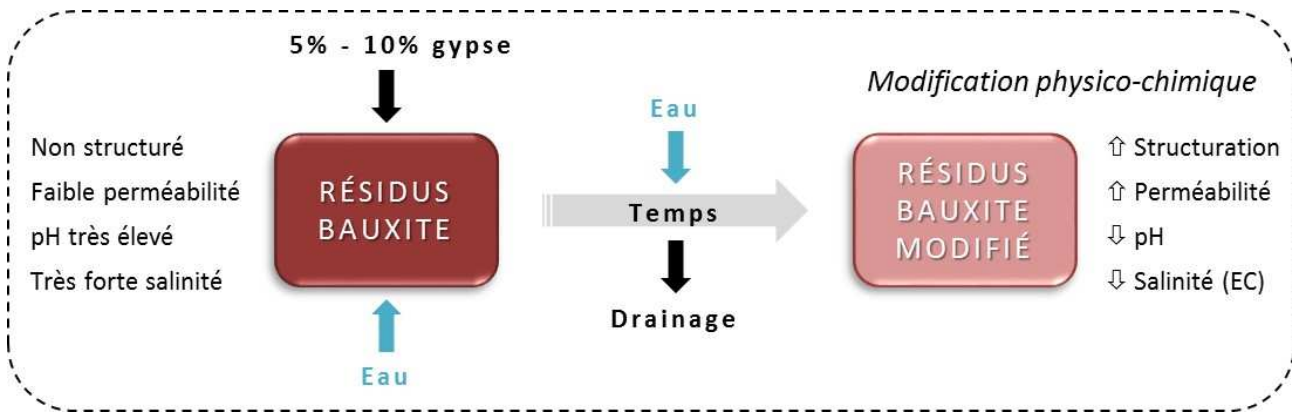


⇓ d'activité à l'interface expliquée par l'EC

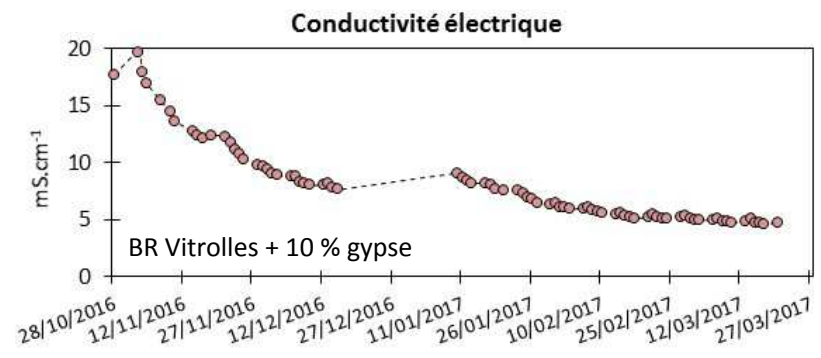
# ❖ Modification des résidus de bauxite

## ◆ Principe

- Apport gypse
- Lessivages répétés
- Contrôles pH et EC
- Apports nutriments (végétalisation)



Hennebert et al. (2016)



Luglia et al. (2017)



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
 Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021



