



# **PHYTOTERTRE® : LA PHYTOEXTRACTION EFFICACE DES METAUX LOURDS**

# Sommaire

- 1. Introduction, les JTN ADEME**
  1. Bioindicateurs pour la caractérisation des sols
  2. Phytotechnologies appliquées aux sols pollués
- 2. Principe du Phytotertre®**
- 3. Le projet DéPLAssMétaux**

# BIOindicateurs

pour la caractérisation des sols

---

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

**16 octobre 2012**

Définitions :

**Bioindicateur : organisme(s) qui permet de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence les modifications, naturelles ou provoquées (d'après Blandin, 1986)**

**Biomarqueur : réponse biologique à un produit environnemental = signature biologique de l'impact ou de l'exposition à une substance chimique.**

On distingue les **bioindicateurs d'accumulation**  
Et les **bioindicateurs d'effet (ou d'impact)**

**Le rôle recherché est qu'ils apportent des indications sur l'état biologique du sol**

# BIOindicateurs

pour la caractérisation des sols

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

**16 octobre 2012**

**On reconnaît de nombreux rôles au sol ; le MEA\*, distingue les grandes fonctions écosystémiques suivantes :**

- - support
- - approvisionnement
- - régulation
- - socio-culturel

**La profession agricole sait mesurer la qualité agronomique des sols**

**Un géotechnicien sait mesurer la qualité mécanique des sols**

**Un BE SSP sait mesurer si un sol n'impacte pas la santé humaine**

**Mais comment mesurer le bon fonctionnement d'un sol ?**

# BIOindicateurs

## pour la caractérisation des sols

---

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

**16 octobre 2012**

Dans le milieu « EAUX » l'Indice Biologique Global Normalisé est utilisé depuis 1992, suite à des travaux depuis 1967 (IB)

Pour l'AIR, les observations lichéniques constituent une approche que l'on sait relier à des niveaux de pollution atmosphérique

Pour les sols, ces outils sont encore émergents et le projet mené par l'ADEME a permis d'identifier, de recenser des bioindicateurs très divers.  
(cf les 18 fiches-outils éditées à cette occasion)



