



**HAL**  
open science

## Le génie pédologique au service d'une refonctionnalisation écologique d'espaces urbains dégradés

Christophe C. Schwartz, Geoffroy G. Séré, Jérôme J. Cortet, Françoise F. Watteau, Stéphanie Ouvrard, Sophie Leguédois, Jean-Louis J.-L. Morel

### ► To cite this version:

Christophe C. Schwartz, Geoffroy G. Séré, Jérôme J. Cortet, Françoise F. Watteau, Stéphanie Ouvrard, et al.. Le génie pédologique au service d'une refonctionnalisation écologique d'espaces urbains dégradés. 6. Rencontres du Végétal, Jan 2011, Angers, France. hal-02749907

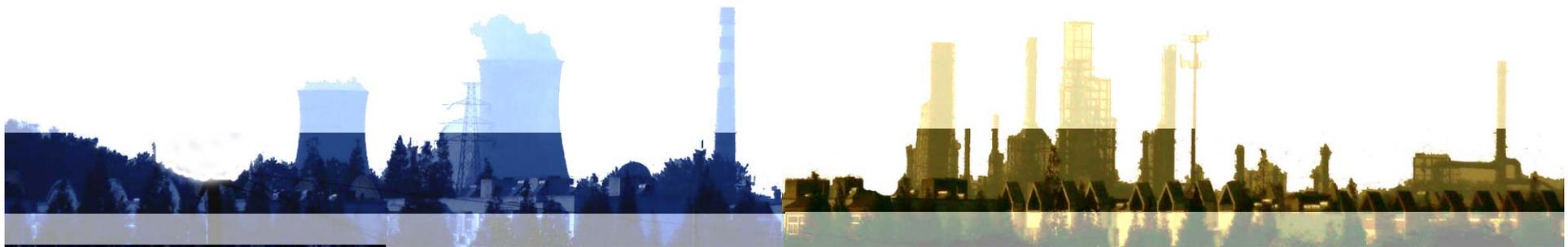
**HAL Id: hal-02749907**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02749907>**

Submitted on 3 Jun 2020

**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.



# Le génie pédologique au service d'une refunctionalisation écologique d'espaces urbains dégradés

Christophe SCHWARTZ,  
Geoffroy SERE, Jérôme CORTET,  
Françoise WATTEAU, Stéphanie OUVRARD,  
Sophie LEGUEDOIS et Jean-Louis MOREL

Laboratoire Sols et Environnement  
54505 Vandœuvre-lès-Nancy



Les **6<sup>es</sup>** Rencontres  
du **Végétal**

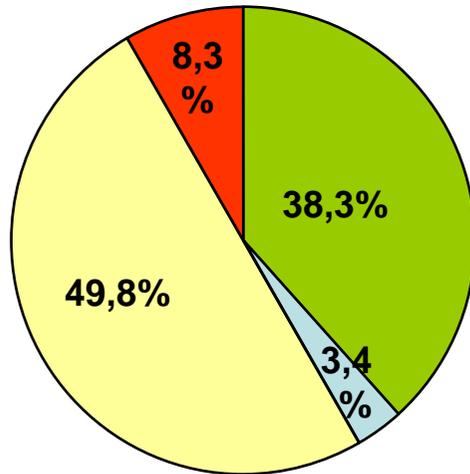
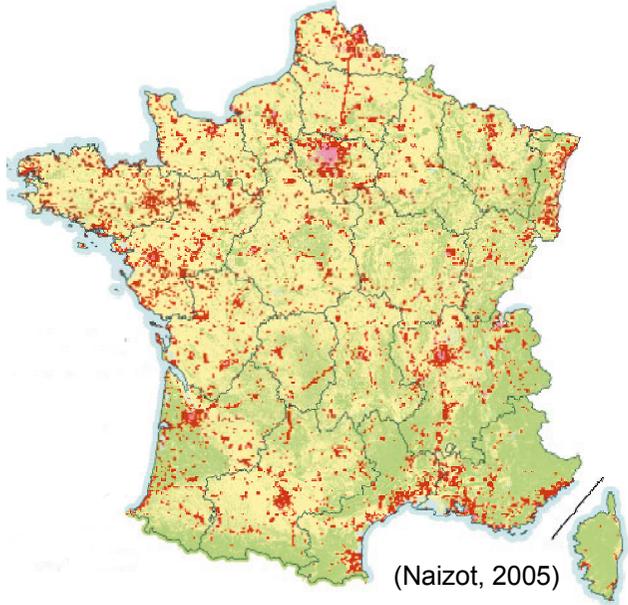
**10/11 JANVIER 2011**

AGROCAMPUS OUEST - Centre d'Angers  
Institut National d'Horticulture et de Paysage

