



LE SOL

*la base des écosystèmes terrestres,
une ressource à préserver*

*Christophe Schwartz
professeur*



lse.univ-lorraine.fr
gisfi.univ-lorraine.fr



l'Homme et le sol : la fertilité



Hans Berger: Paysan avec sa charrue, 1911; Haus der Kunst, München

l'Homme et le sol : les dégradation physiques



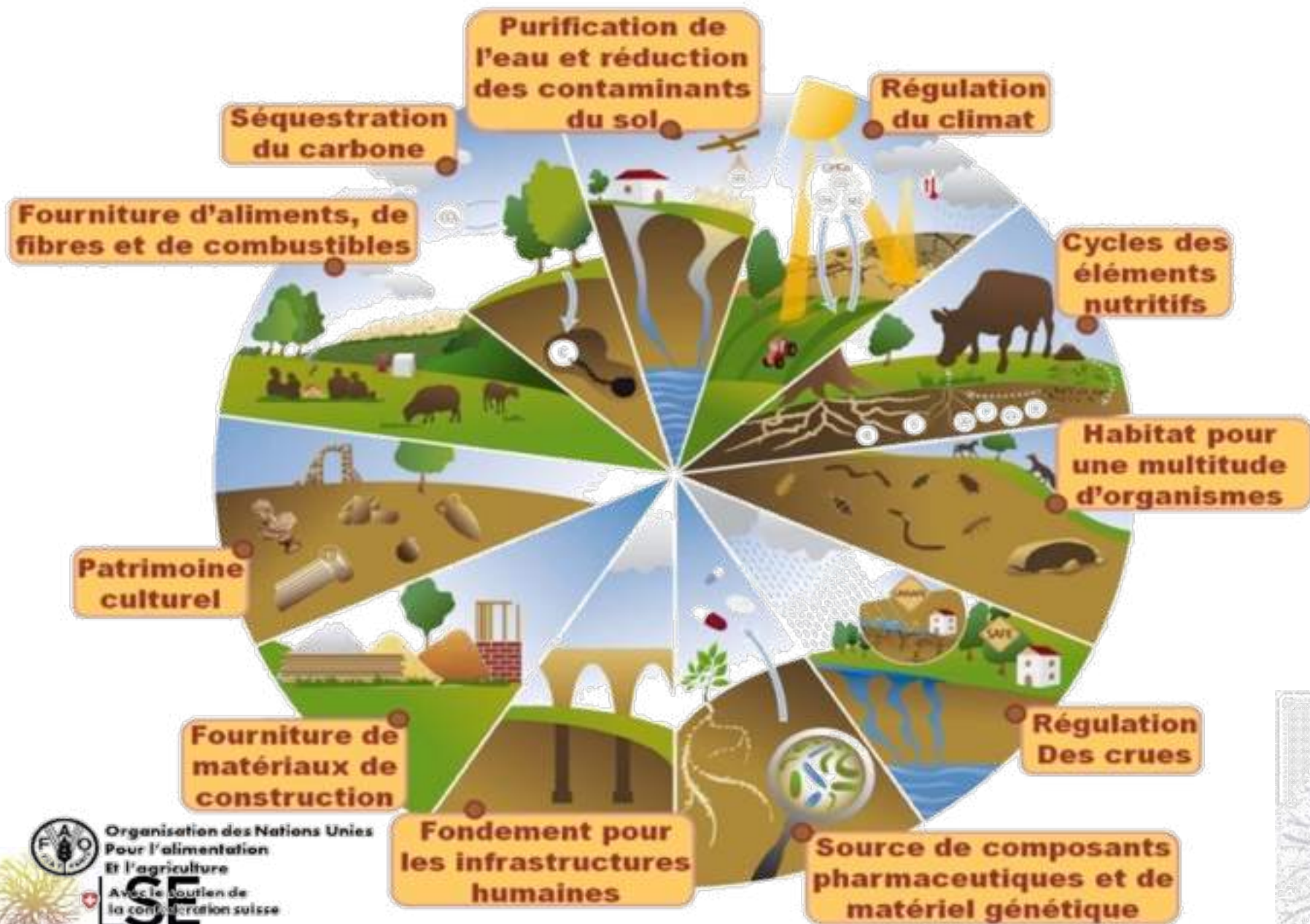
Erdscholle "Ministergärten 1998 (2)", 1999, märkischer Sand,
Acryl auf Glasfaser, 160X200X7 cm, TU Berlin

