

# Pertinence d'indicateurs biochimiques de l'impact du Cr sur le vivant en polyculture irriguée en zone périurbaine (Maroc)

Françoise ELSASS<sup>1</sup>, Nathalie CHEVIRON<sup>1,2</sup>, Jeanne Chantal THOISY-DUR<sup>1</sup>,  
 Virginie GRONDIN<sup>1,2</sup>, Christelle MARRAUD<sup>1,2</sup>, Sébastien BREUIL<sup>1</sup>,  
 Aziza KOUCHOU<sup>3</sup>, Naoual RAIS<sup>3</sup>, Naima EL GHACHTOULI<sup>3</sup>, Mustapha IJJAALI<sup>3</sup>,  
 Malika GHAZI<sup>4</sup>, Joëlle DUPLAY<sup>4</sup>

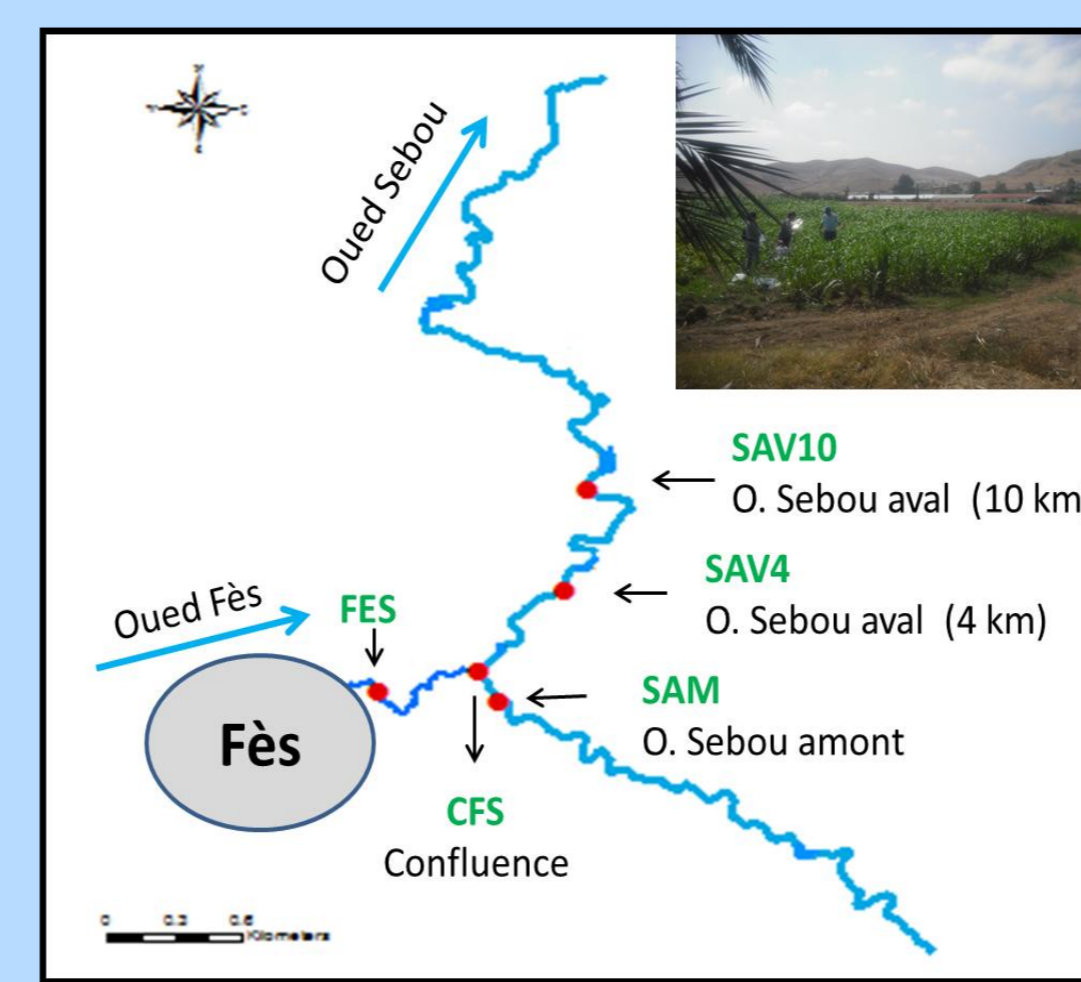
## 1- Problématique

Le « Plan Maroc Vert » place l'irrigation comme pivot principal dans le développement agricole et socio-économique du pays. Dans la région Fès-Meknès, la plaine de Saïss, riche en ressources en eaux et en sols fertiles est amenée à connaître une grande extension de terres irriguées. Cependant, l'environnement général de la plaine est affecté d'une façon alarmante par la croissance démographique et industrielle de la ville de Fès qui engendre une pollution organique et inorganique des eaux de surface utilisables pour l'irrigation (Oued Fès et Oued Sebou).

Certaines activités enzymatiques des sols, dont les activités hydrolases, sont considérées comme sensibles aux polluants et ont déjà été proposées comme des indicateurs de qualité de fonctionnement des sols. Cette étude porte essentiellement sur l'impact du cortège de métaux de transition et du chrome sur l'augmentation / atténuation de six activités hydrolases.