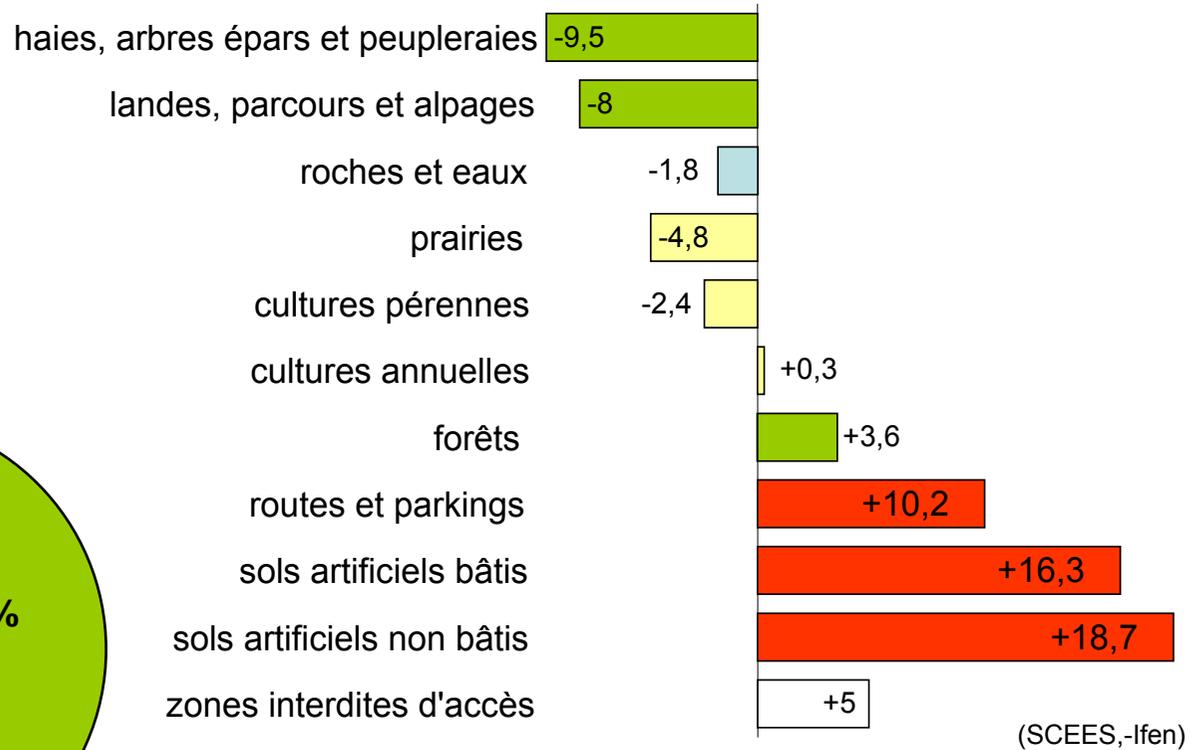
Nancy-Université  
INPL



# Artificialisation des sols en France



## Variation relative de superficie entre 1994 et 2004



**enjeux agronomiques,  
environnementaux et fonciers**





sol  
"naturel"  
technic

matériaux  
naturels  
déplacés  
>80 %

100%



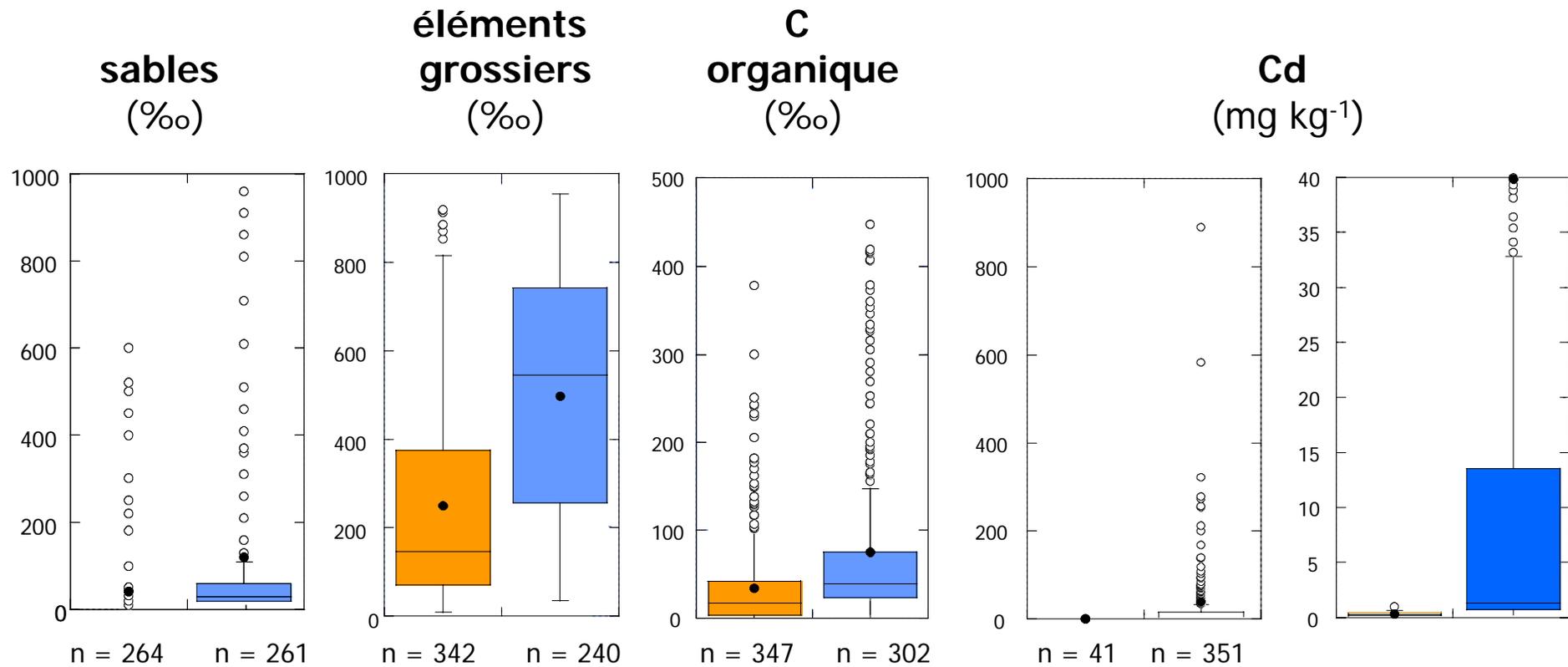
matériaux  
technogéniques >20%

100%

# Technosols ou Anthrosols



Les sols très anthropisés ■  
 ont des caractéristiques physico-chimiques  
 très variables et contrastées  
 avec celles des sols peu anthropisés ■

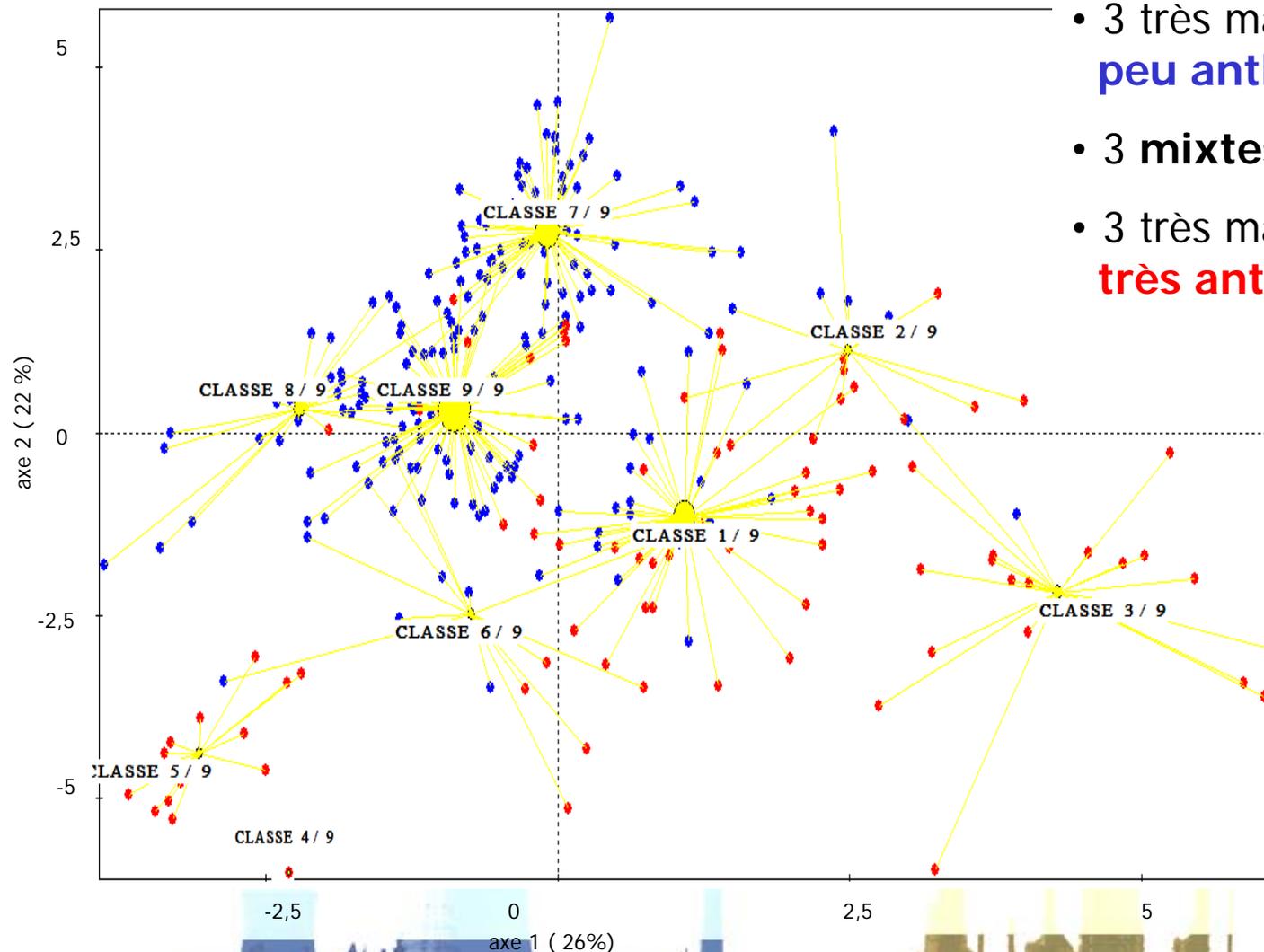


Thèse C. Lefort, 2009

# Les sols très anthropisés forment des groupes distincts au sein d'un continuum

9 groupes se dégagent :

- 3 très majoritairement **peu anthropisés**
- 3 **mixtes**
- 3 très majoritairement **très anthropisés**



Thèse C. Lefort, 2009

# Une forêt naturelle?

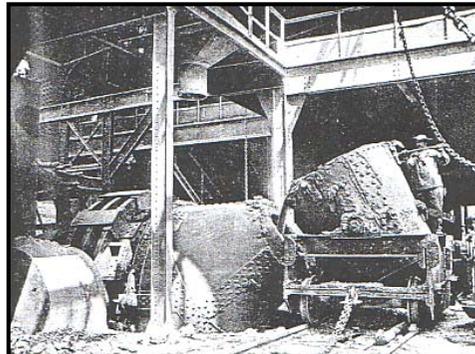
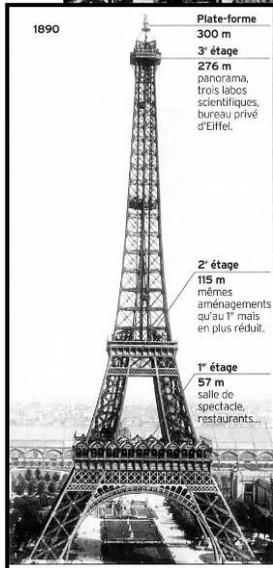
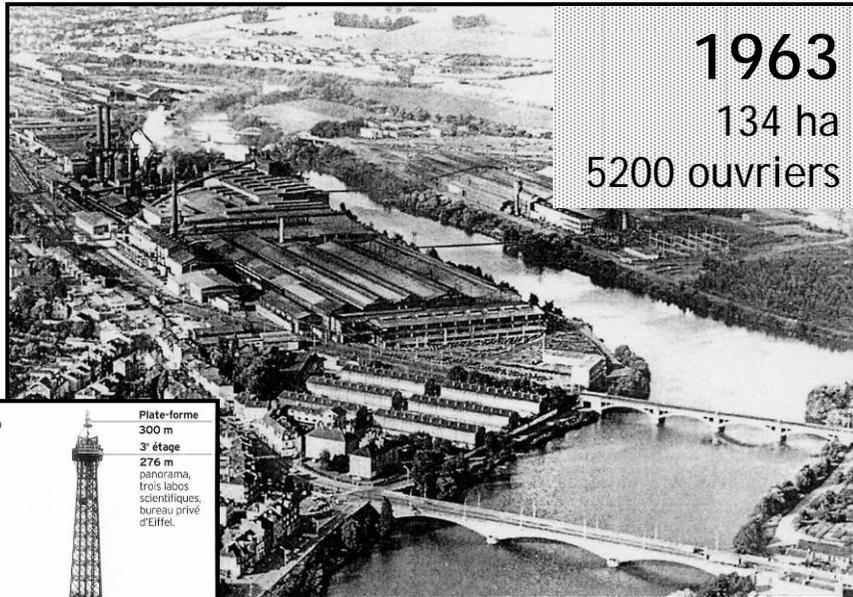