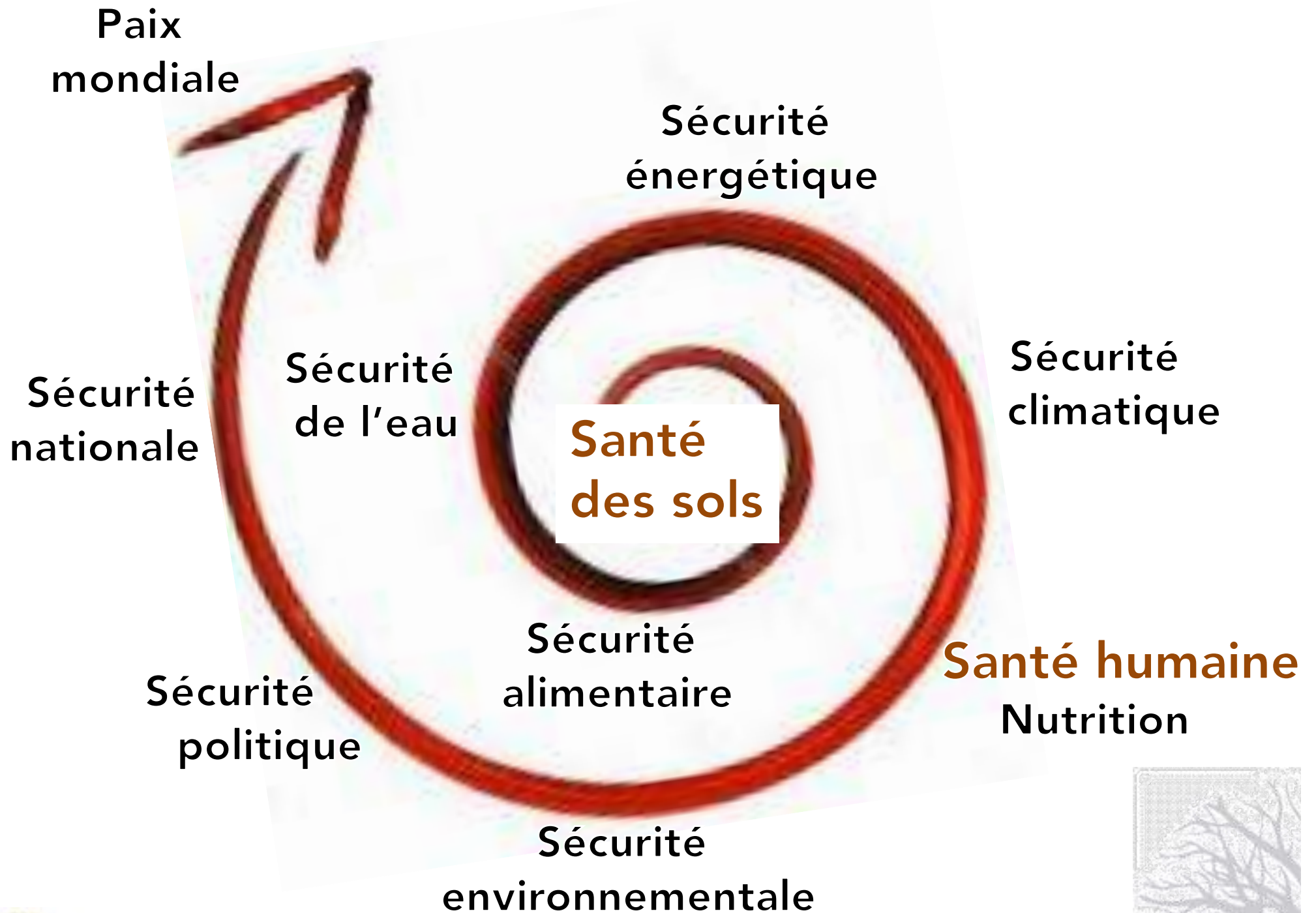
L'Homme et le sol : les dégradations chimiques



