



Abatement en contaminants dans un système eau/sol/plante

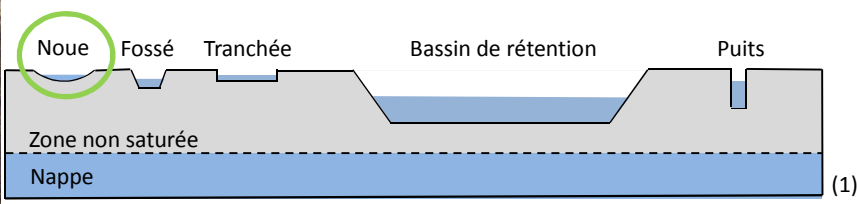
Problématique des aménagements de noues végétalisées

M.-C. LEROY^{1,2,3}, F. PORTET-KOLTALO³, F. LE DERF³, S. MARCOTTE⁴, V. MONCOND'HUY¹, **M. LEGRAS**²

¹INFRA Services R&D, 55b rue Gaston Boulet, 76380 Canteleu, France.
²Unité AGRI'TERR, Esitpa, 3 rue du Tronquet, 76134 Mont-Saint-Aignan Cedex, France.
³COBRA UMR CNRS 6014, Université de Rouen-IUT d'Evreux, 55 rue Saint Germain, 27 000 Evreux, France.
⁴COBRA UMR CNRS 6014, INSA de Rouen, avenue de l'université, 76800 Saint-Etienne-du-Rouvray, France.

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Une noue de voirie ?



Chaque ouvrage est dimensionné en fonction des volumes d'eau à stocker

La noue est un fossé peu profond à pente douce en bord de route favorisant les techniques d'infiltration

Avantages :

- Facile d'entretien
- S'intègre bien au paysage
- Peu de risque pour l'homme
- Production de biomasse

Limites :

- Stocke peu d'eau
- Emprise au sol conséquente

(1) Domergue, 2011

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Une noue de voirie ?



Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

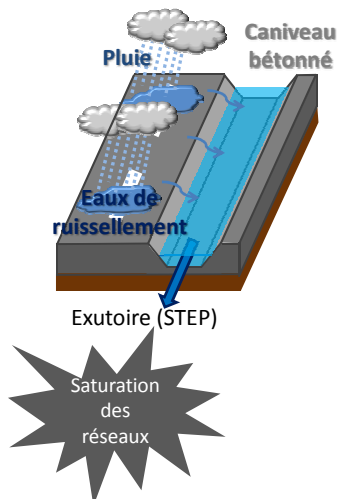
Une noue de voirie ?



Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Contexte: Gestion des eaux pluviales

GESTION TRADITIONNELLE



Imperméabilisation des surfaces

Gestion unique par STEP

Saturation des réseaux

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

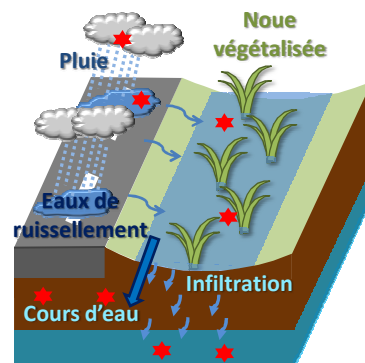
Contexte: Gestion des eaux pluviales

GESTION ALTERNATIVE

TECHNIQUE : l'infiltration, utiliser un des services écosystémiques du sol – milieu de transfert et de régulation pour l'eau.

AVANTAGES :

Economiques et environnementaux
 Infiltration à la source
 ↘ vitesse d'écoulement de l'eau
 ↘ flux de polluants
 Aspects paysagers

