Impact de contaminants chimiques versus occupation du sol sur les activités enzymatiques du sol

Nathalie Cheviron, Christelle Marrauld, Wassila Riah, Jean Trap, Steven Criquet, Antonio Bispo, Cécile Grand, Laurence Galsomies, Guenola Pérès, Karine Laval, et al.

▶ **To cite this version:**

Nathalie Cheviron, Christelle Marrauld, Wassila Riah, Jean Trap, Steven Criquet, et al.. Impact de contaminants chimiques versus occupation du sol sur les activités enzymatiques du sol. Congrès de la SEFA, Jul 2012, Lyon, France. hal-02746180

HAL Id: hal-02746180
https://hal.inrae.fr/hal-02746180

Submitted on 25 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Impacts des contaminants chimiques versus occupation des sols sur les activités enzymatiques

N. Cheviron[1], C. Marrauld[1], W. Riah[2], J. Trap[2], S. Criquet[3], A. Bispo[4], C. Grand[4], L. Galsomies[4], G. Peres[5], K. Laval[2], I. Trinsoutrot-Gattin[2], C. Mougin[1]

[1]INRA, UR PESSAC, Versailles
[2]ESITPA, Laboratoire Agri'Terr, Rouen
[3]Université Paul Cézanne, IMBE, Marseille
[4]ADEME, Angers
[5]Université de Rennes-1, UMR ECOBIO, Rennes

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

SOCIETE D'ECOTOXICOLOGIE FONDAMENTALE ET APPLIQUEE SEFA

ALIMENTATION AGRICULTURE ENVIRONNEMENT

Le contexte

Préserver les fonctions des sols,
une nécessité pour l'agriculture, l'environnement et les sociétés

Le programme « Bioindicateurs » de l'ADEME
(améliorer connaissances, indicateurs qualités, gestion des sols)

- Phase 1 (2005-08) : développer les bioindicateurs
microbiologie, faune, végétaux
- Phase 2 (2009-12) : tester les bioindicateurs sélectionnés
sur des sites ateliers communs

Évaluer la sensibilité et les limites d'utilisation des indicateurs
Élaborer un premier référentiel d'interprétation des données
Transférer les résultats pour l'évaluation des risques
18 organismes, 23 laboratoires, 13 sites

Nos objectifs spécifiques

- **Mesurer l'effet des contaminations sur treize activités enzymatiques**

- **Identifier les enzymes à fort potentiel d'indication**

- **Tester des indices multi-enzymatiques d'état des sols qui sont disponibles dans la littérature**

Les sites étudiés

13 sites :

- 4 agricoles
- 4 milieux naturels Renecofor
- 4 sites contaminés
- 1 Andra

Les sites ateliers

Effet de la contamination

METALEUROP

Contamination Métallique Atmosphérique

- TEMC Témoin culture
- TEMF Témoin forêt
- 117C Parcelle 117 culture
- 117F Parcelle 117 forêt
- 103C Parcelle 103 culture
- 103F Parcelle 103 forêt
- 98F Parcelle 98 forêt

ARCELORMITTAL

Contamination Métallique Du Crassier

- GVEG Parcelle grande végétation
- MVEG Parcelle moyenne végétation
- FVEG Parcelle peu végétation

HOMECOURT

Contamination HAP

- CONM Contamination moyenne
- CONF Contamination faible

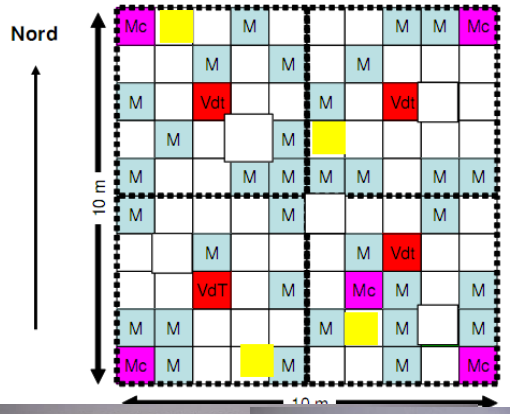
AUZON

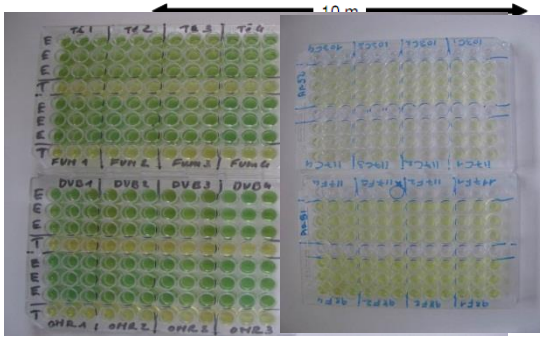
Contamination à l'arsenic

- PTEM Prairie témoin
- FCON Friche contaminée
- BTEM Bois témoin
- BCON Bois contaminé
- BHCON Bois Hydro-contaminé
- OBTEM Ourlet boise témoin
- OBCON Ourlet boisé contaminé

Design expérimental

- Sur site, des prélèvements selon une stratégie commune
- 3 groupes d'indicateurs : microbiologie, faune, flore
- Pour chacun des 3 partenaires microbiologie, des échantillons homogénéisés et tamisés au laboratoire
- Des analyses sous 24 heures
- **13 activités enzymatiques**
  - Métabolisme Global : DES, FDA, LIP
  - Cycle du carbone : CEL, GAL, GLU, NAG, XYL
  - Cycle de l'azote : ARYLN, URE
  - Cycle du souffre : ARYLS
  - Cycle du phosphore : PAC, PAK
- A PESSAC, une standardisation en microplaques





Analyse des données

- **Analyse en composante principale (ACP) sur les activités enzymatiques pour les sites de Métaleurop et Auzon**

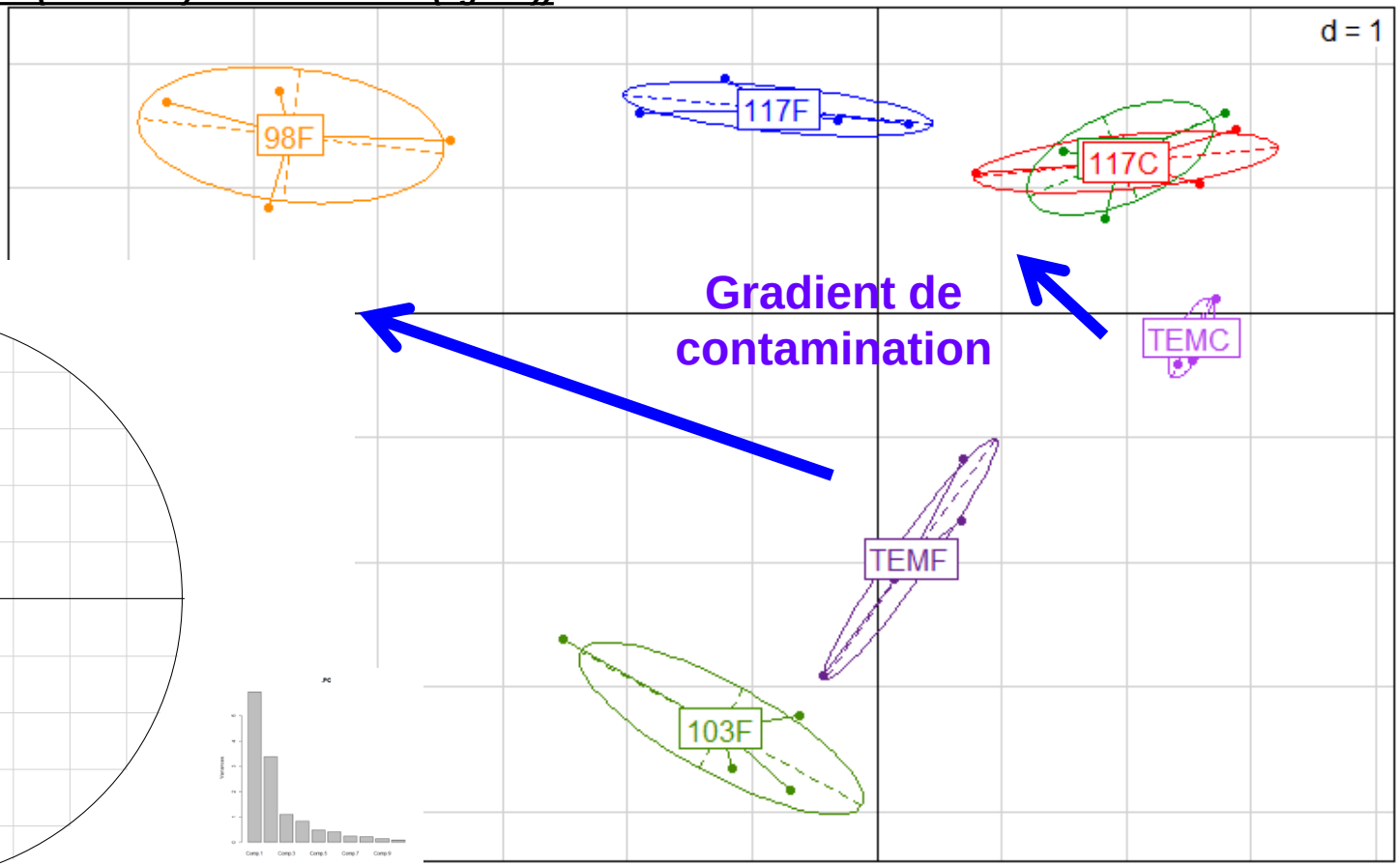
- **Test de Kruskal-Wallis sur les activités enzymatiques pour chaque sites**

