

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

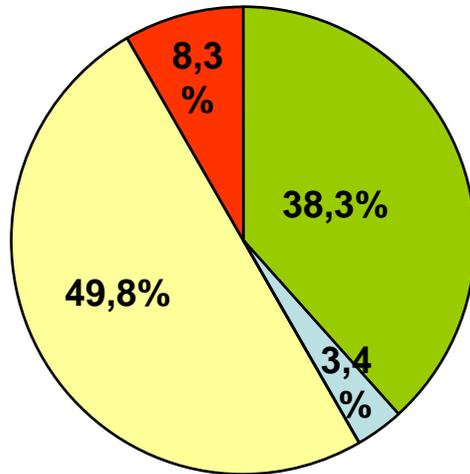
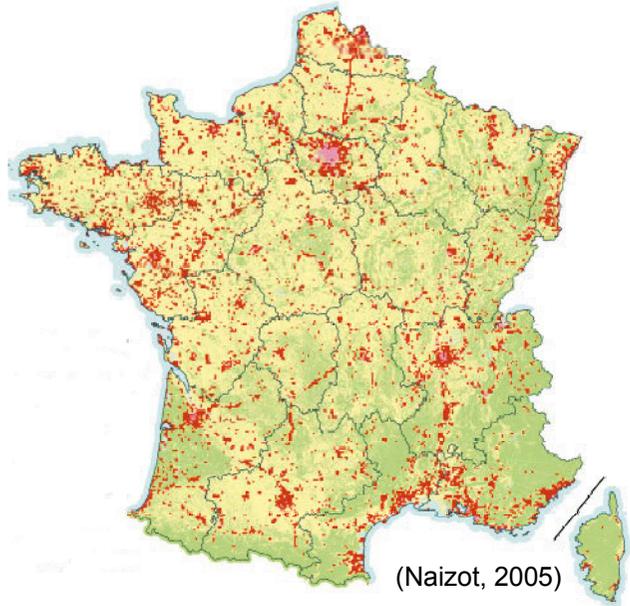
Laboratoire Sols et Environnement
54505 Vandœuvre-lès-Nancy



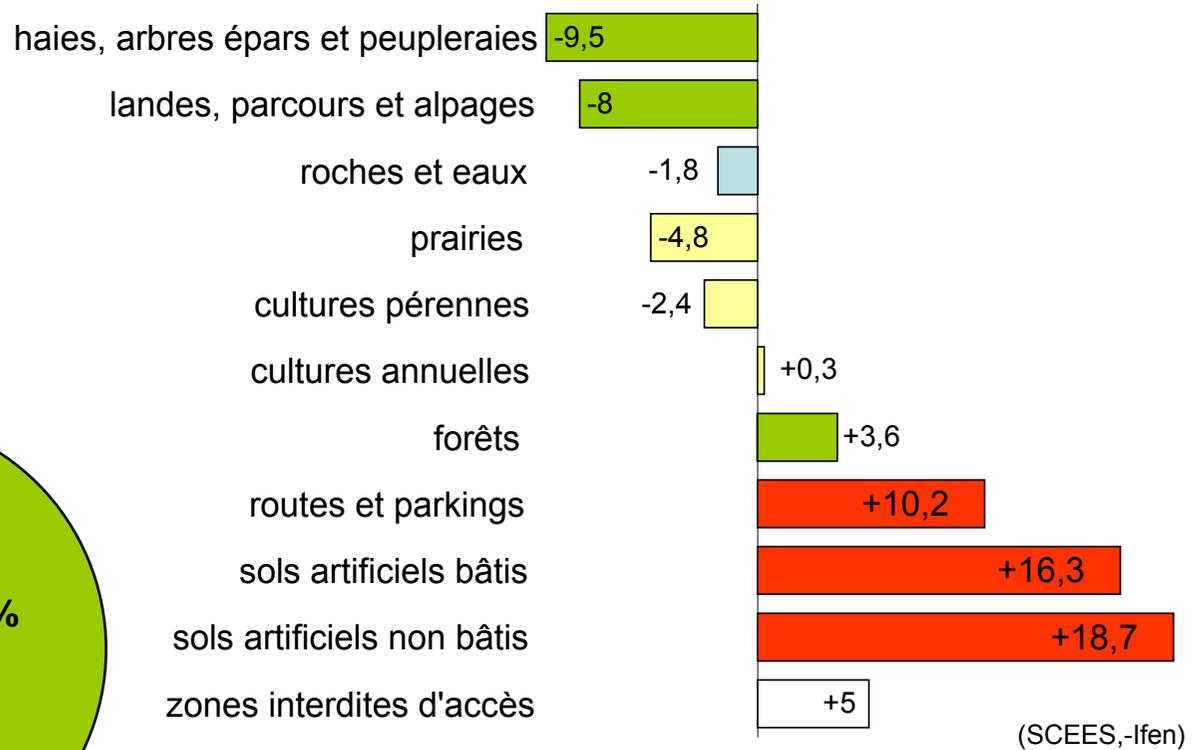
Nancy-Université
INPL



Artificialisation des sols en France

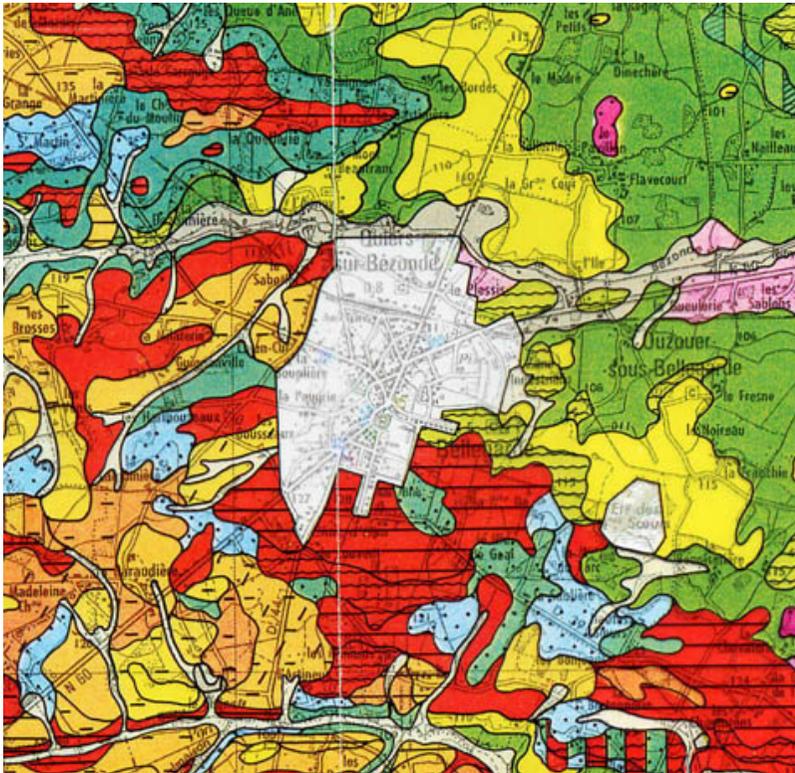


Variation relative de superficie entre 1994 et 2004



**enjeux agronomiques,
environnementaux et fonciers**

Les sols très anthropisés en milieu urbain : *terra incognita* ?



- quels sont ces sols ?
- quelles sont leurs propriétés agronomiques ?
- quelles sont leurs niveaux de pollution ?
- quelles sont leurs aptitudes à assurer des fonctions ?