❖ **Modification des résidus de bauxite**

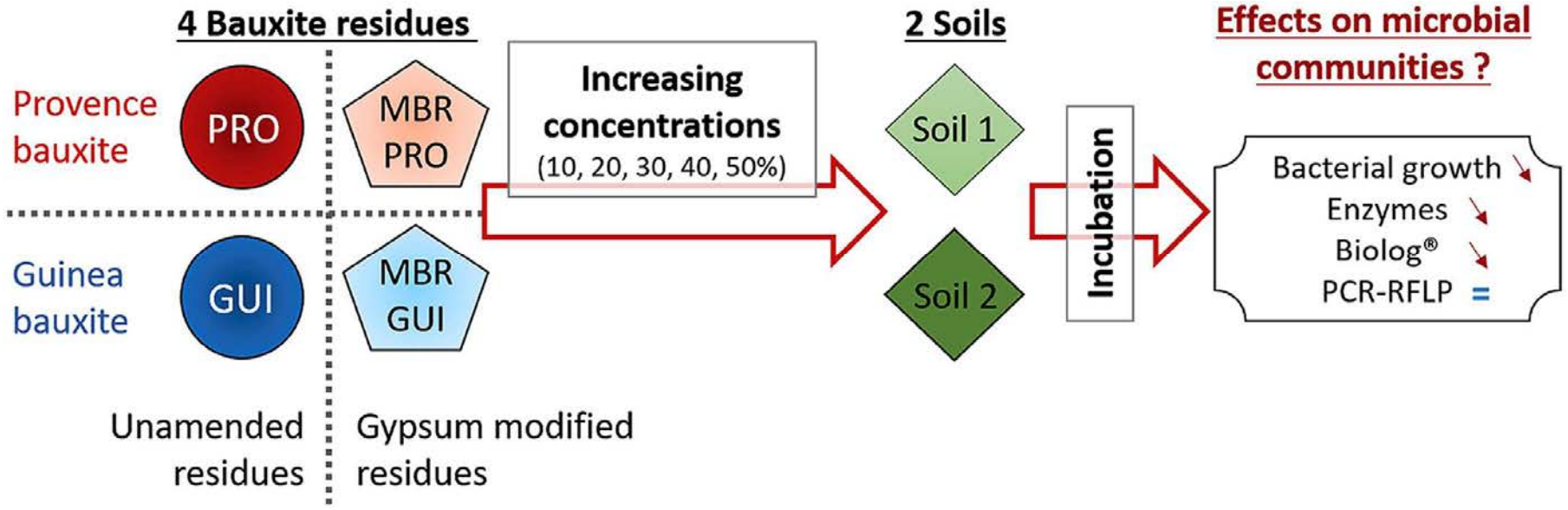
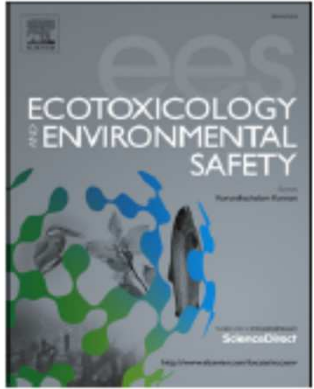
- **Mésocosmes de sols**
- Cultures axéniques
- Tests germination
- Croissance en rhizotrons

*Ecotoxicology and Environmental Safety* 201 (2020) 110847

Effects of increasing concentrations of unamended and gypsum modified bauxite residues on soil microbial community functions and structure – A mesocosm study

Camille Fourier<sup>a,\*</sup>, Mathieu Luglia<sup>a,1</sup>, Pierre Hennebert<sup>b,2</sup>, Julie Foulon<sup>a,1</sup>, Jean-Paul Ambrosi<sup>c,3</sup>, Bernard Angeletti<sup>c,3</sup>, Catherine Keller<sup>c,3</sup>, Stéven Criquet<sup>a,1</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110847>



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
 Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021

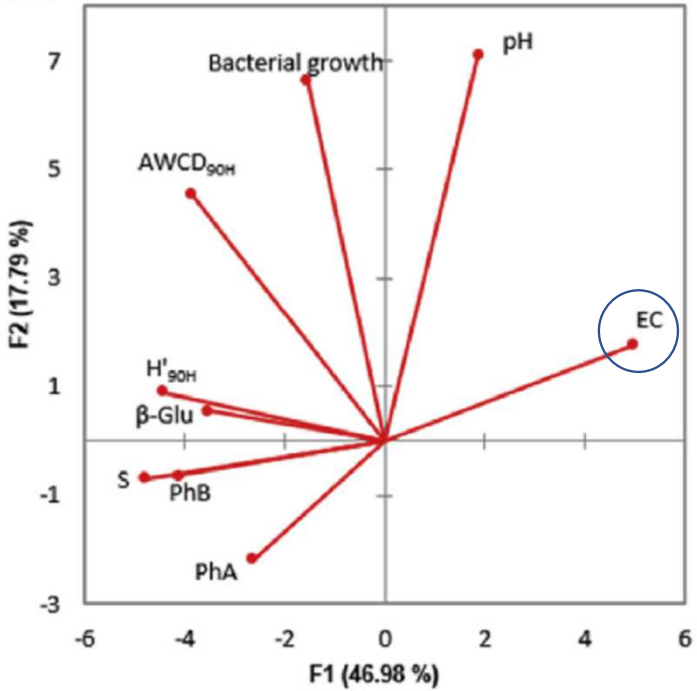
❖ Modification des résidus de bauxite

- Mésocosmes de sols
- Cultures axéniques
- Tests germination
- Croissance en rhizotrons