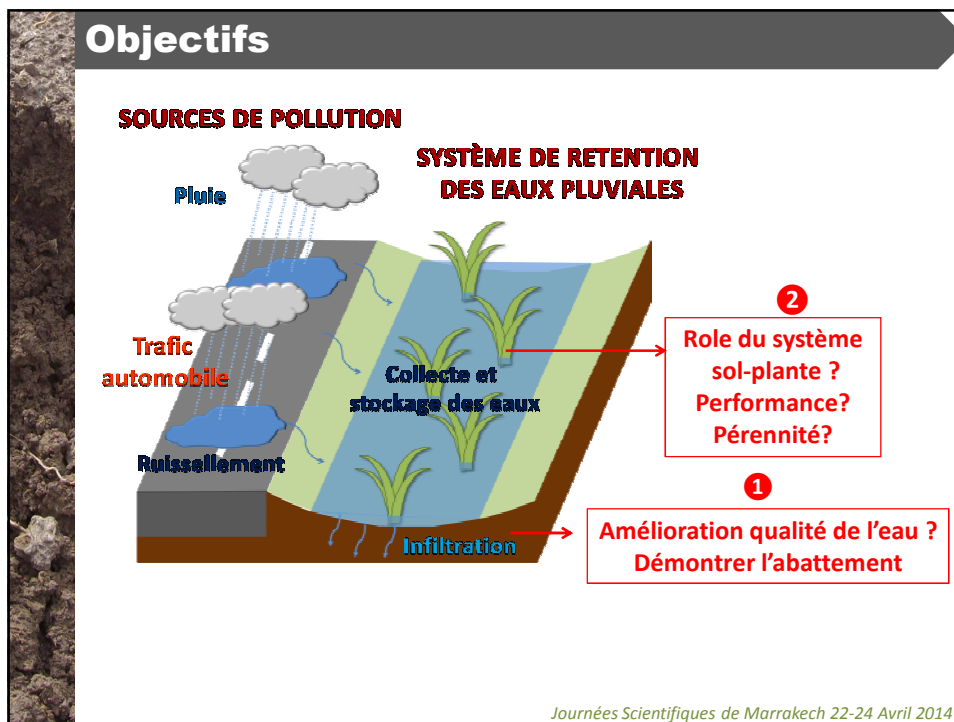


PROBLEMATIQUE :



Contamination du milieu récepteur ?

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014



Experimentations

1 / Amélioration de la qualité des eaux

Mise en place en conditions réelles de noue expérimentale constituée de biefs (zone commerciale Barentin (76))

- Qualité des eaux de ruissellement
- Performance épuratoire des noues plantées
- Qualité du sol *versus*

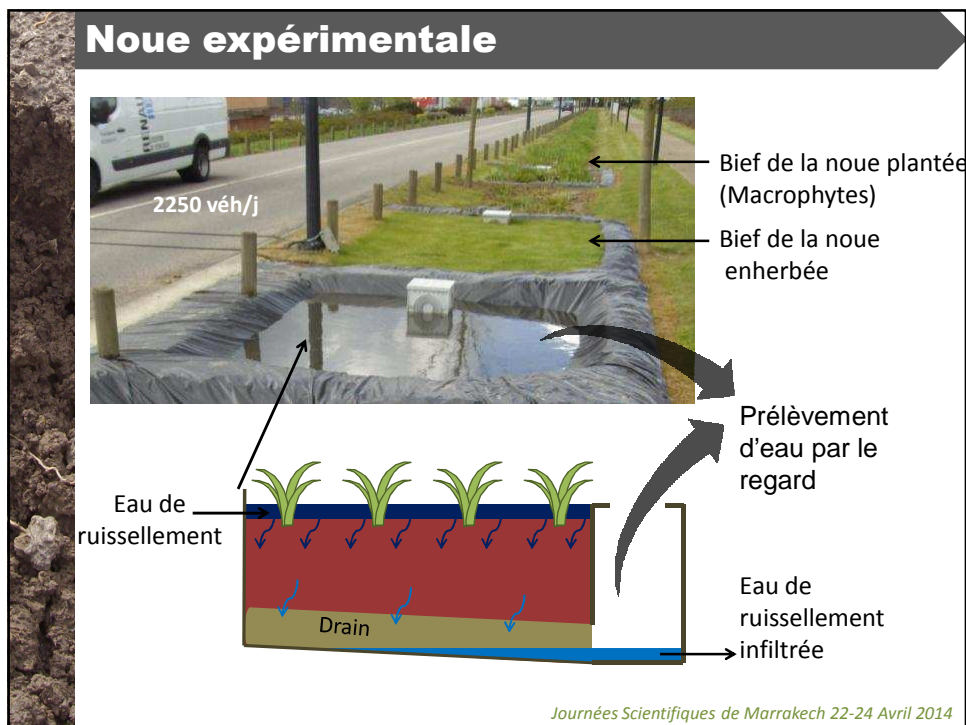
Trafic routier
Pluviométrie

2 / Processus à l'interface eau-sol-plantes

- Absorption des ET par les plantes
- Suivi des HAP dans les sols
- Biomasses végétales
- Etudes microbiologiques sol et rhizosphère