sol
"naturel"
technic

matériaux
naturels
déplacés
>80 %

100%

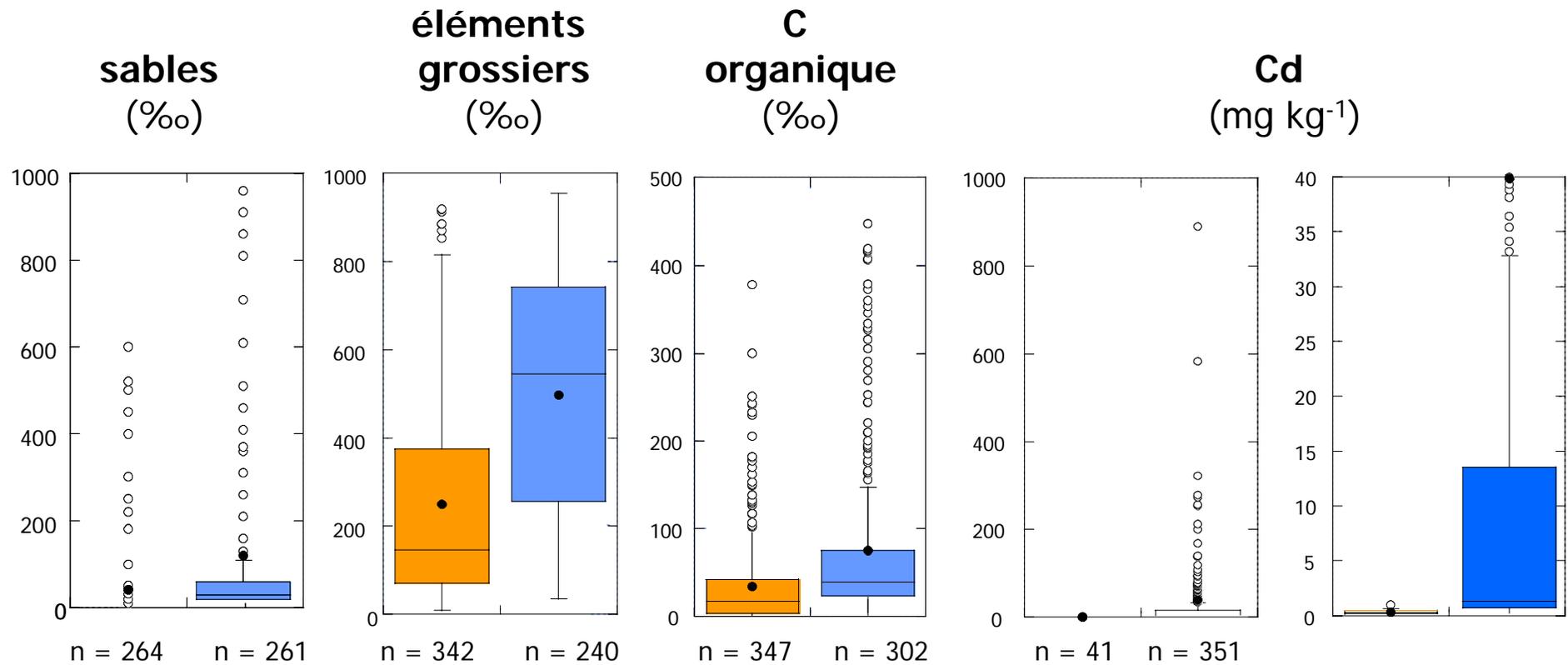
matériaux
technogéniques >20%

Technosols ou Anthrosols

100%



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

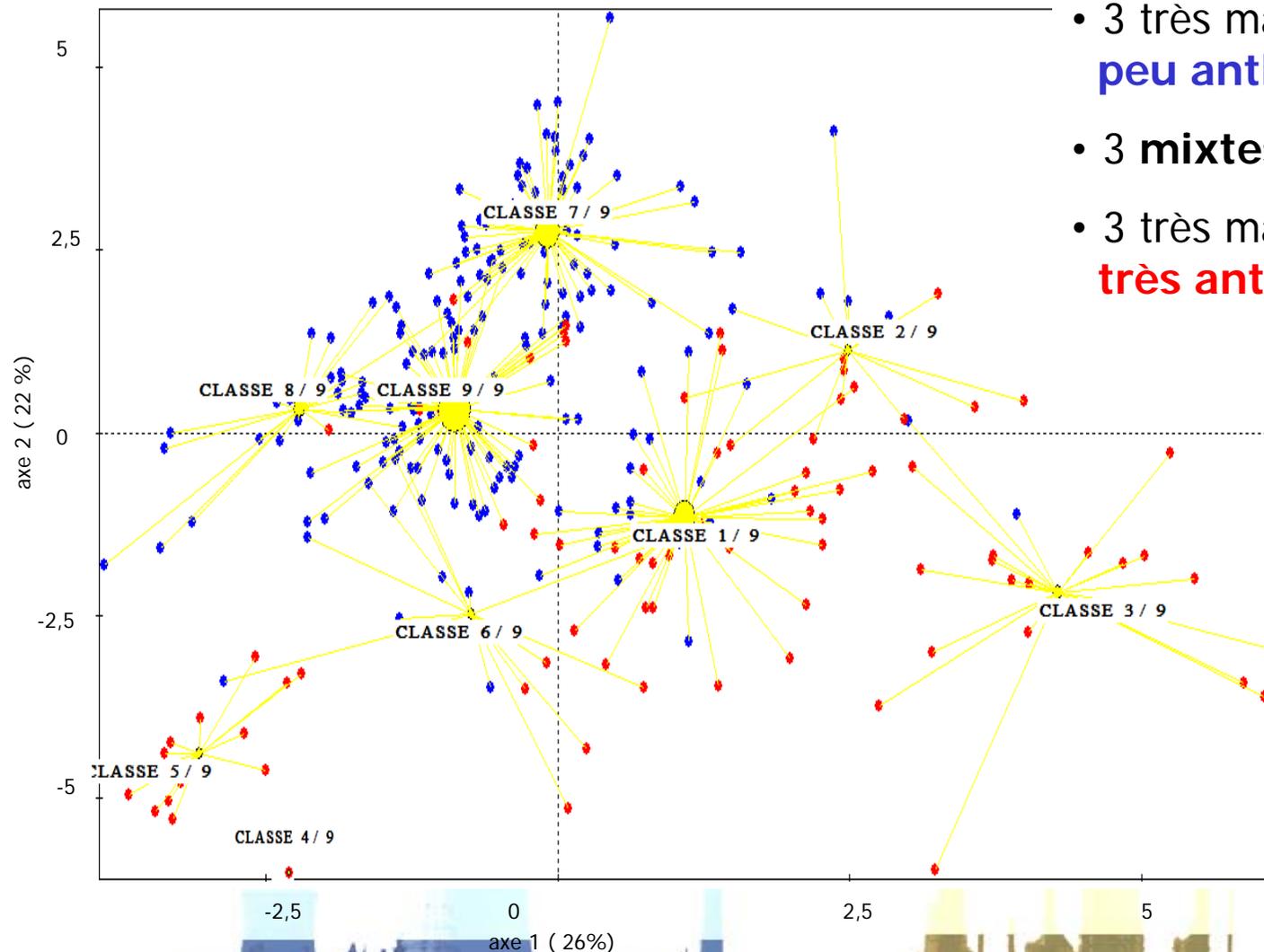


Thèse C. Lefort, 2009

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?

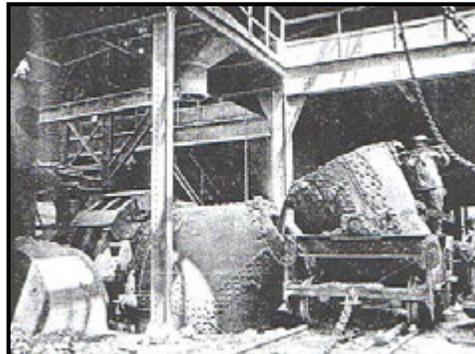
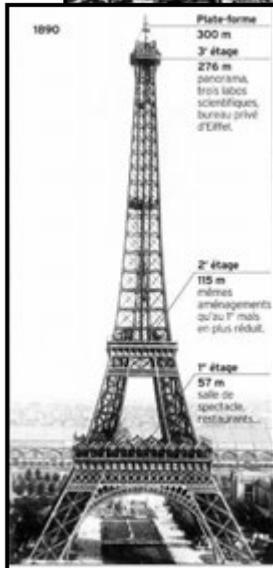
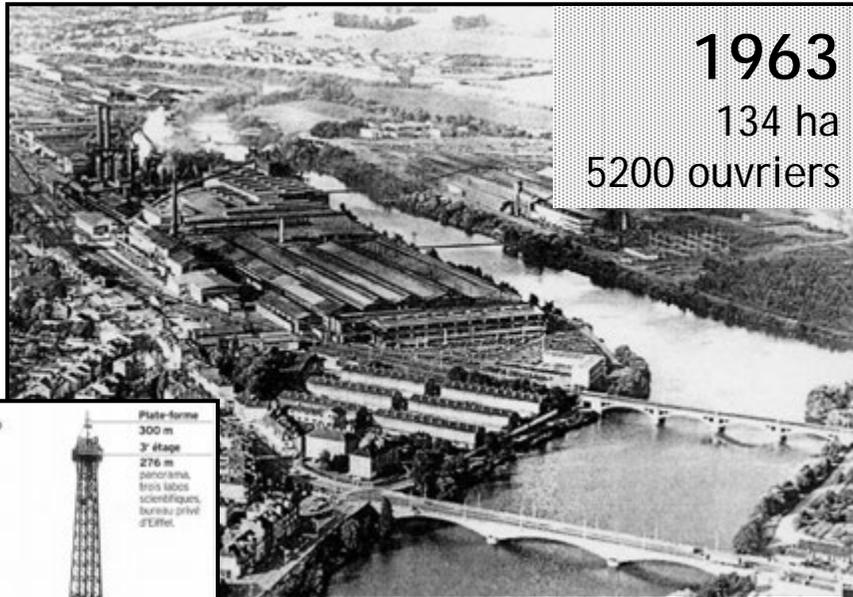


