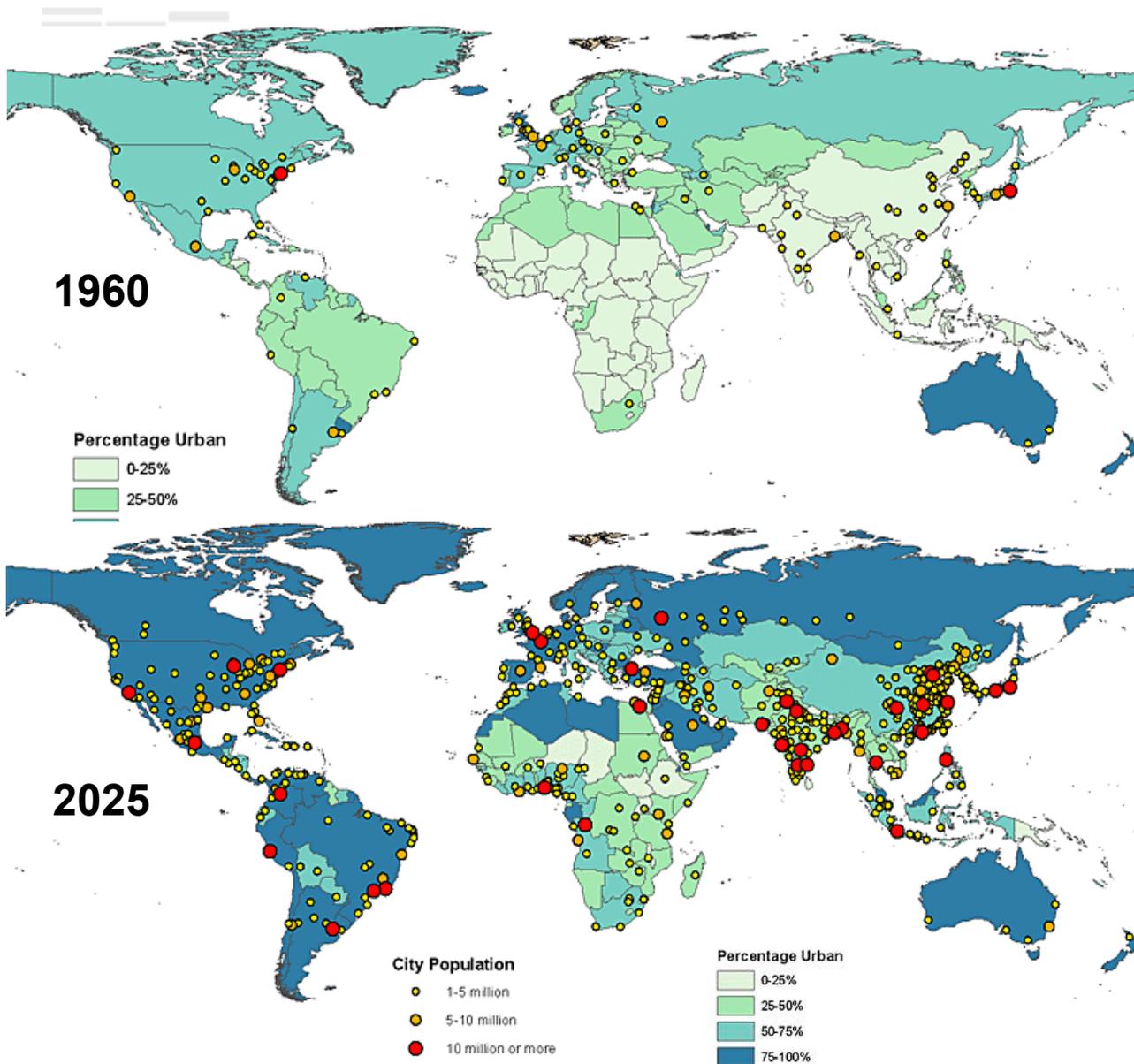


Croissance urbaine et sols



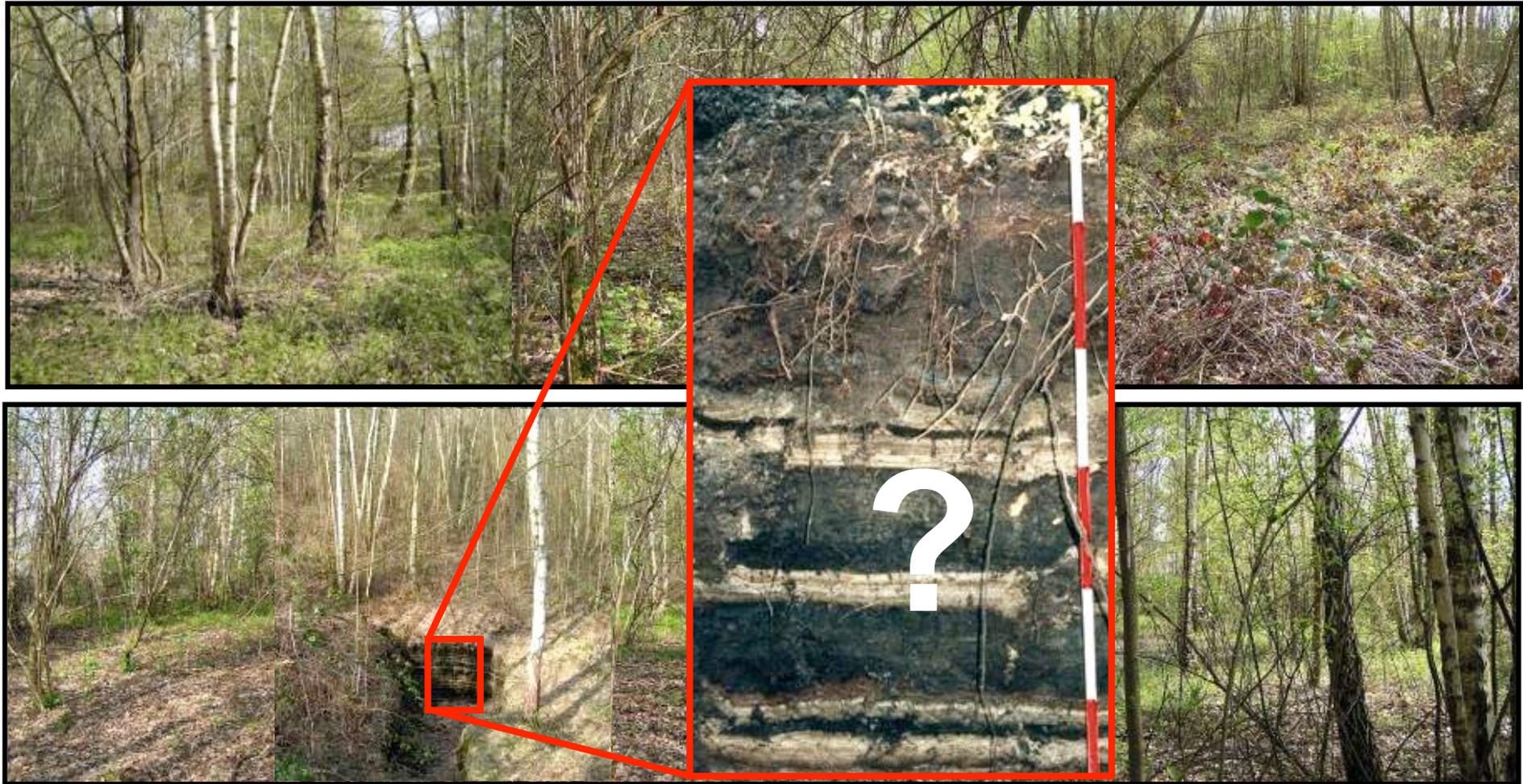
Taux d'urbanisation et villes de plus d'un million d'habitants

- ✓ 50% de la population mondiale dans les villes, 70% en 2050
- ✓ "Cities can foster sustainability, especially when urban planning integrates environmental considerations"
Human Development Report, UN 2011
- ✓ des attentes en termes de villes durables, résilientes, adaptées aux changements globaux, sûres, auto-suffisantes,...
- ✓ **quelles caractéristiques des sols urbains ?**
- ✓ **quelle aptitude des sols urbains à rendre des services ?**
- ✓ **quelles implications en aménagement urbain ?**

Une forêt naturelle ? Un sol forestier ?