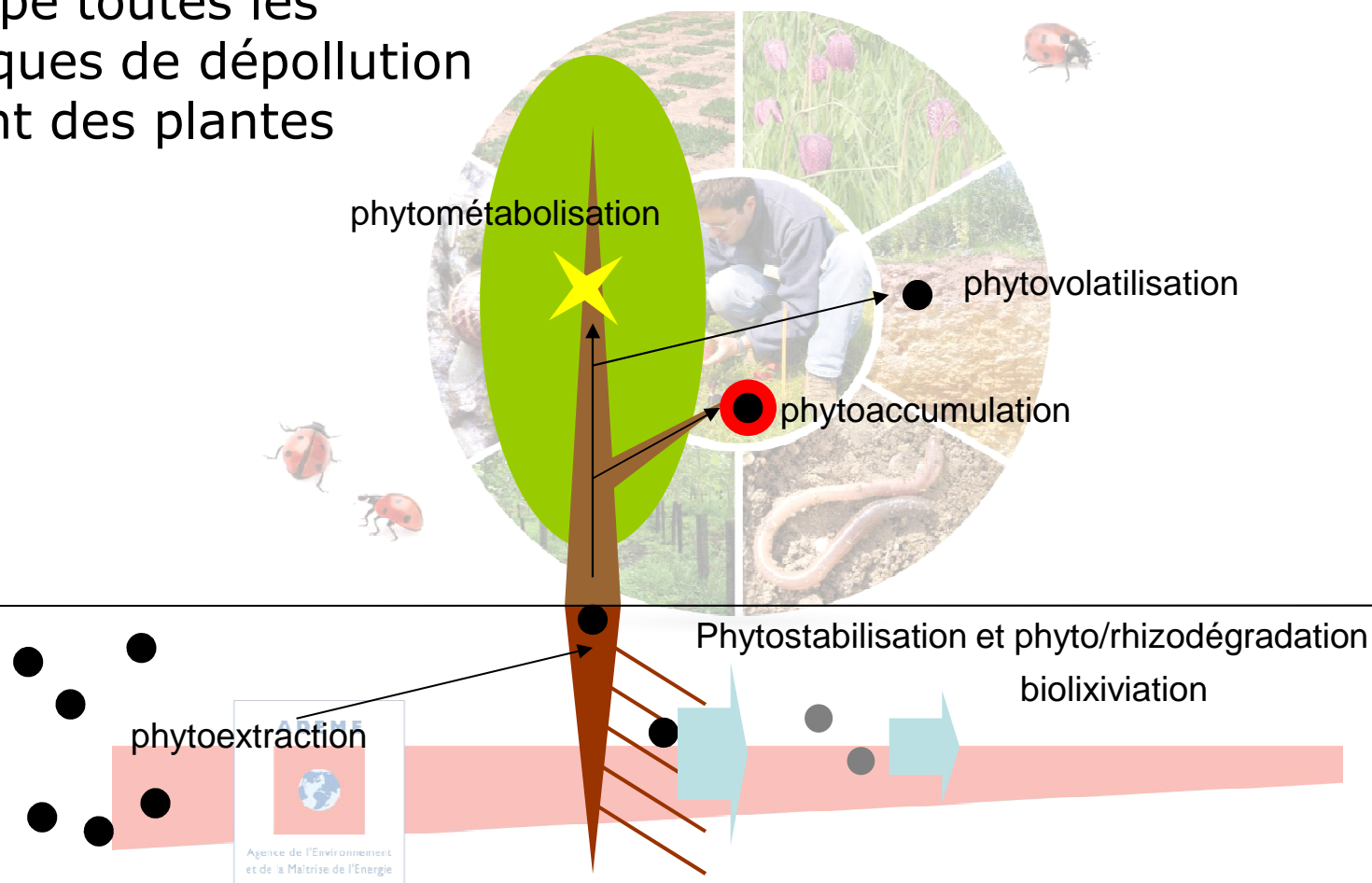
# PHYTOtechnologies

appliquées aux sites pollués

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

17 octobre 2012

La phytoremédiation regroupe toutes les techniques de dépollution utilisant des plantes



# PHYTOtechnologies

## appliquées aux sites pollués

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

17 octobre 2012

Les principaux **avantages de ces techniques** sont :

- leur adéquation avec les principes du **développement durable** (faible perturbation du site, intégration paysagère, bon usage des ressources de la nature → écho **favorable** de l'opinion publique ;
- la possibilité d'une **valorisation foncière** ;
- gestion ***in situ*** des terres.

De plus, la **mise en place d'une couverture végétale, est essentielle pour**

- limiter l'érosion du sol ;
- limiter l'envol de poussières ;
- limiter le lessivage des éléments toxiques ;
- maintenir microflore, microfaune et fonctionnalité des sols.

# PHYTotechnologies

## appliquées aux sites pollués

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

17 octobre 2012

Les **limites des phytotechnologies** sont celles de l'**utilisation de plantes** :

- **faible profondeur** de sol colonisé par leurs racines : 50 cm, jusqu'à 1,5 m
- limitée à une partie de la fraction totale d'éléments traces = technique de **dépollution partielle** et non de décontamination.
- la durée, généralement **longue**.

La mise en place de la phytostabilisation ne s'envisage que si la durée permet de justifier l'investissement (aménagement paysager pérenne,...)

- dans les cas de multipollution, le **devenir** de polluants multiples du sol, sous l'influence de diverses espèces végétales et de microorganismes associés est **mal connu** à ce jour.



# PHYTotechnologies

## appliquées aux sites pollués

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

17 octobre 2012

Principales **phytotechnologies** mises en avant :

- La **phytostabilisation** aidée
- **Phytoextraction** des ETM par plantes hyperaccumulatrices (As, Cd, Ni, Zn)
- La phyto/rhizod**égradation** des polluants organiques

Atouts, limites, efficacité, applications et développements à l'international



ADEME

**Les phytotechnologies  
appliquées aux sites  
et sols pollués**

**État de l'art  
et guide de mise en œuvre**

Coordonné par Valérie Bert



# PHYTOtechnologies

appliquées aux sites pollués

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE - Paris 7<sup>e</sup>

17 octobre 2012

Thèmes transversaux :

☐ Maîtriser les **transferts** de polluants :

- Phytostabilisation
- Acceptation du phytomanagement

☐ Redonner vie aux sols :

- La **refonctionnalisation** par la revégétalisation

☐ Gérer et **valoriser** la biomasse :

- Valorisation énergétique
- Chimie verte et phytoextraction





# Sommaire

1. Introduction, les JTN ADEME
2. **Principe du Phytotertre®**
  1. Travaux préliminaires
  2. Phytolixiviation dynamisée (par chélatant)
  3. Principe de mise en oeuvre
3. Le projet DéPLAssMétaux



## TRAVAUX PRELIMINAIRES



- Avec les étudiants de l'ENSAT, sur des sols de METALEUROP
- Pour contourner la limitation de la phytoextraction par la biodisponibilité des ETM, un chélatant est ajouté
- Mais pour prévenir la dispersion du chélatant et des métaux lourds dans l'environnement, il est nécessaire de collecter les percolats en fond d'ouvrage, sur un complexe étanche
- Les mesures d'extractions en ETM ont porté sur les plantes et sur les eaux collectées