Un système forêt spontanée - sol très anthropisé constitué à 100% de *matériaux technogéniques*



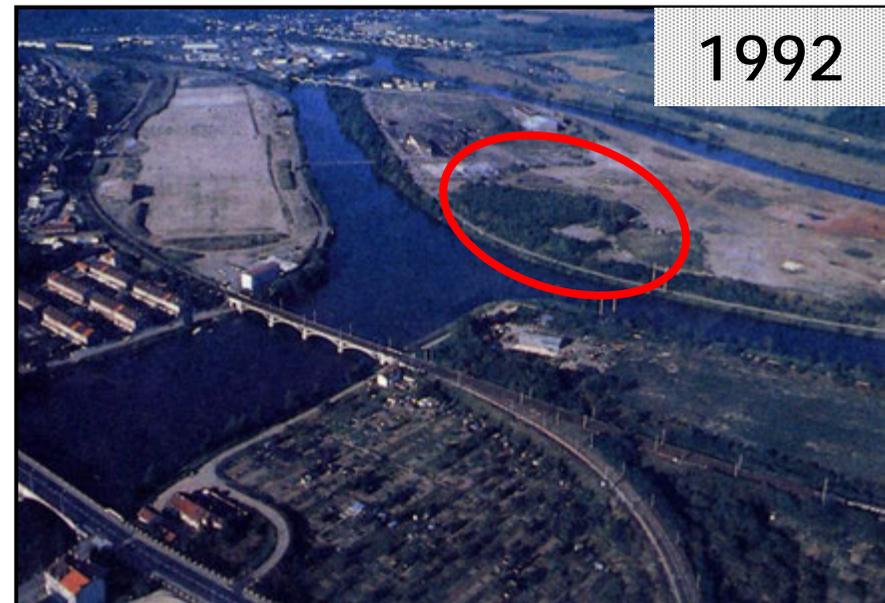
bassin de décantation (2 ha) : accumulation de déchets sidérurgiques

Région Lorraine
charbon, acier, textile



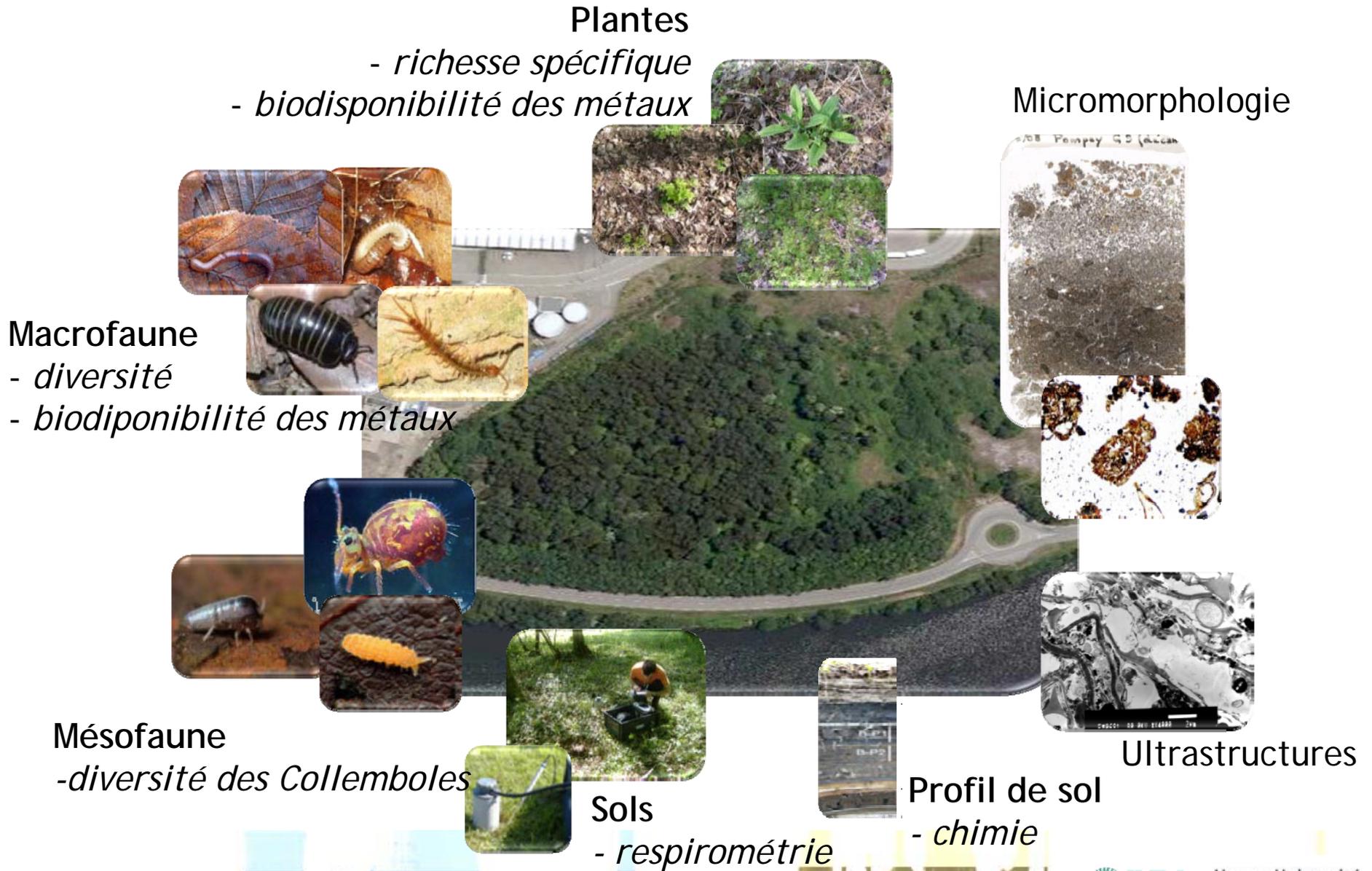
Un passé industriel marqué

une résilience est-elle possible ?



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

Une approche multidisciplinaire



Qualité des sols

Agronomie

g/kg	C org	N t	C/N	pH	MO	CaCO ₃	P ₂ O ₅
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