## 2- Zone d'étude

La zone d'étude présente un climat semi-aride méditerranéen à saisons contrastées. Les cultures sont irriguées en période sèche par les eaux de l'oued. Les 5 sites sélectionnés représentent les terrains irrigués par les deux oueds en amont (SAM sur O. Sebou FES sur O. Fès) et en aval (SAV sur O. Sebou) de leur point de confluence (CFS). Les sols sont alcalins (pH = 8,3), carbonatés (carbonates 35 à 60%), riches en matière organique (4,7 à 5,2%), à faible conductivité électrique (80 à 150  $\mu$ S/mm). La texture est limoneuse (SAM, FES et CFS) à limono-argileuse (SAV).



## 3- Méthodologie

**Caractéristiques du sol :** Les sols sont prélevés dans la couche 0-10 cm en 5 points d'un carré centré de 5 m de côté.

La terre fine est analysée pour les caractéristiques suivantes : texture par granulométrie laser, calcimétrie (NF ISO 10693) ; pH eau (NF ISO 10390) ; matière organique par pyrolyse (NF ISO 14235) ; conductivité électrique (NF ISO 11265) ; minéralisation (méthode BCR) ; analyses chimiques des éléments totaux et traces (Cr, Cu, Ni et Zn) par spectroscopie d'absorption atomique (ICP-AES).

**Indicateurs biochimiques :** Les sols sont tamisés à 5 mm. Trois aliquotes de 4 g par prélèvement de sol servent pour le dosage de six activités enzymatiques des 4 cycles biochimiques P, S, N et C.

Les activités Phosphatase, Arylsulfatase,  $\beta$ -Galactosidase, Uréase, Arylamidase et  $\beta$ -Glucosidase, sont mesurées avec une modification des protocoles respectifs de : de Santiago-Martin *et al.* (2013), Eivazi & Tabatabai (1990), Tabatabai *et al.* (2002), Anastasi *et al.* (2009).