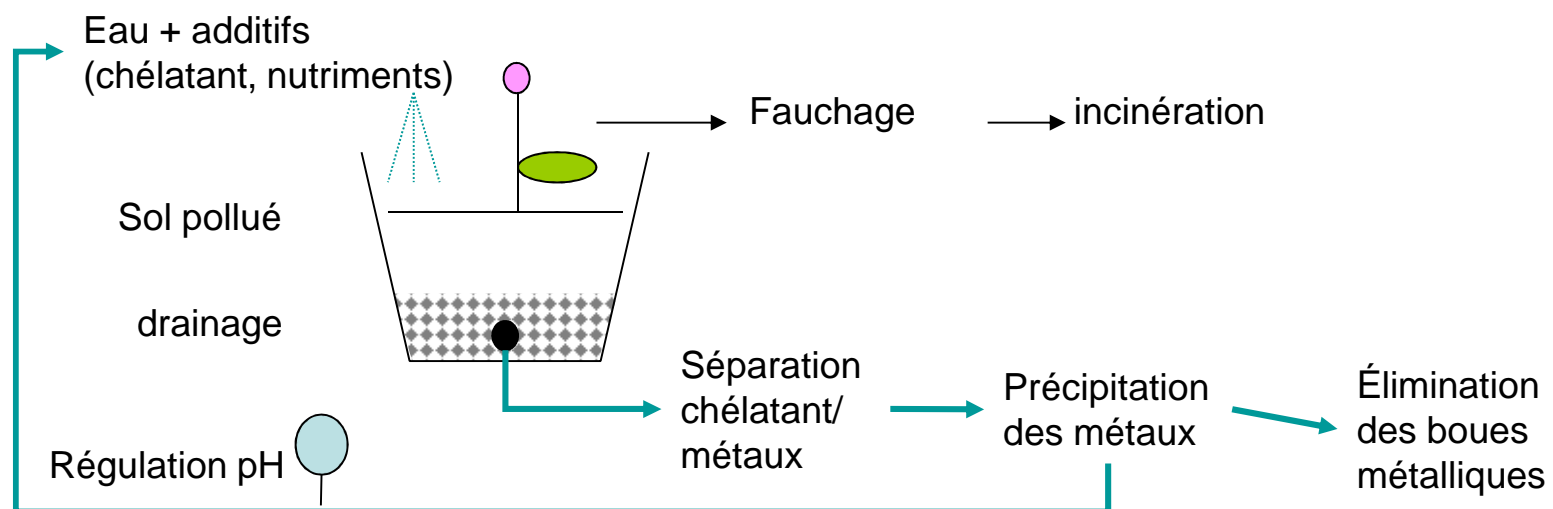
## TRAVAUX PRELIMINAIRES



- Les analyses ont montré que la majorité des ETM extraits se retrouvait dans le lixiviat
- Par exemple pour le plomb, l'extrapolation permettait d'atteindre les objectifs en 6 saisons de végétation

## PRINCIPE de la PHYTOLIXIVIATION assistée

- Un principe simple, qui s'appuie sur des éléments scientifiques démontrés



## PHYTOLIXIVIATION assistée : choix de la plante = pélargonium odorant

- Plante rustique capable de pousser sur un sol contaminé en métaux
- Plante produisant suffisamment de biomasse
- Plante non comestible pour les Hommes et les animaux
- Augmentation de la biodisponibilité des métaux grâce à l'acidification liée au fonctionnement du système racinaire



*Pelargonium attar of rose*



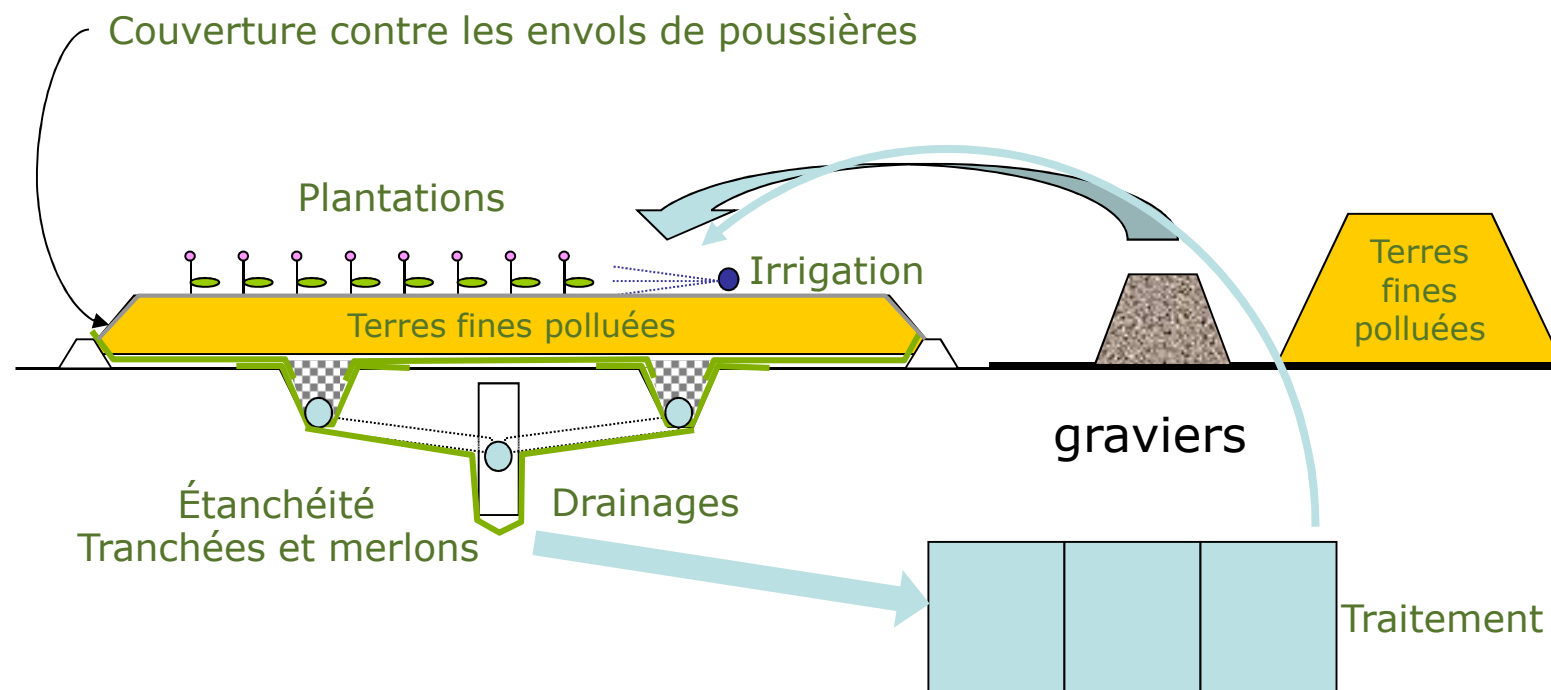
*Pelargonium Atomic Snowflake*



*Pelargonium Lady Plymouth*

## PRINCIPE DE MISE EN ŒUVRE

- Construction d'un Phytotertre®







# Sommaire

1. Introduction, les JTN ADEME
2. Principe du Phytotertre®
3. **Le projet DéPLAssMétaux**
  1. Le pilote
  2. Les partenaires ; le budget
  3. Implantation
  4. Organisation des travaux
  5. Calendrier