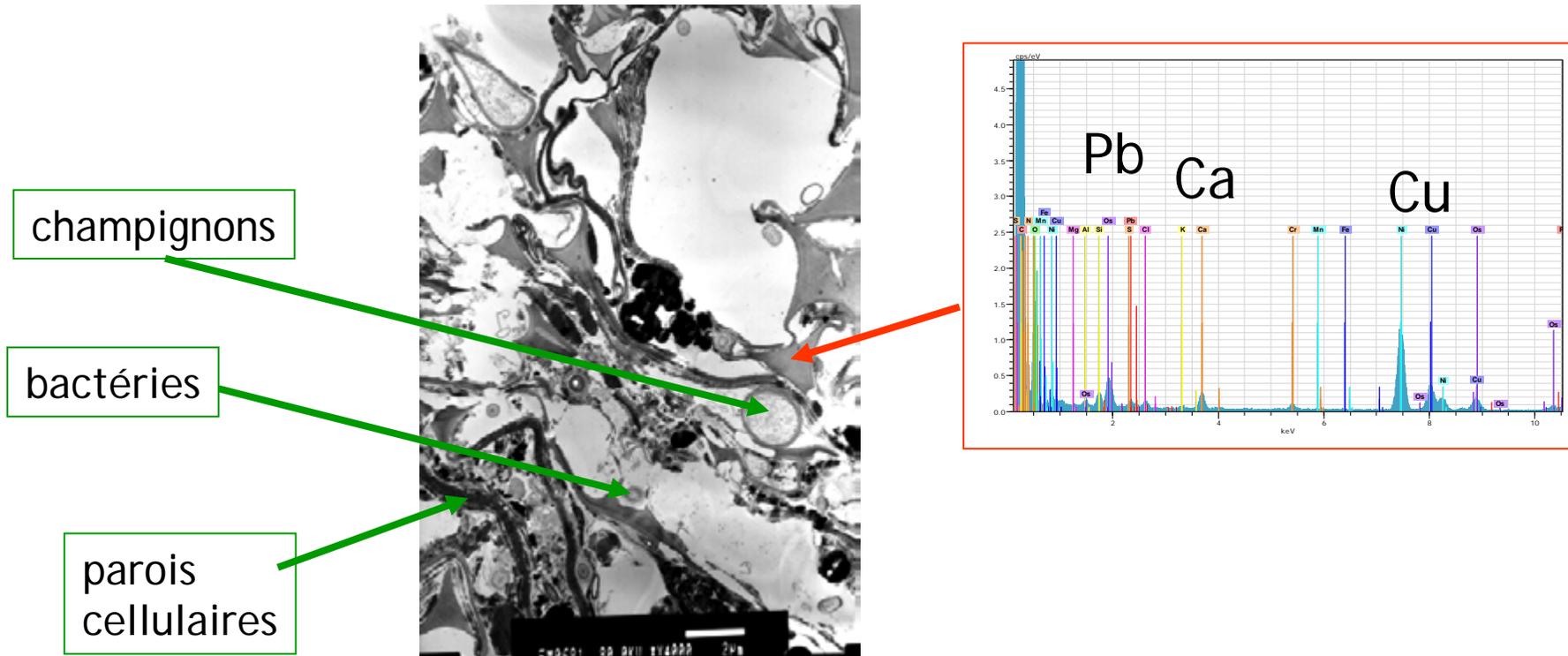


Elements en traces

%	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

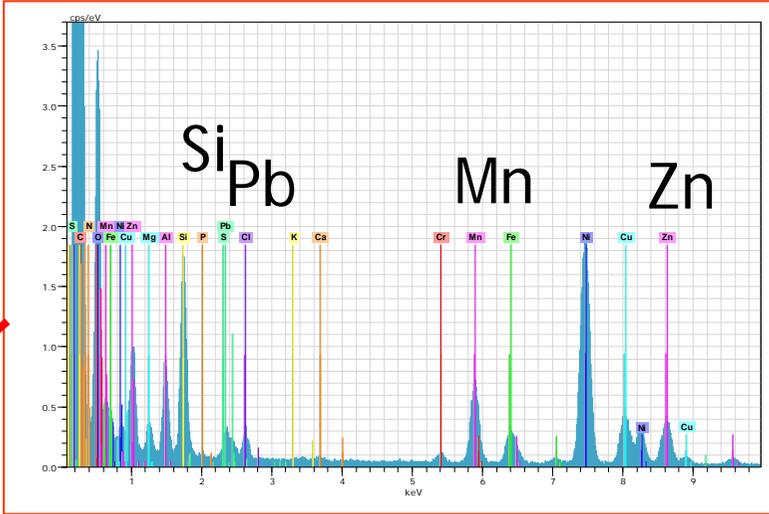
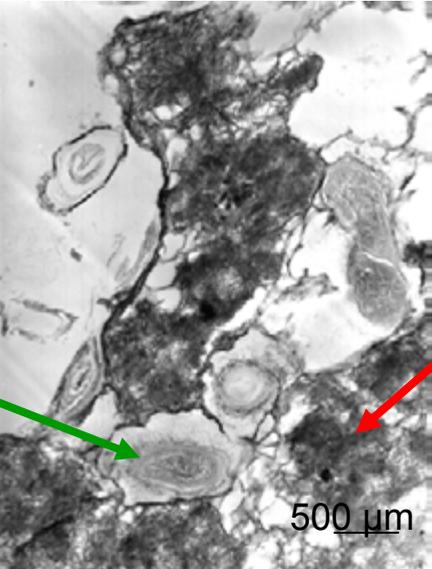
Ultrastructures : fraction 2-20 μm (horizon organo-minéral)



associations matières organiques / Pb et Cu

Ultrastructures : fraction 2-20 μm (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

	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
substances humiques	+++	+++	++	+	+
oxydes de Fe	+	+	++	+++	+++
oxydes de Mn		++		+++	
argiles	++		++		+++

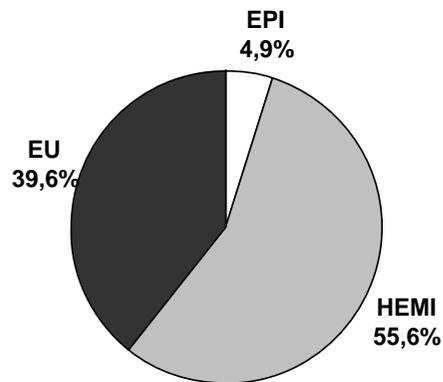
+++ fortement adsorbé

++ moyennement adsorbé

+ faiblement adsorbé

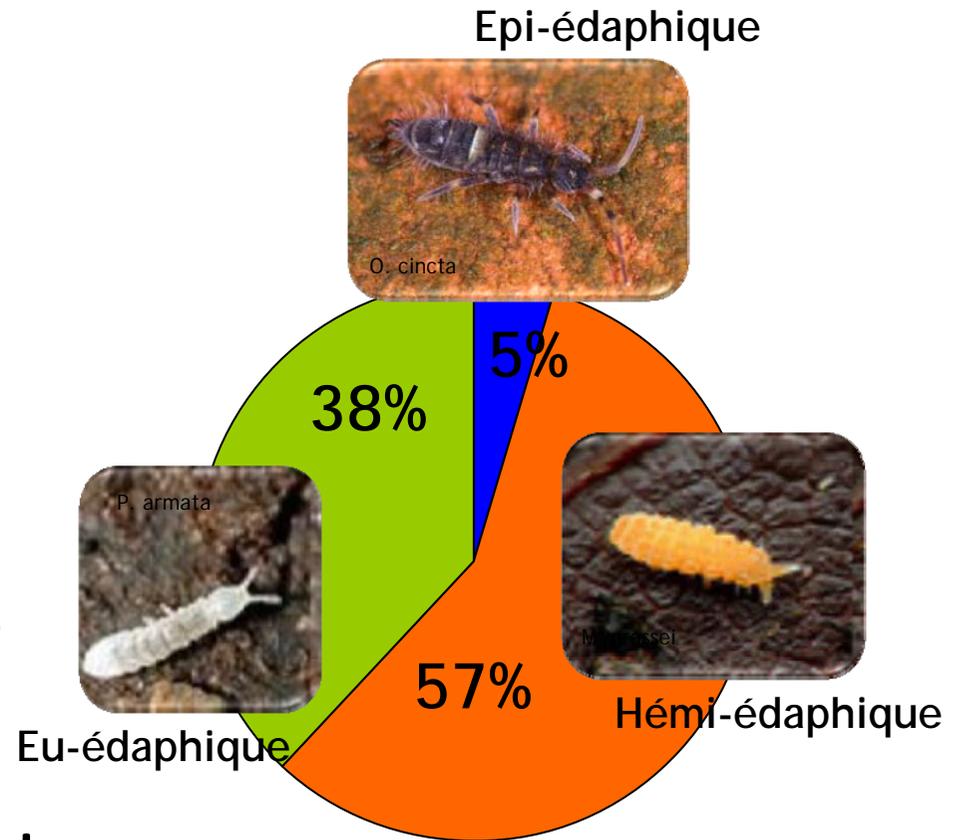
➔ limitation de la biodisponibilité

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⁻¹ 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