Effluents de tanneries

Aspect des eaux en aval

Système d'irrigation

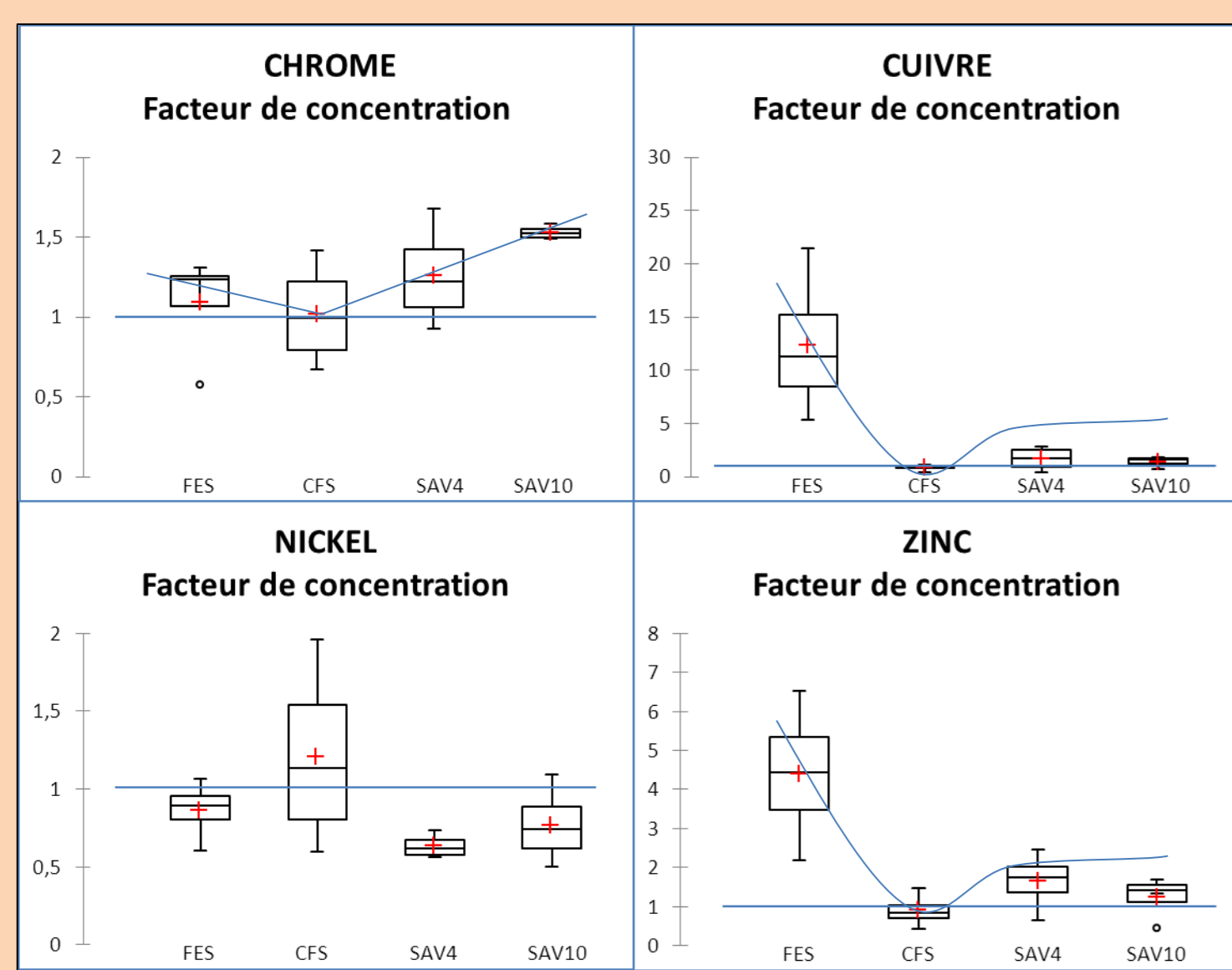


## 4- Résultats

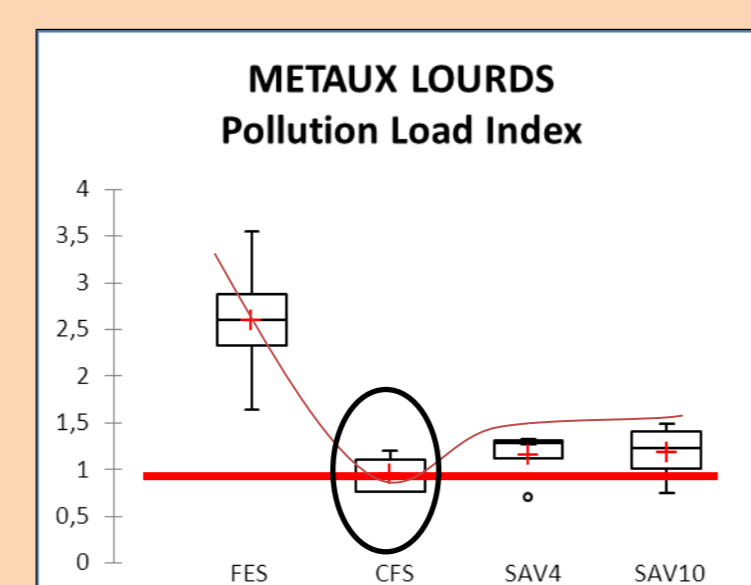
**TRAITEMENT DES DONNEES :** Le niveau de pollution en ETM est évalué par différents facteurs :  
 $CF$  (Facteur de Contamination) =  $C$  (Elément métallique) /  $C$  (Elément métallique dans un sol non pollué) ;  
 $PLI$  (Pollution Load Index) =  $(CF_{Cr} \times CF_{Ni} \times CF_{Cu} \times CF_{Zn})^{1/4}$  ;  
 $PLI > 1$  indique la présence de contamination ;  $PLI < 1$  indique un appauvrissement.  
 Dans cette étude on se réfère à un niveau local éloigné de la source de pollution (SAM témoin), appelé « référence géochimique » pour la région.