Mésocosmes

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014



Variables « eau » suivies

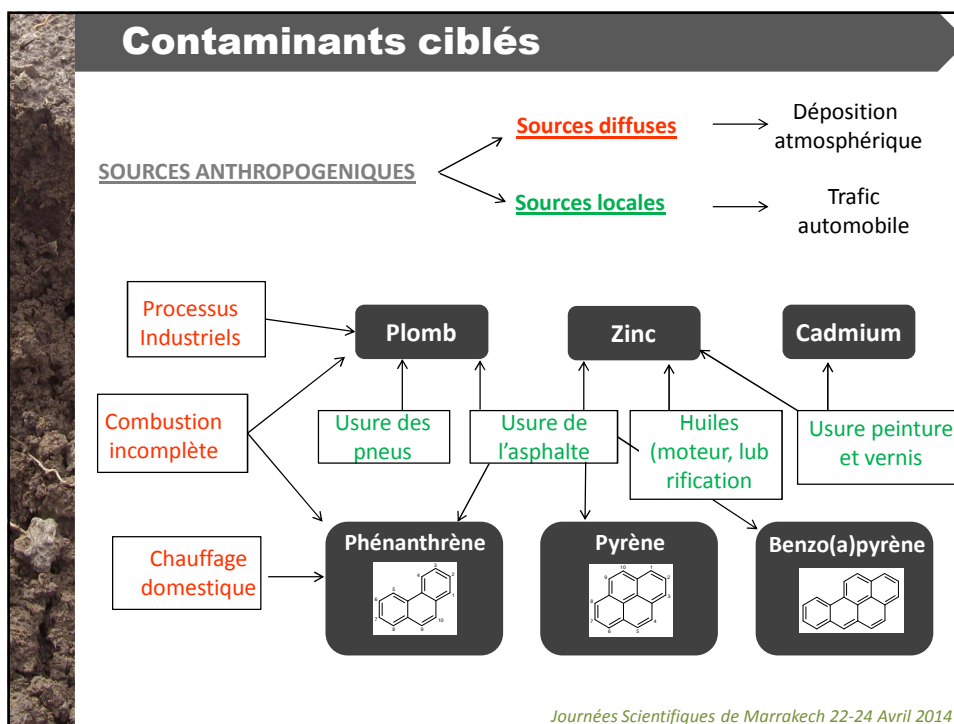
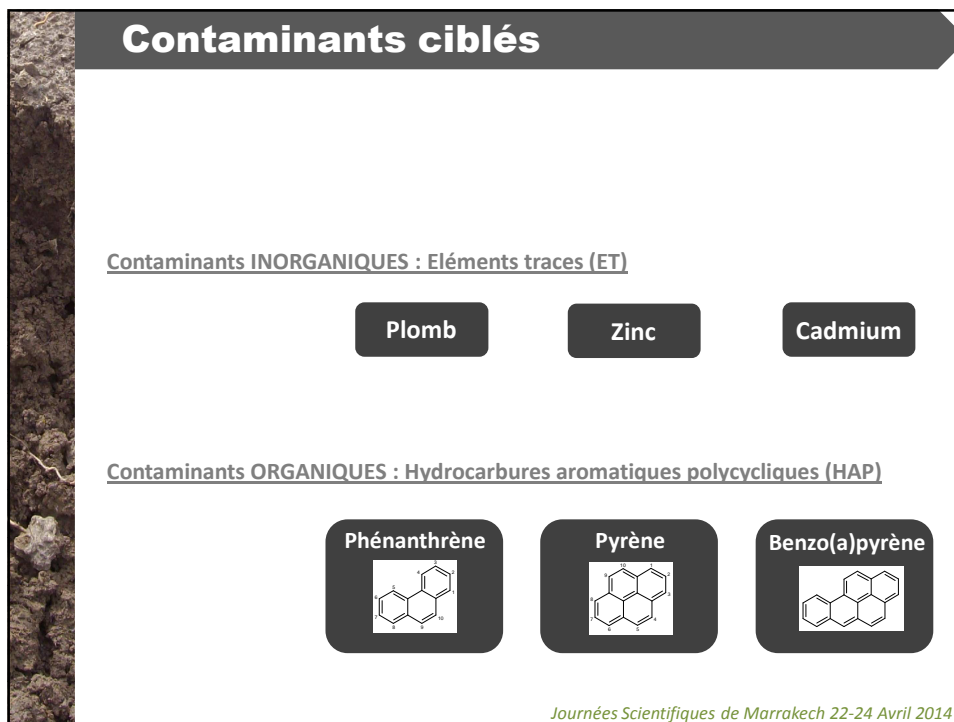
7 ANALYSES (3 répliques par modalités)

Indicateurs de qualité	<ul style="list-style-type: none"> DBO₅ : Demande biochimique en oxygène DCO : Demande chimique en oxygène MES : Matières en suspension
Nutriments	<ul style="list-style-type: none"> N_k : Azote Kjeldhal P : Phosphore total
Contaminants	<ul style="list-style-type: none"> ET : Eléments traces (Cu, Pb, Zn, Cd, Ar, Hg) HT : Hydrocarbures totaux HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques


4 MODALITES

- Eau de pluie
- Eau de pluie + ruissellement
- Noue enherbée
- Noue plantée


Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014



Choix des plantes macrophytes




Jonc épars
Juncus effusus




La baldingère
Phalaris arundinacea

3 macrophytes connues pour leurs propriétés épuratrices (1, 2)
Les 4 plantes sont utilisées couramment par INFRA Services dans leurs aménagements.
Adaptées au pédoclimat normand