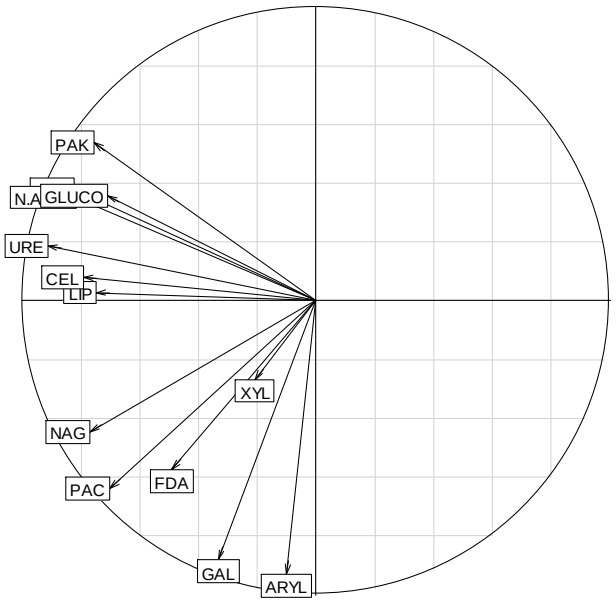
- **Analyses des indices cumulatifs de Puglisi *et al*. (2006) et Garcia Ruiz *et al.* (2008)**

Typologie *: effet d'une contamination organique métallique par apport atmosphérique versus couvert végétal (Site Métaleurop)*

Multivariée ACP (13 variables (colonnes) x 28 individus (lignes))

TEMC	Témoin culture
TEMF	Témoin forêt
117C	Parcelle 117 culture
117F	Parcelle 117 forêt
103C	Parcelle 103 culture
103F	Parcelle 103 forêt
98F	Parcelle 98 forêt



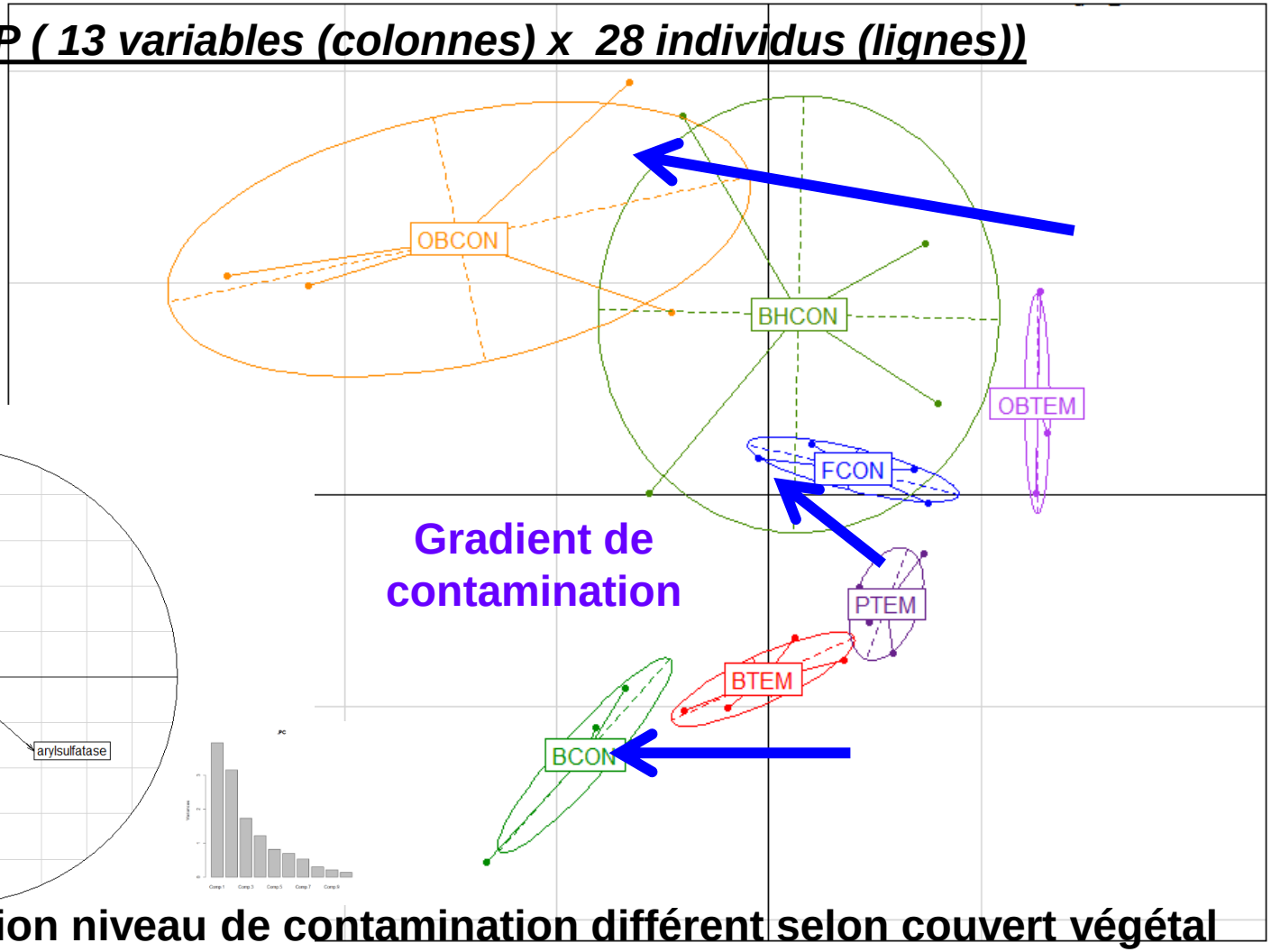


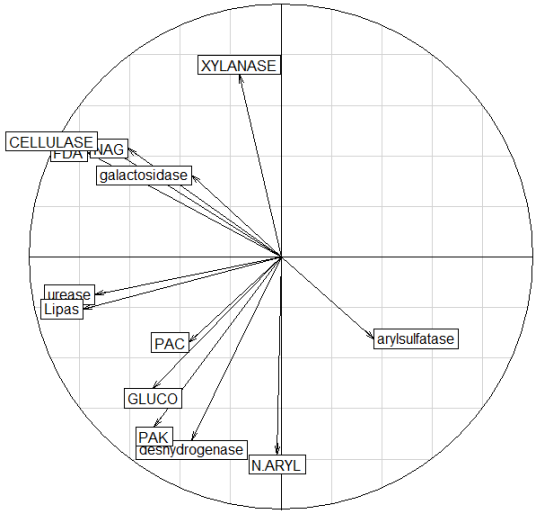
Discrimination couvert végétal/niveau de contamination (forêt)