**TRAITEMENT DES DONNEES :** L'impact des métaux sur les activités enzymatiques est évalué par différents facteurs :  
 $CI$  (Facteur d'intensité) =  $C$  (Activité enzymatique) /  $C$  (Activité enzymatique dans un sol non pollué) ;  
 $EAI$  (Enzymatic Activity Index) =  $(CF_{Phos} \times CF_{Sulf} \times CF_{Urea} \times CF_{Amid} \times CF_{Gluc} \times CF_{Gala})^{1/6}$  ;  
 $EAI > 1$  indique une augmentation de l'activité ;  $EAI < 1$  indique une atténuation.  
 Dans cette étude on se réfère au niveau d'activité dosé dans le sol SAM témoin, servant de référence d'usage du sol dans la région considérée.

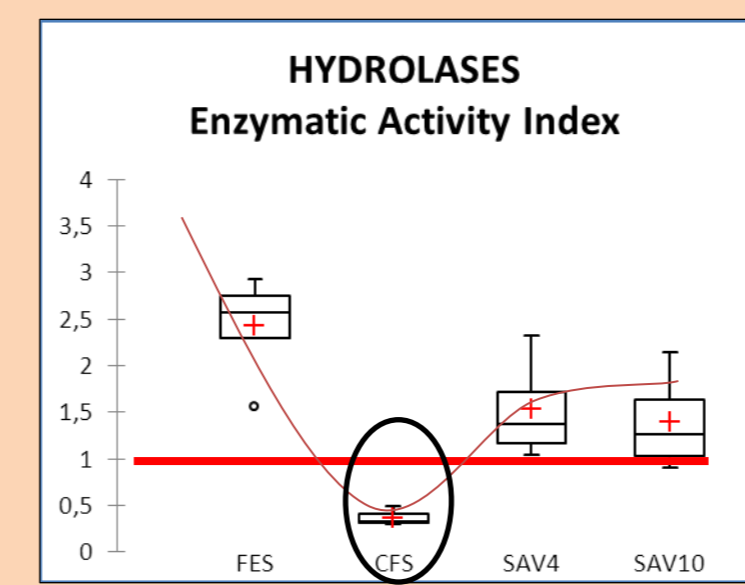
METAUX LOURDS : Facteurs de concentration / sol témoin