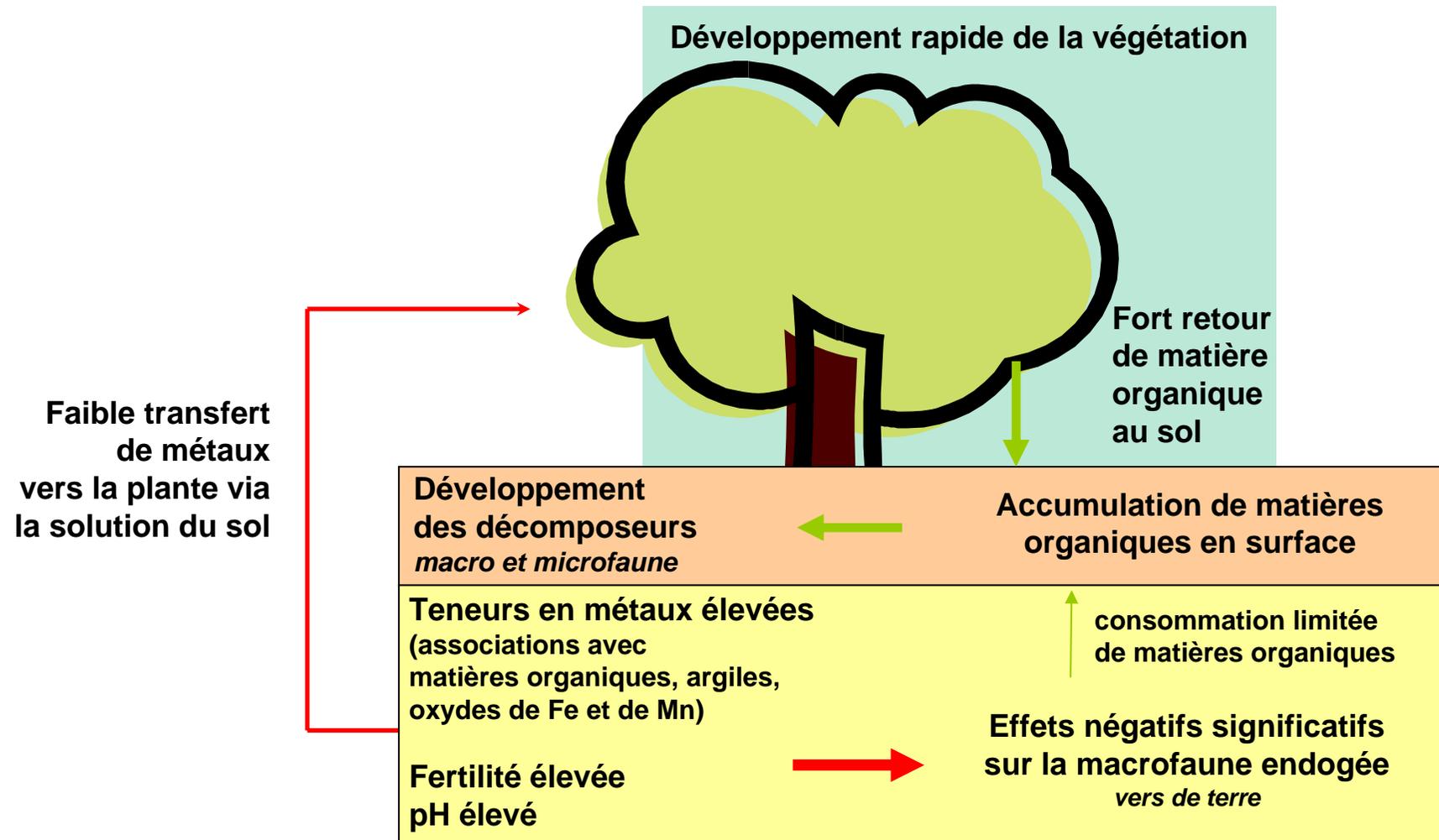
100 à 400



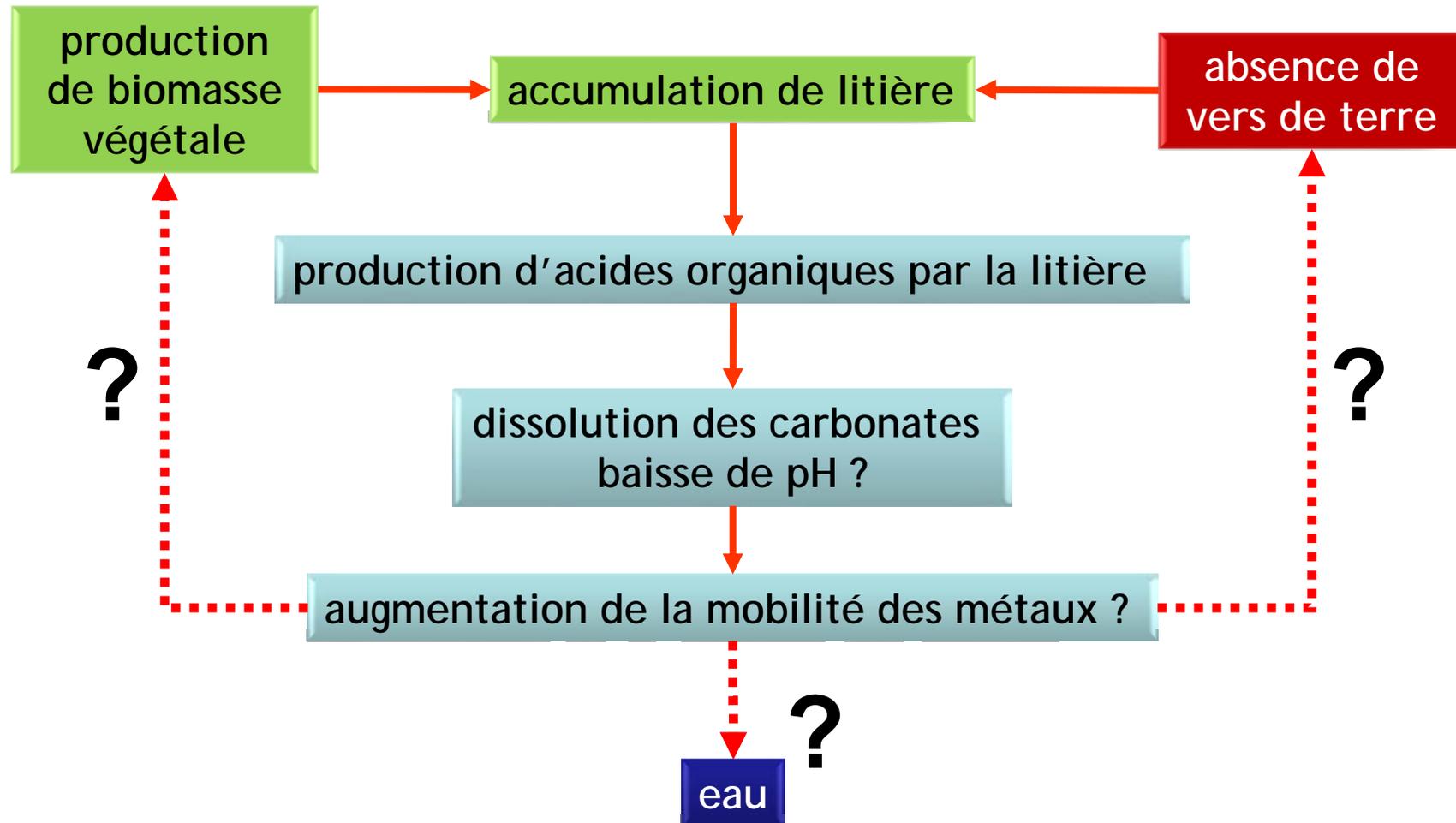
- pour 5 espèces sur 49 observées sur le site au moins 2 métaux > limite de toxicité
- pour *Hedera helix* 3 métaux > limite de toxicité
- espèces hypertolérantes
- pas de plantes hyperaccumulatrices

Modèle de biofonctionnement du bassin de décantation

synthèse des travaux du LSE



Evolution du système ?



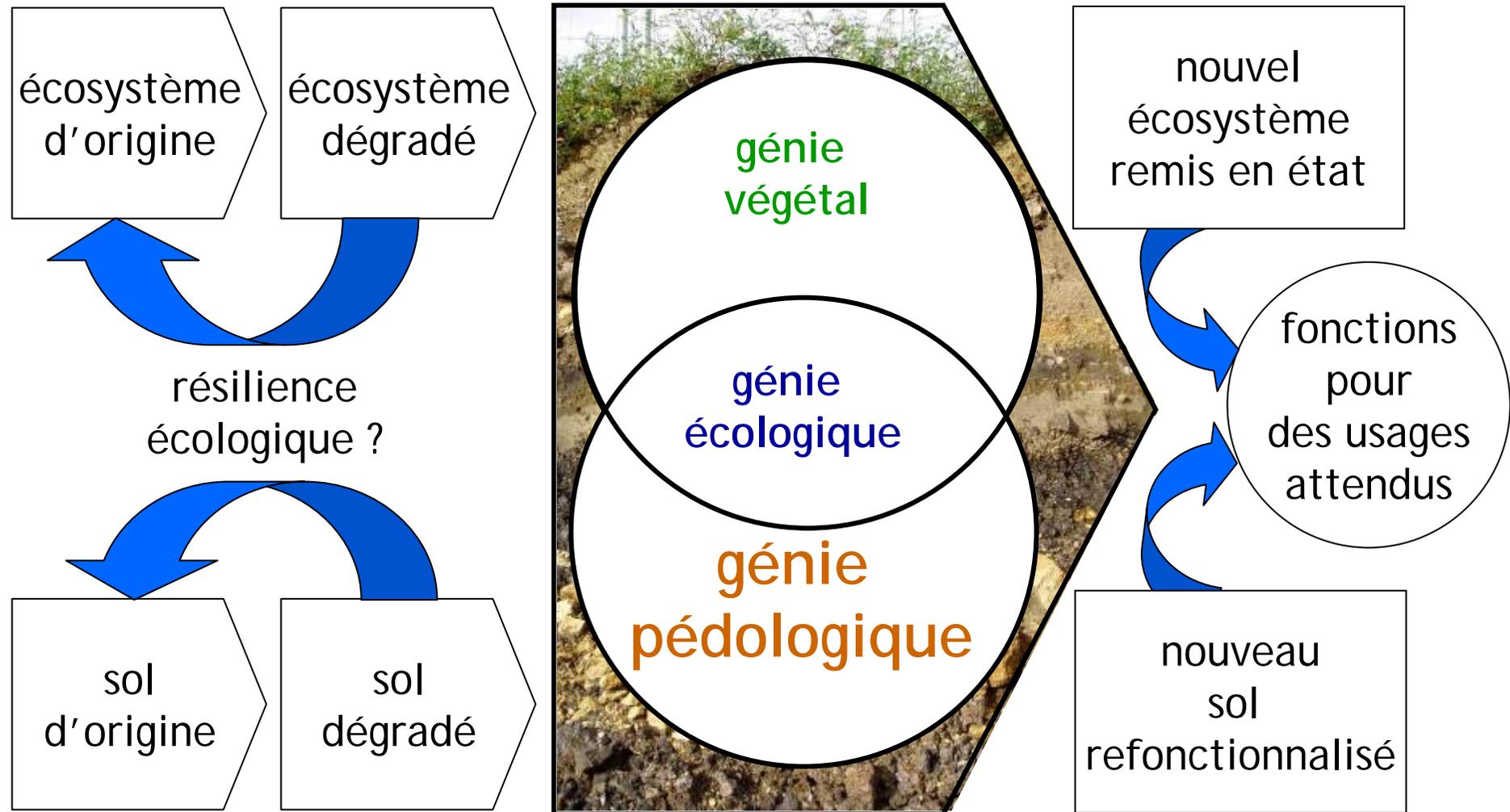
Risque de mobilisation des métaux à long terme ?
Effet sur le biofonctionnement ?