Typologie *: effet d'une contamination métallique à l'arsenic apportée versus couvert végétal (Site d'Auzon)*

Multivariée ACP (13 variables (colonnes) x 28 individus (lignes))

PTEM	Prairie témoin
FCON	Friche contaminée
BTEM	Bois témoin
BCON	Bois contaminé
BHCON	Bois Hydro-contaminé
OBTEM	Ourlet boise témoin
OBCON	Ourlet boisé contaminé

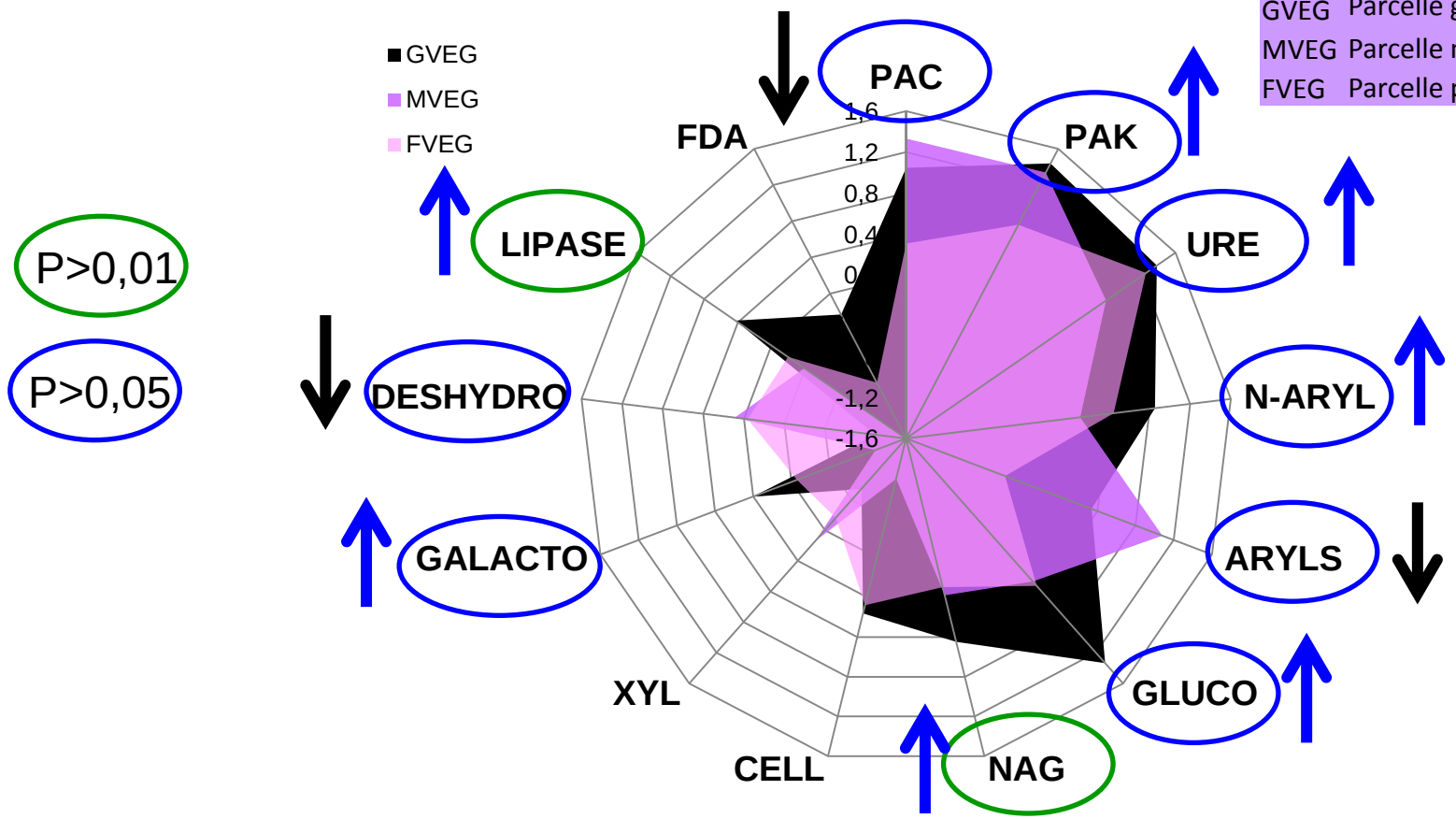




Discrimination niveau de contamination différent selon couvert végétal

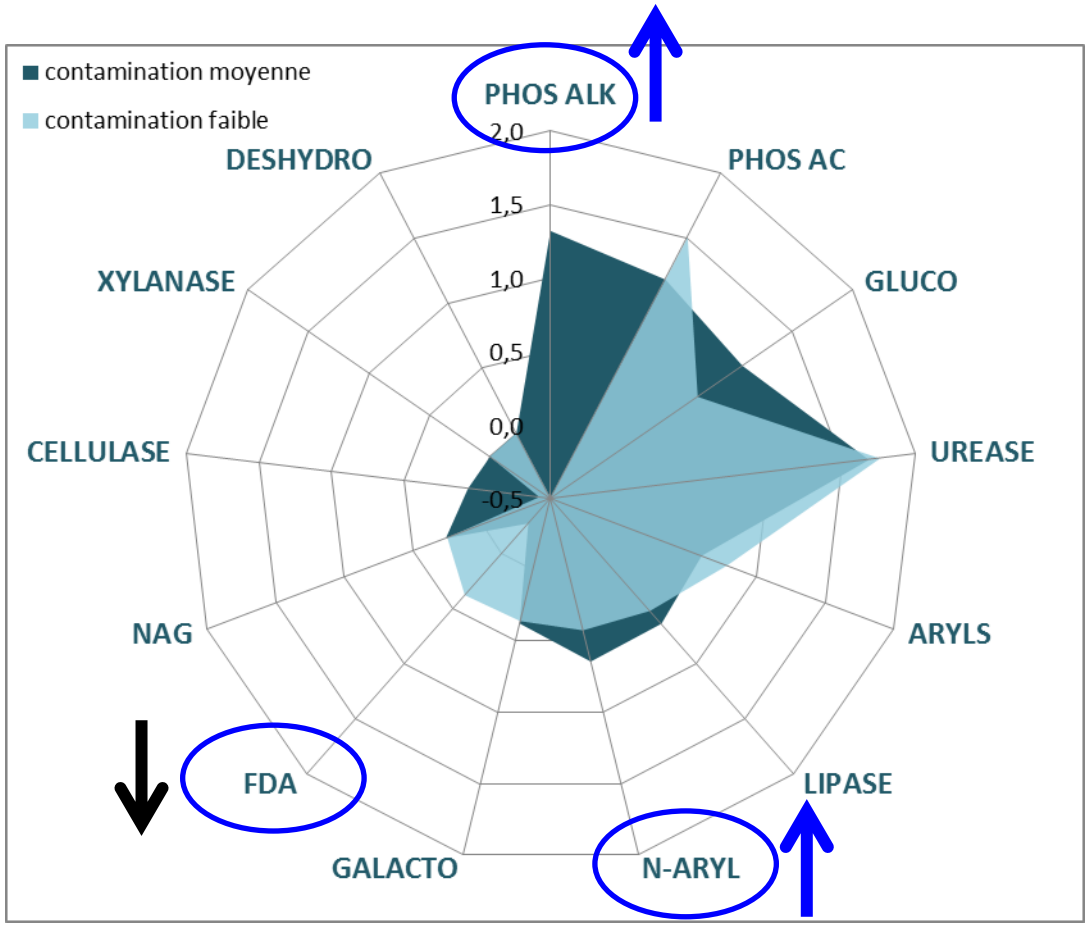
Typologie *: effet d'une contamination Métallique (Site de St-Etienne)*

GVEG Parcelle grande végétation
MVEG Parcelle moyenne végétation
FVEG Parcelle peu végétation