Une forêt naturelle ? Un sol forestier ?



un système forêt spontanée – sol très anthropisé

100% matériaux technogéniques

Les sols au cœur du métabolisme urbain

- **agriculture urbaine**
 - maraîchage, jardinage, toits et murs végétalisés
 - infrastructures vertes : parcs, trames vertes, arbres d'alignement
- **cycle de l'eau**
 - hydrologie urbaine, infiltration de l'eau
 - transport et atténuation des polluants
- **qualité de l'air, émissions de GES, climat local**
- **biodiversité**
 - faune, flore, microfaune
- **transport, habitat, activités socio-économiques**
- **santé humaine et stabilité sociale**
 - polluants, relations sociales (e.g. jardinage)
- **paysage**
- **mémoire**

→ La ville de demain doit être multifonctionnelle, verte, durable, nourricière (auto-suffisante), adaptée aux changements globaux et locaux



*Les paysages urbains
et péri-urbains :
des écosystèmes
et des services
rendus à l'Homme*



service de support



service
d'approvisionnement



service culturel

10 m

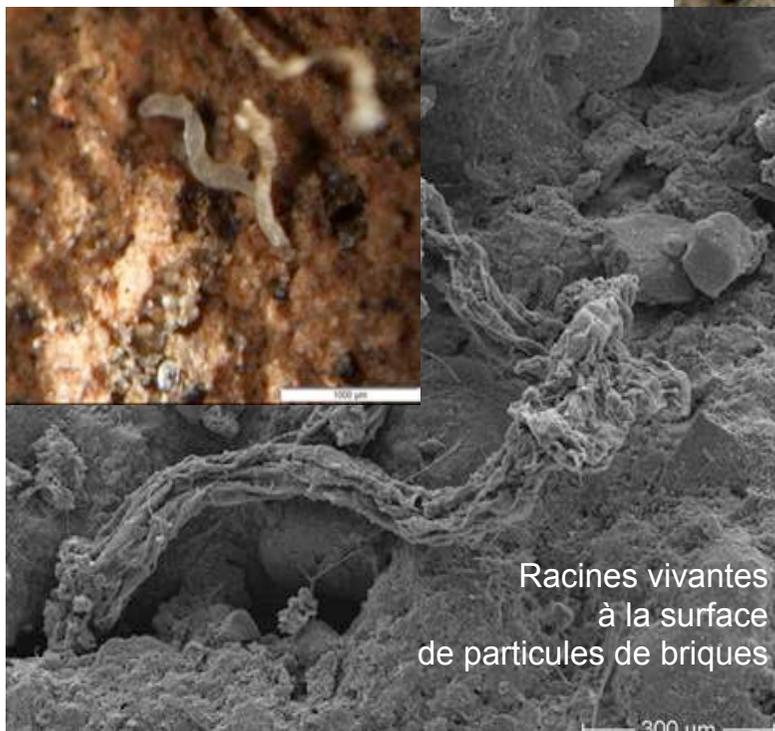


service de régulation

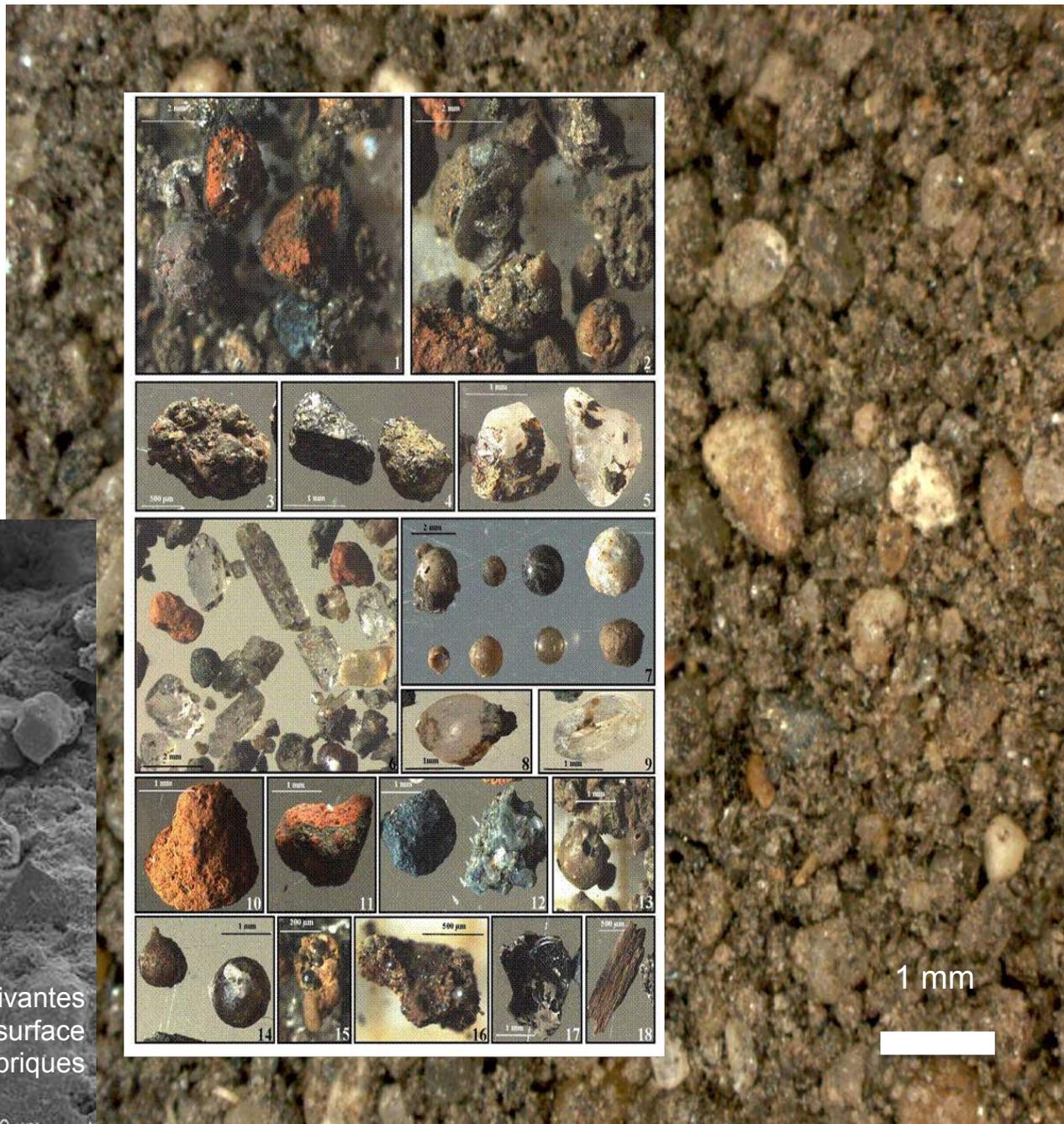
*Compartiment
essentiel
des écosystèmes
urbains :
le profil de sol
et ses horizons,
un volume vivant...*

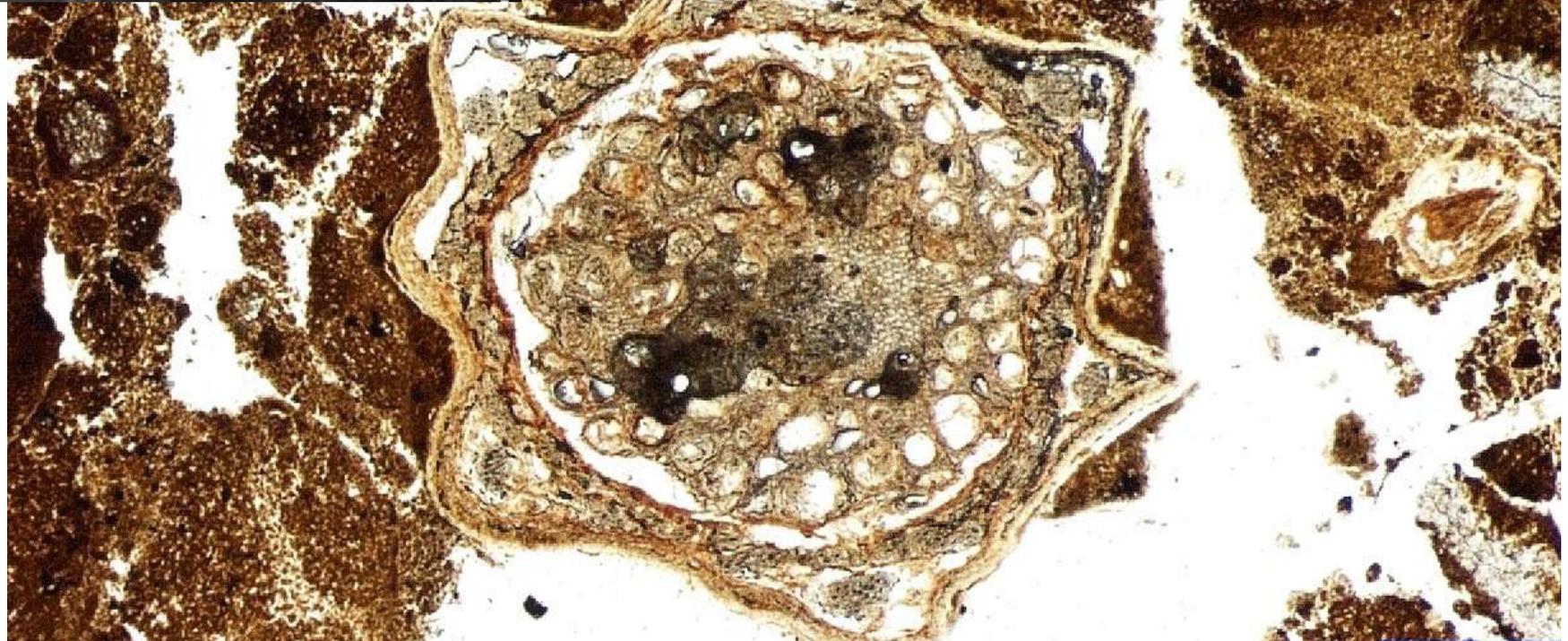
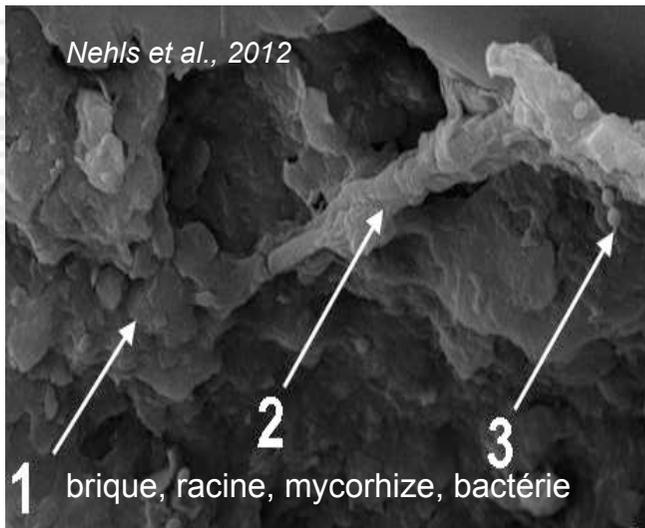