Iris des marais
Iris pseudacorus



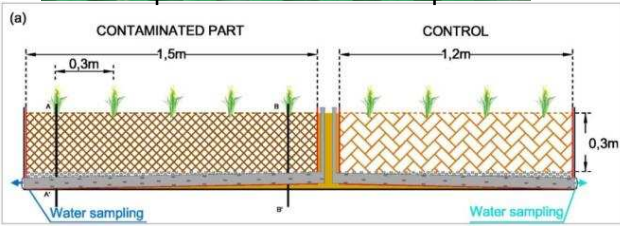
Ivraie , Fetuque
Lolium perenne
Festuca

(1) Agence de l'eau, 2005 (2) AREHN 2012
Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Design expérimental



Herbe
Iris
Baldingère
Jonc



(a) CONTAMINATED PART (1,5m) CONTROL (1,2m)
0,3m
Water sampling

Legend:

- Sand for filling
- Contaminated soil
- Gravel to prevent drain clogging
- Non contaminated soil
- Drain
- Water level control + cap
- Impervious geomembrane
- Tank

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Contamination

CONTAMINATION ARTIFICIELLE

- En une fois (Juin 2012)
- En surface

Concentrations visées dans le sol :

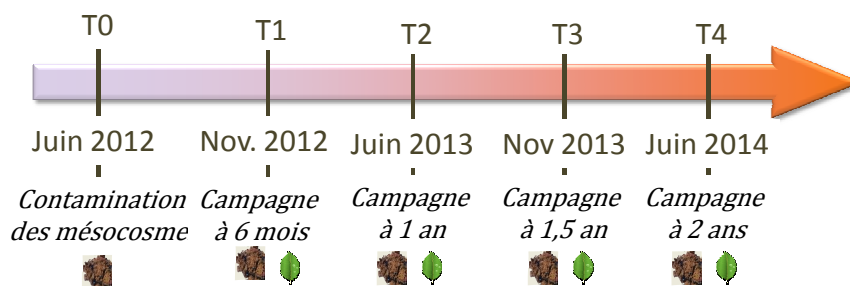
Éléments Traces (TE) (mg/kg sol TFS)			Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (mg/kg sol TFS)		
Cd	Pb	Zn	Phenanthrene	Pyrene	Benzo[a]pyrene
2	100	300	10	10	10

X100 par rapport aux teneurs du fond pédogéochimique



Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Planning campagne terrain



- L'eau est prélevée selon les pluies après infiltration

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Suivi des indicateurs biophysicochimiques

	Physico-chimie	ET	HAP	Biomasse végétale	AE	Biomasse μ bienne	Biomasse bactérienne	Biomasse fongique
Eau	X	X	X					
Sol	X	X	X		X	X	X	X
Rhizosphère	X	X	X		X	X	X	X
Racine		X		X				
Feuille		X		X				

À chaque campagne, pour les 4 espèces avec 3 repliquats

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Biomasse végétale

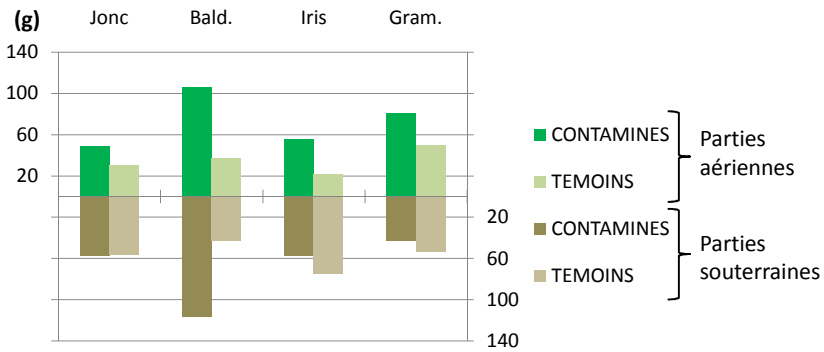


Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Biomasse végétale

Croissance 6 mois, prélevées à T1, moyenne sur 3 plants

Masse sèche



- Pas de symptôme visible de toxicité (chlorose, necrose, baisse de croissance...)
- **Dans tous les cas**, parties aériennes + importantes en condition contaminée
- **Jonc et Baldingère**: Rhizosphère + importante en condition contaminée (Défense de la plante?)
- **Baldingère**: 2,5 fois plus de biomasse totale en condition contaminée