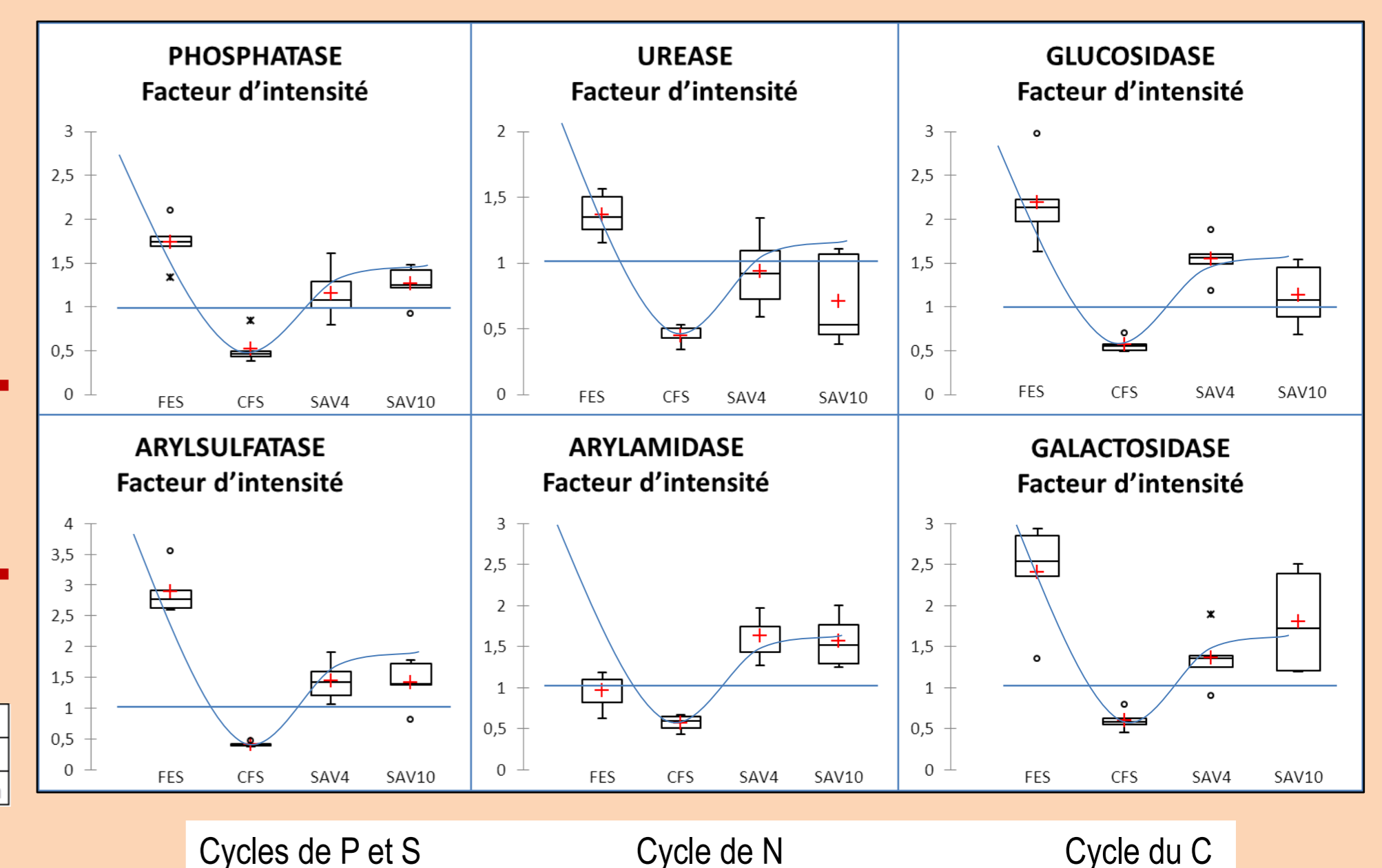
Indice PLI



Indice EAI



ACTIVITES BIOCHIMIQUES HYDROLASES : Facteurs d'intensité / sol témoin



Les facteurs de concentration dans le sol « FES » reflètent l'origine d'une pollution par Cu et Zn. Les concentrations en Ni sont erratiques. La contamination par Cr augmente légèrement en aval de la confluence