# **D**Emonstrateur de **P**hytoLixiviation **A**SSistée de **M**ETAUX

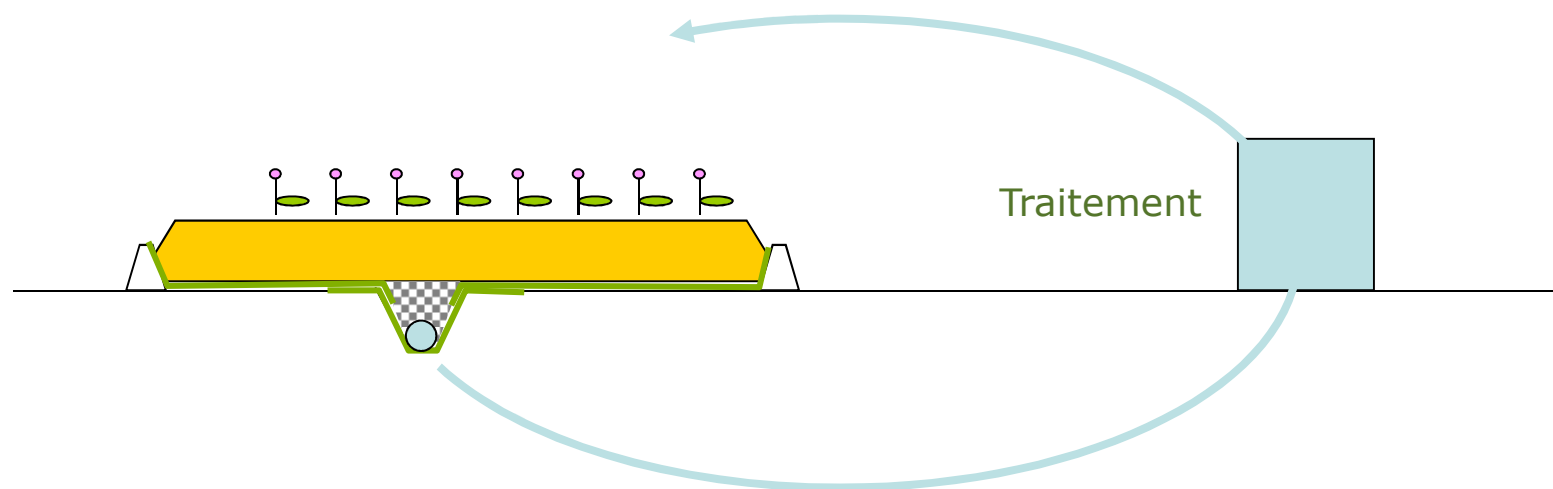
## **2013 - 2017**



## PROJET DéPLAssMétaux



- Pilote à la taille du projet de R&D



= Miniature du Phytotertre® :  
100 m<sup>2</sup>, soit 40 m<sup>3</sup>



## PROJET DéPLAssMétaux



- Des partenaires complémentaires :



- ECOLAB, laboratoire de l'ENSAT, spécialiste des interactions plantes/pollution
- VALGO, société de travaux de dépollution
- EGEH, bureau d'études spécialisé en environnement
- LCA, laboratoire de l'INPT :
  - Valorisation non alimentaire des cultures
  - Analyse du cycle de vie
- Ville de GRAULHET





**ECOLAB**



✓ laboratoire : Ecologie Fonctionnelle et Environnement

Directeur : **Jean-Luc PROBST**

Effectif : **161 C, EC, doctorants**



Production scientifique : 380 publications les 4 dernières années



Brevets : 3

### **Personnels impliqués dans le projet DéPLAssMétaux :**

Dr Michel KAEMMERER, MC

Dr Jérôme SILVESTRE, IE

Pr Maritxu GUIRESSE

ainsi que 2 techniciens et 1 ingénieur de recherches

#### **Rôle :**

- fournir les boutures de géranium odorant les plus adaptées au projet
- procéder au suivi agronomique du Phytotertre®





**VALGO**



✓ PME spécialisée en réhabilitation de site : dépollution des sols et décontamination de bâtiments  
fondée en 2004



Effectif : **80 personnes**  
4 agences de dépollution  
2 agences de désamiantage  
1 siège administratif à Paris



Large panel de solutions techniques, souvent innovantes,  
notamment in situ : physiques – chimiques – biologiques



### **Personnels impliqués dans le projet DéPLAssMétaux :**

Dr Laurent THANNBERGER (Directeur Scientifique, porteur du projet)  
Amine HAOUARA (responsable Agence de Toulouse)  
ainsi qu'une technicienne et une stagiaire ingénieur