Robert Smithson: Asphalt-Rundown (sculpture sur site), Rome 1969

Multifonctionnalité des sols et liens systématiques avec la santé des écosystèmes et de l'Homme





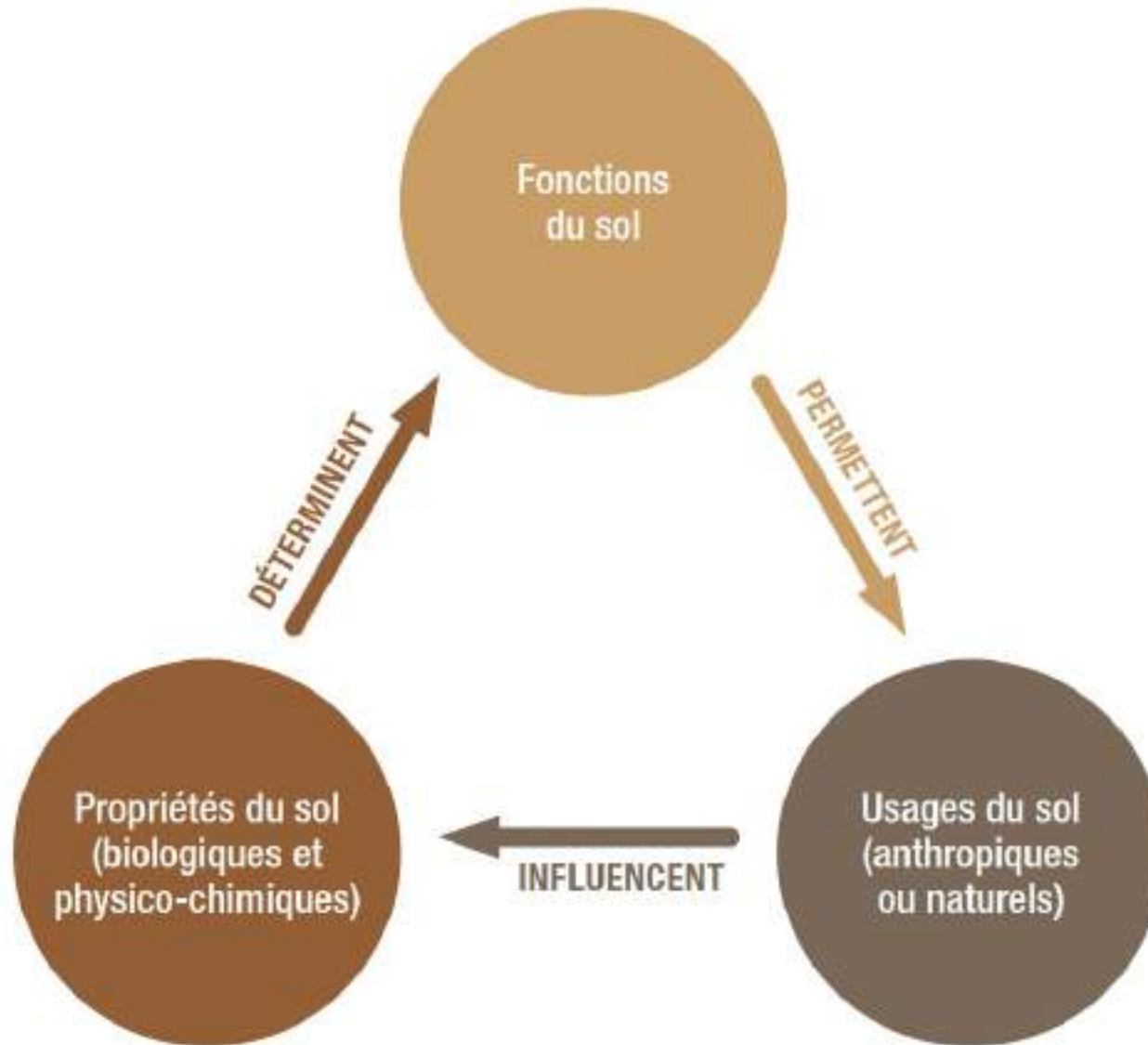
LE SOL : UN SYSTÈME COMPLEXE

une ressource naturelle
non renouvelable

Un sol est à la fois :