# Un système forêt spontanée - sol très anthropisé constitué à 100% de matériaux technogéniques



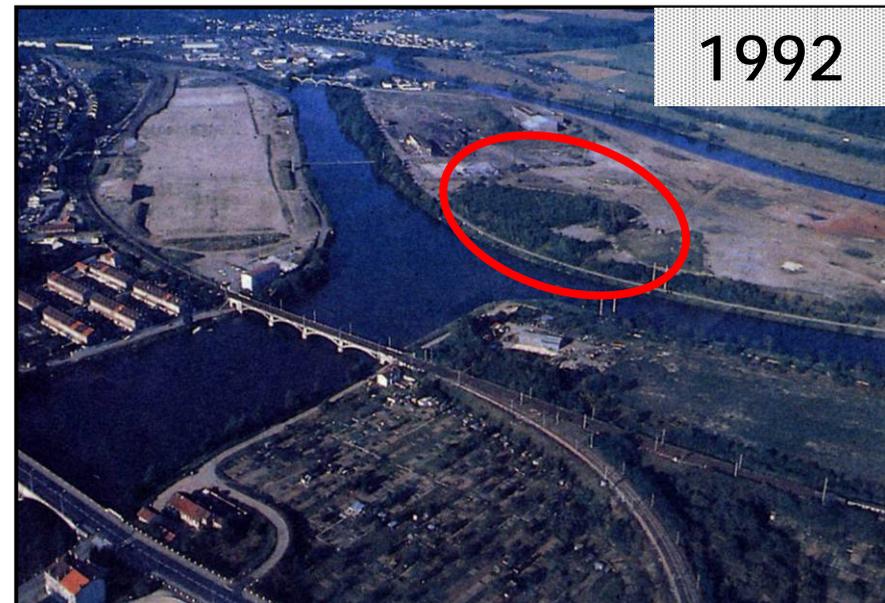
bassin de décantation (2 ha) : accumulation de déchets sidérurgiques

Région Lorraine  
charbon, acier, textile



# Un passé industriel marqué

*une résilience  
est-elle possible ?*



... plus de 6000 hectares  
de friches industrielles en Lorraine

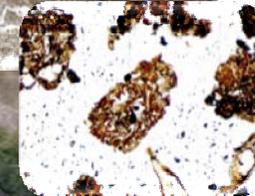
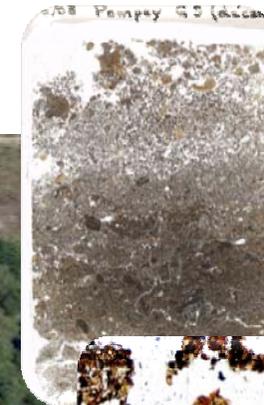
# Une approche multidisciplinaire

Plantes

- *richesse spécifique*
- *biodisponibilité des métaux*



Micromorphologie



Macrofaune

- *diversité*
- *biodisponibilité des métaux*



Mésafaune

- *diversité des Collemboles*



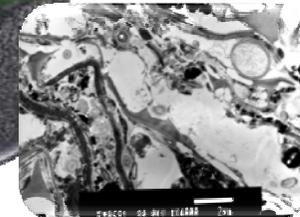
Sols

- *respirométrie*



Profil de sol

- *chimie*



Ultrastructures

# Qualité des sols

## Agronomie

g/kg	C org	N t	C/N	pH	MO	CaCO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
s1	73	4,6	16,0	8,0	127	68	0,088
s2	111	7,2	15,5	7,9	192	127	0,071
s3	79	4,7	17,0	8,0	137	180	0,052

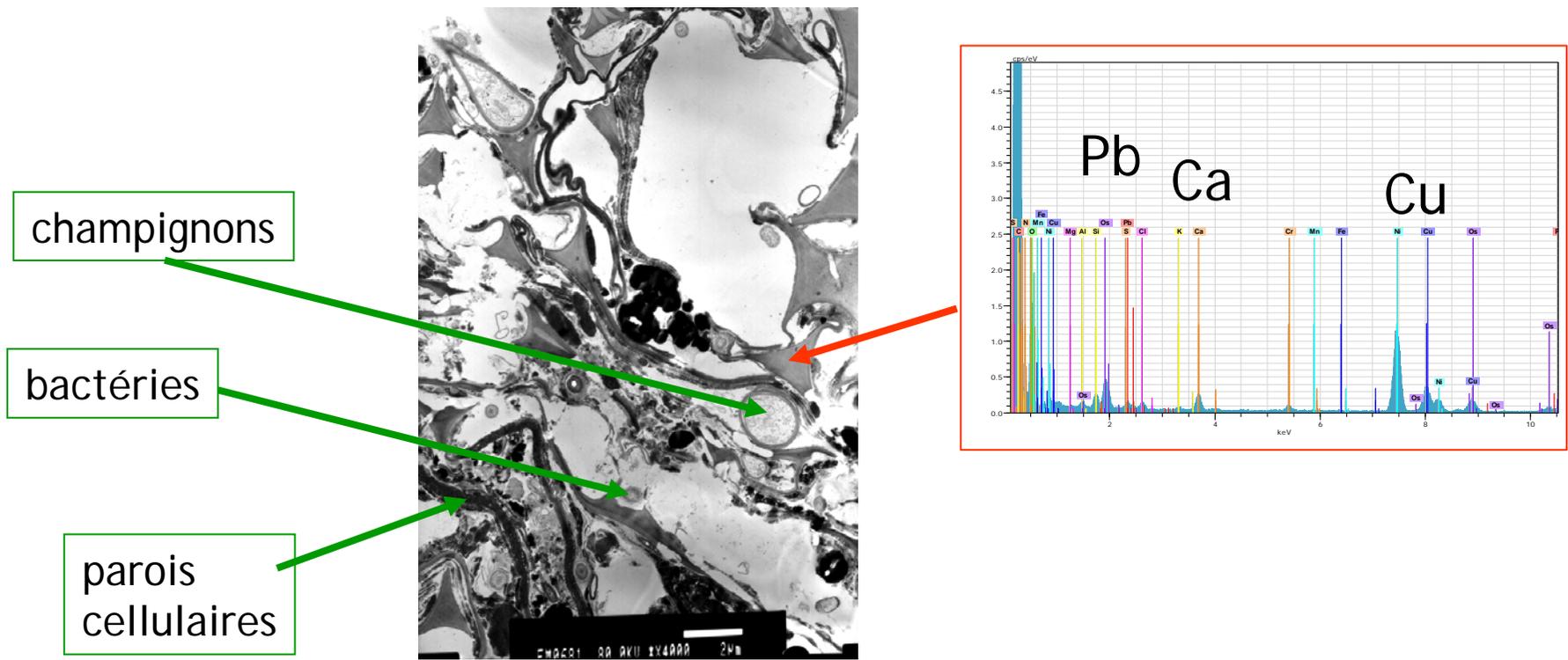


## Elements en traces

%	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn			
s1	3,90	4,75	7,06	0,222	1,300	8,9			
s2	4,61	8,33	6,88	0,660	0,938	4,8			
s3	3,82	8,89	10,5	0,455	0,733	5,2			
mg/kg	Cr	Cu	Ni	Zn	Co	Pb	Cd	Tl	Mo
s1	176	222	64	56 500	8,1	49 600	175	83,5	1,7
s2	112	139	51	10 200	8,3	19 600	35	12,5	7,3
s3	99	171	59	19 200	13,6	21 500	61	10,1	7,7

fertilité élevée et très forte contamination métallique

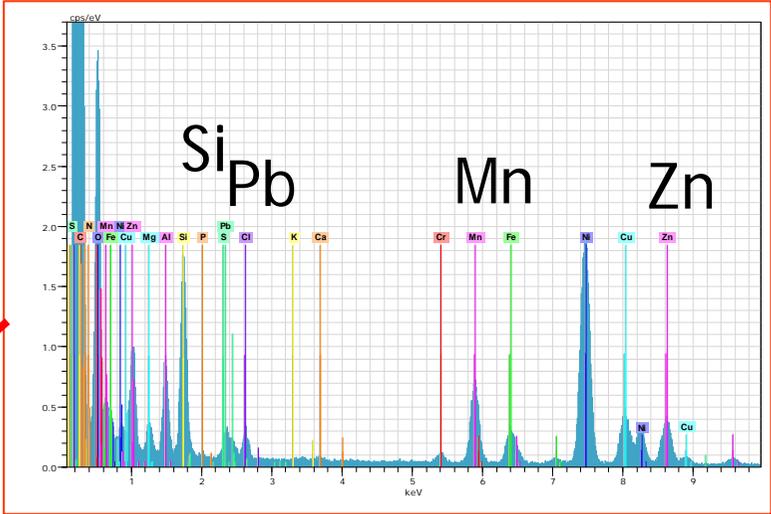
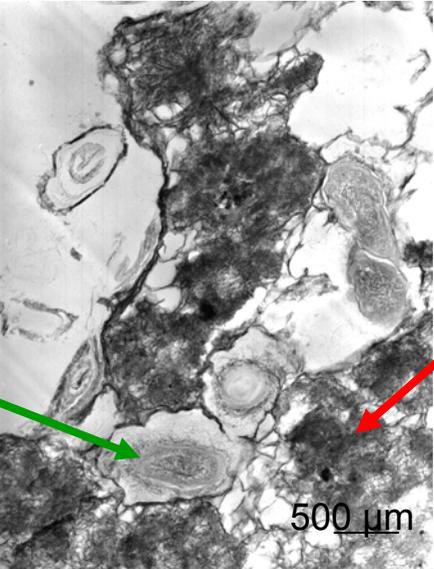
# Ultrastructures : fraction 2-20 $\mu\text{m}$ (horizon organo-minéral)