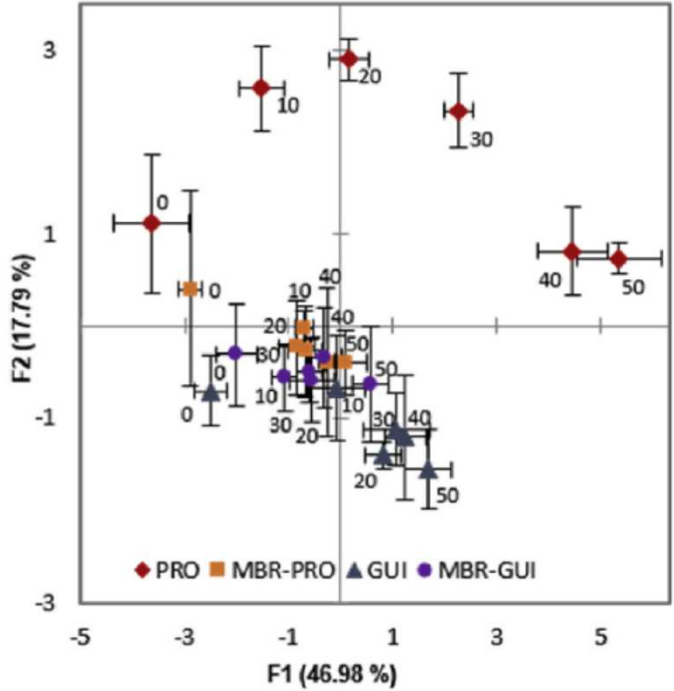


Soil 1

Variables (axis F1 and F2 : 64.78 %)



Observations (axis F1 et F2 : 64.78 %)



❖ Ecotoxicité

- ◆ Effet concentration BR
  - BR PRO > BR GUI
- ◆ Effet origine BR
  - BR > MBR
- ◆ Salinité (EC) : principal cause des inhibitions



Journées Scientifiques :  
"Bauxite Résidues"

Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021

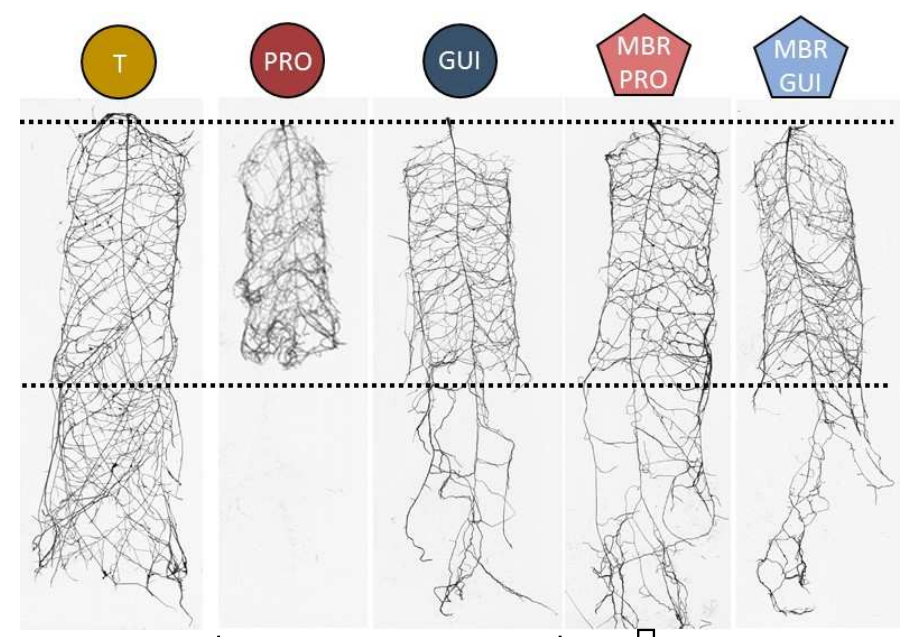
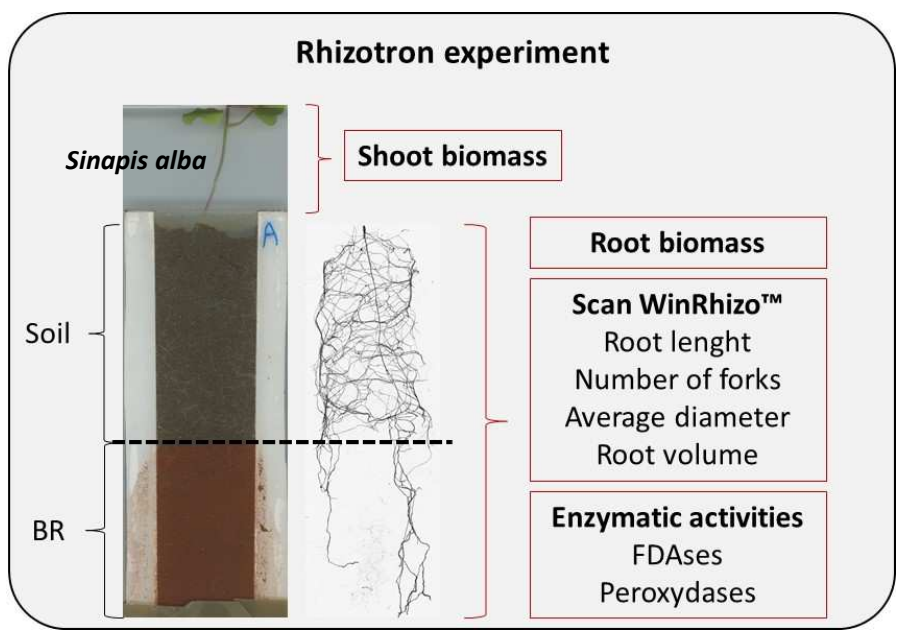
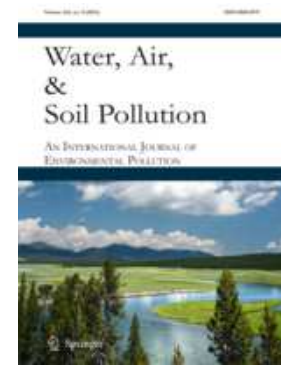


❖ **Modification des résidus de bauxite**

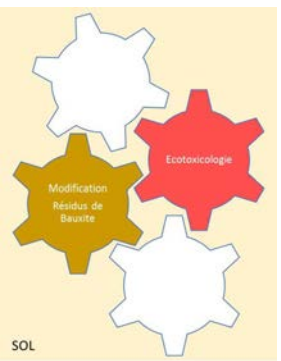
- Mésocosmes de sols
- Cultures axéniques
- Tests germination
- **Croissance en rhizotrons**

**How raw and gypsum modified bauxite residues affect seed germination, enzyme activities and root development of *Sinapis alba*.**

Camille Fourier<sup>a\*</sup>, Mathieu Luglia<sup>a</sup>, Catherine Keller<sup>b</sup>, Pierre Hennebert<sup>c</sup>, Julie Foulon<sup>a</sup>, Jean-Paul Ambrosi<sup>b</sup>, Bernard Angeletti<sup>b</sup>, and Stéven Criquet<sup>a</sup>  
 Accepté avec révisions mineures



- Effet phytotoxique PRO >> GUI
- RBM ↓ toxicité PRO et permet la colonisation racinaire
- Les traits racinaires sont affectés par tous les résidus



↓ Toxicité

RÉSIDUS BAUXITE MODIFIÉ

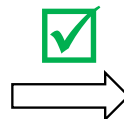
❖ Bioremédiation

- Lysimètres
- Parcelles expérimentales
- Création de technosols
- Suivi à long terme