*La terre
et ses particules
organo-minérales
naturelles
et issues
des activités
humaines :
sources de fertilité
et de contamination*



Racines vivantes
à la surface
de particules de briques





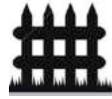
Les agrégats : assemblages élémentaires constitués de particules minérales, de ciments organiques et de vides... sièges du fonctionnement des sols

pH des terres de surface françaises

n=2450



a



b



c



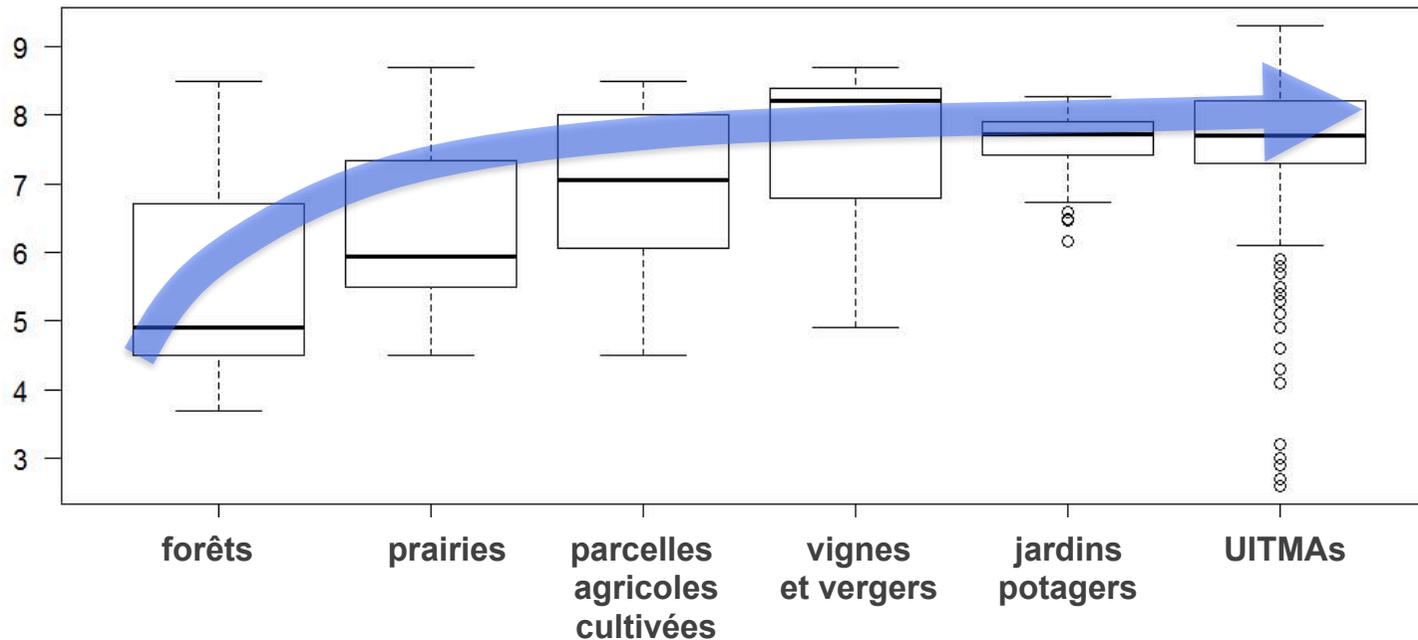
d



e



ed

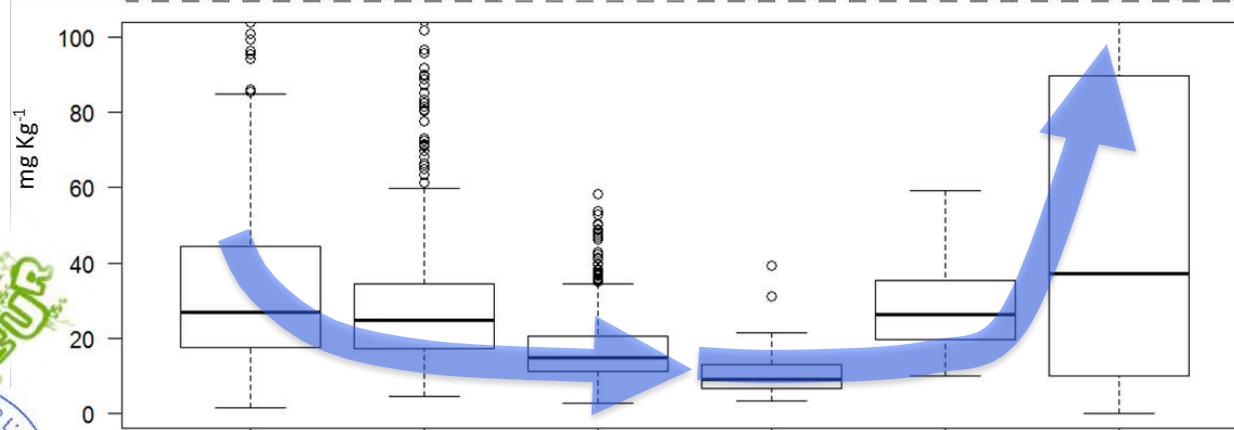
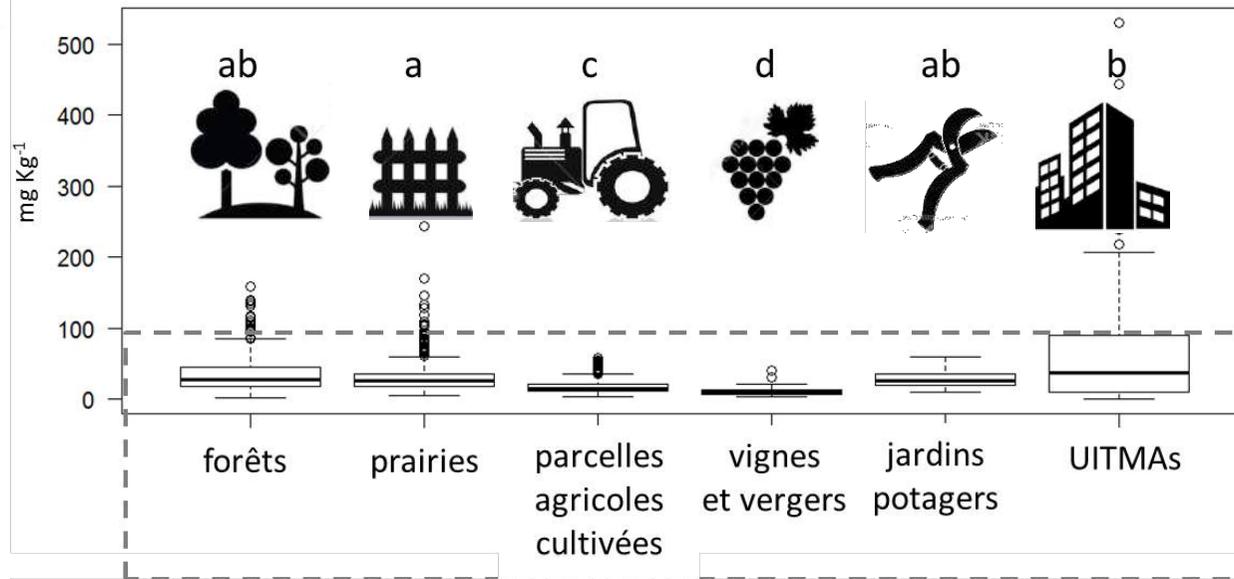