associations matières organiques / Pb et Cu

# Ultrastructures : fraction 2-20 $\mu\text{m}$ (horizon organo-minéral)

Bactéries vivantes  
entourées  
d'exopolymères



Mn, Si associés au Zn et Pb

forte activité bactérienne  
en dépit de la présence de Zn et Pb

# Contribution des constituants du Technosol à l'immobilisation des métaux

	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>substances humiques</b>	+++	+++	++	+	+
<b>oxydes de Fe</b>	+	+	++	+++	+++
<b>oxydes de Mn</b>		++		+++	
<b>argiles</b>	++		++		+++

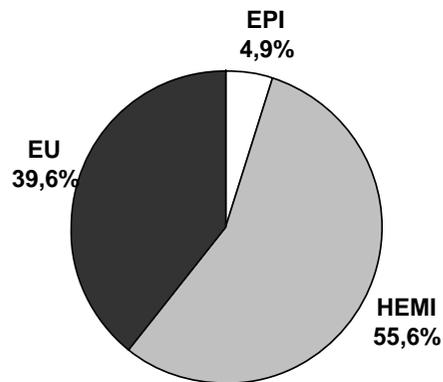
+++ fortement adsorbé

++ moyennement adsorbé

+ faiblement adsorbé

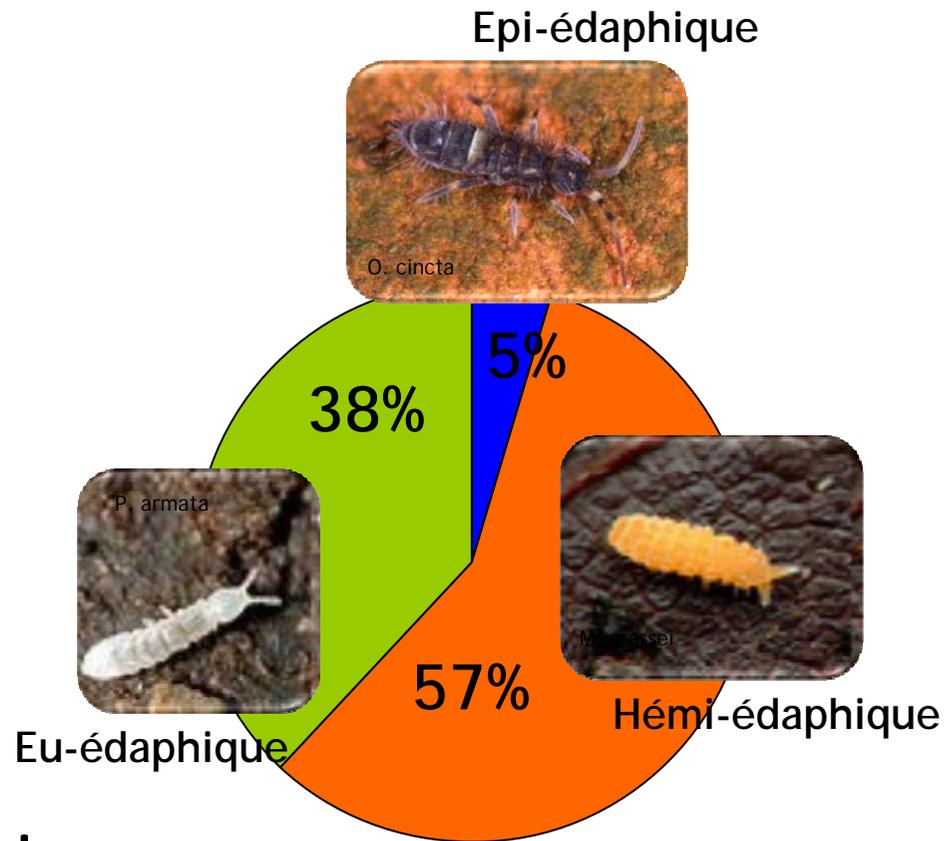
➔ limitation de la biodisponibilité

# La mésofaune du Technosol : Collemboles



RMQS Biodiv data  
(Forest sites)

- dominance des Collemboles
- 30 espèces de Collemboles pas d'espèce "particulière"
- structure fonctionnelle typique d'un écosystème forestier



# Strate herbacée du bassin de décantation



pendant les 65 dernières années,  
les déchets ont évolué sous l'influence de la couverture végétale

# Transfert des métaux aux plantes (mg kg<sup>-1</sup> matière sèche)



**Espèces**

*Geum urbanum* (benoîte)

**Cd**

**1,8**

**Ni**

0,7

**Zn**

**280**



*Hedera helix* (lierre)

**2,7**

**29,3**

**141**

*Myosoton aquaticum* (stellaire)

**0,8**

1,2

**207**



*Populus tremula* (tremble)

**3,0**

4,2

**326**

*Viola hirta* (violette)

**2,8**

0,9

**198**



*Limites de toxicité*

(Kabata Pendias et Pendias, 1992)

