

# Influence de différents résidus de bauxite sur l'architecture et certaines activités enzymatiques du système racinaire de la moutarde blanche (*Sinapis alba*)

2

OHM Bassin minier  
de Provence

Fourrier C.<sup>1</sup>, Luglia M.<sup>1</sup>, Hennebert P.<sup>2</sup>, Criquet S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix-Marseille Université - IMBE, Marseille, France

<sup>2</sup> INERIS – ARDEVIE, Aix-en-Provence, France

## Résumé

Cette étude a pour objectif de mieux comprendre l'impact de différents résidus de bauxite sur le système racinaire d'une plante modèle, la moutarde blanche (*Sinapis alba*). Dans un premier temps, deux résidus bruts ont été testés : la Boue Rouge (BR), issue du crassier du Griffon à Vitrolles, et la Bauxaline® (BX), issue des filtre-presses de l'usine Altéo de Gardanne. Par la suite, ces deux résidus ont été modifiés par apport de gypse et lavages successifs (permettant d'abaisser le pH et la salinité), formant ainsi deux résidus de bauxite modifiés (RBM) : le RBM BR et le RBM BX. Afin de reproduire en rhizotrons les dépôts de boues rouges capés, une strate de terre végétale a été superposée sur chaque type de résidu et les graines de moutarde ont été plantées en surface (1 par rhizotron, n = 10). Des témoins constitués uniquement de terre végétale ont également été confectionnés. Après 28 jours de croissance, les poids secs des racines et des parties aériennes, les activités des peroxydases (POX, enzymes de stress) et des FDAse (enzymes représentatives de l'activité globale) ainsi que la qualité de l'architecture du réseau racinaire (système WinRHIZOTM) ont été mesurés.

Les résultats indiquent que les racines sont incapables de pénétrer dans la Boue Rouge brute de Vitrolles. En revanche, elles parviennent à s'infiltrer dans la Bauxaline® et dans les deux résidus modifiés, mais leur morphologie change radicalement par rapport aux témoins. Le réseau racinaire dans la couche supérieure de terre, ainsi que dans les témoins, est composé de fines racines et de nombreuses ramifications. Dans les résidus, il se limite le plus souvent à 2 ou 3 racines principales, non ramifiées, épaissies et d'aspect traçant. L'activité des POX est exacerbée lorsque les racines sont en contact avec les différents résidus de BR reflétant un état de stress, alors que les FDA ne sont pas affectées.

## Abstract

This study aims to better understand the impact of different bauxite residues on white mustard (*Sinapis alba*) root system. In a first place, two raw residues were tested : Red Mud (BR), from Griffon's slag-heap of Vitrolles, and Bauxaline® (BX), from Altéo plant filter press located at Gardanne. Then, both residues were modified by adding gypsum and washing several times (allowing pH and salinity to decrease). Both Modified Bauxite Residues (RBM) – RBM BR and RBM BX – were tested.

To avoid transfer of bauxite residues to neighbouring environments, a current management practice is to cover red mud slag-heaps with a soil layer. To reproduce this management method, we used rhizotrons, with a layer of soil on a layer of each type of tested bauxite residue. Each rhizotron received one mustard seed (n = 10), and controls were filled with soil only. After 28 days of growth, root and shoot dry weights, peroxidases (POX, stress enzymes) and FDAases (global activity enzymes) activities and the quality of root system architecture (WinRHIZO™ system) were measured.

Results show that roots cannot grow in raw red mud from Vitrolles. On the contrary, they are able to grow in Bauxaline® and both modified residues, though their root morphology is radically modified. Root net in the upper soil layers, as well as in controls, is composed of thin roots with numerous ramifications. In residue layers, root system is almost always limited to 2 or 3 main roots, without ramification, thick and with a drawing aspect. Peroxydases activities is higher in roots that are in contact with residues, reflecting a stress response, whereas FDAases activities are not modified.