Les profils d'activités des cycles de P, S, N et C sont comparables. Les profils des facteurs d'intensité des cycles de P, S et C sont identiques. Les activités Phosphatase et Galactosidase apparaissent comme les meilleurs indicateurs de la présence de métaux de transition dans nos sols. Les fortes atténuations des activités hydrolases à la confluence « CFS » ne s'expliquent pas par la présence des métaux pris en compte.

## 5- Conclusions et perspectives

Les profils des Indices de Charge de Pollution (PLI) et des Indices d'Activités Enzymatiques (EAI), basés sur le même principe de calcul, apparaissent décrire fidèlement les variations biogéochimiques des sols étudiés.

Concernant Cr plus particulièrement, il sera pertinent de prendre en compte le potentiel des microorganismes à modifier sa spéciation (CrVI en CrIII) et à diminuer ainsi sa toxicité. Des expérimentations de contamination par CrVI en microcosmes sont actuellement en cours.

Les résultats de ce travail seront exploités dans le cadre d'une Analyse du Cycle de Vie, pour évaluer les impacts sur les sols liés aux activités industrielles et agricoles de la région de Fès. Il s'agira d'analyser la contribution des émissions locales en ETM à l'écotoxicité terrestre, avec des facteurs de caractérisation basés sur des facteurs de devenir et d'effet spécifiques. Il est question dans un premier temps, d'étudier la mobilité des ETM dans les sols pour comprendre leur mobilité et calculer leurs fractions biodisponibles dans la solution du sol. Ensuite les facteurs d'effet des ETM seront calculés en prenant en compte, surtout pour le Cr, la modification de la spéciation et la diminution du potentiel toxique par les microorganismes.



## Références

- de Santiago-Martin, A., Cheviron, N., Quintana, J.-R., Gonzalez, C., Lafuente, A.-L., Mougin, C. (2013). Metal Contamination Disturbs Biochemical and Microbial Properties of Calcareous Agricultural Soils of the Mediterranean Area. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 388-398.  
 Eivazi, F., Tabatabai, M.-A., (1990). Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 891-897.  
 Tabatabai, M.-A., Garcia-Manzanedo, A.-M., Acosta-Martinez, V. (2002). Substrate specificity of arylamidase in soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 103-110.  
 Anastasi, A., Coppola, T., Prigione V., Varese, G.-C. (2009). Pyrene degradation and detoxification in soil by a consortium of basidiomycetes isolated from compost: Role of laccases and peroxidases. *Journal of Hazardous Materials*, 165, 1229-1233.

## Auteurs

- 1 : UR 0251 PESSAC, INRA, RD10, 78026 Versailles, France, [françoise.elsass@versailles.inra.fr](mailto:françoise.elsass@versailles.inra.fr)  
 2 : Biochem-Env, INRA Versailles, Rte de St Cyr, 78026 Versailles, [www.biochemenv.fr](http://www.biochemenv.fr)  
 3 : FST, USMBA, Route d'Imouzzer, BP 2202, 30000 Fès, Maroc, [kouchouaziza@gmail.com](mailto:kouchouaziza@gmail.com)  
 4 : UMR 7517 LHyGeS, CNRS / Uds, 1 rue Blessig, 67084 Strasbourg, France, [jduplay@unistra.fr](mailto:jduplay@unistra.fr)

## Remerciements

Travaux soutenus par le Ministère des Affaires Étrangères et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche française et les Ministères marocains de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Agriculture et du Développement rural - (PHC PRAD-TOUBKAL).