#### ✓ **Rôle dans le projet :**

- organiser la réalisation du pilote, comme un chantier de dépollution
- industrialisation du procédé : en faire une technique opérationnelle



# EGEH RINCENT ENVIRONNEMENT



SARL d'ingénierie et de conseil en hydrogéologie et sites et sols pollués



✓ BE fondé en 1994, sis à Limoges + 1 agence en IdF  
Effectif : **9 personnes**, dont 8 ingénieurs et techniciens



Cœur de métier tourné vers l'expertise (pas de travaux) :

- Domaine des pollutions (air, sol, sédiment, eau) d'origine industrielle et de l'hydrogéologie
- Indépendance par rapport aux sociétés de travaux
- Intervenant comme expert sectoriel sur des thématiques eaux souterraines et sites et sols pollués à l'Office International de l'Eau
- Domaine réglementaire de suivi de chantier, d'expertises et d'AMO
- – dossiers ICPE et IOTA (Loi sur l'Eau)



## Personnels impliqués dans le projet DéPLAssMétaux :

Dr Pascal PASTIER, gérant  
Aude MILARD, géologue  
Julien BESSAGUET, hydrogéologue

✓ **Rôle dans le projet** : Etudes environnementales  
Assurer la cohérence d'une approche applicable à d'autres sites



## LABORATOIRE DE CHIMIE AGROINDUSTRIELLE



- ✓ Premier laboratoire en France dans les Agro-raffineries (1976)

Directeur : **Pr Carlos VACA-GARCIA**

Directeur Adjoint : **Dr Gérard VILAREM**



Effectif : **85 personnes, dont 45 doctorants et post-doctorants**

Production scientifique : **25 articles par an publiés dans des journaux scientifiques à comité de lecture international**



- ✓ 32 brevets déposés de 2000 à 2012



### **Personnels impliqués dans le projet DéPLAss Métaux :**

Dr Gérard VILAREM (responsable du projet au LCA)

Dr Caroline SABLAYROLLES (responsable Analyse de Cycle de Vie)

Dr Marion ALIGNAN (responsable Valorisation produits)

ainsi que deux techniciens et un ingénieur d'étude

- ✓ **Rôle dans le projet** : valoriser les Huiles Essentielles de géranium  
Réaliser l'Analyse du Cycle de Vie du procédé



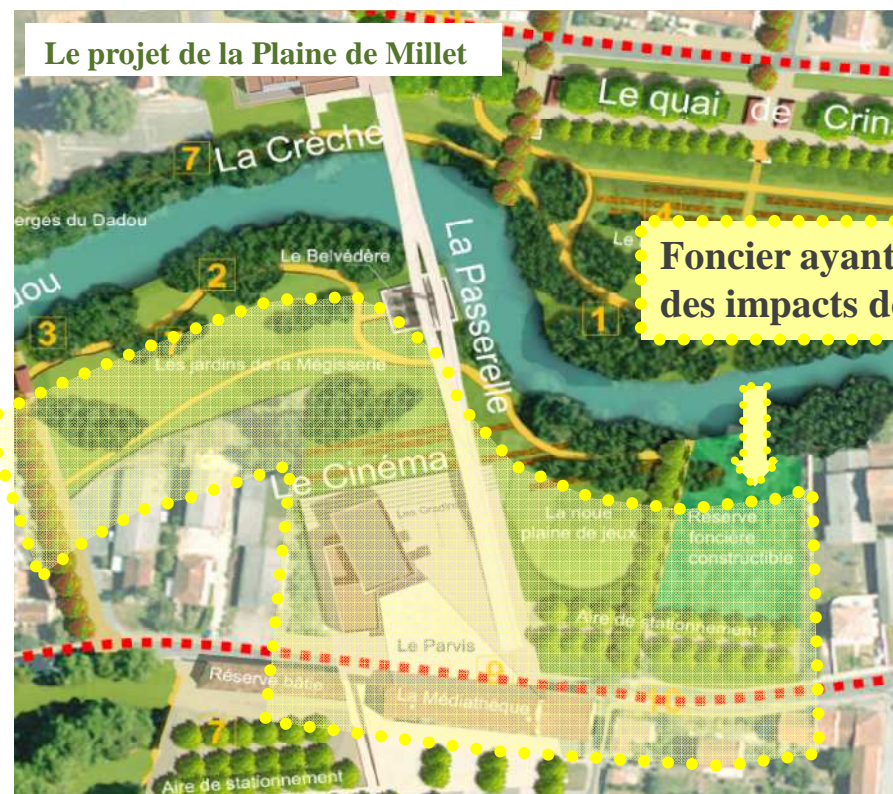


## VILLE DE GRAULHET



Avec un important passé industriel, la ville de Graulhet est engagée depuis 2008 dans la démarche active de reconversion des sites industriels.