Carences nutriments C, N, P, K, etc

Intrants Organiques



Végétalisation

SD



BG



- ◆ Economie circulaire
- ◆ Création de technosols
- ◆ Phytostabilisation

- ◆ Boues de STEP
- ◆ Compost
- ◆ Champost
- ◆ Champost + margions

- ❖ 2 types de Semis
- ◆ Sainfoin/Dactyle (Agro)
- ◆ Banque de graines (Vitrolles)

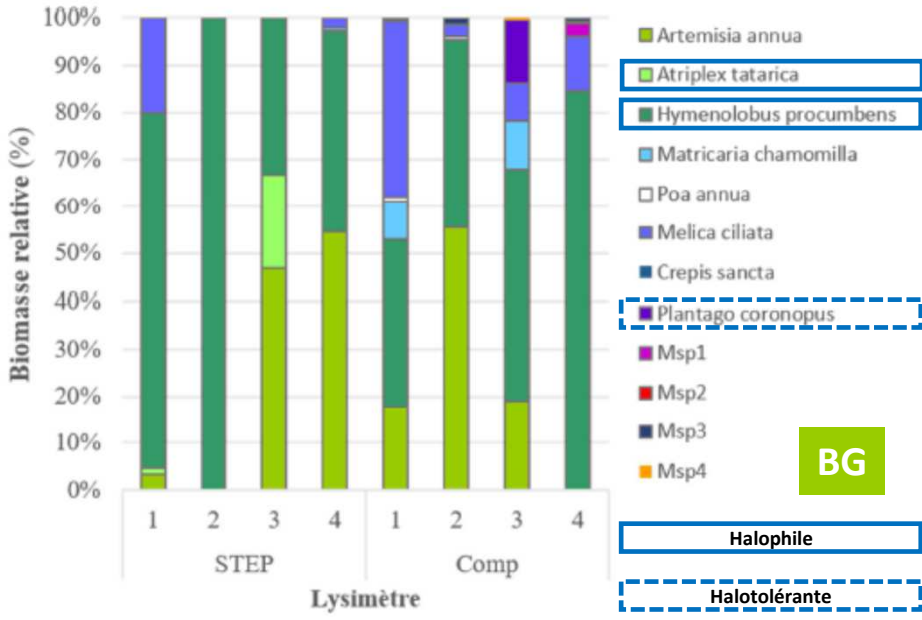
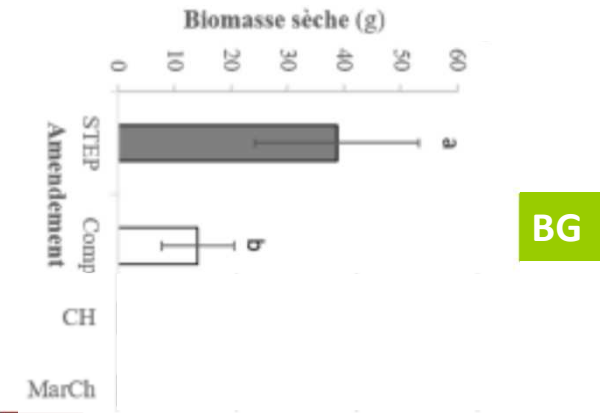
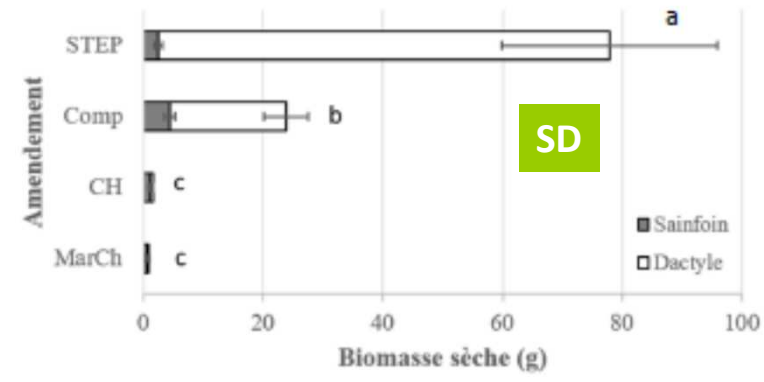
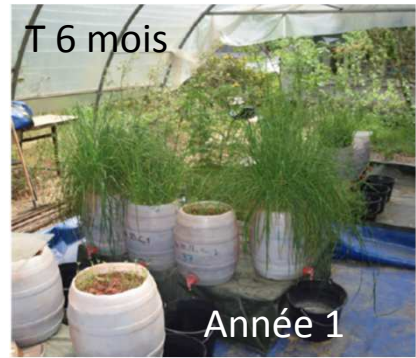
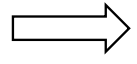
$N_{tot} \sim 1,2 \text{ g.kg}^{-1}$