Des enjeux de restauration de sites dégradés



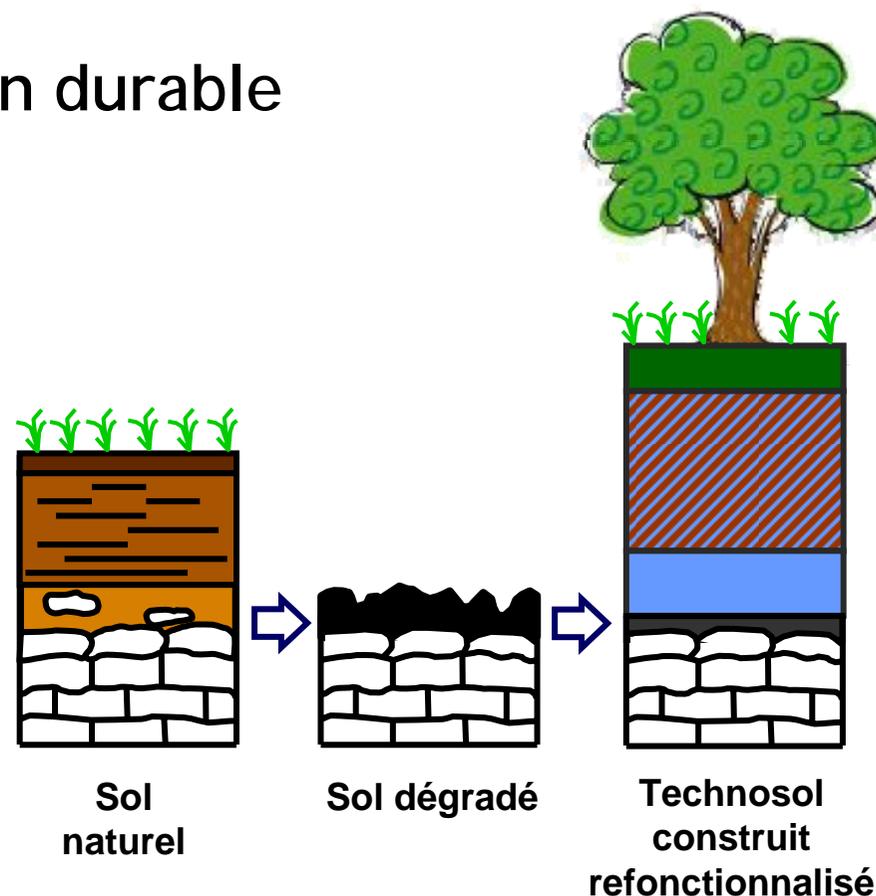
Le génie pédologique

un concept neuf, des besoins d'acquisition de connaissances



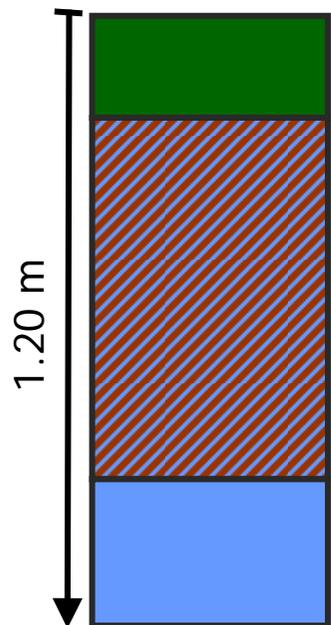
Génie pédologique et construction de sol

- 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)*

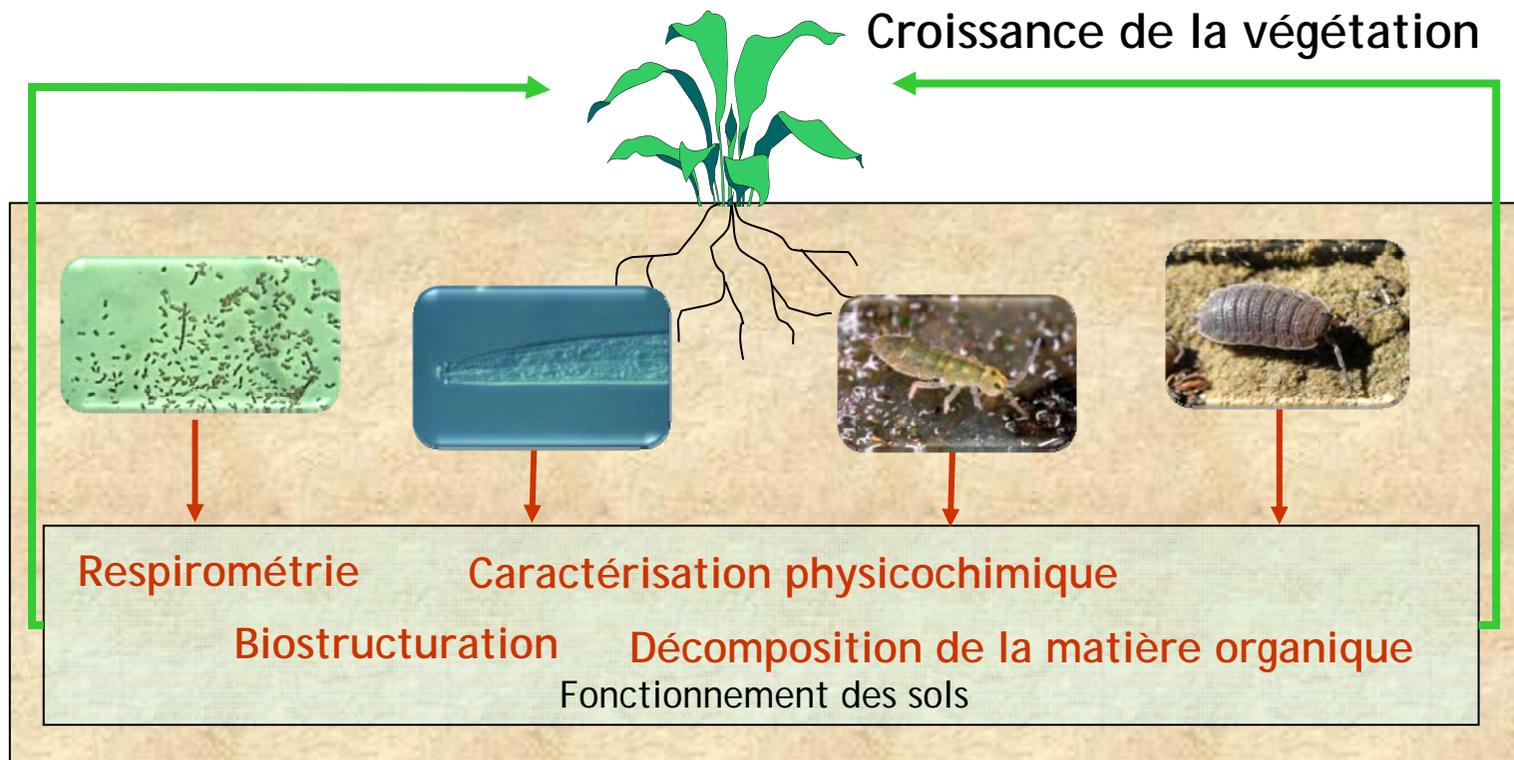
 **sous-produit papetier (P)**
*(sous-produit d'épuration
 du recyclage du papier)*