Parmi les 167 friches répertoriées, la Ville a choisi d'en intégrer 2 dans son projet phare de reconversion de la Plaine de Millet :



**2 personnes impliquées dans le projet**

**Foncier ayant présenté des impacts de pollution**

### **Rôle dans DéplassMétaux :**

- accueillir le projet sur un site en reconversion
- être le 1<sup>er</sup> bénéficiaire du procédé, en conditions réelles



## PROJET DéPLAssMétaux



- Un budget conséquent :

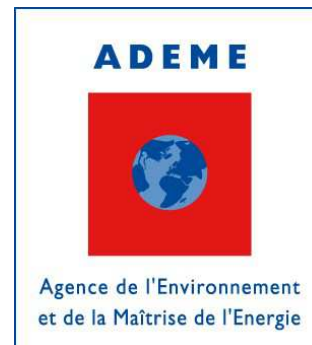


- 570 221 € de dépenses planifiées par les partenaires sur 4 ans



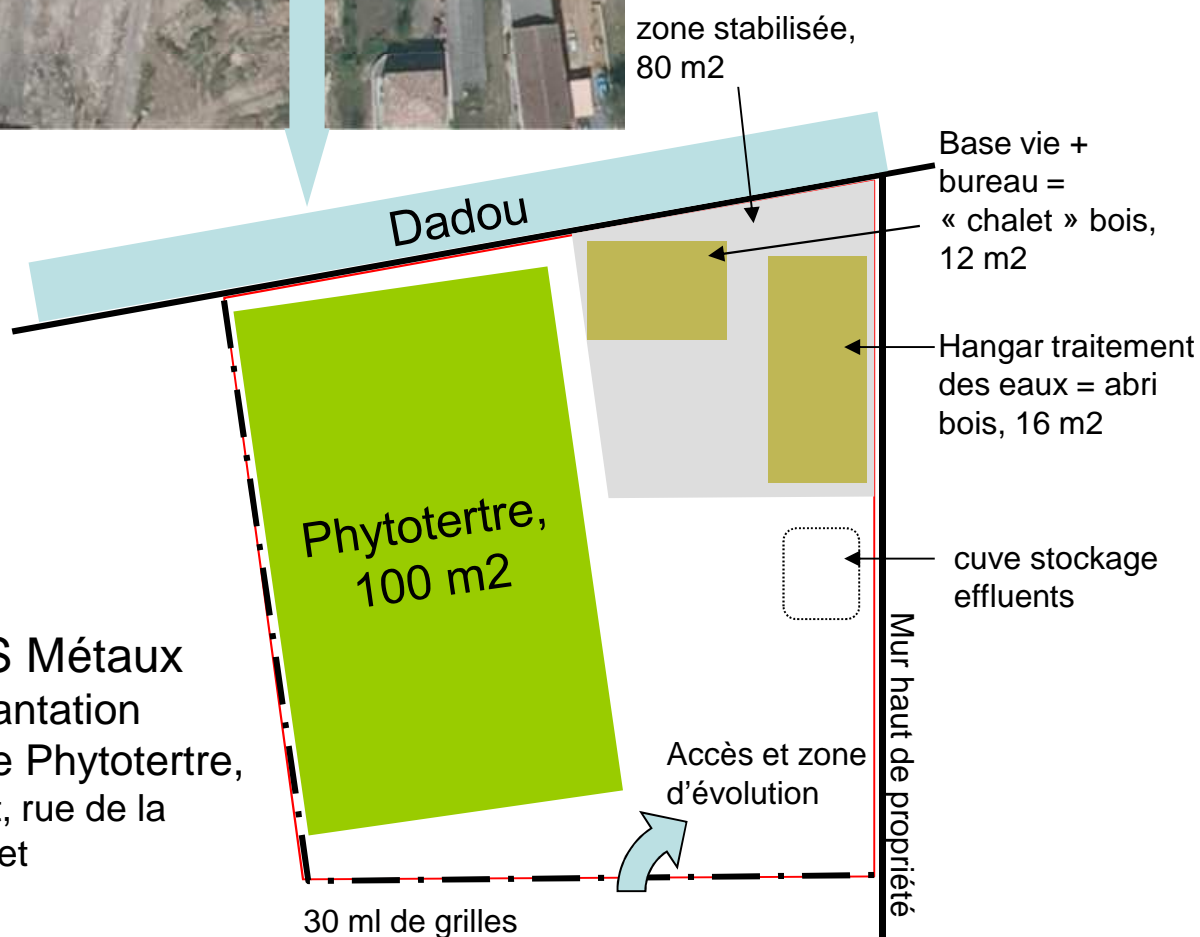
- Des subventions incitatives :

- Dans le cadre de l'Appel à Projet EcoIndustries,
- 400 000 € ont été demandés à l'ADEME