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014

Stabilisation et extraction par les plantes

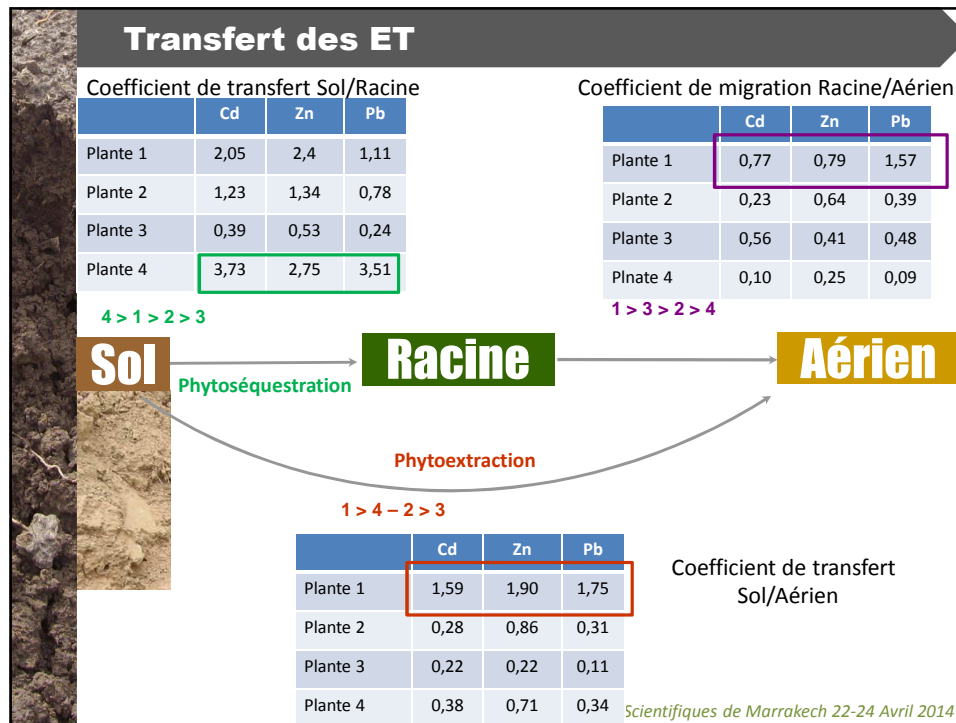


Système racinaire du Jonc



Système racinaire de l'iris

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014



Dynamique des organismes dans le système

L'étude de la microbiologie du sol est envisagée sous différents angles :

- ❶ **Bioindication de l'état du sol, abondance microbienne**

ADN tot = ADN Total - Biomasse microbienne totale. Extraction de l'ADN suivie d'un dosage par spectrofluorimétrie (μg ADN / g sol sec).