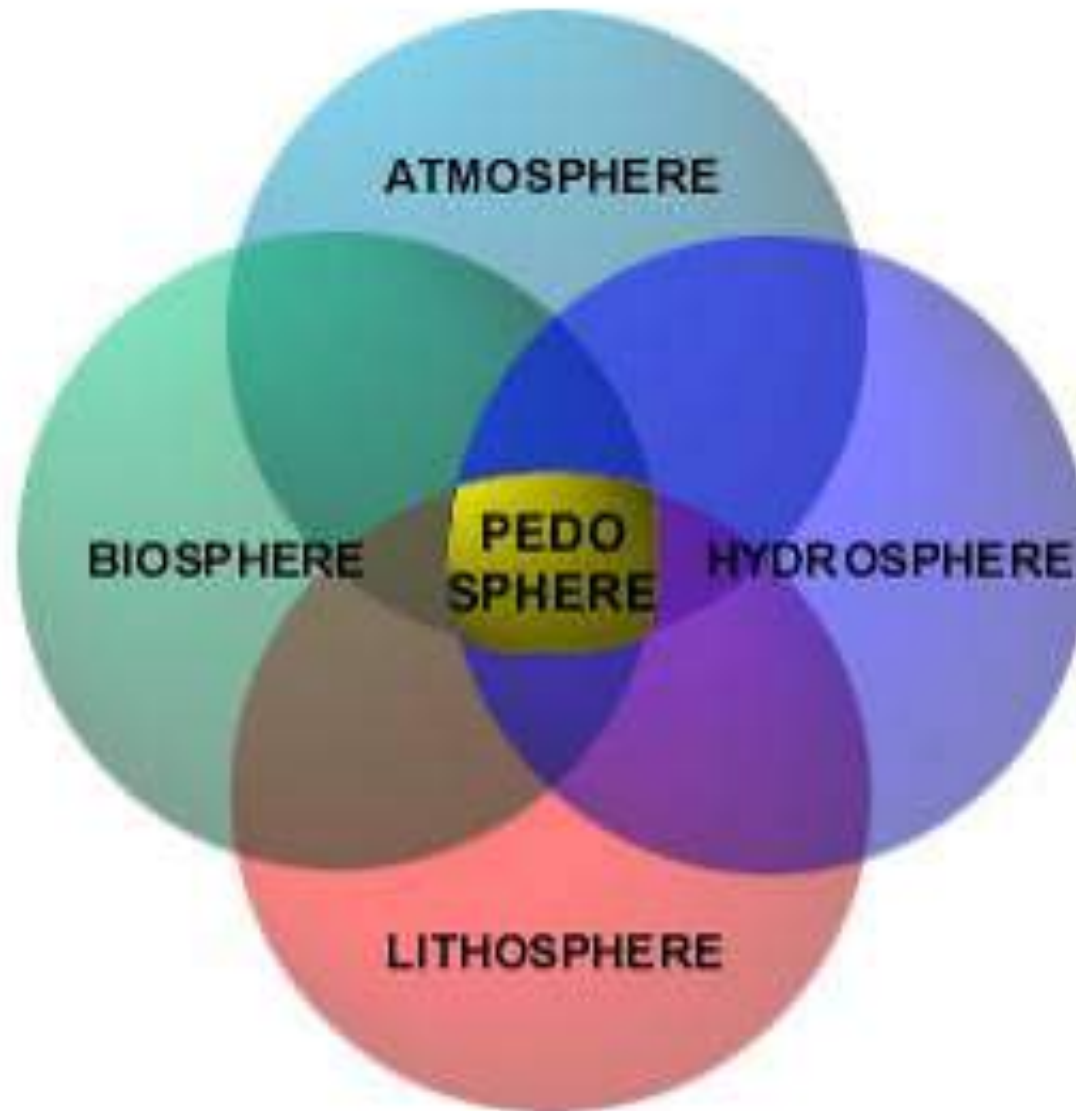
- ✿ une interface
- ✿ le produit de l'altération des roches
- ✿ un milieu organo-minéral
- ✿ un milieu vivant
- ✿ des fonctions essentielles
- ✿ une grande diversité
- ✿ des usages multiples
- ✿ des services écosystémiques rendus
- ✿ une ressource naturelle non renouvelable