- **acidification** des sols forestiers
- **alcalinisation** le long du gradient d'anthropisation
- valeurs extrêmes pour les **SUITMA**
- gestion des sols cultivés : **optimisation** pour la croissance végétale



C organique des terres de surface françaises

n=2450



- teneurs les plus élevées en **sols forestiers** et en **SUITMA**

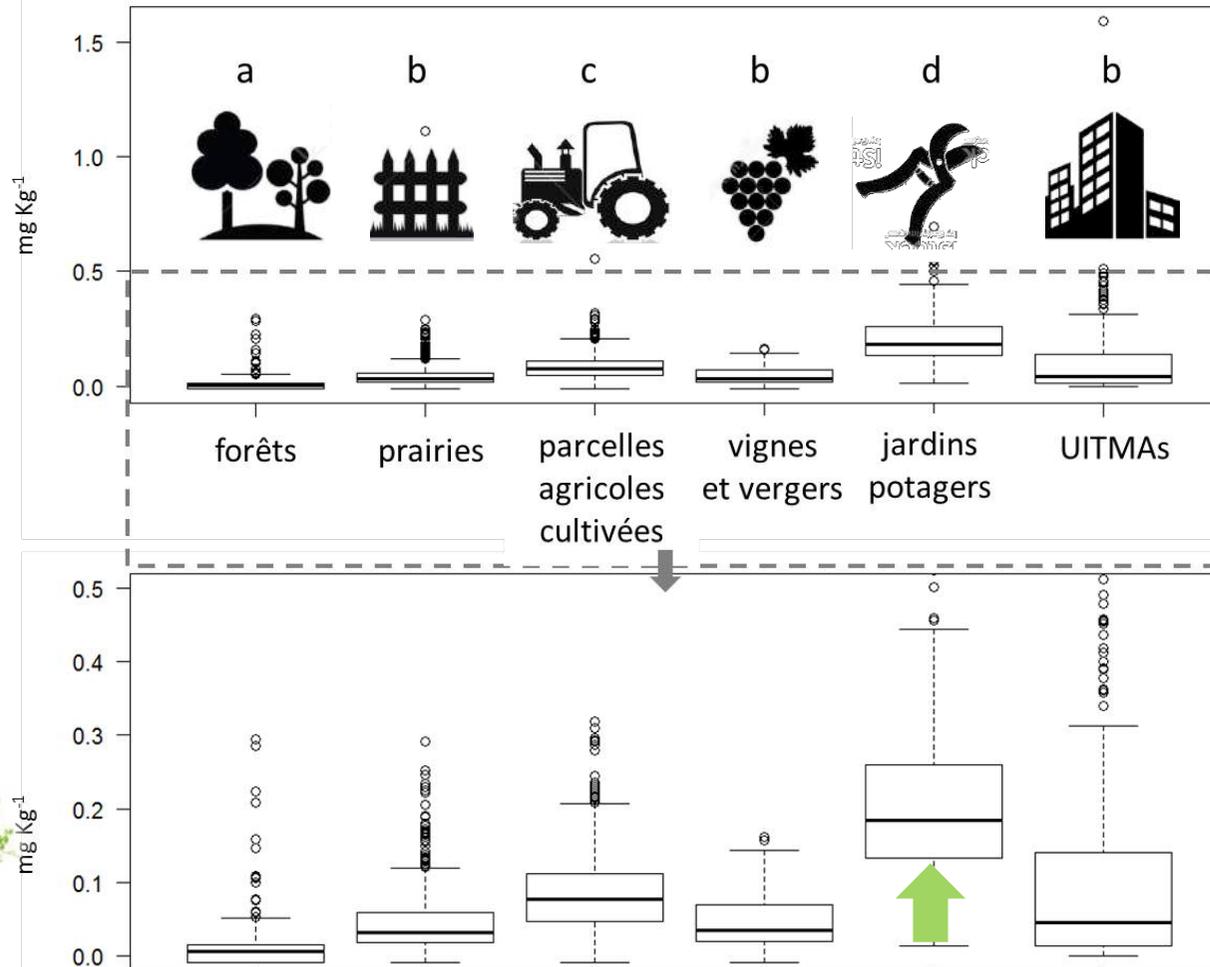
- implications en termes de **stockage de C ?**
(thèse A Cambou)

Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas - SUITMA



P assimilable des terres de surface françaises

n=2450

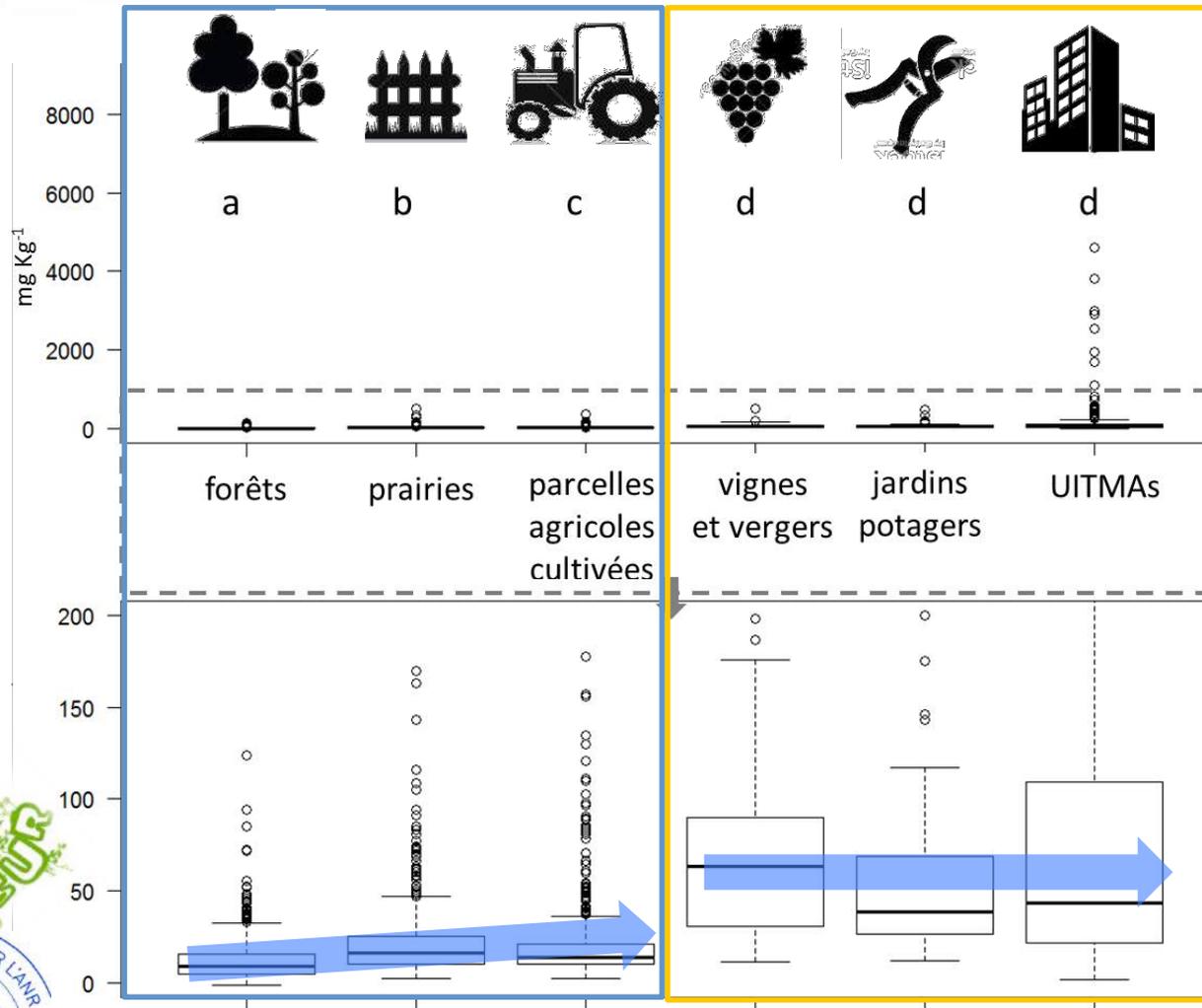


- gestion de la fertilité des terres agricoles
- excès de P dans les sols de jardins urbains
- valeurs extrêmes en SUITMA