*0,2 à 30*

*10 à 100*

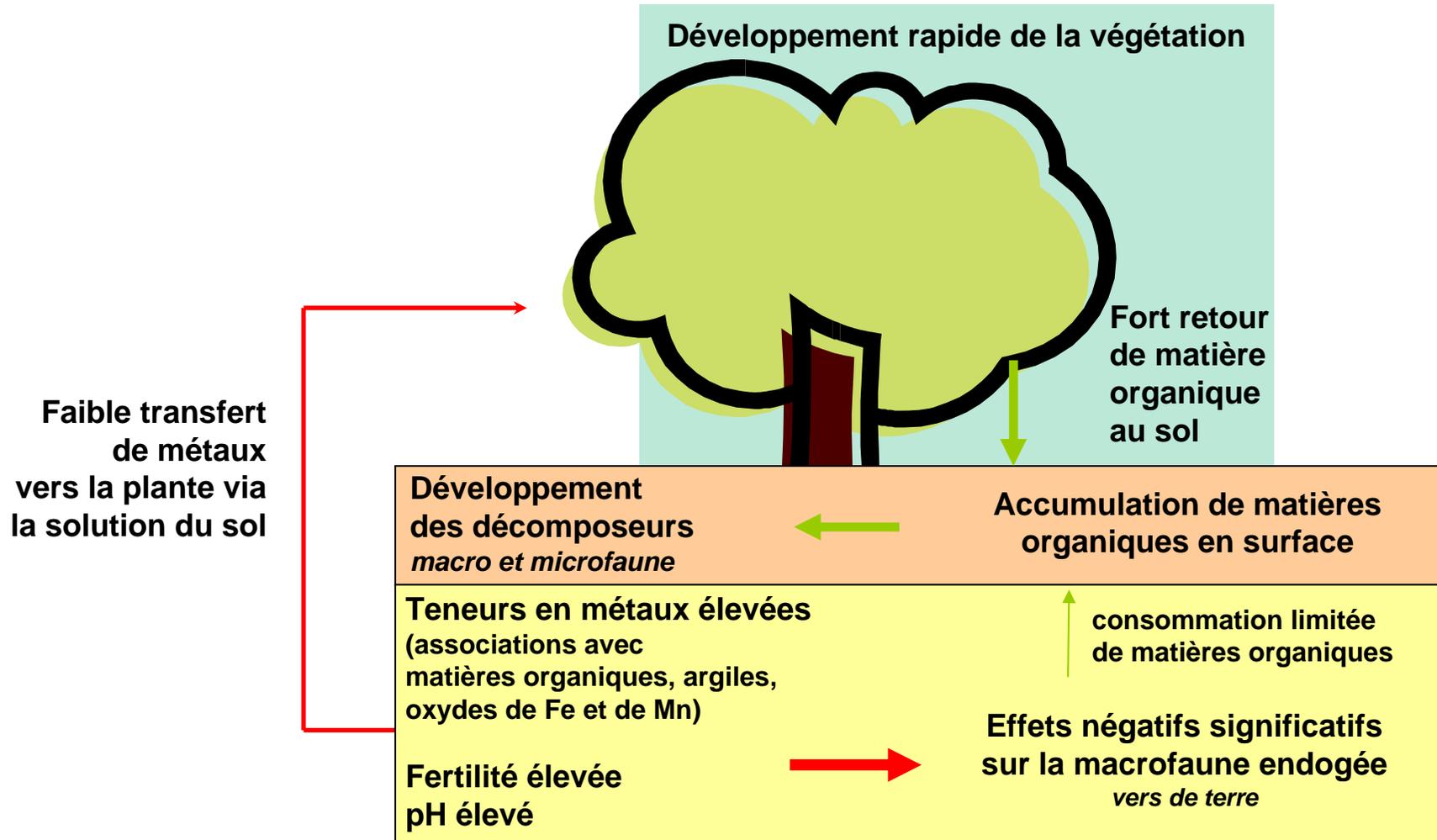
*100 à 400*



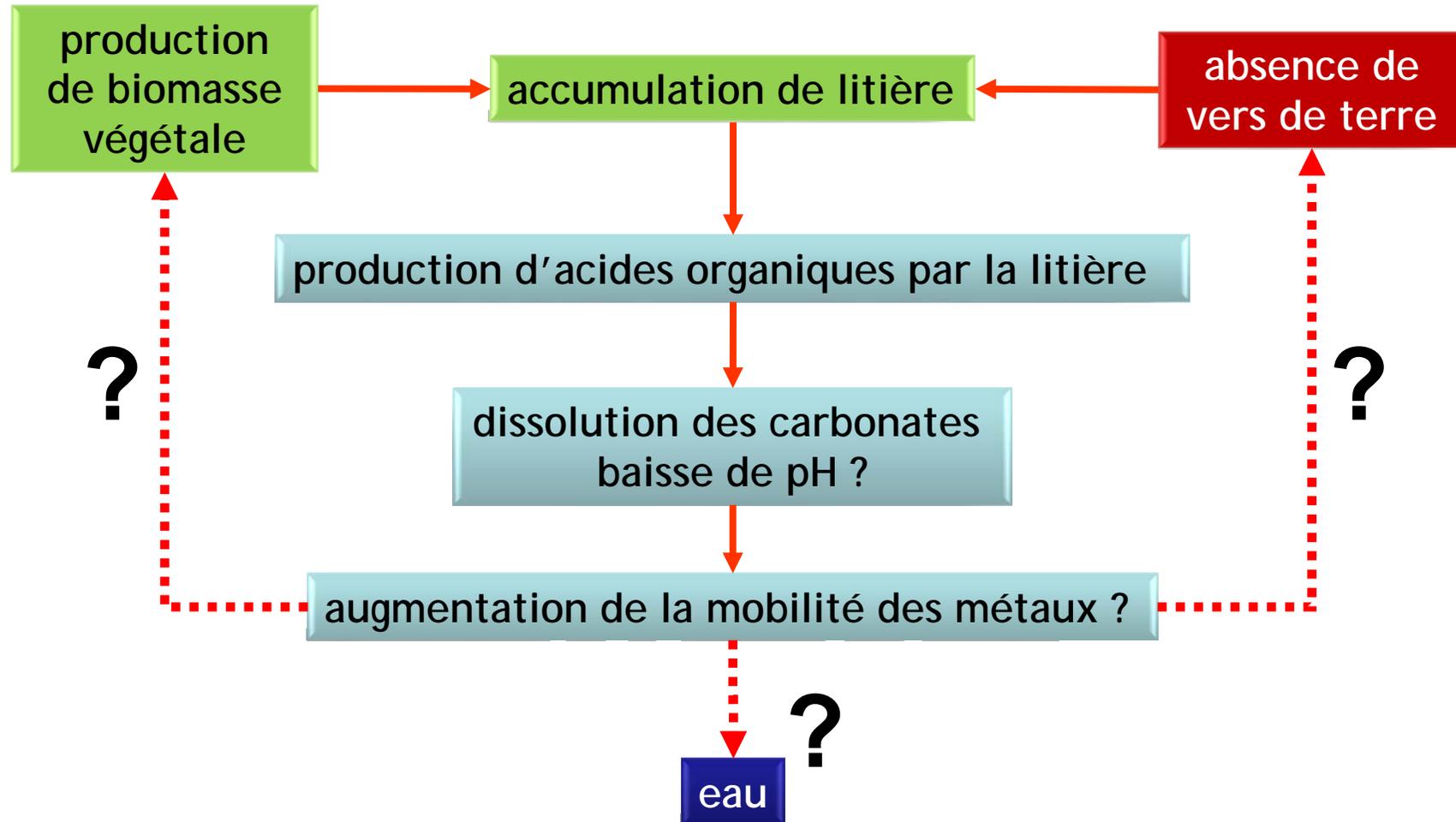
- pour 5 espèces sur 49 observées sur le site  
au moins 2 métaux > limite de toxicité
- pour *Hedera helix*  
3 métaux > limite de toxicité
- espèces hypertolérantes
- pas de plantes hyperaccumulatrices

# Modèle de biofonctionnement du bassin de décantation

*synthèse des travaux du LSE*



# Evolution du système ?



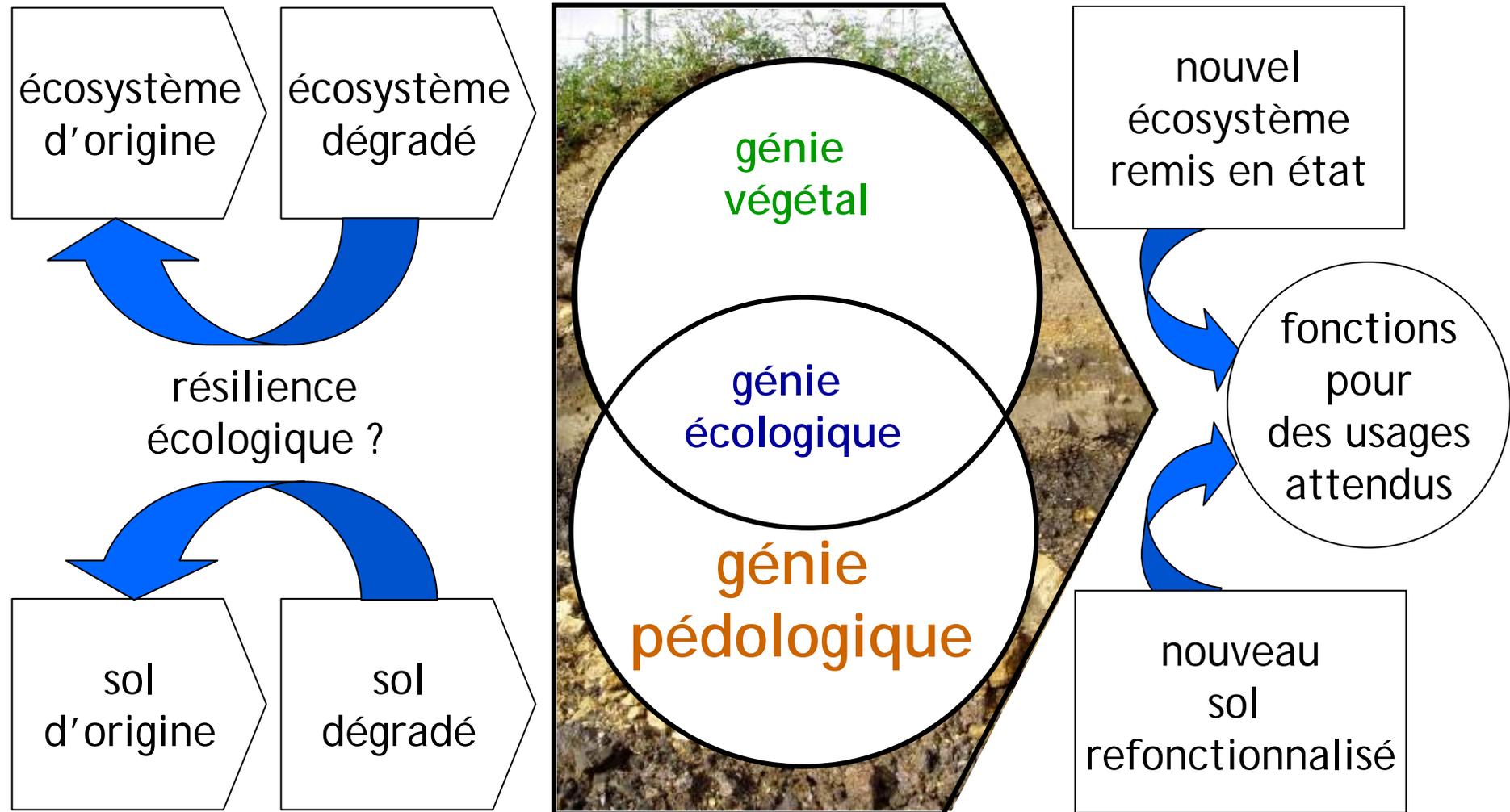
Risque de mobilisation des métaux à long terme ?  
Effet sur le biofonctionnement ?