10 enzymes sur 13 significativement modifiées selon le niveau de contamination

Typologie *: effet d'une contamination organique (Site du GISFI)*

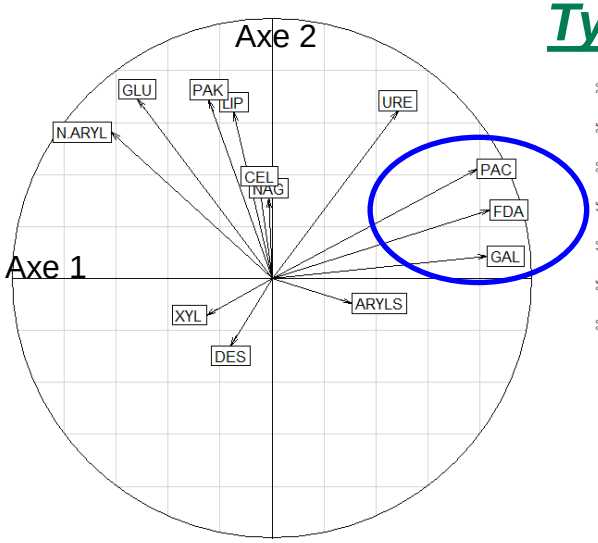


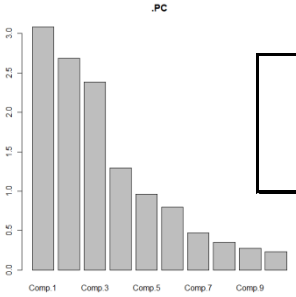
P>0,05

3 enzymes significativement modifiées selon le niveau de contamination

CONM Contamination moyenne
CONF Contamination faible

Typologie *: effet site*

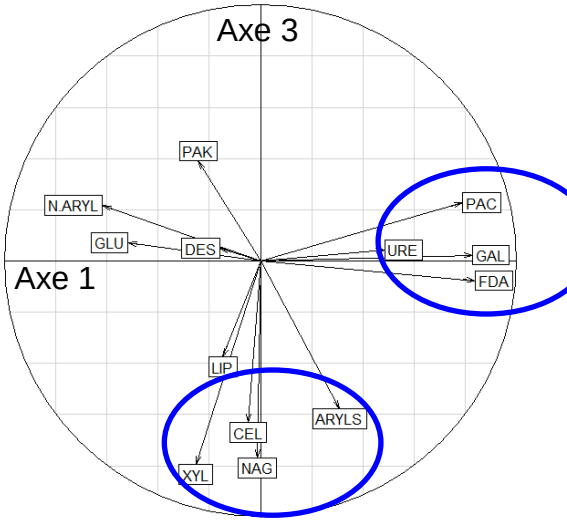


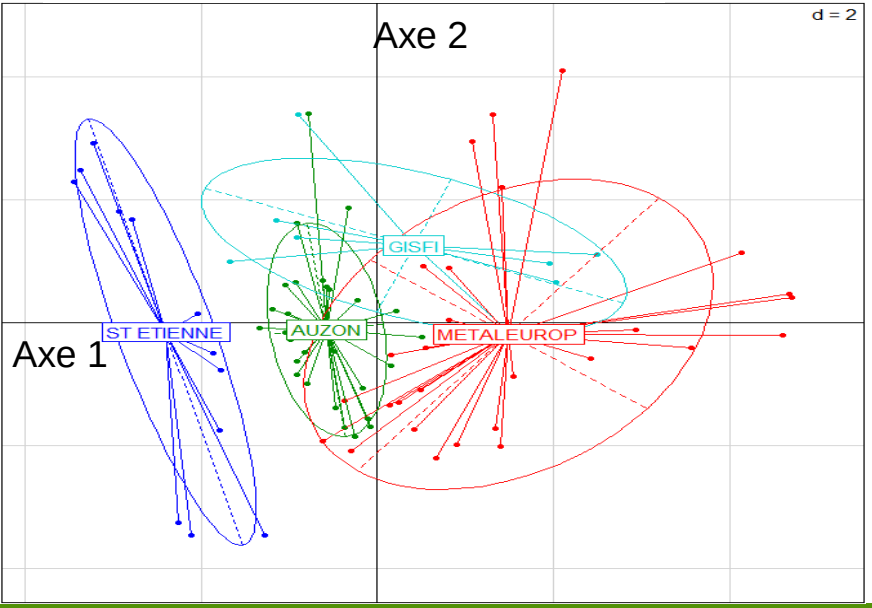


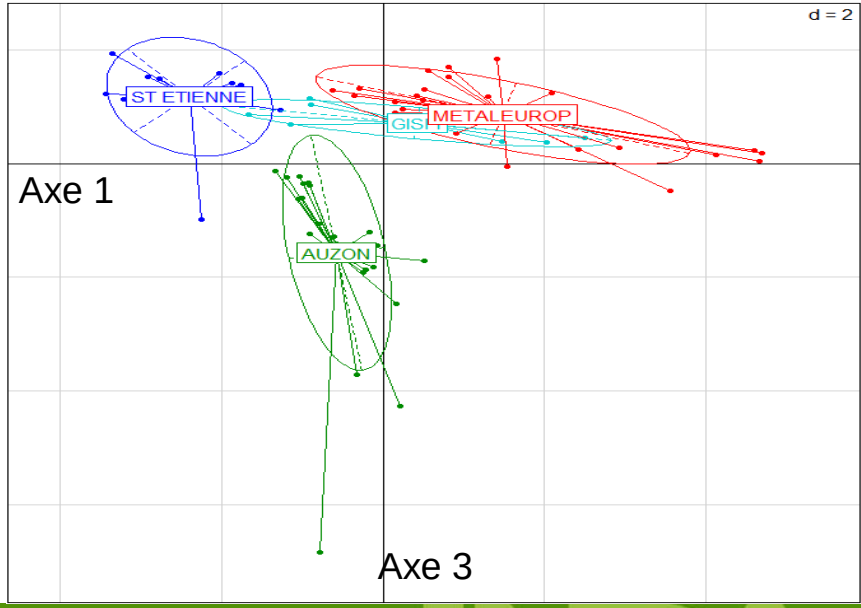
	%
axe1	24,3265325
axe2	20,4937917
axe3	18,1963717

3 axes significatifs

Axe 2 peu discriminant







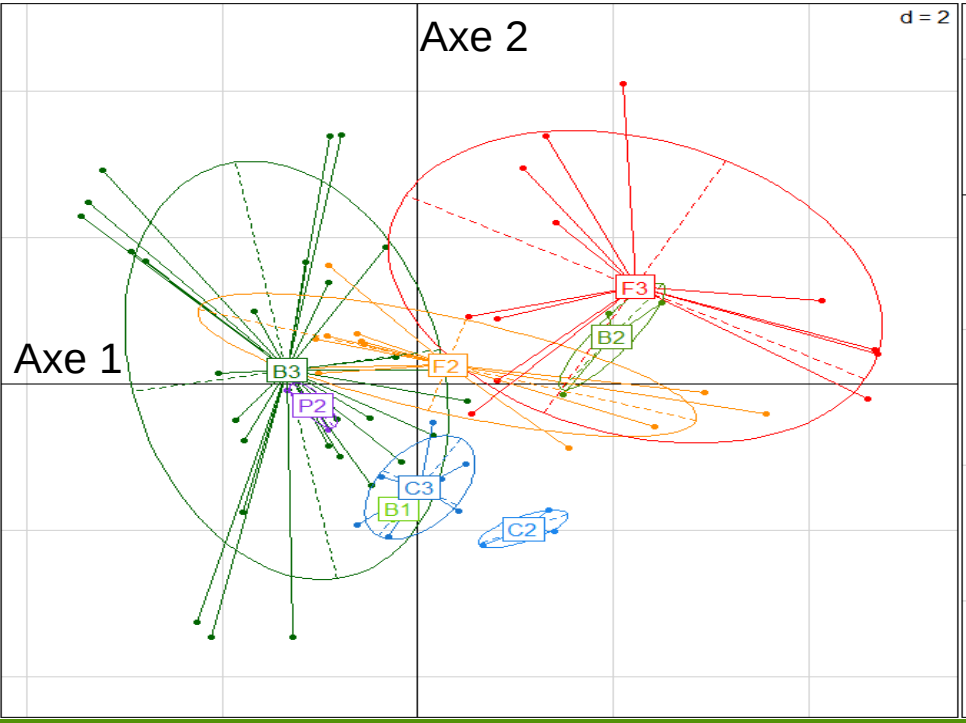
Typologie *: effet niveau de contamination vs couvert végétal*