## ❖ Bioremédiation

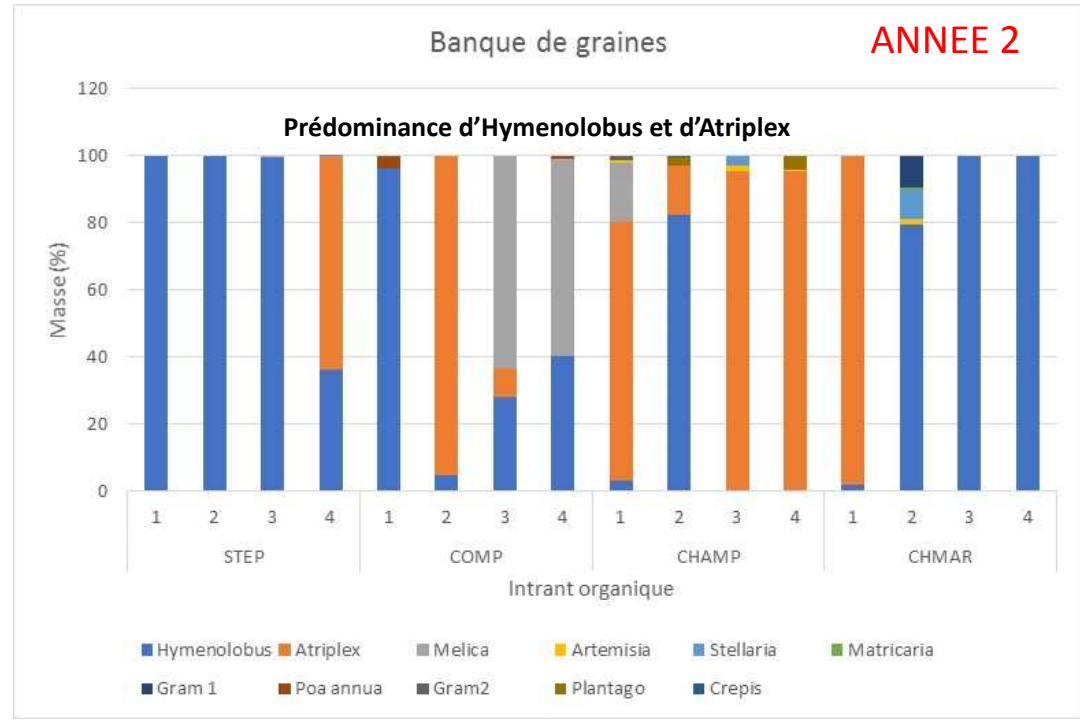
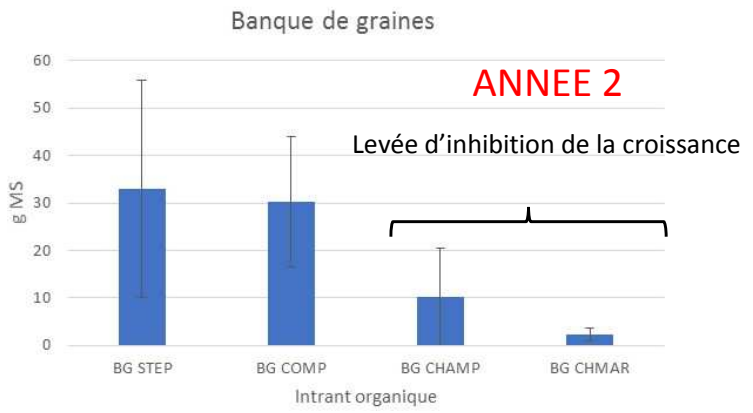
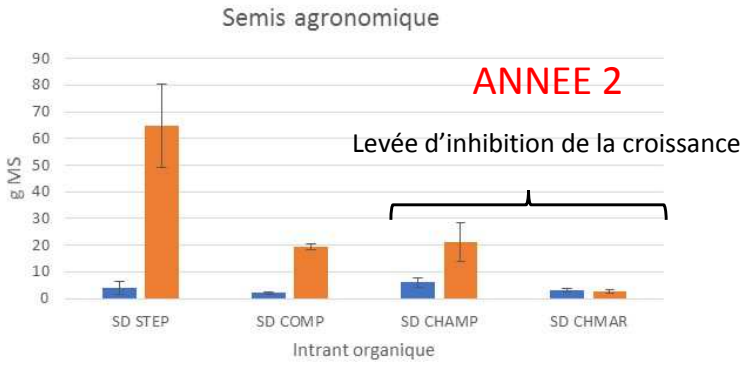
- Lysimètres
- Parcelles expérimentales
- Création de technosols
- Suivi à long terme