# Des enjeux de restauration de sites dégradés



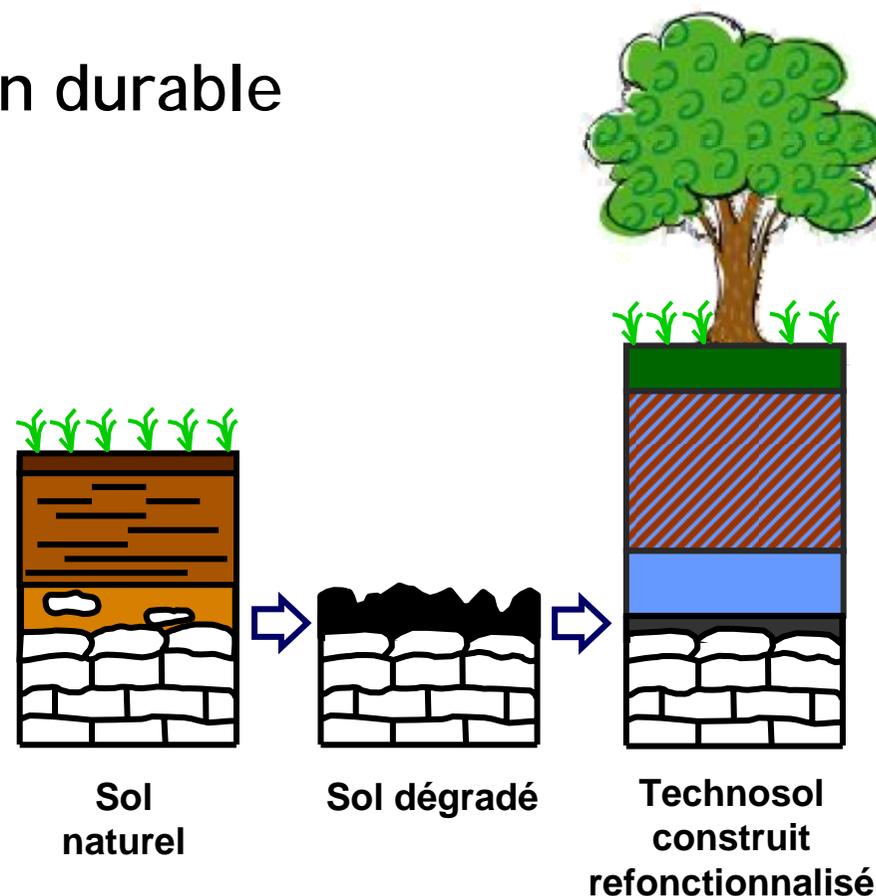
# Le génie pédologique

*un concept neuf, des besoins d'acquisition de connaissances*



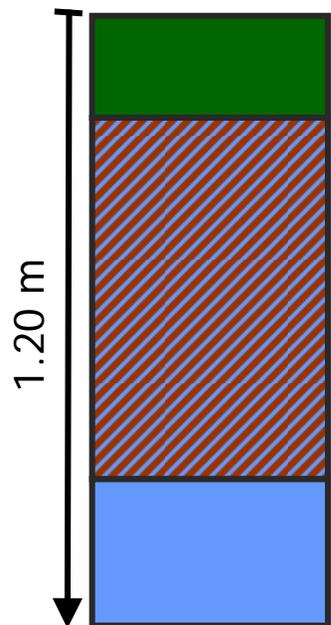
# Génie pédologique et construction de sol

- génie pédologique : savoir-faire lié à la gestion durable des sols dégradés
- construction de sol :
  - ✓ remise en état de sites dégradés
  - ✓ mise en œuvre de fortes quantités de terres industrielles traitées et sous-produits organo-minéraux
  - ✓ formulation de matériaux



# Procédé de construction de sol

Collaboration TVD  
 Brevet TVD – INPL – INRA  
 Thèse G. SERE, 2007  
 Thèse B. PEY, 2007-2010  
 GESSOL BIOTECHNOSOL



 **compost de déchets verts (C)**  
*(résidus de taille, de tonte,  
 produit normalisé NF 44-051)*



 **sous-produit papetier (P)**  
*(sous-produit d'épuration  
 du recyclage du papier)*



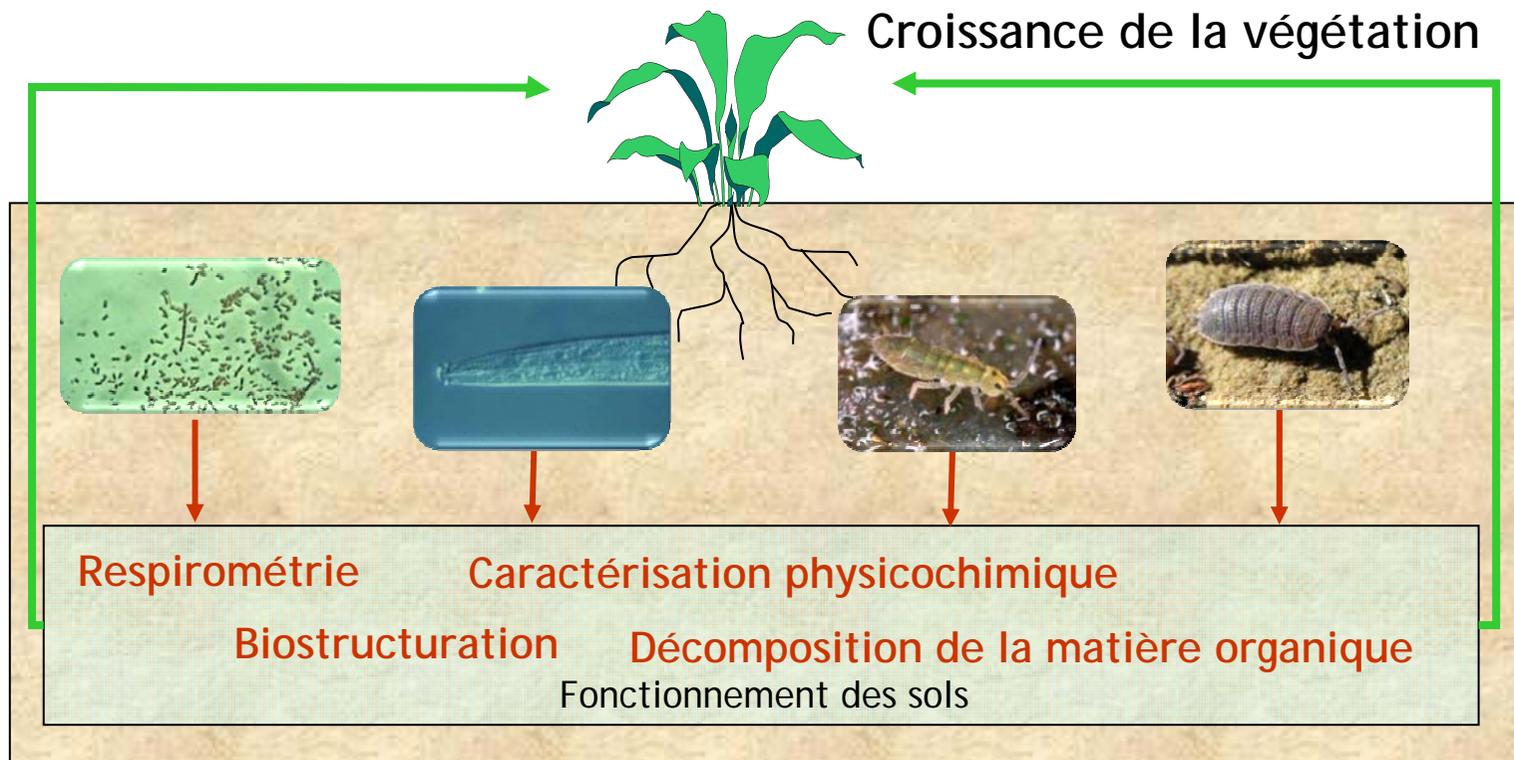
 **terre industrielle traitée (T)**  
*(terre de cokerie traitée  
 par désorption thermique)*



 **mélange P/T (50/50 v/v) (M)**



# Comprendre *in situ* la dynamique et l'influence des organismes dans les stades précoces de la pédogénèse d'un Technosol construit