Cu total des terres de surface françaises

n=2450

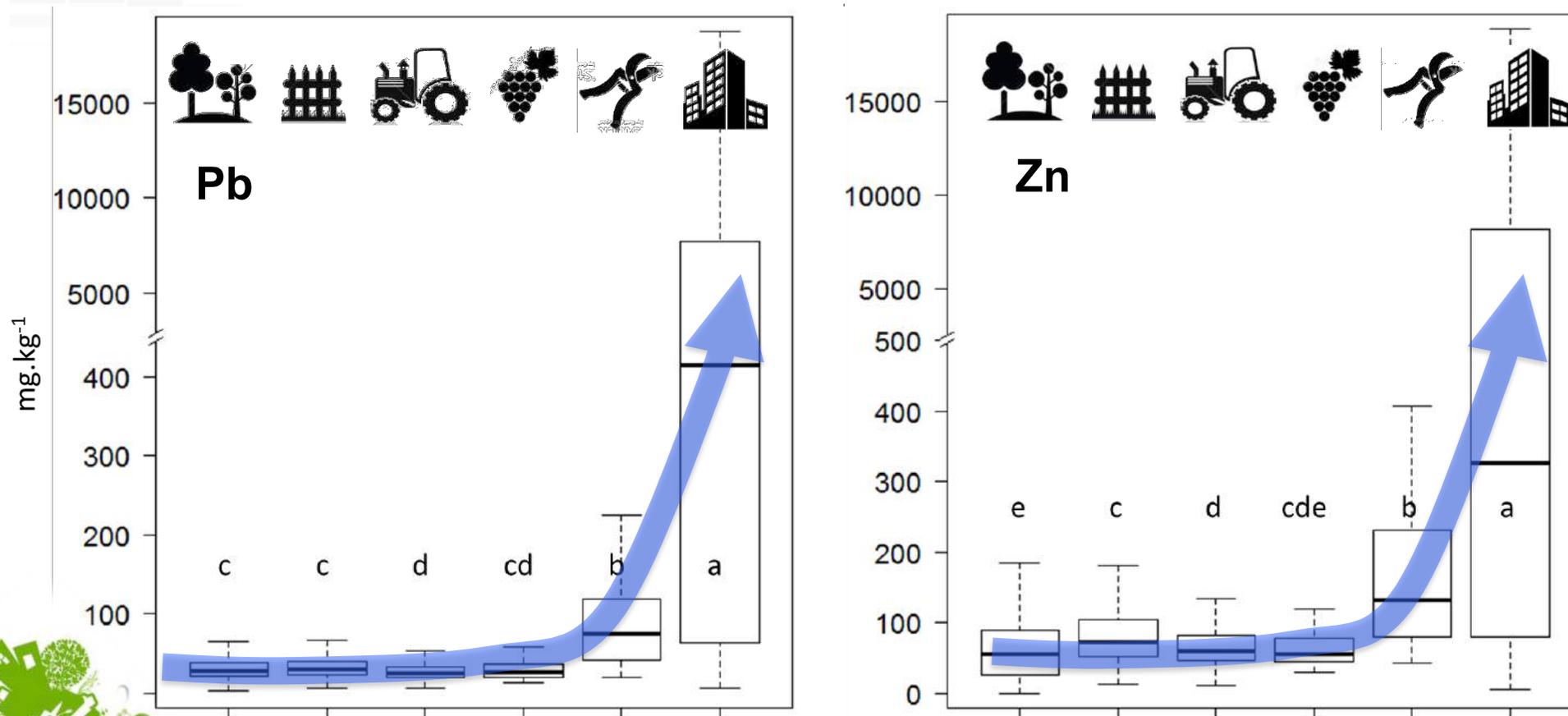


- deux groupes contrastés d'usages des sols
- pratiques intensives dans les jardins collectifs urbains
- contaminations urbaines et industrielles



Pb et Zn totaux des terres de surface françaises

n=2450



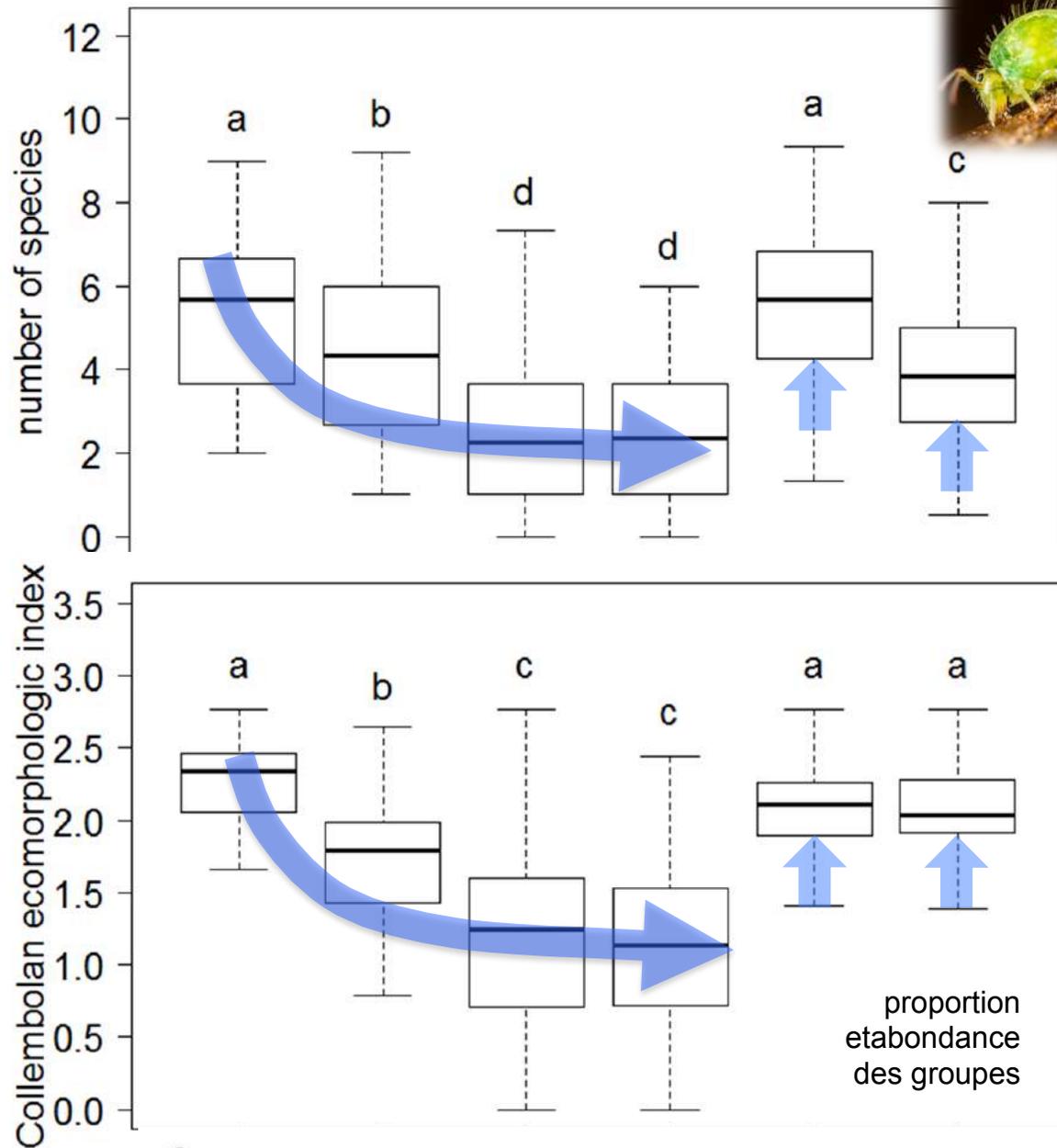
- gradient de contamination le long des usages
- augmentation des concentrations en Pb et Zn dans les sols urbains (de jardins)
- enjeux de gestion des sols en milieux (péri)urbains et industriels

Variabilité de la biodiversité des microarthropodes dans les terres de surface en fonction des usages

n=3096

- les sols de jardins et les SUITMA réservoirs de biodiversité
- forte variété de microhabitats sur une surface faible
- lien avec la mat. org.

sources ACTA, PNETOX, ECOGEN, These A. Renaud, RMQS – Biodiv , Gisfi- open field Lysimeters, Pompey, ANDRA, BIOTECHNOSOL , Bioindicateur 2, ANR JASSUR