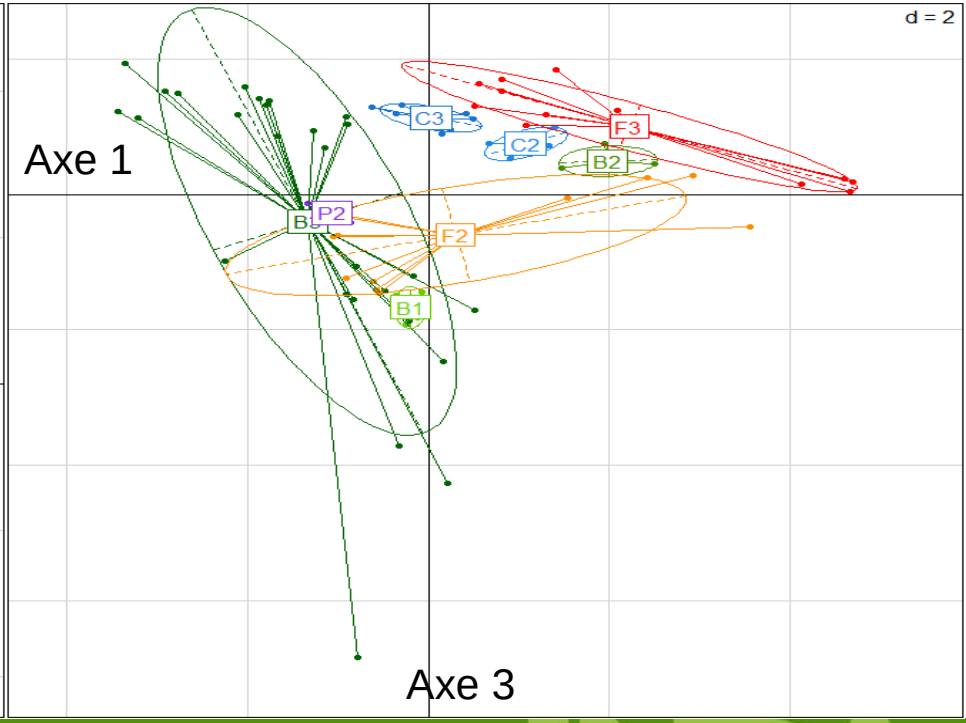
C	culture
P	Prairie
F	Forêt
B	Friches et apparentées
1,2,3	Niveau de contamination

Discrimination niveau de contamination/cultures (C1/C2)

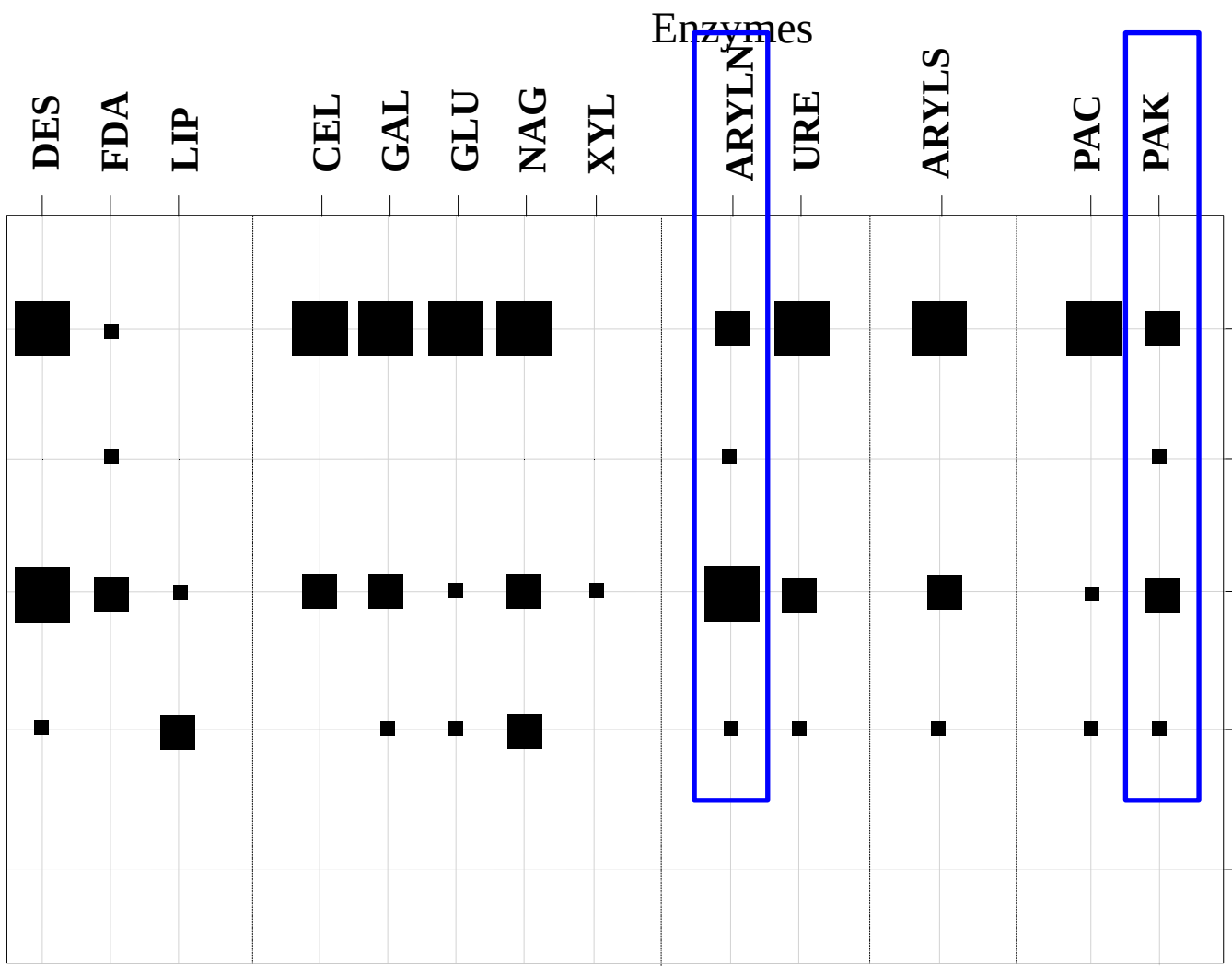
Discrimination niveau de contamination/forêts (F2/F3)

Très grande hétérogénéité facteur Friches/niveau contamination 3 (B3)