Journées Scientifiques :  
**"Bauxite Résidues"**  
 Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021

# ❖ Bioremédiation

- Lysimètres
- Parcelles expérimentales
- Création de technosols
- Suivi à long terme



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
 Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021



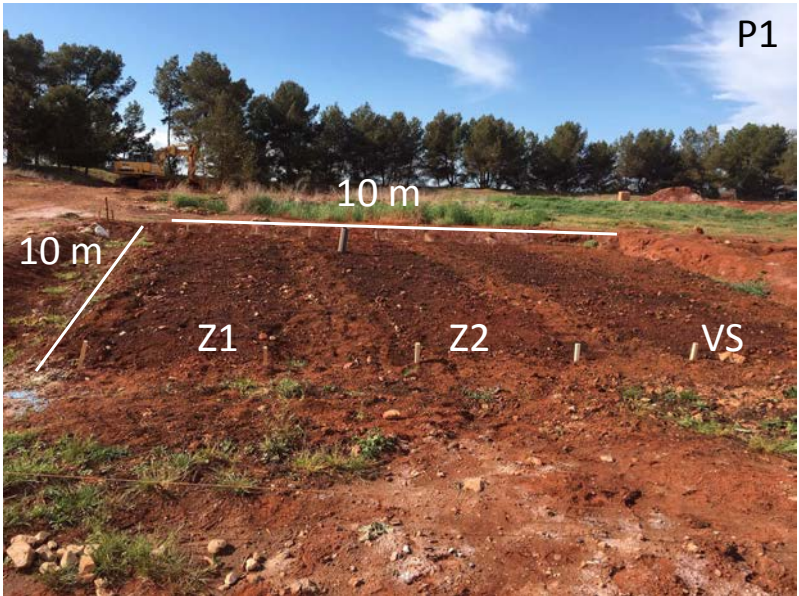
❖ Bioremédiation

- Lysimètres
- Parcelles expérimentales
- Création de technosols
- Suivi à long terme

Végétalisation – phytostabilisation de 2 parcelles RBM (Mange Garri)