 **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

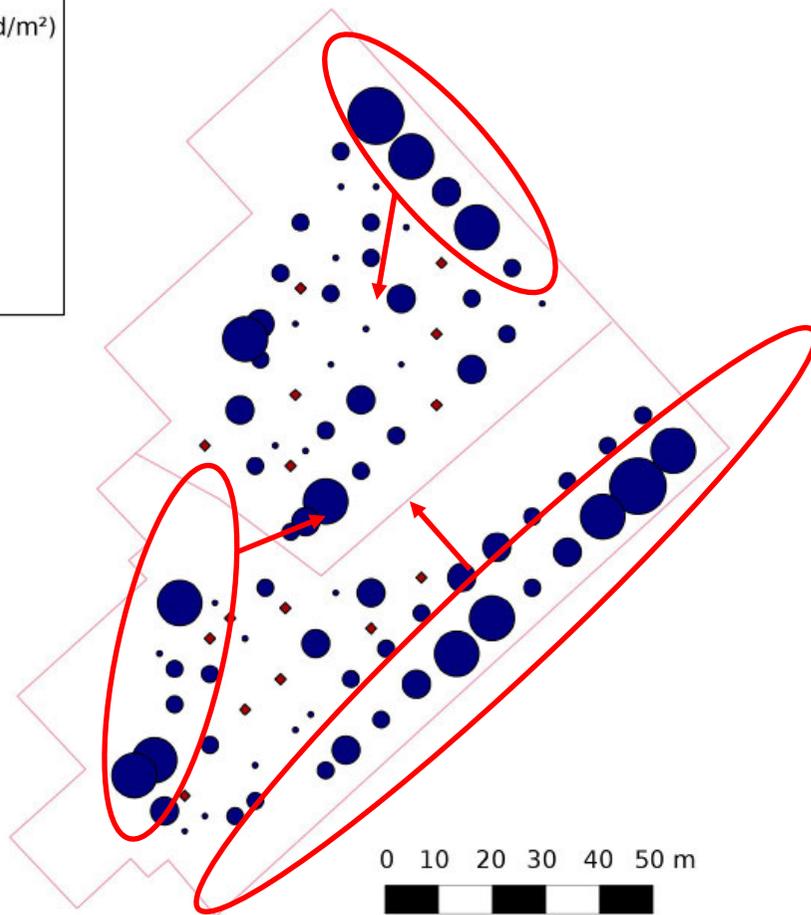
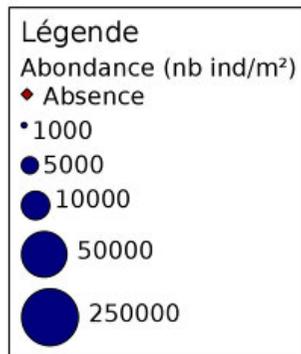


→ implications pour la croissance de la végétation

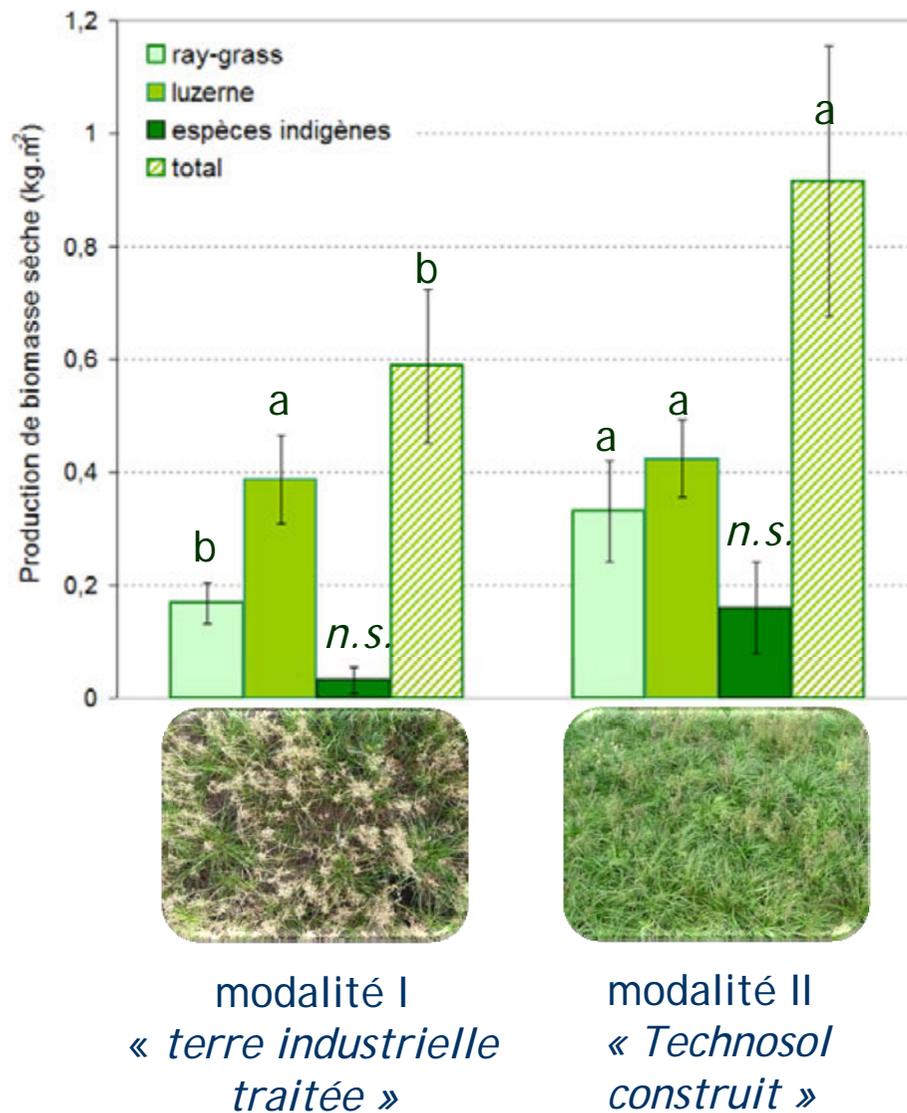
→ implication directe dans l'évolution des matières organiques