Réponses des activités enzymatiques aux contaminations



P < 0.5
P < 0.01
P < 0.001

« Facteurs »

contamination métallique atmosphérique vs couvert végé

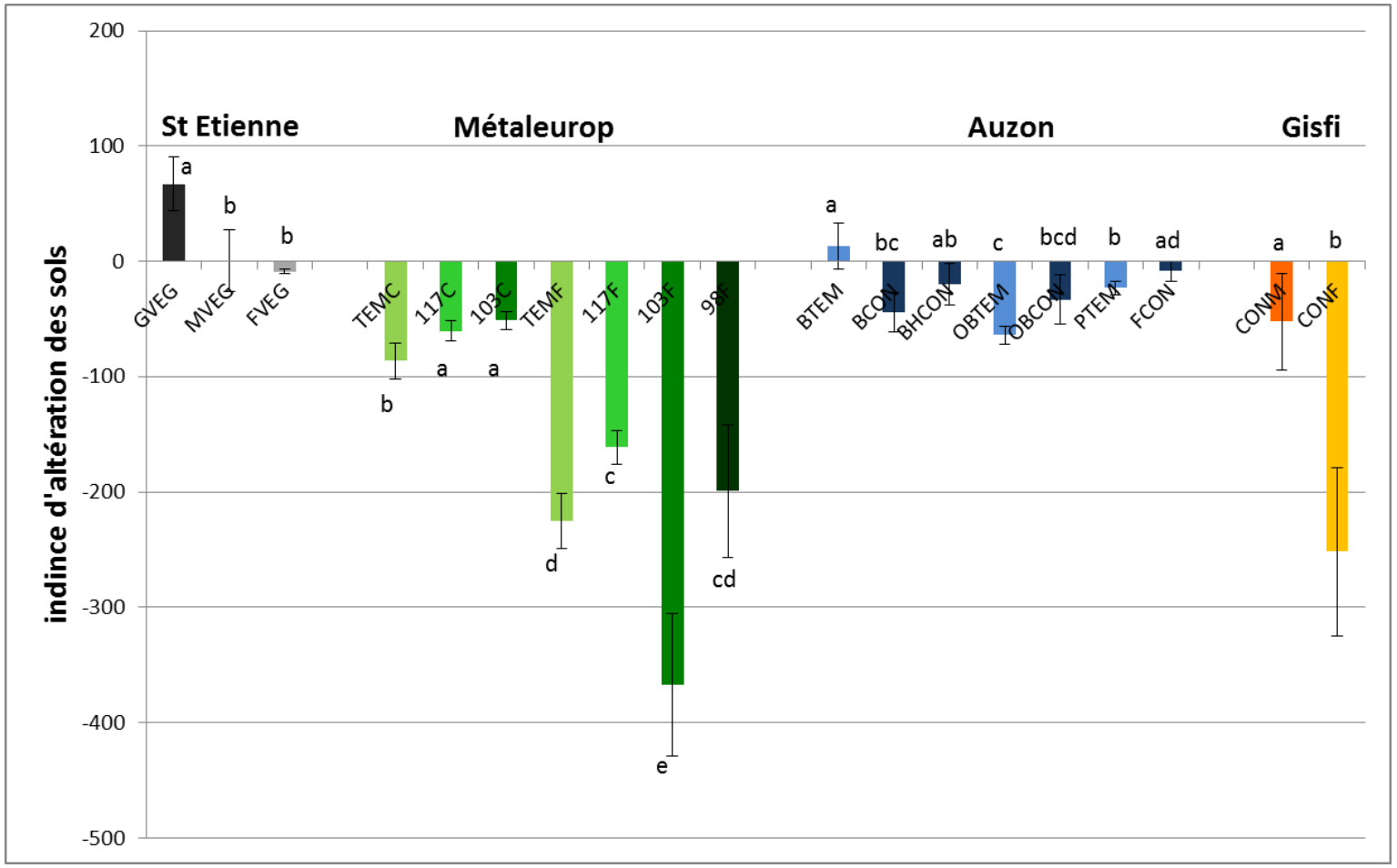
contamination organique

contamination à l'arsenic, plomb, antimoine

contamination métallique – re-végétalisation

Indice multienzymatique *: Indice de Puglisi et al (2006)*

*(**AI = 7,87 B-GLU – 8,22 (PAC+PAL) – 0,49 URE**)*



L'indice d'altération est assez sensible pour différencier les degrés d'altération entre sites, et des niveaux de contamination intra site

Impact des contaminants sur les activités enzymatiques

- Les contaminations métalliques et à l'arsenic affectent respectivement 11 et 13 activités enzymatiques

- Une contamination organique impacte significativement 2 activités enzymatiques

Activités enzymatiques qui répondent à toutes les contaminations

- **ARYL-N et PAK**

Il manque peut être plus de données sur des contaminations organiques

Effet des pratiques agricoles : Riah *et al*. JES 2012 – Versailles

- rotations culturales, travail du sol et amendements affectent les activités:

PAK, URE, GLU, ARYL-N

Objectif d'un diagnostic de l'état des sols :

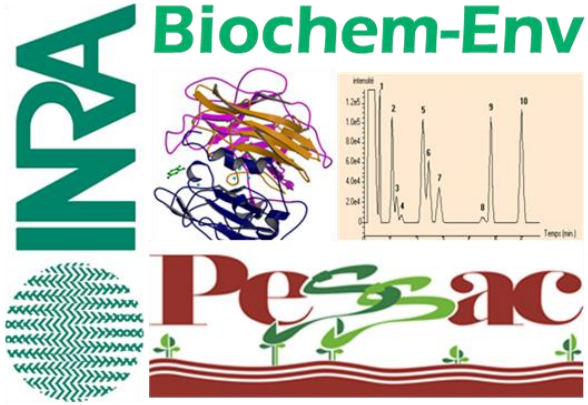
- Choisir les activités en fonction de la question agronomique posée
- Elaborer un indice d'état des sols basé sur les enzymes affectées significativement par un ensemble de facteurs

Projet INEE/INRA

***Analysis and Experimentation on Ecosystems - Service* (ANAEE-S)**

Obj : comprendre et prévoir la biodiversité et la dynamique des écosystèmes dans un contexte de changements globaux

Str: un réseau intégré des plateformes expérimentales, analytiques et de modélisation majeures



- **Une plateforme haut-débit pour la caractérisation biochimique de l'environnement**
- **Investissements d'Avenir 2011**

Remerciements

Pessac

ésitpa École d'Ingénieurs en Agriculture

Aix*Marseille université

INRA

BioSol

imep

SeqBio Laboratoire BIO GENESE MEMBRANAIRE

IRD Montpellier

Univ. Bordeaux

Laboratoire Sols et Environnement

ENSAIA-INPL Nancy

Bioemco Biogéochimie et écologie des milieux continentaux

IRD Bondy

ECOBIO UMR 6553

Univ. rennes-1

brgm Géosciences pour une Terre durable

Plateforme GenoSol INRA Exploring the microbial world To better protect our environment