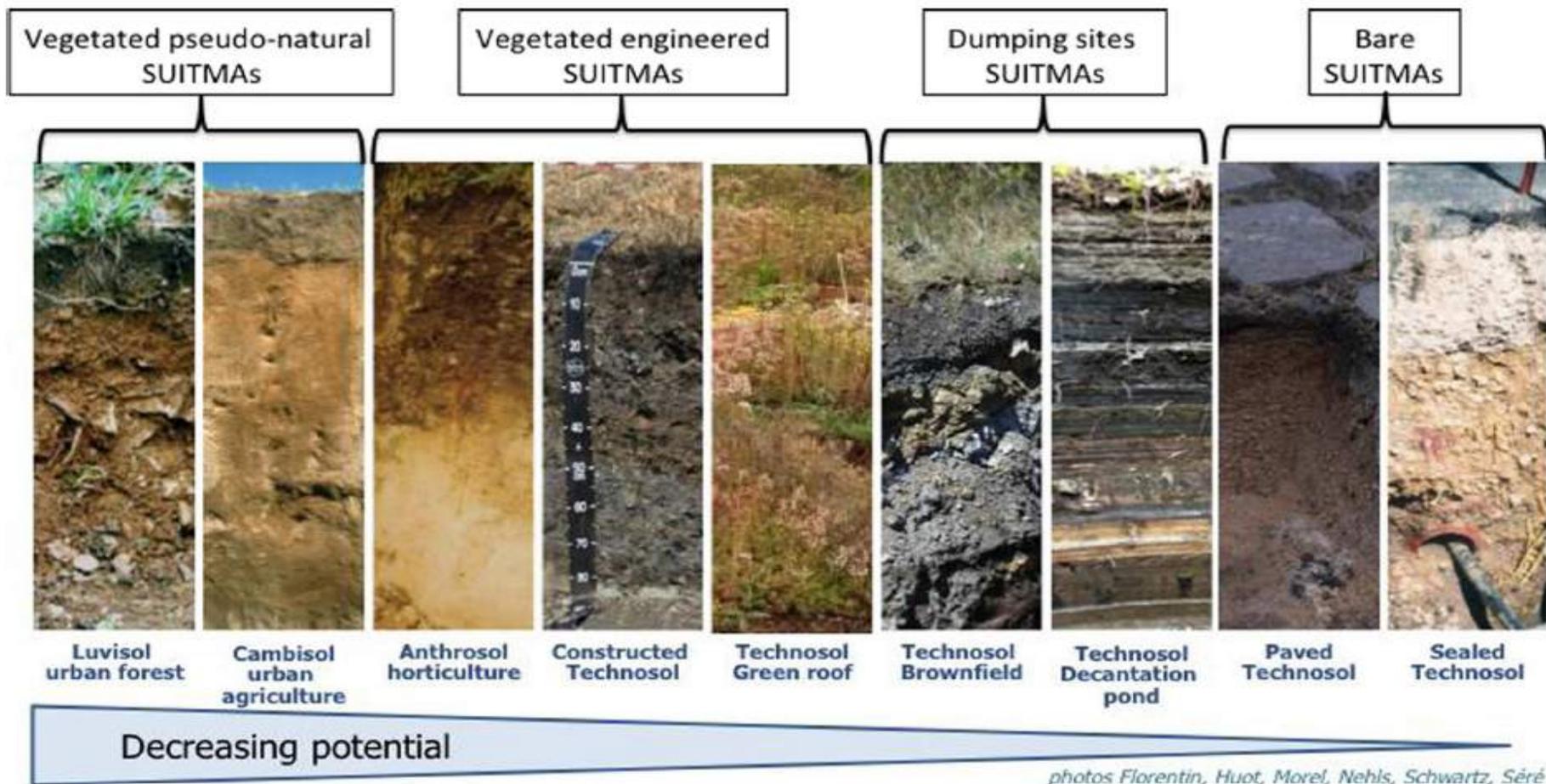


(Joimel et al., STOTEN, 2017)



Evaluation des services écosystémiques rendus par les Technosols

Potentiel des SUITMA à être supports de végétation

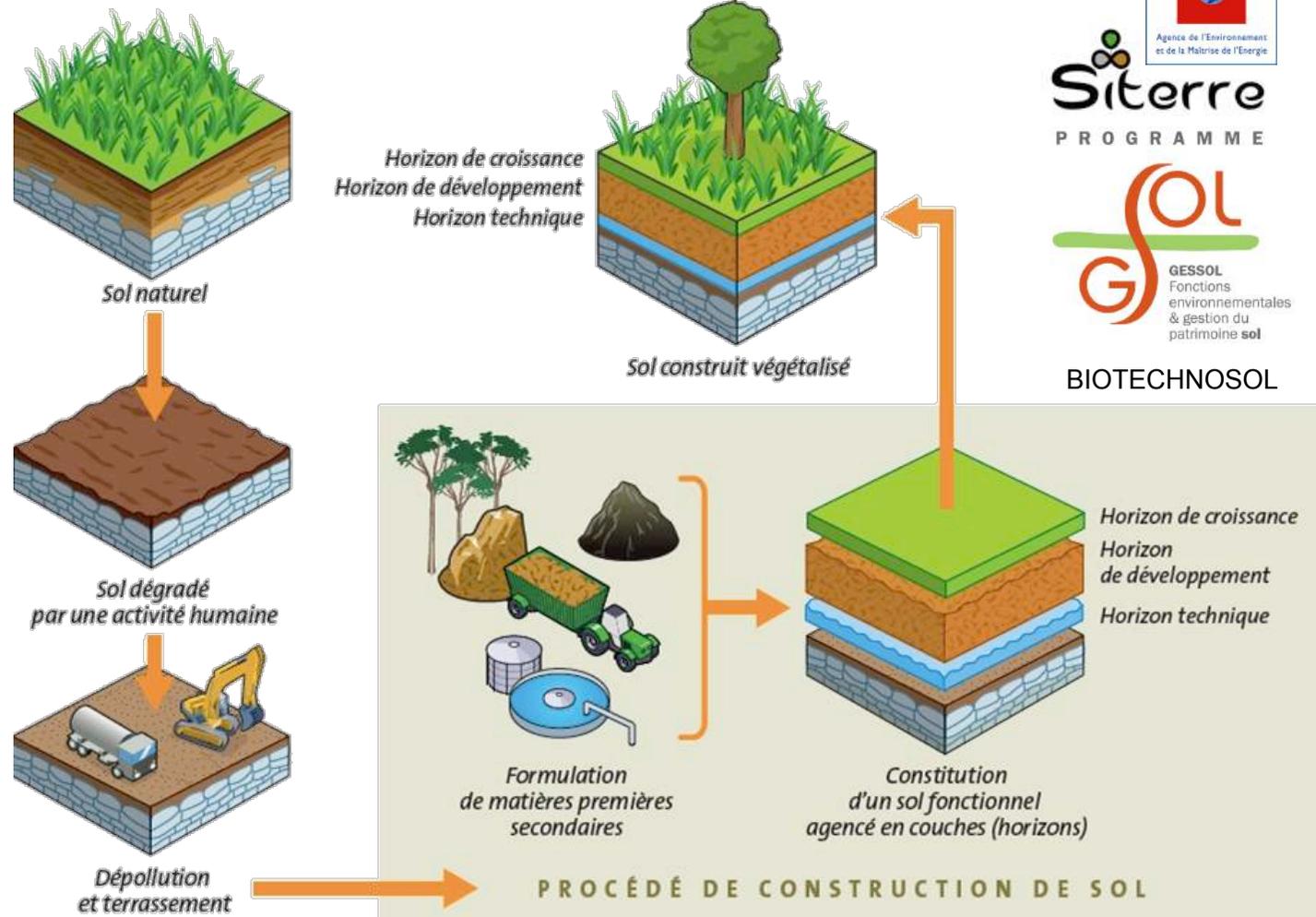


Les sols urbains rendent des services écosystémiques

| Services écosystémiques | | Végétalisé Pseudo-naturel | Végétalisé Transformé/construit | Décharge | Scellé |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------|--------|
| Approvisionnement | Nourriture | ++ | ++ | (+) | 0 |
| | Biomasse non alimentaire | ++ | ++(+) | ++ | 0 |
| | Réservoir de minéraux | + | + | +++ | 0 |
| | Eau douce | 0 | + | 0 | +++ |
| Régulation | Stockage de l'eau | ++ | +++ | ++ | + |
| | Contrôle inondations | +++ | ++(+) | + | +(+) |
| | Atténuation pollution | ++ | +++ | ++ | +++ |
| | Climat global | +++ | ++ | ++ | + |
| | Climat local | +++ | ++ | + | 0 |
| | Biodiversité | +++ | +++ | ++ | 0 |
| | Espèces invasives | 0 | ++ | 0 | 0 |
| | Purification de l'air | +++ | ++ | + | 0 |
| Culturel | Contrôle du bruit | ++ | +++ | ++ | + |
| | Récréation/tourisme | +++ | ++ | 0 | 0 |
| | Héritage | + | + | +++ | ++ |
| | Paysage | ++ | +++ | + | + |
| | Education | +++ | +++ | ++ | + |