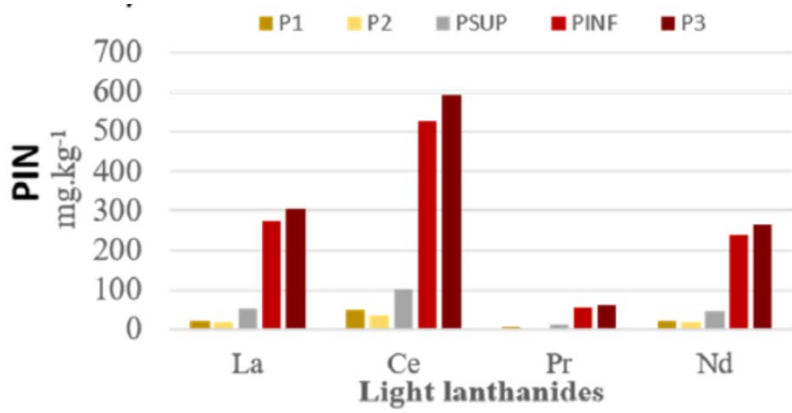
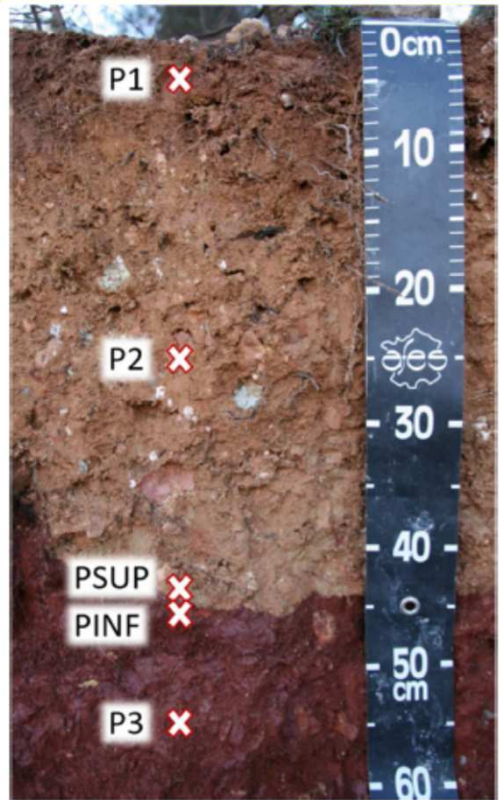


Identifier plantes candidates pour Phytostabilisation pérenne

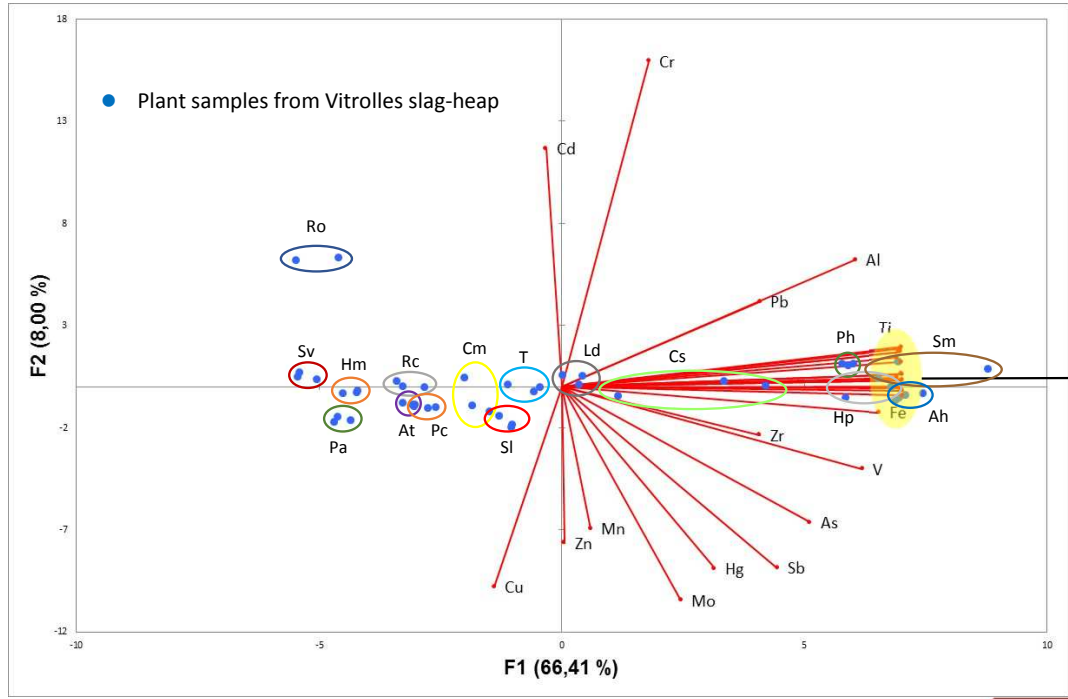




- ### ❖ Bioremédiation
- Phytoextraction REE
  - Screening Vitrolles
  - Screening Lysimètres
  - Screening Mange Garri



BR sont très riches en terres rares (lanthanides)  
 ⇒ Absorption préférentielle par certaines espèces ?





Merci de votre attention



**Journées Scientifiques :**  
**"Bauxite Résidues"**  
Aix-en-Provence, du 08 au 09 juin 2021