INRA Dijon

CHRONO ENVIRONNEMENT

Univ. Franche-Comté

iut Université d'Auvergne

IUT Clermont-ferrand

Groupe ISA

Université Lille1 Sciences et Technologies

cnrs

Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE

REGION HAUTE NORMANDIE

isaralyon Une école d'ingénieurs au cœur de la vie

Pour en savoir plus

Rendez-vous aux journées techniques de l'ADEME

les 16 & 17 octobre 2012

Maison de la Chimie, 28 rue Saint-Dominique, Paris

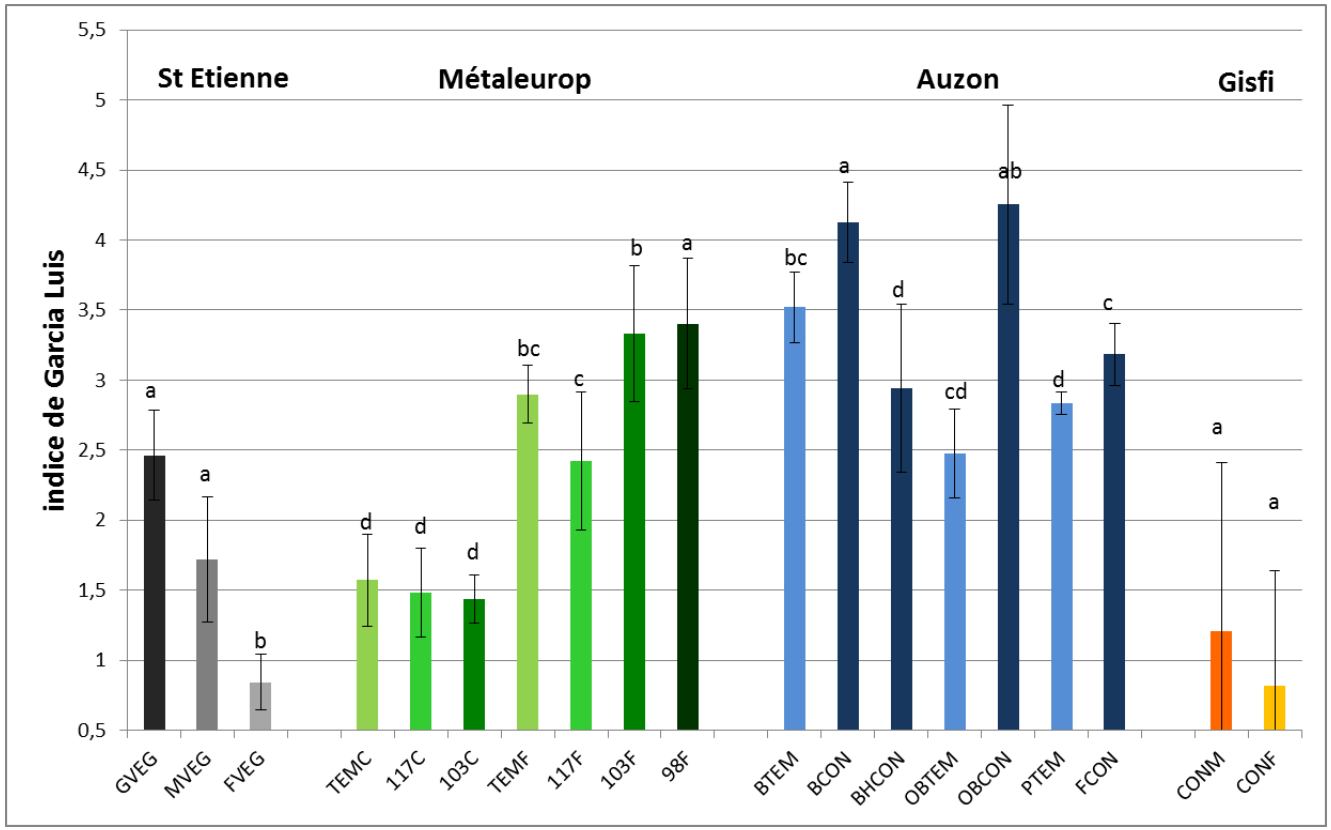
16 oct : Bioindicateurs pour la caractérisation des sols

17 oct : Phytotechnologies appliquées à la gestion des sites contaminés

infos pratiques : http://www2.ademe.fr

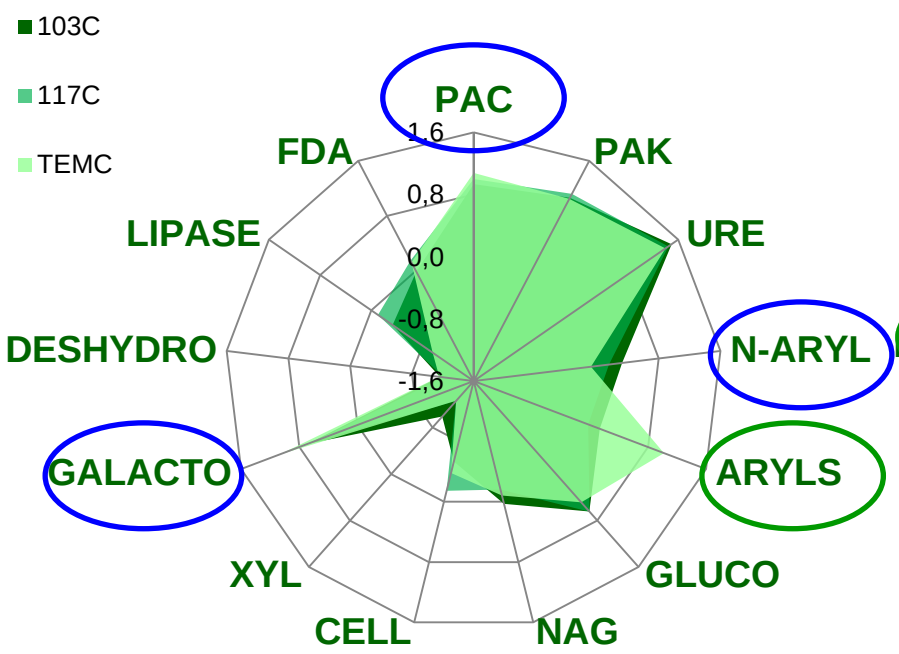
Indice multienzymatique : Geometric mean : Indice proposé par Garcia-Ruiz et al, (2008)

$$MGea = \sqrt[13]{B\text{-}GLU \times PAC \times PAL \times URE \times DES \times LIP \times XYL \times CEL \times NAG \times ARYLN \times ARYLS \times FDA \times GAL}$$

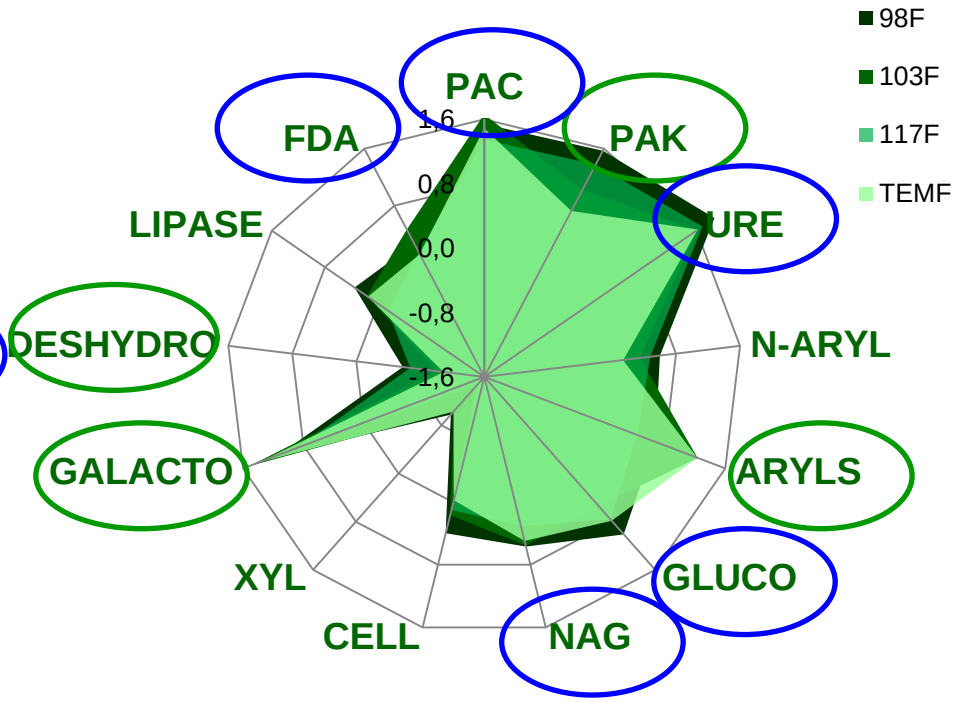


La moyenne géométrique ne différencie pas ou peu les niveaux de contamination entre sites, et intra site

Typologie *: effet d'une contamination organique_métallique par apport atmosphérique versus couvert végétal (Site Métaleurop)*



Parcelles sous culture



Parcelles sous Forêt

P>0,001 P>0,01 P>0,05

Univariée Kruskal-Wallis (lecture horizontale) puis comparaisons multiples de Tukey (13 variables (colonnes) x 28 individus (lignes))