# Influence de différents résidus de bauxite sur l'architecture et certaines activités enzymatiques du système racinaire de la moutarde blanche (*Sinapis alba*)

Camille Fourier<sup>1\*</sup>, Mathieu Luglia<sup>1</sup>, Pierre Hennebert<sup>2</sup>, Stéven Criquet<sup>1</sup>

1 : Aix-Marseille Université - IMBE, Marseille, France

2 : INERIS – ARDEVIE, Aix-en-Provence, France

\*camille.fourrier@imbe.fr



## LES RÉSIDUS DE BAUXITE EN PROVENCE :

L'extraction de l'alumine à partir de la bauxite *via* le procédé Bayer engendre de grandes quantités de résidus communément appelés « boues rouges ». Apparue en 1893 à Gardanne, la production d'alumine dans le bassin minier de Provence se perpétue encore actuellement. Les résidus de bauxite présentent des propriétés physico-chimiques particulières (pH et salinité élevés, perméabilité faible, présence d'éléments traces métalliques et métalloïdes (ETMM) en concentrations parfois élevées).

Les boues rouges sont stockées à terre sous forme de crassiers, comme au Griffon sur la commune de Vitrolles, mais aussi à La Barasse et à Saint-Louis les Aygaldes sur la commune de Marseille. Le site de stockage de Mange-Garri, sur la commune de Bouc-Bel-Air, est le seul crassier provençal à être en activité à ce jour, et est utilisé par l'usine Altéo pour épandre ses résidus de bauxite. Les boues rouges des différents crassiers n'ont pas les mêmes caractéristiques physico-chimiques du fait de l'origine du minerai extrait (Les Baux de Provence vs Guinée) et de l'évolution des techniques d'extraction. **La boue rouge de Vitrolles présente ainsi des valeurs de pH, de salinité et de concentrations en certains ETMM bien plus élevées que celle de Mange-Garri. Du fait de ces différences, l'objectif de cette étude est de mieux comprendre l'effet des résidus de bauxite provençaux sur l'architecture et l'activité du système racinaire d'une plante modèle : *Sinapis alba*.**

## EXPÉRIENCE EN RHIZOTRONS : MÉTHODE

**HYPOTHÈSE :** L'origine et la modification des propriétés physico-chimiques des boues rouges influent sur l'architecture et l'activité du système racinaire de *Sinapis alba*

Quatre résidus testés :

RÉSIDUS BRUTS

1. **Boues Rouges Vitrolles (BRV)** : résidu non traité, bauxite provençale (pH 10-11; EC 1,8 mS.cm<sup>-1</sup>)



Modification par apport de gypse et lavages successifs  
Amélioration des propriétés physico-chimiques (baisse du pH et EC)

RÉSIDUS DE BAUXITE MODIFIÉS (RBM)



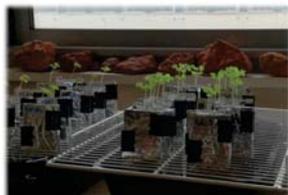
3. **RBM Boues Rouges Vitrolles (RBM BRV)**  
4. **RBM Bauxaline® (RBM BX)**



Suivi de la croissance en rhizotron

Parties aériennes  
Sol contrôle  
Racines supérieures  
Résidu de bauxite testé (ici, la Bauxaline®)  
Racines inférieures

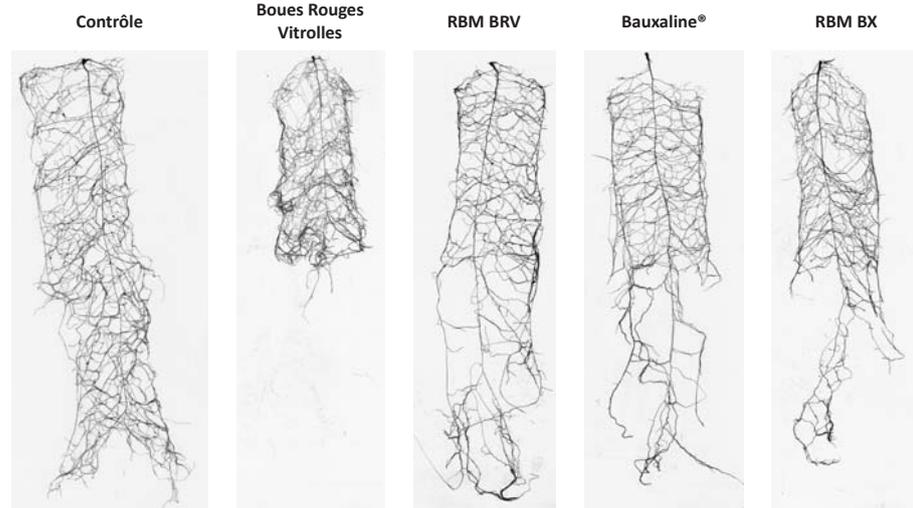
n = 10 rhizotrons par modalité  
Incubation 28 jours