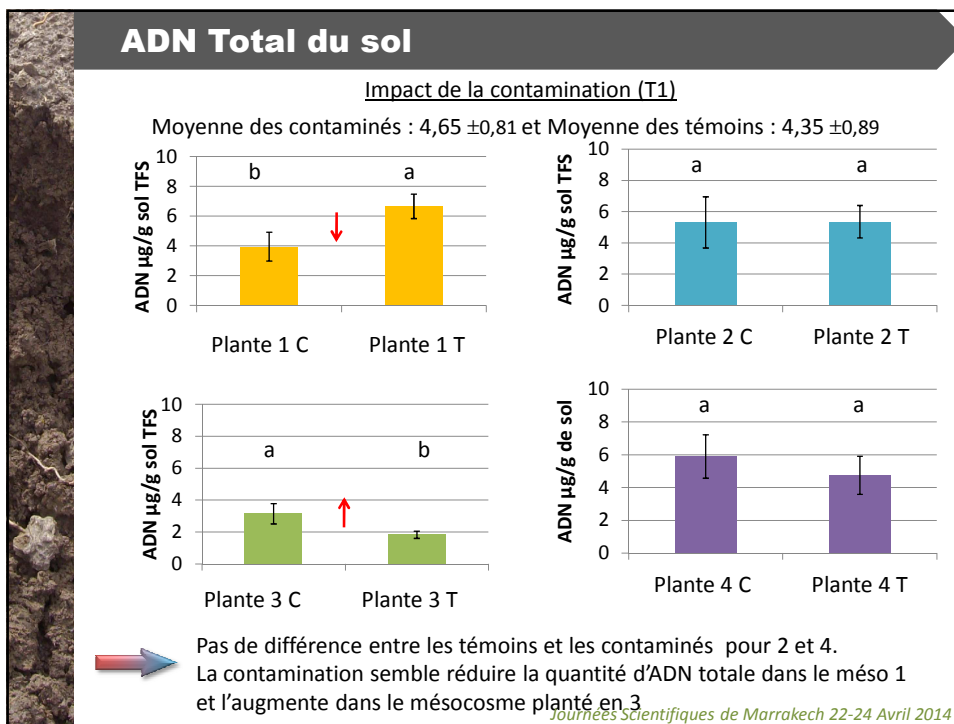
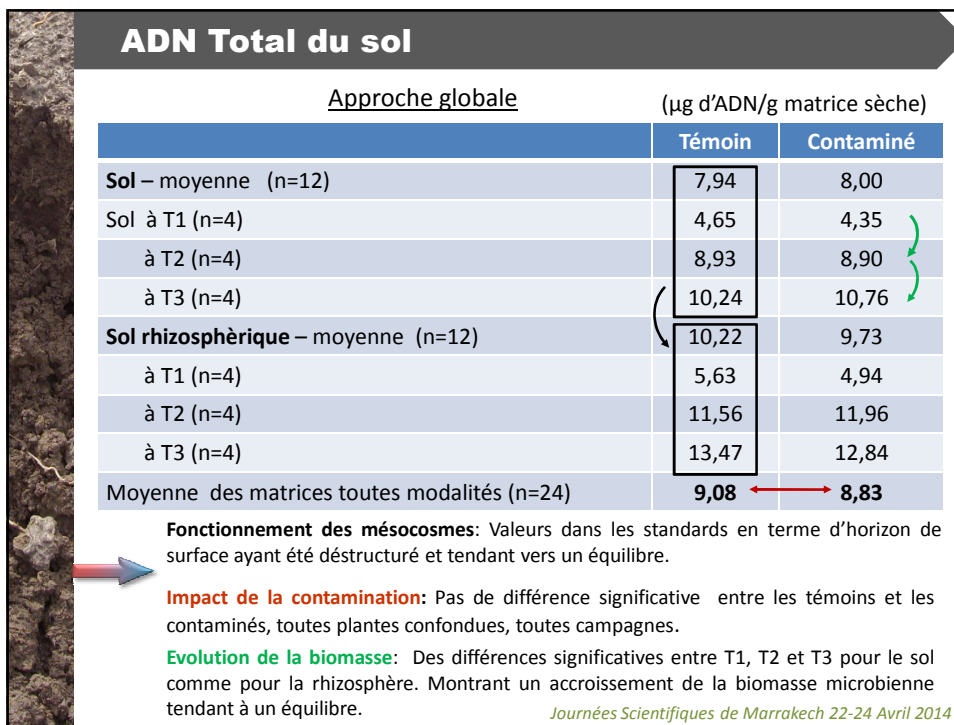
ADN 16S = Quantification des ADN bactériens totaux par PCR en temps réel.

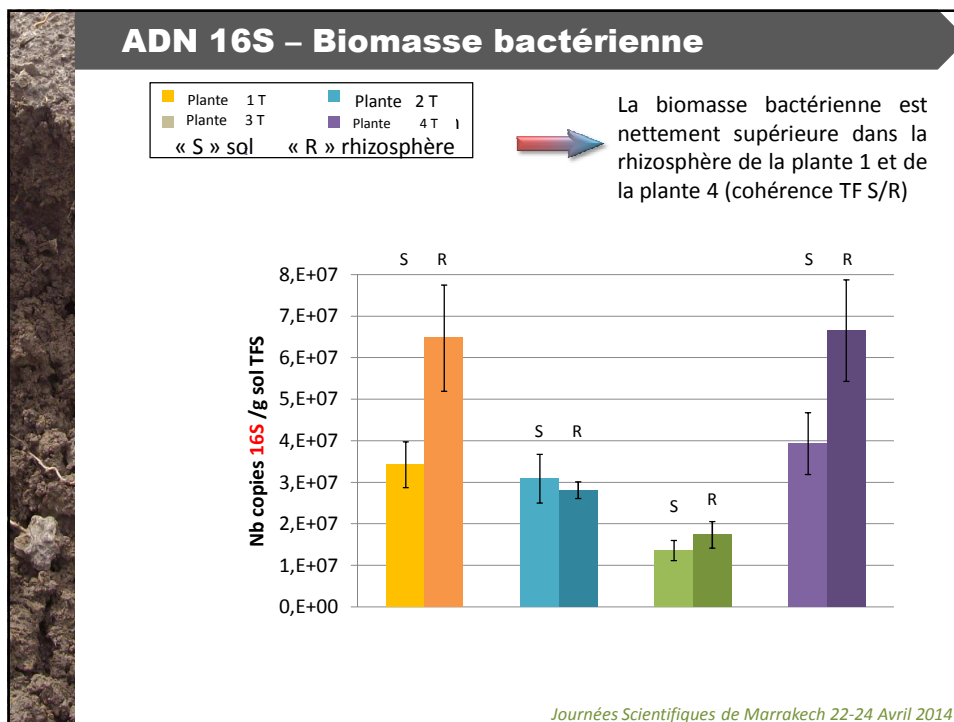
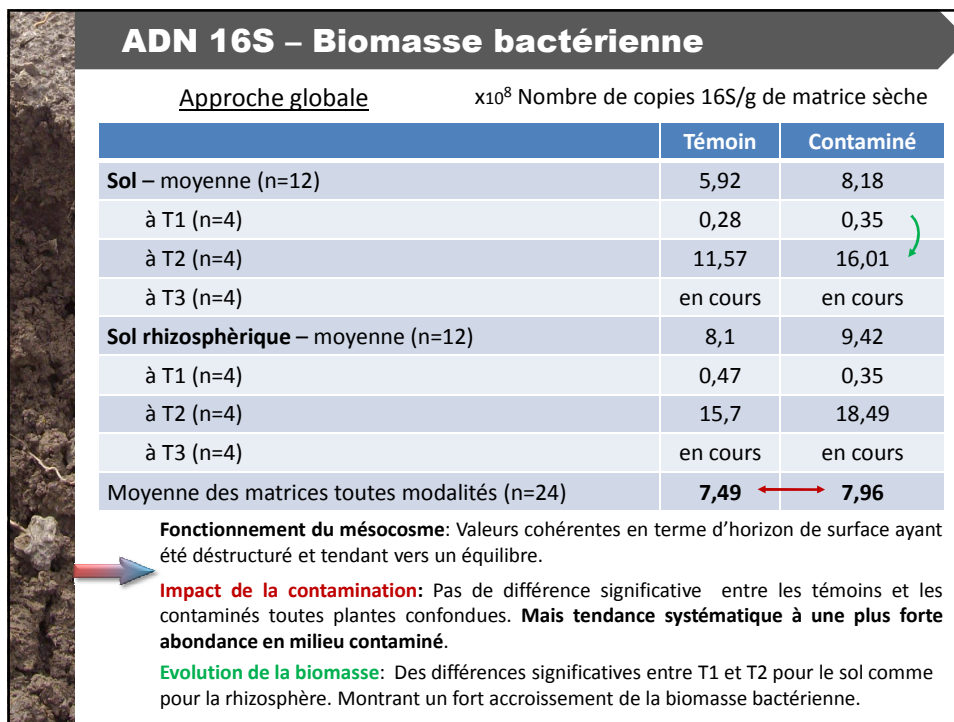
ADN 18S = Quantification des ADN fongiques totaux par PCR en temps réel.
- ❷ **Activité microbienne**