Une analyse globale

enzyme	modality																			
	TEMF			TEMC			98F			117F			117C			103F			103C		
Global activity																				
Deshydrogenase	0,08	0,04	b	0,07	0,05	b	0,26	0,05	a	0,21	0,03	a	0,06	0,02	b	0,10	0,06	b	0,07	0,04	b
FDA	1,32	0,78	bc	1,33	0,59	bc	1,85	0,24	b	1,39	0,21	bc	1,41	0,39	c	2,93	0,40	a	0,98	0,61	c
Lipase																				
C cycle																				
Cellulase	0,71	0,58	bcd	0,42	0,48	b	2,49	1,23	a	1,25	0,47	ac	0,72	0,44	bc	1,46	0,26	ad	0,29	0,27	b
Galactosidase	24,22	4,99	a	11,82	4,35	d	13,35	2,52	d	7,61	1,02	c	4,16	1,60	bc	32,53	6,08	ad	4,83	1,33	b
Glucosidase	6,09	1,23	b	3,07	0,51	c	10,24	1,17	a	5,77	1,83	b	4,45	0,59	bc	3,47	2,86	bc	4,41	1,39	bc
N-Acetyl-glucosaminidase	3,13	0,38	a	0,83	0,56	b	3,69	1,15	a	2,02	0,57	c	0,69	0,47	b	3,57	0,80	a	1,07	0,48	b
Xylanase	0,09	0,06	a	0,05	0,06	ab	0,11	0,05	ab	0,03	0,02	b	0,06	0,04	ab	0,09	0,06	ab	0,10	0,02	a
N Cycle																				
Arylamidase																				
Uréase	41,86	3,23	c	25,15	2,51	d	74,59	12,95	a	49,05	6,74	c	27,89	4,14	bd	40,33	7,43	c	31,34	2,23	b
S cycle																				
Arylsulfatase	16,95	1,69	a	10,47	0,32	b	4,71	0,82	c	2,71	0,68	d	0,95	0,23	e	17,13	1,02	a	1,37	0,11	f
P cycle																				
Acid phosphatase	30,73	3,51	e	11,95	1,56	c	34,69	8,02	ae	22,20	3,03	d	9,97	1,16	bc	45,58	6,57	a	8,58	0,37	b
Alkaline phosphatase	5,34	2,60	d	11,15	1,34	b	37,31	2,79	a	23,87	5,50	c	13,16	5,48	bc	10,69	1,71	b	11,54	3,78	b

Mean (SD) Letters(a and b) indicate significant differences between modality according Tukey's test (P<0,05, n=4)

l'effet de la végétalisation sur le fonctionnement d'un sol pollué par une contamination métallique apportée (Site de St Etienne)

Univariée Kruskal-Wallis (lecture horizontale) puis comparaisons multiples de Tukey (13 variables (colonnes) x 12 individus (lignes))

La parcelle faiblement végétalisée se distingue très largement des autres avec un fonctionnement du sol significativement diminué, malgré sa plus faible contamination

enzyme	**modality**								
	GVEG			MVEG			FVEG		
Global activity									
Deshydrogenase	0,05	0,02	b	0,04	0,04	b	**0,92**	**0,74**	**a**
FDA	0,44	0,36	ab	**0,41**	**0,09**	**a**	**0,08**	**0,09**	**b**
Lipase	**0,27**	**0,88**	**c**	**1,23**	**0,18**	**a**	**0,64**	**0,27**	**b**
C cycle									
Cellulase	**1,45**	**0,40**	**a**	**0,95**	**0,29**	**b**	1,20	0,46	ab
Galactosidase	**1,02**	**0,11**	**a**	0,55	0,20	b	0,35	0,12	b
Glucosidase	21,65	3,10	a	12,04	9,82	a	**2,12**	**1,62**	**b**
N-Acetyl-glucosaminidase	**2,81**	**0,46**	**a**	**1,86**	**0,42**	**b**	**0,79**	**0,59**	**c**
Xylanase	**0,11**	**0,04**	**a**	**0,06**	**0,05**	**b**	0,27	0,49	ab
N Cycle									
Arylamidase	7,11	0,67	a	5,97	1,98	a	**2,78**	**1,18**	**b**
Uréase	23,95	1,59	a	21,76	3,25	a	**17,80**	**1,31**	**b**
S cycle									
Arylsulfatase	2,19	0,13	a	1,30	0,61	a	**0,27**	**0,10**	**b**
P cycle									
Acid phosphatase	11,14	0,36	a	10,14	3,43	a	**2,03**	**1,29**	**b**
Alkaline phosphatase	27,43	1,56	a	21,52	5,18	a	**5,77**	**2,72**	**b**

Mean (SD) Letters(a and b) indicate significant differences between modality according Tukey's test (P<0,05, n=4)

l'effet d'une contamination métallique à l'arsenic apportée versus couvert végétal (Site d'Auzon)

Univariée Kruskal-Wallis (lecture horizontale) puis comparaisons multiples de Tukey (13 variables (colonnes) x 28 individus (lignes))

enzyme	modality																			
	BCON			BHCON			BTEM			FCON			OBCON			OBTEM			PTEM		
Global activity																					
Deshydrogenase	0,33	0,05		0,09	0,11		0,15	0,05		0,17	0,03		0,06	0,05		0,06	0,09		0,11	0,03	
FDA	1,19	0,06		1,29	0,30		0,85	0,04		0,97	0,16		1,38	0,25		0,79	0,09		0,87	0,06	
Lipase	3,80	0,24		2,13	0,16		2,10	0,45		2,36	0,57		3,22	0,96		1,84	0,23		1,95	0,09	
C cycle																					
Cellulase	0,93	0,52		0,95	0,43		1,83	0,26		1,29	0,15		12,83	4,40		0,42	0,18		1,06	0,10	
Galactosidase	4,15	0,66		6,96	1,85		4,88	0,40		5,00	0,92		4,63	0,61		3,10	0,13		3,23	0,25	
Glucosidase	9,34	1,57		6,80	1,70		12,95	1,33		8,73	0,99		8,10	5,06		4,76	0,41		7,96	0,78	
N-Acetyl-glucosaminidase	6,35	0,75		5,27	3,03		3,57	0,40		4,18	1,05		17,85	15,99		4,48	0,19		1,97	0,14	
Xylanase	0,45	0,04		0,59	0,14		0,37	0,06		0,55	0,04		0,56	0,11		0,53	0,10		0,42	0,02	
N Cycle																					
Arylamidase	4,48	0,90		2,42	0,35		3,45	0,16		3,68	0,19		2,14	0,43		2,35	0,15		4,64	0,78	
Uréase	41,72	1,45		33,46	11,43		33,95	3,97		30,64	3,93		44,22	4,38		24,70	1,99		33,25	3,64	
S cycle																					
Arylsulfatase	20,53	0,23		19,34	6,21		15,41	0,99		16,37	1,86		7,35	1,67		23,16	2,11	a	11,99	1,21	
P cycle																					
Acid phosphatase	11,79	2,48	a	7,19	2,27	a	8,72	2,61	a	7,57	0,72	a	9,15	3,09	a	10,87	0,78	a	8,40	0,45	
Alkaline phosphatase	16,89	3,29		8,39	3,51		21,15	1,83		4,97	3,36		10,34	5,05		3,06	0,63		12,39	1,27	

Mean (SD) Letters(a and b) indicate significant differences between modality according Tukey's test (P<0,05, n=4)

l'effet d'une contamination organique apportée sur le fonctionnement du sol (Site du GISFI)

Univariée Wilcoxon (lecture horizontale) (13 variables (colonnes) x 8 individus (lignes))

La contamination induite par les HAP semble peu impacter les enzymes du cycle du carbone, refaire le calcul avec rapport activité/TOC,

enzyme	**modality**					
	CONF			CONM		
Global activity						
Deshydrogenase	0,05	0,03				
FDA	2,40	0,46	**a**	**0,53**	**0,35**	**b**
Lipase	3,33	0,63	a	4,35	1,57	a
C cycle						
Cellulase	0,38	0,17	a	1,16	0,92	a
Galactosidase	2,29	0,19	a	2,38	0,91	a
Glucosidase	5,22	4,19	a	12,25	4,53	a
N-Acetyl-glucosaminidase	1,79	0,56	a	1,83	1,15	a
Xylanase	0,0013	0,0012	a	0,0007	0,0007	a
N Cycle						
Arylamidase	**2,66**	**0,18**	**b**	**4,40**	**0,56**	**a**
Uréase	57,42	7,79	a	48,19	12,04	a
S cycle						
Arylsulfatase	**6,10**	**0,34**	**a**	**3,98**	**1,53**	**b**
P cycle						
Acid phosphatase	32,20	12,72	a	15,20	5,83	a
Alkaline phosphatase	**0,32**	**0,64**	**b**	**20,92**	**3,98**	**a**

Mean (SD) Letters(a and b) indicate significant differences between modality according Wilkoxon's test (P<0,05, n=4)