VARIABLES MESURÉES

- Biomasses sèches des parties aériennes et racines (résultats non présentés)
  - Architecture racinaire (WinRhizo™)
  - Activité FDAses (FDA) = activité globale
  - Activité peroxydases (POX) = enzymes de stress

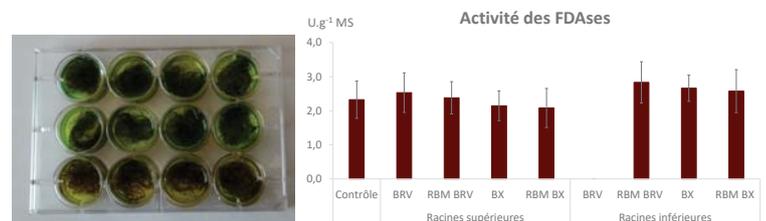
## RÉSULTATS



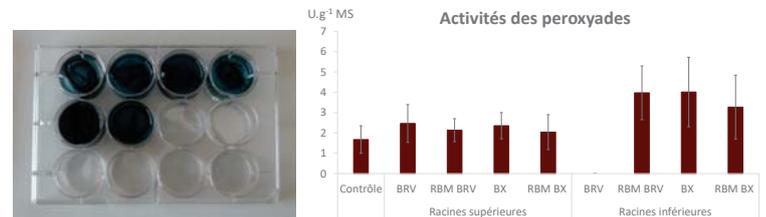
Scans des racines à l'aide du logiciel WinRhizo™

Points clés

Les boues rouges brutes issues de **bauxite provençale (Vitrolles) ne permettent pas la croissance de racines**  
**La modification des résidus permet la croissance de racines.**  
Les racines dans les résidus **changent d'aspect : elles s'épaississent, sont moins ramifiées et sont d'un aspect traçant.**



A gauche : Microplaque 12 puits utilisée pour la mesure de l'activité des FDAses dans les racines. A droite : Activité des FDAses dans les racines après 20 minutes d'incubation. Lecture de l'absorbance à 490 nm.



A gauche : Microplaque 12 puits utilisée pour la mesure de l'activité des peroxydases dans les racines. A droite : Activité des peroxydases dans les racines après 5 minutes d'incubation. Lecture de l'absorbance à 600 nm.

Points clés

L'activité des **FDAses** ne semblent pas être impacté par les résidus.  
L'activité des **peroxydases** semble **accrue pour les racines inférieures**.

## CONCLUSION

Les résidus de bauxite ont un **effet différent selon leur provenance et leur traitement**. Ceux issus de **bauxite provençale (Vitrolles) sont plus délétères** sur la croissance racinaire. **La modification des résidus** par apport de gypse et lavages successifs, **permet la croissance des racines quelle que soit l'origine des résidus**.

Les **FDAses**, représentatives de l'activité globale des racines, **ne sont pas impactées par les résidus**. Les **peroxydases**, caractéristiques d'un état de stress, **voient leur activité augmenter dans les racines inférieures** au contact des boues rouges.

Les racines inférieures sont épaisses, moins ramifiées et d'aspect traçant, **laissant penser que les résidus sont à l'origine d'un état de stress pour le système racinaire de la plante**.