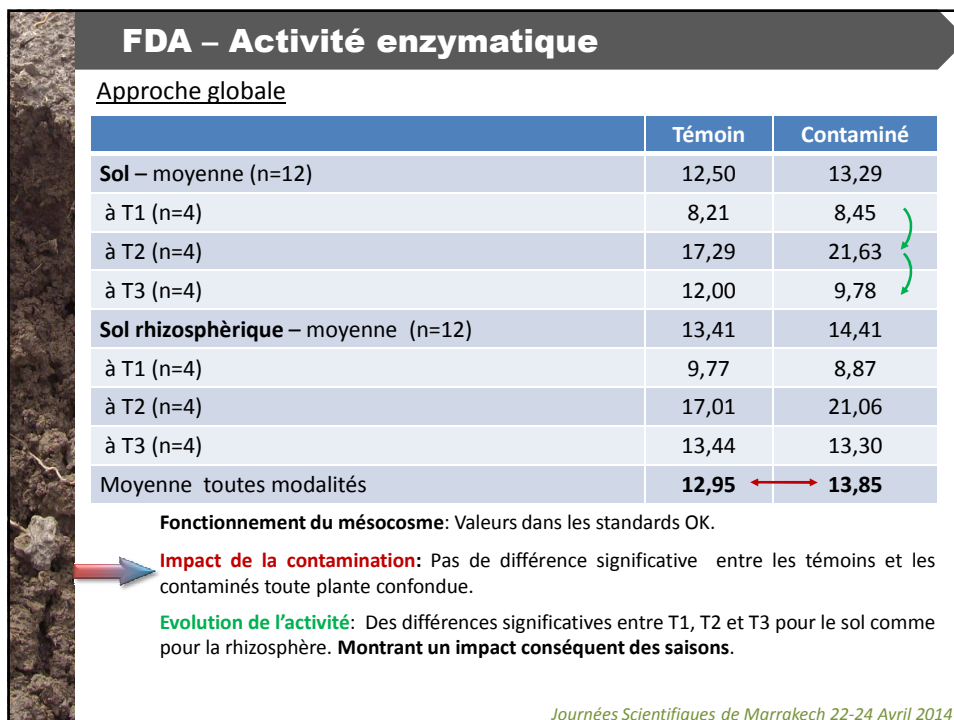
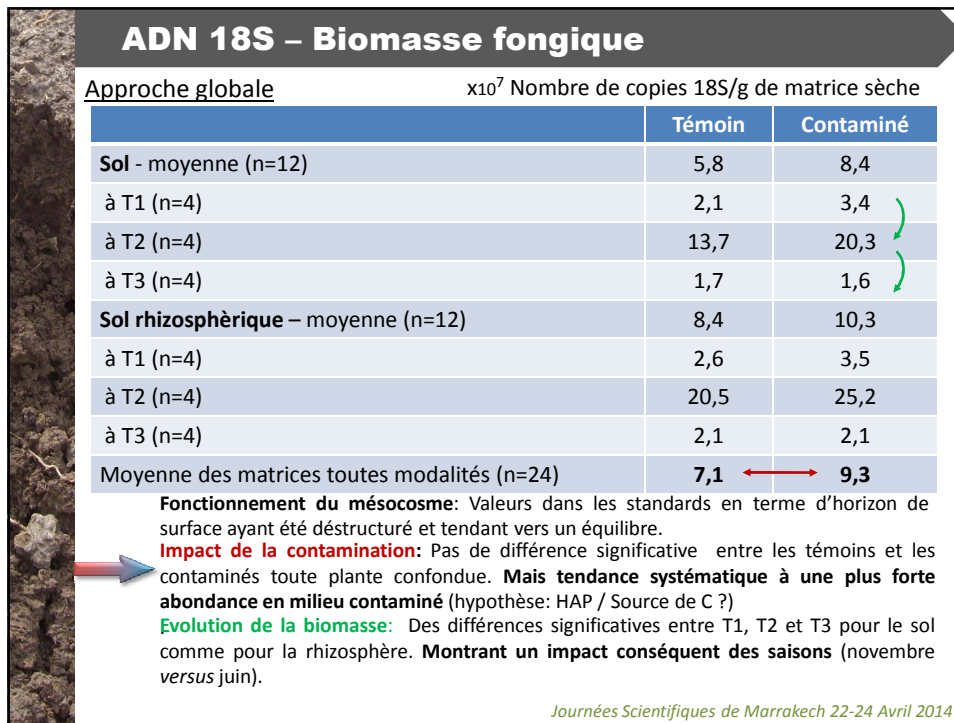
FDA - Fluoresceine Di Acétate - Potentiel de dégradation des substrats organiques du sol. Plus l'activité enzymatique du sol est forte, plus la FDA est hydrolysée et libère de la fluorescéine. Activités biologiques globales du sol.