Propriétés, fonctions et usages des sols sont liés



LE SOL : UNE INTERFACE

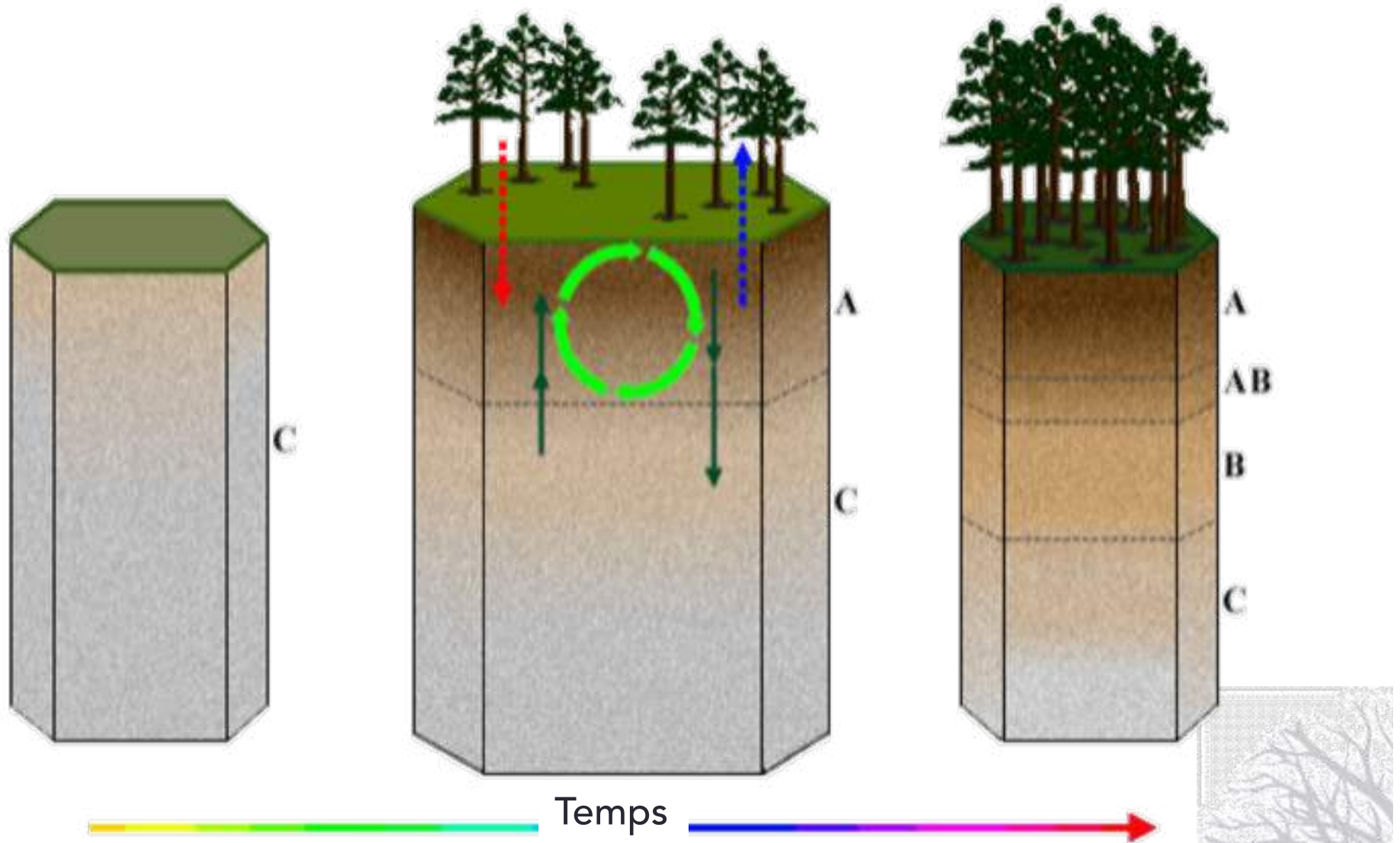
