

Contexte - Objectifs

Au sein d'un territoire très industrialisé, le site d'Azur Chimie (réf BASOL : 13.0080 et 13.0083), est localisé sur la commune de Port-de-Bouc, en bordure nord du Canal de Caronte, qui relie l'Étang de Berre à la Mer Méditerranée (Fig. 1). Cette friche industrielle, à l'arrêt depuis 2010, présente une forte contamination de surface en métaux (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn), en polluants organiques (PCB, PCDD-F, HAP) et en polluants émergents (PBDE), avec une répartition hétérogène de ces polluants [1]. Cependant, alors que la politique de gestion des sites et sols pollués se base sur un diagnostic polluant par polluant, peu de données sont aujourd'hui disponibles sur la toxicité et le comportement d'un cocktail de polluants. En effet, la problématique des effets toxiques de cocktails complexes est relativement récente, et les interactions, avec la description d'effets synergiques, antagonistes ou additifs, sont assez mal connues dès qu'il s'agit de mélanges en présence de plus de deux contaminants. Nous cherchons donc à savoir si des interactions entre polluants peuvent être mises en évidence vis-à-vis de végétaux cultivés sur plusieurs sols de la friche, caractérisés par des concentrations en polluants hétéroclites. Pour cela nous observerons les réponses physiologiques et l'accumulation des polluants chez l'orge (*Hordeum vulgare*).

Objectifs : Evaluer les effets toxiques induits par différents mélanges de polluants et leurs interactions (« effet cocktail ») par une démarche d'écotoxicologie végétale

Matériels et méthodes

Tab. 1: Concentrations en polluants métalliques et organiques mesurés dans les 4 sols d'essai, le sol de référence et le témoin positif.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	HAP	PCB	PBDE	PCDD-F
	mg/kg MS						µg/kg MS		ng/kg MS	
A	13,8	203,3	275,2	1,6	703,4	2 887,0	20 076	436	1 039	6 417
B	5,1	163,9	140,8	1,3	527,7	764,5	59 206	1 428	559	2 555
C	2,2	155,4	77,7	0,5	180,1	528,4	15 879	4 114	520	1 384
D	2,1	144,0	65,4	ND	140,0	445,9	11 862	1 086	6 291	1 351
Référence	0,2	30,7	34,4	ND	13,8	68,6	1 967	ND	ND	ND
Témoin +	0,2	16,3	11,3	ND	10,0	39,0	119	ND	ND	53

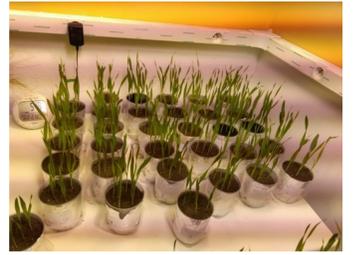
Référence : sol agricole brun calcaire
Témoin + : Terreau



Orge (*Hordeum vulgare*)

• Tests de germination/croissance selon la norme ISO 11269-2

- Sol de culture
 - 4 sols d'essai, 1 sol référence et un sol témoin positif (Tab. 1)
 - Paramètres physico-chimiques proches entre sol d'essai et sol ref
 - Dilution des sols d'essai : 0 - 25 % - 50 % - 100 %
 - 4 réplicats par condition
 - 10 graines par pot de culture



- Paramètres de cultures
 - Température 23 ± 1 °C
 - Humidité entre 40 et 50 %
 - Photopériode de 16 h
 - Rayonnement photosynthétique actif (PAR) 300 µmol.m⁻².s⁻¹

- Paramètres mesurés :
 - Taux et cinétique de levée
 - Croissance des feuilles
 - Biomasse fraîche finale
 - Teneurs en eau
 - Teneurs en azote
 - Teneurs en pigments photosynthétiques
 - Teneurs en polluants



Principaux résultats

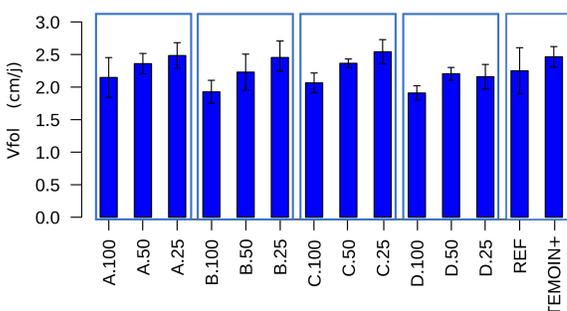
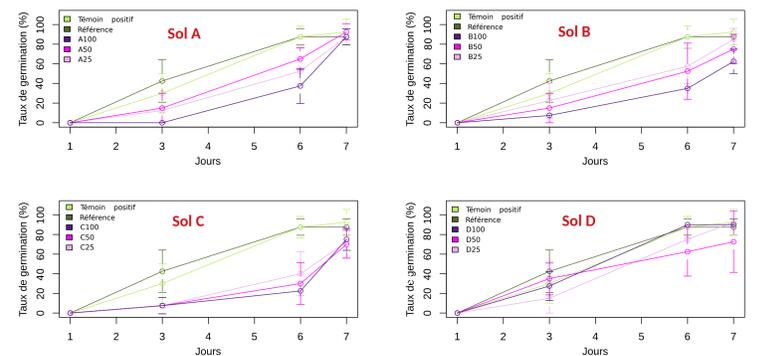
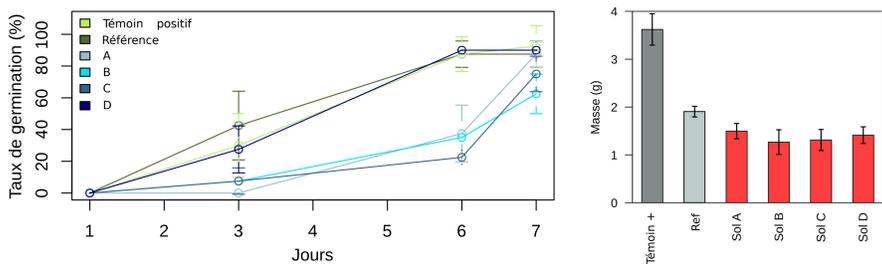