XYL - Les xylanases sont des enzymes hydrolytiques (carbohydratases) impliquées dans le cycle du carbone.

Journées Scientifiques de Marrakech 22-24 Avril 2014







Conclusions : connaissance des plantes

→ Aspect macrophyte

Mise en évidence des capacités différentes pour les 4 espèces en terme de comportement et d'aptitude à la phytoremédiation,

Hiérarchisation de ces aptitudes

- **Phytostabilisation:** Plante 4 est la meilleure candidate sur les 4 espèces testées.
- **Phytoextraction:** Plante 1 est la meilleure candidate.
- La plante 2 produit le plus de biomasse
- La plante 3, malgré sa qualité paysagère, s'avère peu pertinent pour l'objectif

Les mécanismes de **compartmentation** de la plante face à un stress métallique sont vérifiés (plante 4), mais pas pour la plante 1.

Conclusions : Interface

→ Compartiments microbiens

- La conception des mesocosmes (hors-sol, drain...) semble permettre le développement de la vie du sol (abondances, activités « normales »).
- « Logiquement » la **rhizosphère** présente des abondances supérieures au sol des systèmes. **Symbiose** racines / μ organismes

Cependant, l'**activité** (FDA) est comparable

- **Abondance bactérienne** la plus forte pour les plantes qui exportent le mieux. (Plantes 1 et 4).

La biomasse totale, fongique et bactérienne de la plante 3 est significativement plus faible et ceci se retrouve également dans sa rhizosphère.

→ Contamination

- Peu de différence significative en fonctionnement. *Contamination trop faible?*
- Le compartiment **fongique** est plus abondant en milieu contaminé. *Déficit bactérien ou réelle tolérance ?*

Perspectives



Autres axes possibles avec le réseau

- > Etude de la **rhizodéposition** (mucilages, exsudats solubles, cellules de la coiffe...) des macrophytes pour la mise en évidence de fonctionnements rhizosphériques différents.
- > Quantification de l'**exsudation**, des phénomènes de chimio-tactisme...
- > Analyse d'activités microbiennes plus spécifique de la dégradation des HAP: **Peroxydases**, Dioxygenases
- > Quantification de bactéries, de champignons **spécifiques** de la dégradation des HAP et/ou de la tolérance aux ET et/ou à la bioaccumulation des ET

31



*Merci à l'Université Cadi
Ayyad et à Khalid
GRR VASI - Karine -
Azeddine*