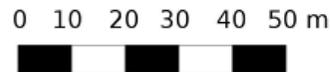
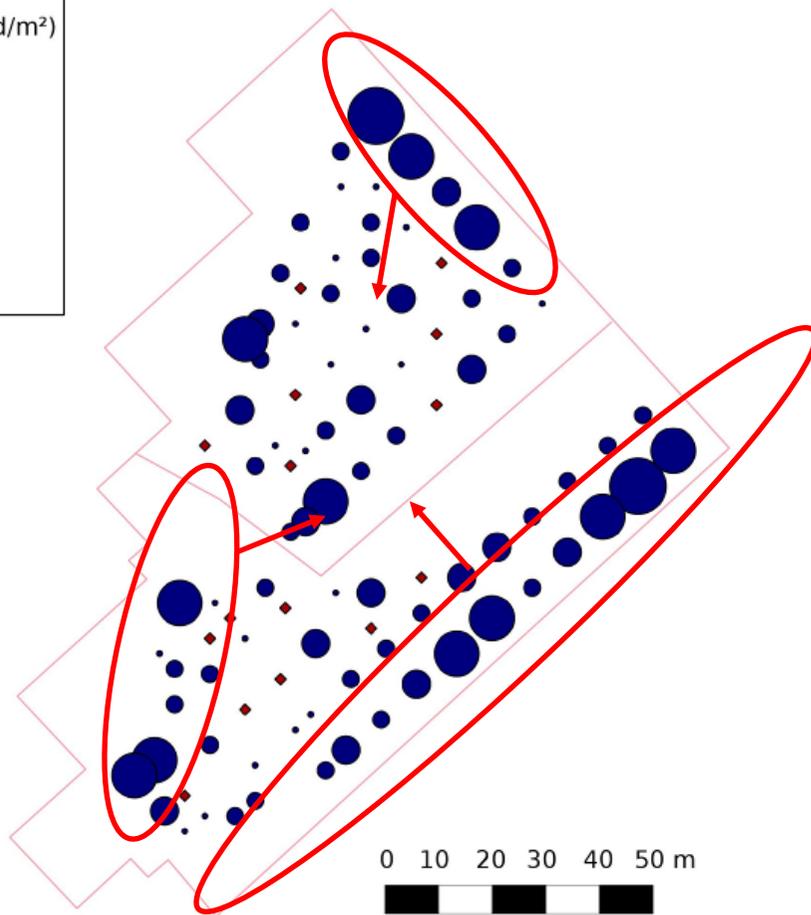
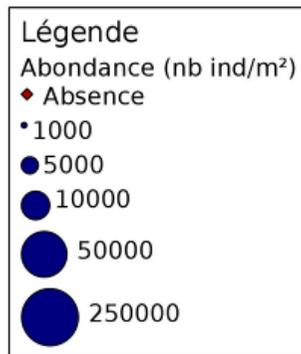


→ implications pour la croissance de la végétation

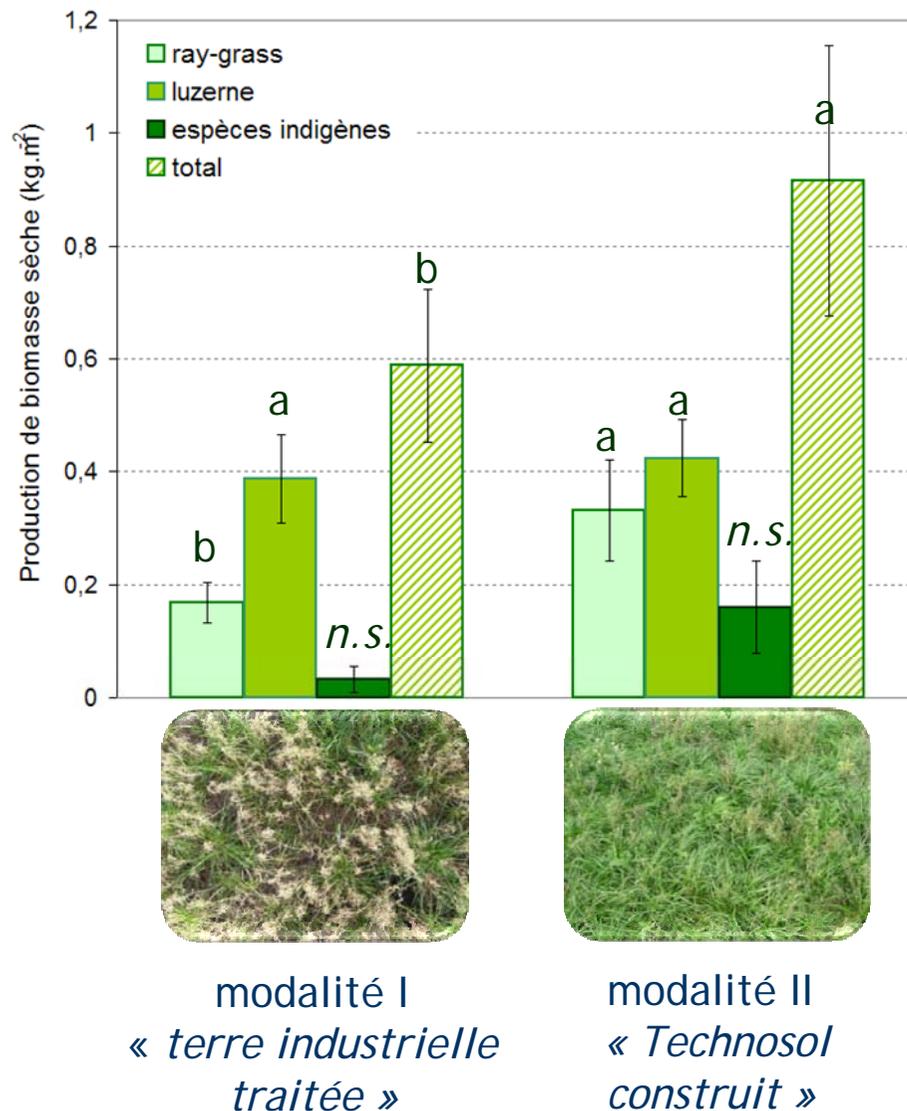
→ implication directe dans l'évolution des matières organiques

# Mésafaune : une colonisation centripète de la parcelle de Technosol par les collemboles

Abondance de collemboles hémi-hédaphiques

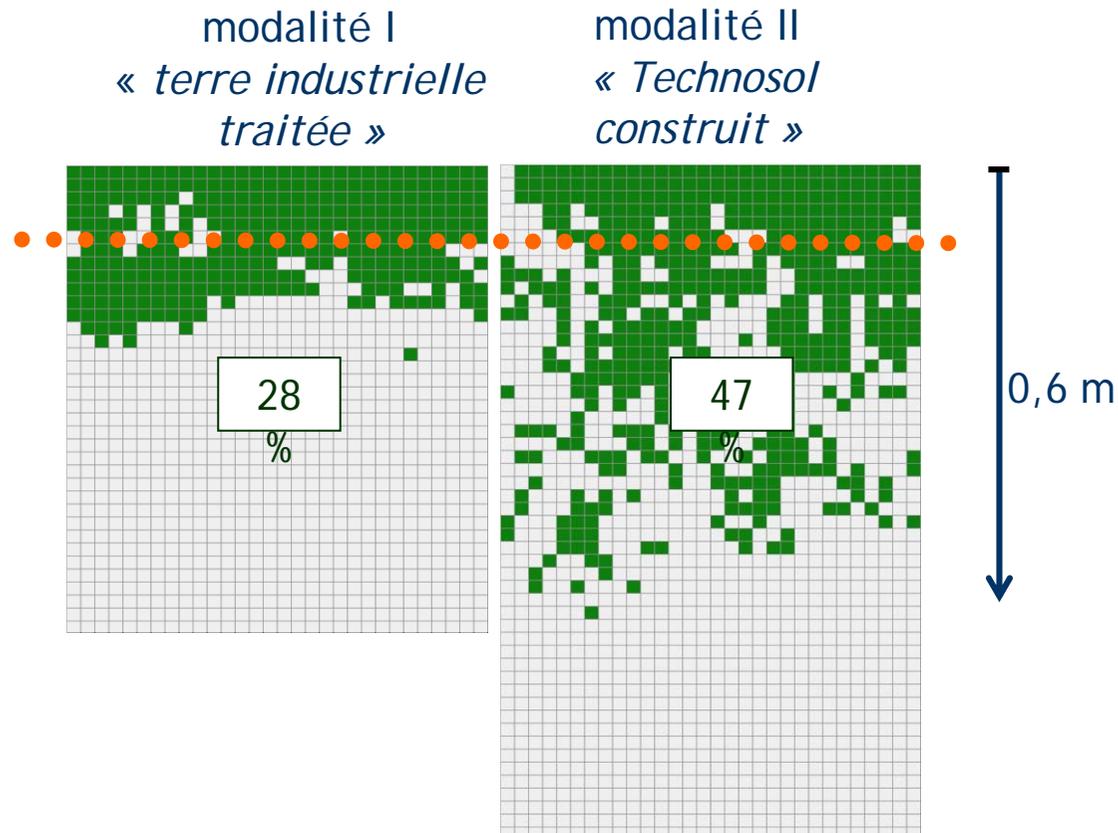


# Production de biomasse végétale



- germination et croissance de végétaux sur les sols construits
- différences entre les modalités
  - développement
  - densité
  - diversité
- production totale et diversité plus élevées sur sol construit que sur terre industrielle traitée → différence de fertilité physico-chimique