Fig. 4: Taux de croissance de l'orge pour les différentes conditions de culture (n=4)

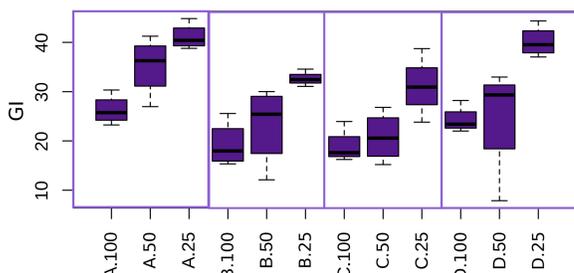


Fig. 5: Indice de germination calculé pour chaque condition de culture (n=4)

Les sols B et C, riches respectivement en HAP et PCB, présentent la plus forte toxicité vis-à-vis de l'orge
Cond A, pas de différence significative quelle que soit la dilution avec le sol référence pour l'ensemble des paramètres physiologiques étudiés

Indice de germination du sol A est significativement plus élevé que pour les autres sols
Pas de différence significative entre les sols non dilués et les sols dilués à 50 % pour les conditions B, C et D.

Le positionnement des individus en fonction des dilutions de sol dans l'ACP met en évidence l'effet cocktail de chaque mélange sur la croissance de l'orge

La toxicité de l'ensemble des sols d'essai impacte la germination de l'orge
L'effet toxique des différents sols entraîne un retard de germination et une diminution significative du taux de germination pour le sol B non dilué

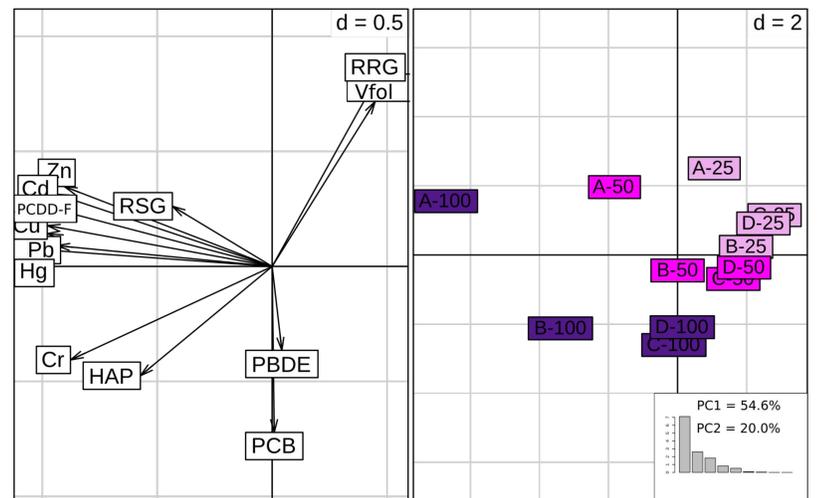


Fig. 6: Analyse en composantes principales (ACP) sur les teneurs en polluants dans les sols, le taux de germination relatif (RSG), le taux de croissance relatif (RRG) et la vitesse de croissance des feuilles d'orge (Vfol) avec la représentation des individus.

Conclusions & perspectives

- ✓ Chaque mélange de contaminants a impacté la germination et la croissance de l'orge mettant en avant leur toxicité.
- ✓ Les mélanges dominés par les HAP et les PCB semblent les plus toxiques
- ✓ Les sols B, C, D montrent un effet cocktail synergique des polluants sur la germination et la croissance de l'orge.
- ✓ Le sol A présente un effet cocktail antagoniste sur la croissance de l'orge qui « masque » la toxicité des métaux et PCDD-F et un effet synergique sur la germination.

¹Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Cdf, INRA, CEREGE, Europole du Petit Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence Cedex 4. *laurette@cerege.fr, siegwald@cerege.fr, keller@cerege.fr, ambrosi@cerege.fr, angeletti@cerege.fr

²Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, Centre de vie la Fossette RD 268 13270 Fos-sur-Mer. *annabelle.austruy@institut-ecocitoyen.fr

³Laboratoire Chimie Environnement, UMR Université Aix-Marseille CNRS 7376, équipe Transfert Réactivité Analyse Modélisation Environnement, Europole du Petit Arbois, Bâtiment Villemin, BP 80, 13545 Aix-en-Provence Cedex 4. laure.malleret@univ-amu.fr