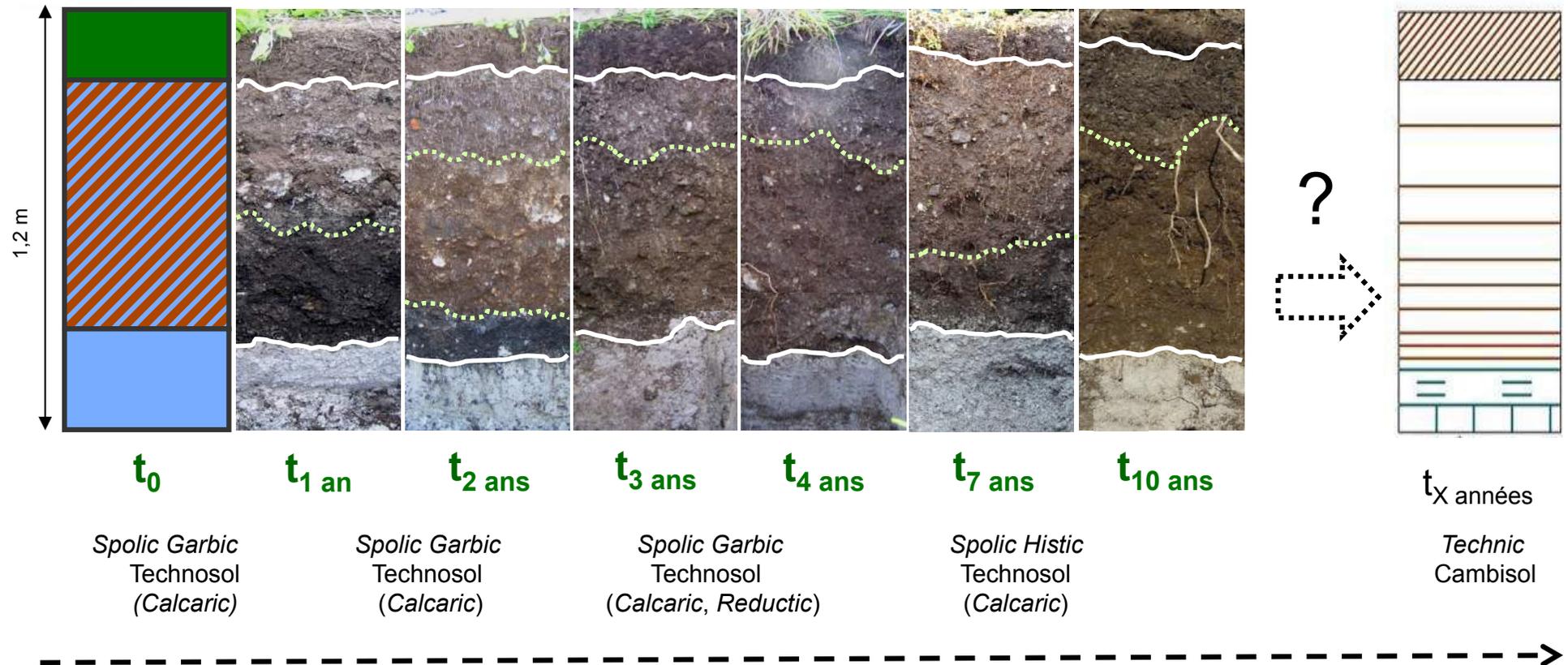
Au contraire d'être "subis", les sols urbains peuvent être élaborés avec une finalité précise

génie pédologique – construction de sols



- construction de sols multifonctionnels pour rendre une large gamme de services écosystémiques
- sols analogues aux sols naturels
- valeur socio-économique

Chronoséquence d'un Technosol construit



- pédogenèse rapide, refonctionnalisation écologique
- aptitude à fonctionner et à rendre des services

Villes végétalisées du XXI^{ème} siècle : questions de recherche

1. inventaire et caractérisation de l'écosystème urbain



3. analyse et compréhension des pratiques



2. résilience et vulnérabilité des cultures



4. modélisation intégrée/évaluation des possibles



Enjeux scientifiques (1)

inventaire et caractérisation de l'écosystème urbain

- caractériser un **milieu urbain dynamique**
 - métabolisme urbain, flux
 - diversité de formes
 - variabilité des conditions climatiques et pédoclimatiques
- mesurer la qualité des **compartiments des agrosystèmes urbains**
 - observatoires
 - réseaux de mesure (sols, végétation, air, ...)
- faire le lien entre compartiments : **cycle de l'eau**
- développer la **pédologie urbaine**
- définir une **typologie des formes urbaines**
en fonction des **services attendus et disservices subis**
 - **difficultés**
 - quelle échelle d'étude ? quelles fonctions ?
quels services ? quelles composantes (biotique vs abiotique) ?
 - interprétation des mesures liées à l'historique du site
 - spatialisation des données



Observatoire participatif de la faune du sol

(toute la communauté d'invertébrés de surface)

en milieu urbain (jardins privés... pour l'instant)

<http://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv>

- facteurs d'influence des communautés de biodiversité des sols en ville ?
- évaluation / quantification de l'existence d'une trame marron en ville ?
- proposition de stratégies de conservation de la biodiversité des sols en ville

contrainte liée à la ville

- accès limité aux espaces verts privés, potentiels refuges de biodiversité

solution potentielle

- utiliser les sciences participatives au plus près des citoyens (transfert de connaissances, sensibilisation, collecte de données...)

Enjeux scientifiques (2)

résilience et vulnérabilité des cultures

- conditions de croissance des plantes contraignantes : **stress** ?
 - climat et pédoclimat : été chaud, hiver doux
 - sols très anthropisés (e.g. compactés, peu fertiles, potentiellement contaminés, réserve en eau limitée)
 - air pollué
 - pratiques culturales peu adaptées au végétal
- **décrire l'impact des stress sur la phénologie**
 - fréquence et intensité
 - place des insectes/pollinisation, ravageurs, ...
 - typologie des stress
- **sélectionner des variétés adaptées**
- **redéfinir des pratiques**
 - protection des cultures
 - fertilisation, gestion de la matière organique
- analyser les **risques** (sanitaires) liés au transfert de polluants



Enjeux scientifiques (3)

analyse et compréhension des pratiques

- **définir les pratiques** d'agricultures urbaines et en **évaluer l'évolution**
 - comment sont construits les systèmes de production et de culture ?
 - comment en évaluer la durabilité ?
 - comment en concevoir de plus durables ?
- proposer des **innovations techniques et organisationnelles**
- orienter les **décisions publiques** (ou privées) par rapport à ces choix techniques
- connaître la **perception** par (tous) les acteurs (approche sociologique)



Enjeux scientifiques (4)

modélisation intégrée / évaluation des possibles

- définir les lois qui régissent les **phénomènes naturels et anthropiques impliqués dans le fonctionnement des agrosystèmes urbains**
- développer une **modélisation intégrée** (sol/organismes/plantes/atmosphère)
- modéliser les **cycles des éléments** sous influence des **changements anthropiques et climatiques**
- se donner la capacité de projection nécessaire pour **anticiper les aménagements urbains futurs**
 - *à différentes échelles (ville ; quartier ; parcelle)*
 - *en apportant le laboratoire sur le terrain (e.g. Living Lab)*

Enjeux socio-économiques *conflits d'usage et gouvernance de l'espace*

- **surface** dédiée aux cultures **limitée**
 - cohabitation avec d'autres usages de la ville
- **acteurs** et structures décisionnelles **multiples**
 - habitants, élus, urbanistes, communes, communauté de communes, ...
- financement et **pérennité** des aménagements ?
- **acceptation** par la population ?
- développer :
 - des interactions science/société
 - des outils d'aide à la décision
 - des contributions agronomiques aux projets d'aménagement des villes
- accepter de **travailler avec d'autres disciplines**

Quelles démarches amplifier ?

- **sur des sols urbains**

- divers et complexes
- objets de recherches interdisciplinaires
- évoluant avec la ville
- jouant des rôles dans l'adaptation aux changements globaux



- proposer **une procédure d'évaluation des services** rendus par les sols urbains
 - basée sur la connaissance de leurs **propriétés** et de (bio)indicateurs de **qualité** issus de la **pédologie urbaine** et de **l'écologie urbaine**
- obtenir et compiler des **bases de données** de la qualité des sols urbains
 - **observation, cartographie** et développement d'**outils d'aide à la décision**
- prendre en compte la **ressource Sol** dans les **projets d'aménagement**
 - construire des villes à haut niveau de services écosystémiques

Il y a au moins deux façons d'aborder un projet urbain : celle de l'urbaniste, qui s'occupe de l'aménagement du territoire, et celle de l'agronome, qui s'intéresse d'abord à la qualité du sol.



L'agronome a donc une approche VERTICALE du terrain. Il s'occupe du VOLUME qui se trouve sous nos pieds et dont les caractéristiques diffèrent d'une zone à l'autre.