# Profils racinaires

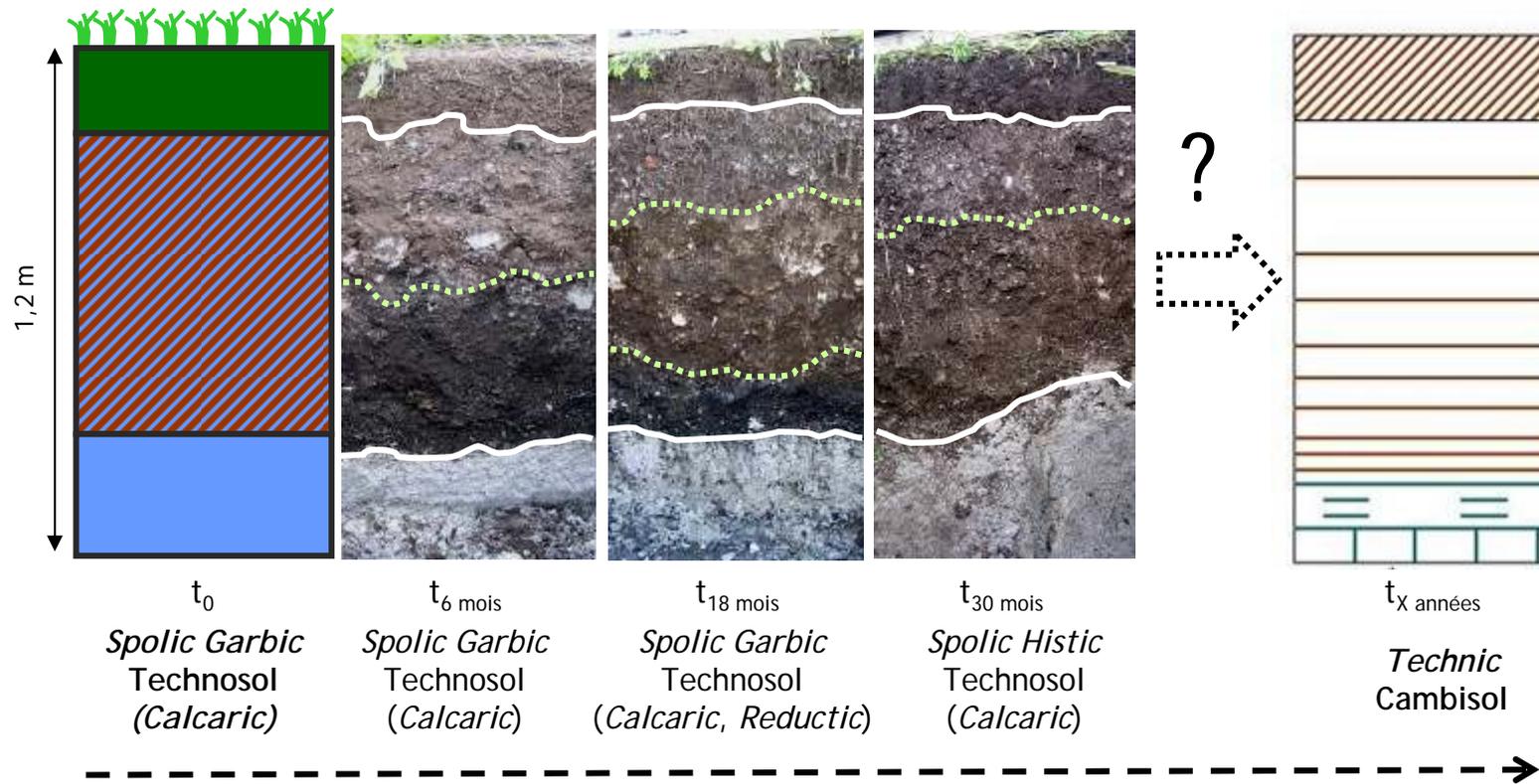


- forte densité racinaire au sein de l'horizon de compost
- exploration racinaire plus profonde et sur une plus grande surface dans la modalité II que dans la modalité I (différence de densité apparente)

# La parcelle de Technosol construit

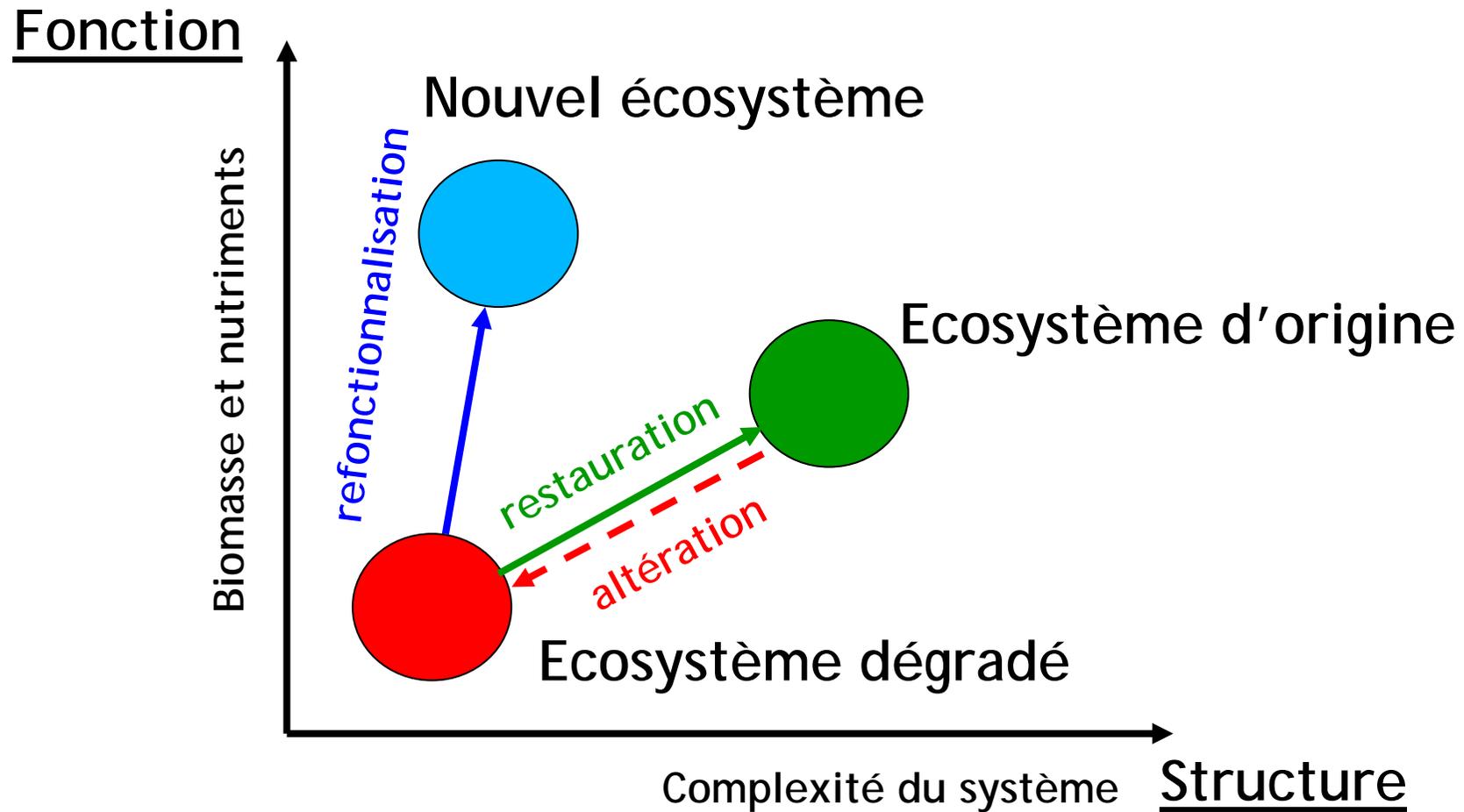
- un **modèle d'écosystème** unique, adapté à l'étude des **dynamiques de colonisation en milieu ouvert**
- des communautés animales initialement dominées par le substrat (**effet matériau**)
- une **diversification progressive** des communautés
- un « terrain de jeu » particulièrement favorable au **développement de modèles en écologie**
- un modèle pour des écosystèmes encore largement **ignorés** et **à valoriser**
- une problématique au cœur d'enjeux complexes et divers (*e.g.* urbanisation, déprise industrielle, bioénergies, gestion des pollutions)

# Scénario d'évolution pédogénétique



les sols construits sont rapidement capables  
d'assurer les mêmes fonctions de support de végétation  
et de biodiversité qu'un sol naturel

# Génie pédologique et refunctionalisation écologique



d'après Bradshaw, 1984 ; Décamps, 2002 ; Séré, 2007



Nancy-Université  
*Université Henri Poincaré*

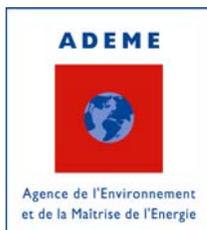


Institut de recherche  
pour le développement

PROGRAMME



GESSOL  
Fonctions  
environnementales  
& gestion du  
patrimoine sol



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie



[www.gisfi.fr](http://www.gisfi.fr)