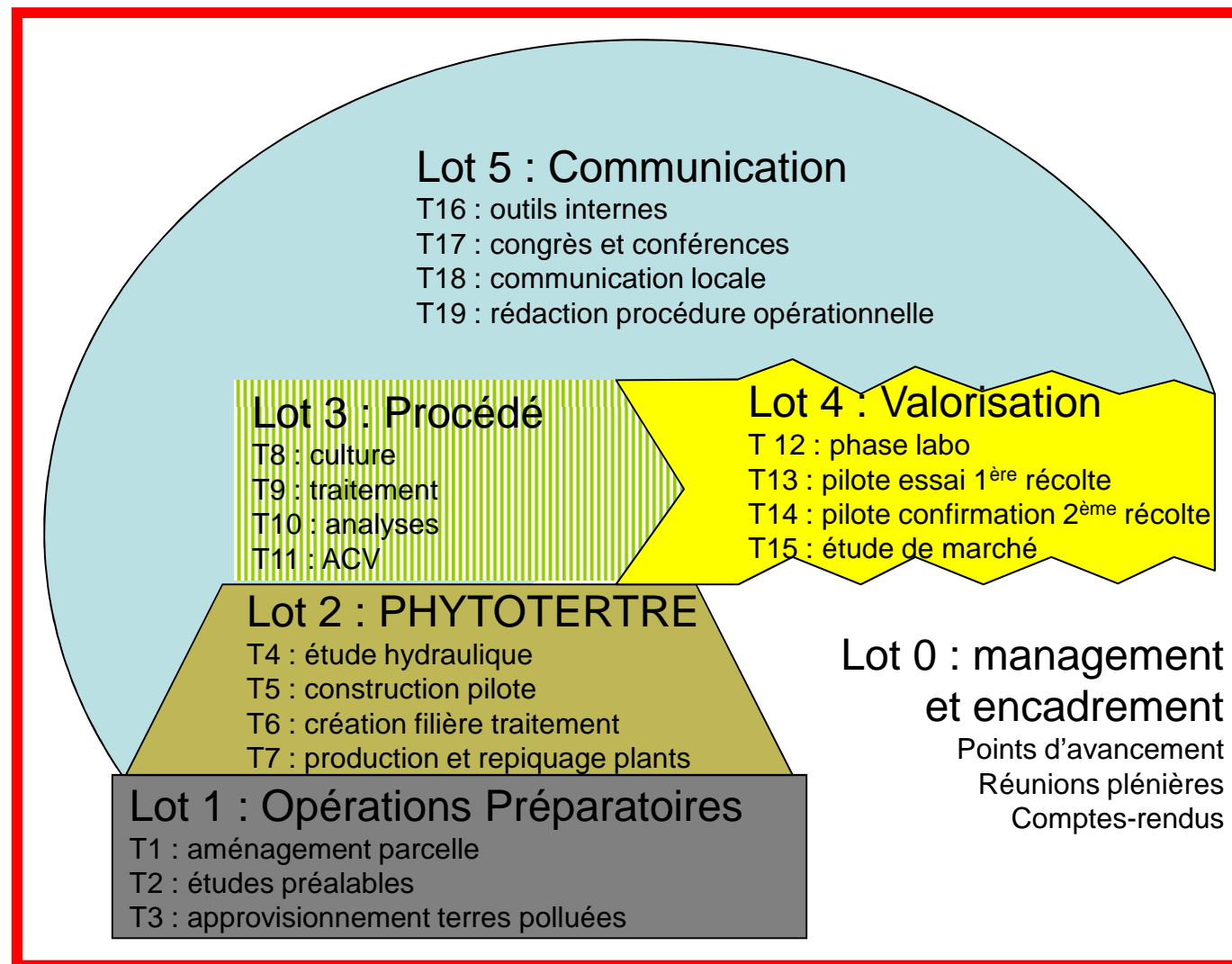


Projet DEPLASS Métaux  
Proposition d'implantation  
d'une zone d'étude Phytotertre,  
sur site Ilote-Escapat, rue de la  
Mégisserie, à Graulhet



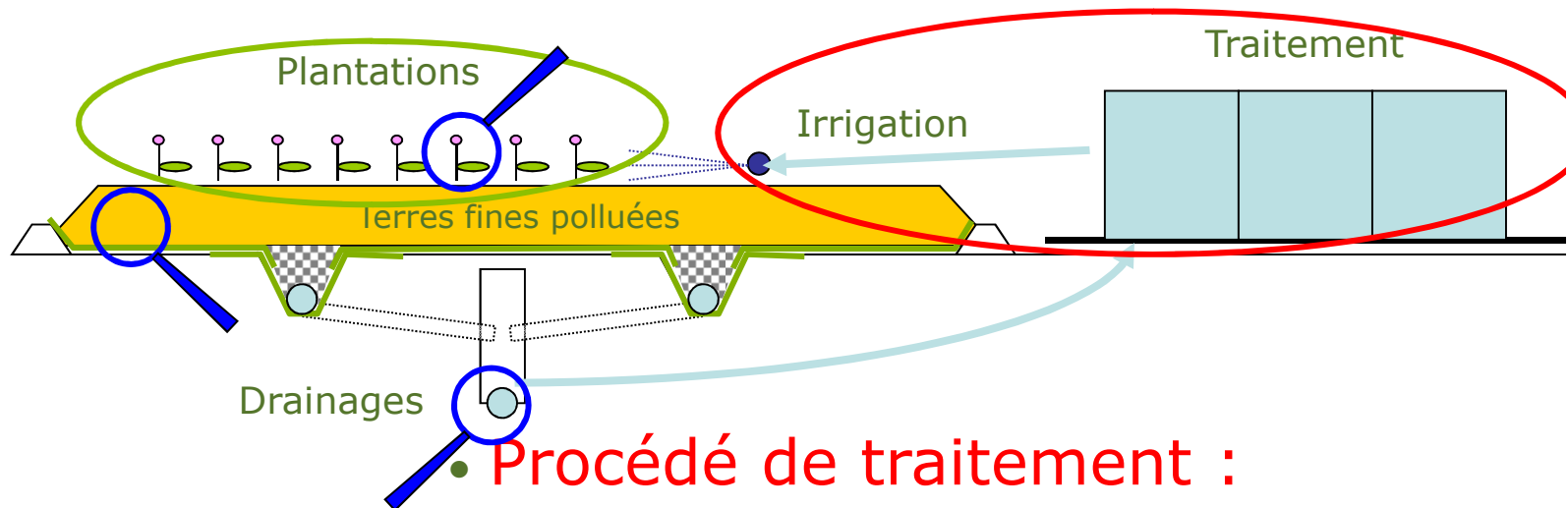


## TRAVAUX REPARTIS PAR LOTS



## SUIVI ET MAINTENANCE

- Plusieurs niveaux d'intervention :