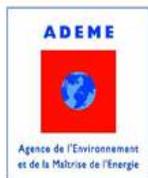
Du projet de recherche au guide méthodologique

- Comment prendre en compte la qualité des sols pour optimiser les différentes phases de l'aménagement urbain



DESTISOL

Mise au point d'une méthodologie améliorant la prise en compte des potentialités des sols dans la définition de programmes d'urbanisation



Cerema

Les sols, une opportunité pour un aménagement urbain durable
Guide méthodologique

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

sce Aménagement & environnement

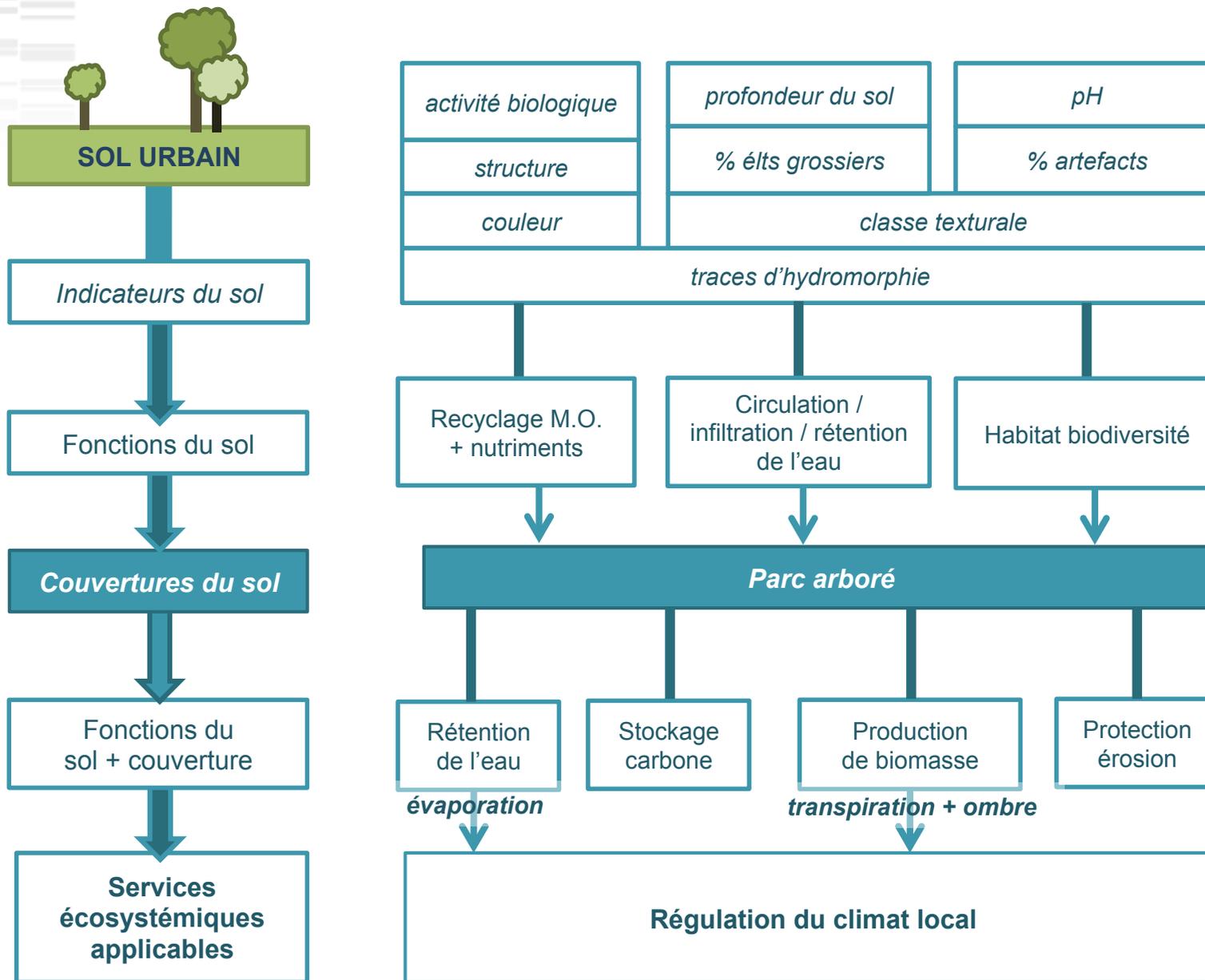
UNIVERSITÉ DE LORRAINE Laboratoire Sols et Environnement

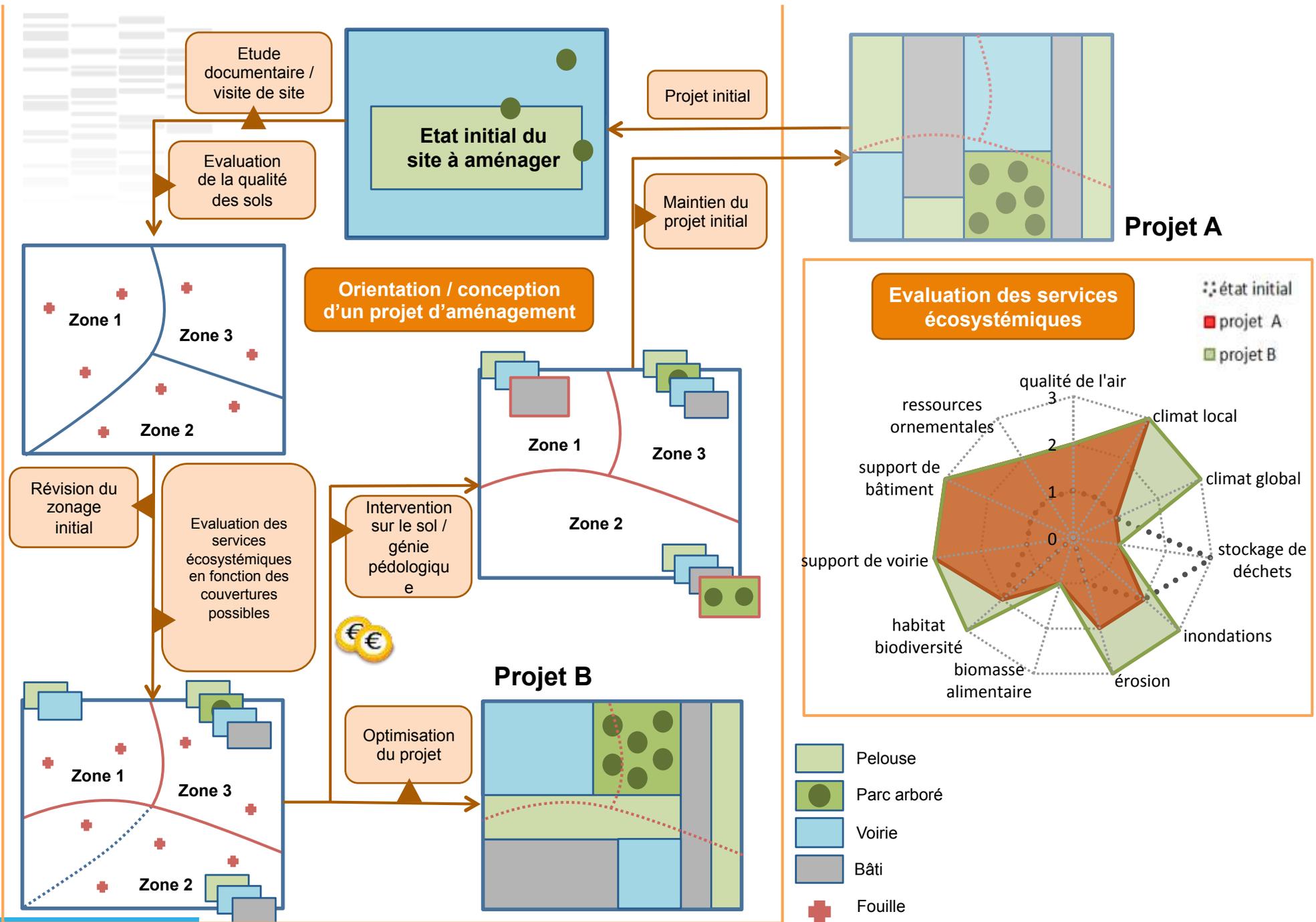
INRA SCRS & IMPACT

ÉTABLISSEMENT PUBLIC FONCIER DE BRETAGNE

EPA MSA Établissement Public d'Aménagement du Maine Seine Aval

Evaluation semi-quantitative des services rendus par les sols urbains





Soils within Cities

Global approaches to their sustainable management

Editors: M.J. Levin, K.-H.J. Kim, J.L. Morel, W. Burghardt,
P. Charzyński, R.K. Shaw
IUSS Working Group SUITMA



C CATENA



**International
Decade of Soils
2015-2024**

Metamorphosis, Tim Franco, 2015



ADEME

Jardins potagers : terres inconnues ?

Coordonné par Christophe Schwartz et al.

edp sciences



Mineral Resource Reviews

Antony van der Ent
Guillaume Echevarria
Alan J.M. Baker
Jean Louis Morel *Editors*

Agromining: Farming for Metals

Extracting Unconventional Resources Using
Plants



Springer



Créer des sols fertiles

Du déchet à la végétalisation urbaine

Coordonné par
Olivier Damas
Anaïs Coulon

Préface de Nicolas Hulot et Claire Chenu

Éditions
LE MOYNIER