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

Abondance de collemboles hémi-hédaphiques

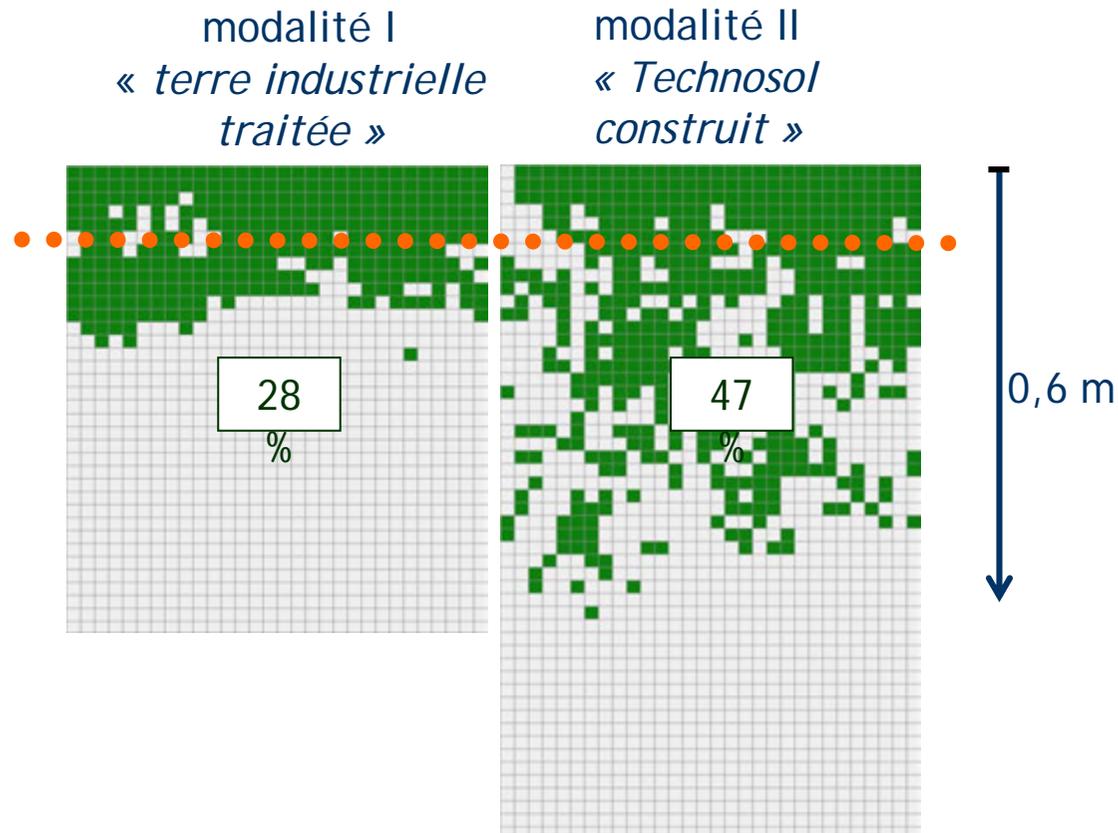


Production de biomasse végétale



- 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

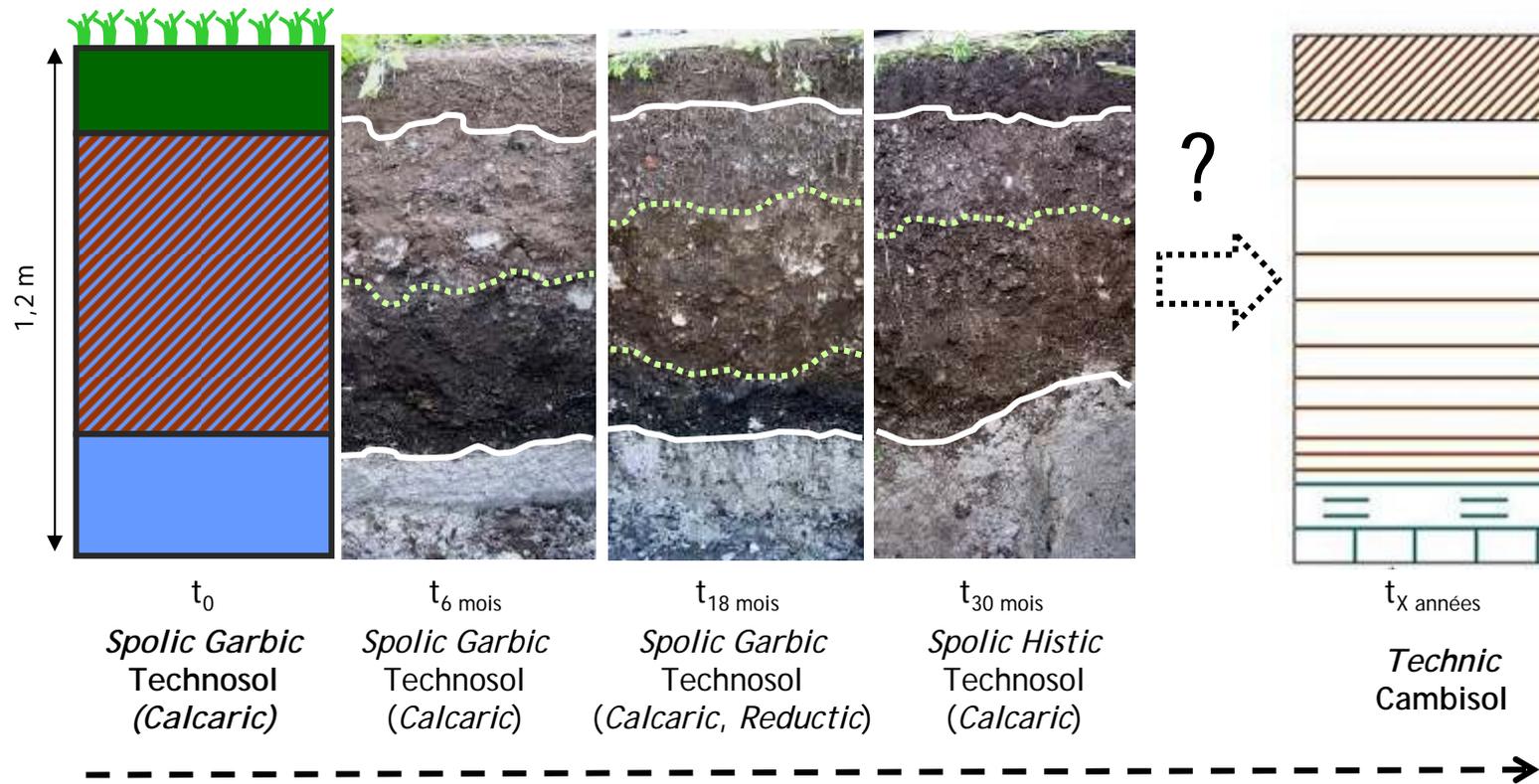


- forte densité racinaire au sein de l'horizon de compost
- exploration racinaire plus profonde et sur une plus grande surface dans la modalité II que dans la modalité I (différence de densité apparente)

La parcelle de Technosol construit

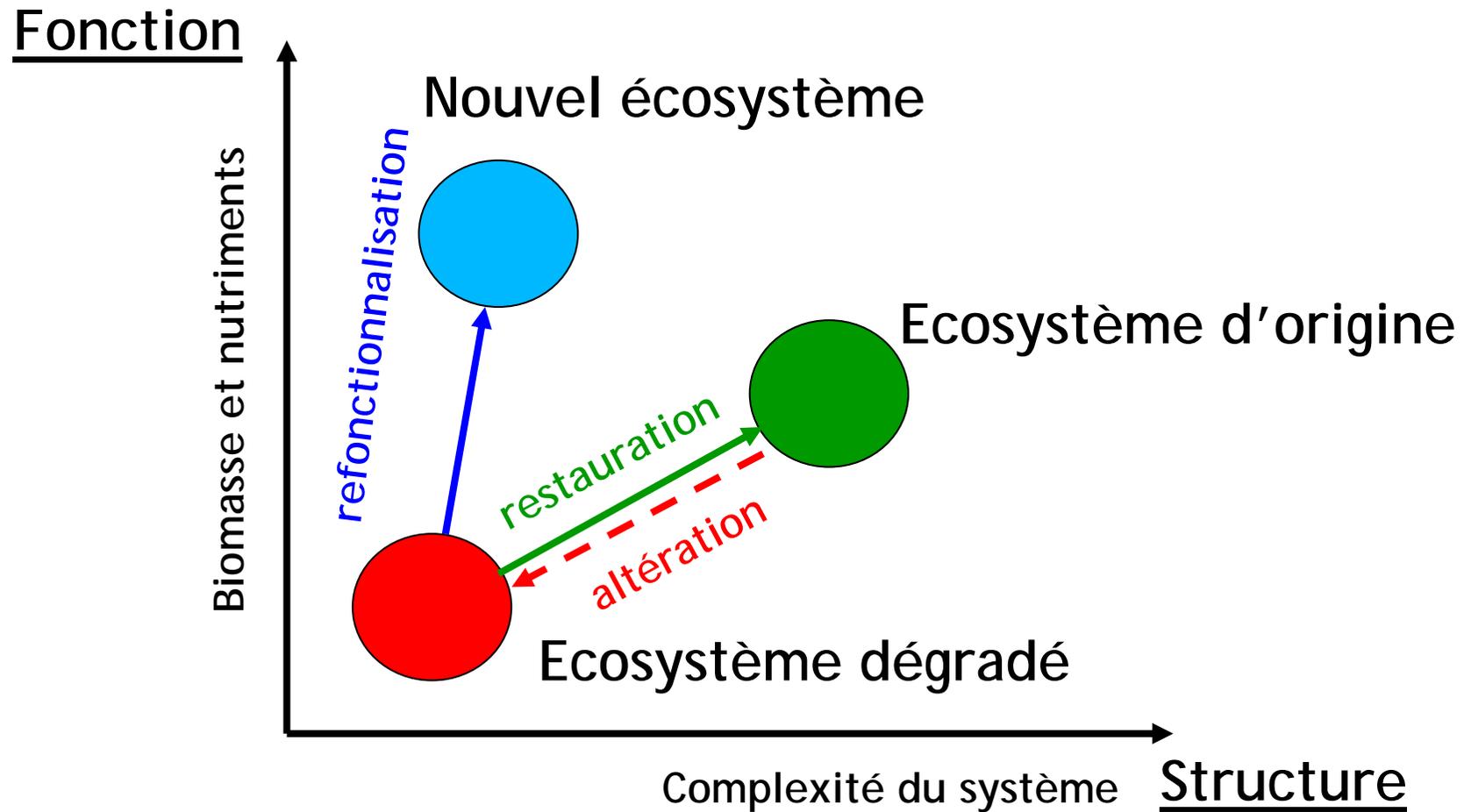
- un **modèle d'écosystème** unique, adapté à l'étude des **dynamiques de colonisation en milieu ouvert**
- des communautés animales initialement dominées par le substrat (**effet matériau**)
- une **diversification progressive** des communautés
- un « terrain de jeu » particulièrement favorable au **développement 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

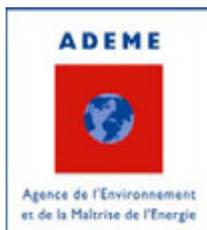


Institut de recherche
pour le développement

PROGRAMME



GESSOL
Fonctions
environnementales
& gestion du
patrimoine sol



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



www.gisfi.fr