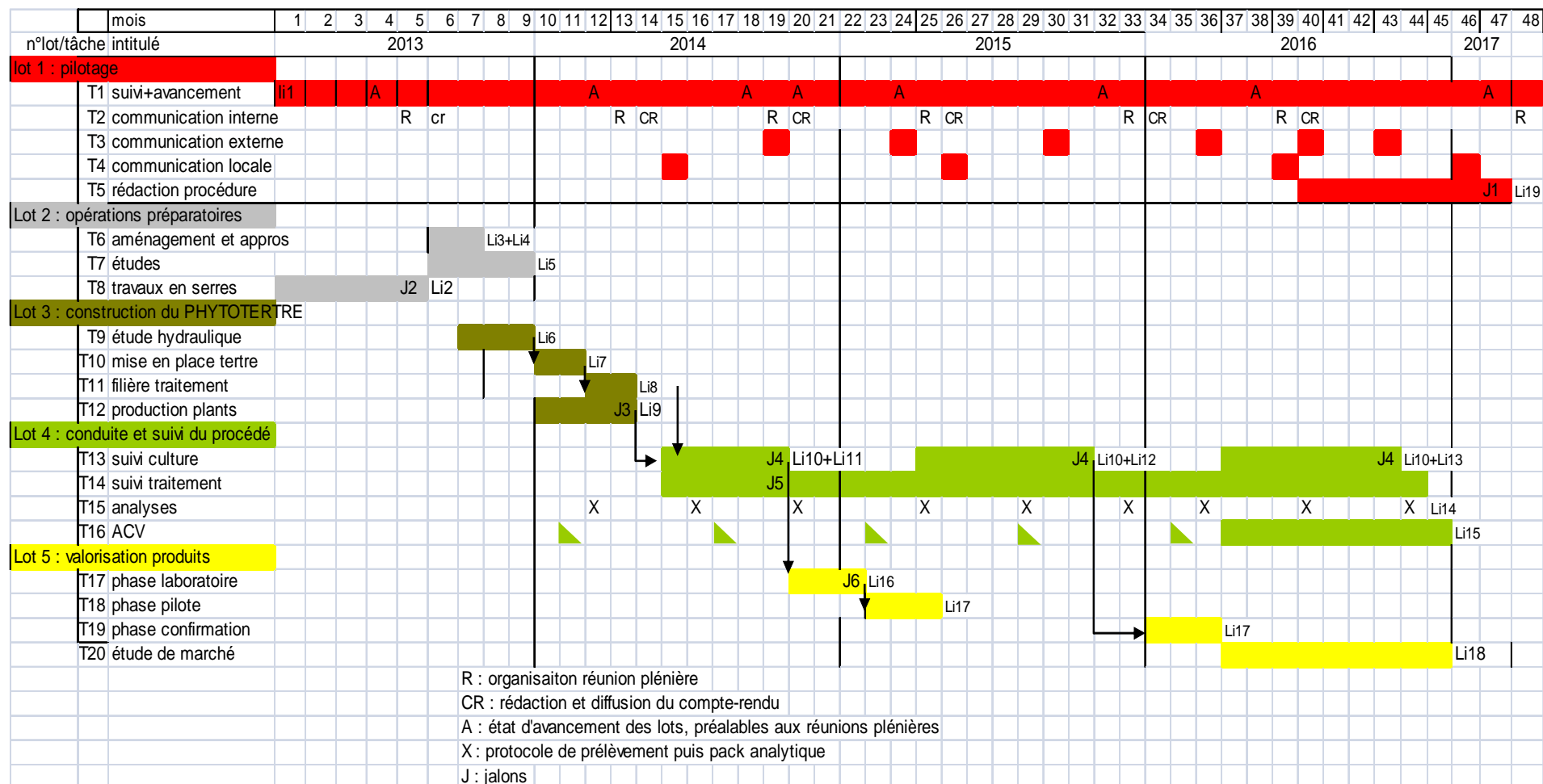


- **Procédé de traitement :**
  - Surveillance hebdomadaire
  - Maintenance mensuelle
  - Gestion des déchets (boues métalliques)
- **Cultures :**
  - Surveillance des phases de végétation
  - Fauchage annuel ; essais de valorisation
  - Gestion des déchets végétaux
- **Analyses des sols et eaux**





# CALENDRIER





## APPORTS DU PROJET



- **POINTS INNOVANTS**
- la phytoextraction est réputée **lente**.
- Notre procédé combine la chimie et la biologie en synergie pour augmenter la disponibilité des métaux et **réduire le temps** d'action
- Le procédé Phytotertre® est **sûr**, car tous les risques de transfert sont pris en compte : complexe d'étanchéité sur le sol, géotextile sur le dessus
- Le procédé Phytotertre® permet de dégager rapidement de la **place**, puisque les terres polluées peuvent être traitées à côté des zones du chantier
- Le tertre végétal s'intègre dans le **paysage** urbain, comme une butte paysagère.



# MERCI

## RV en 2017