Le sol : une interface



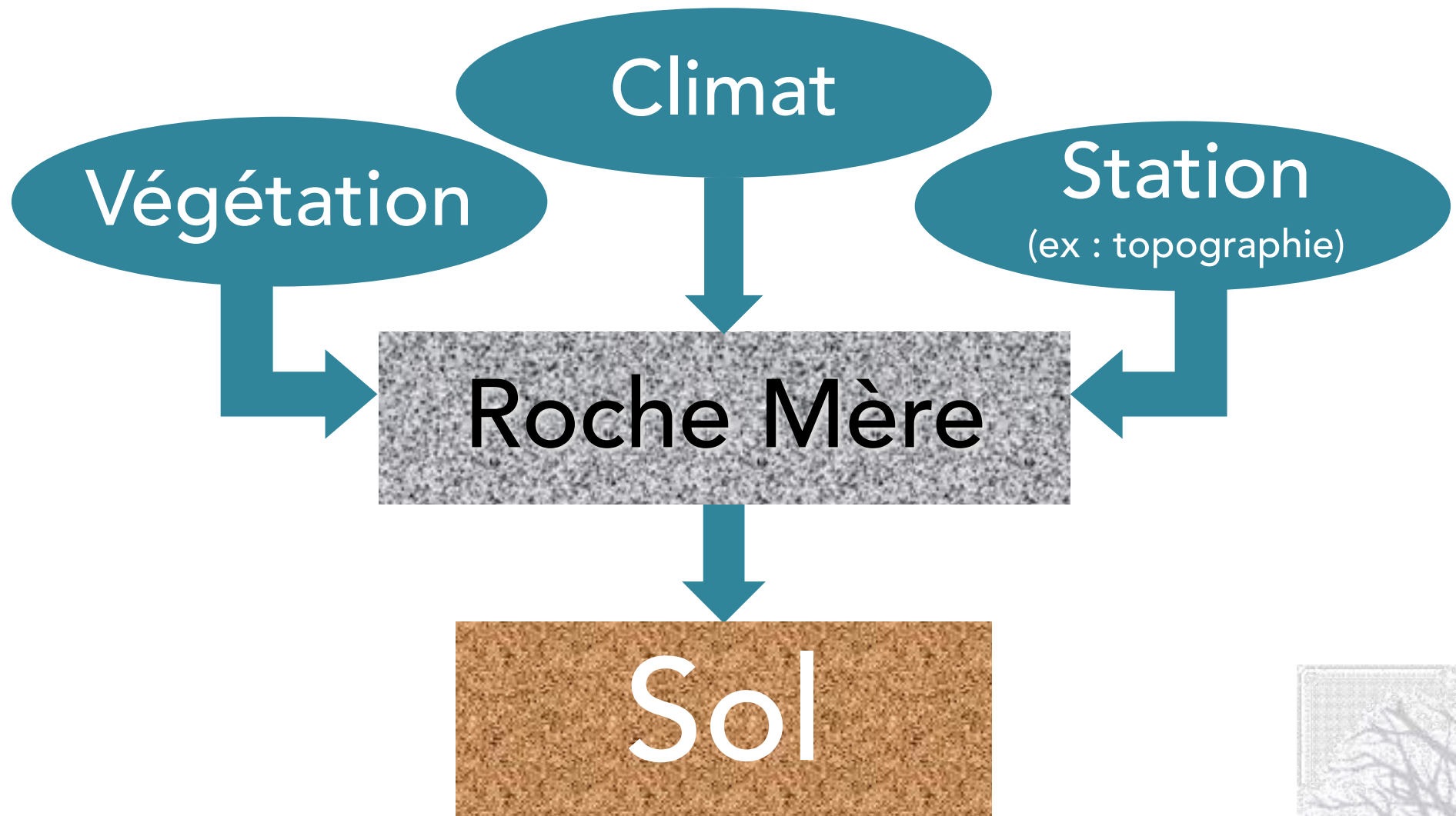
LE SOL : LE PRODUIT DE L'ALTÉRATION DES ROCHES

La pédogenèse

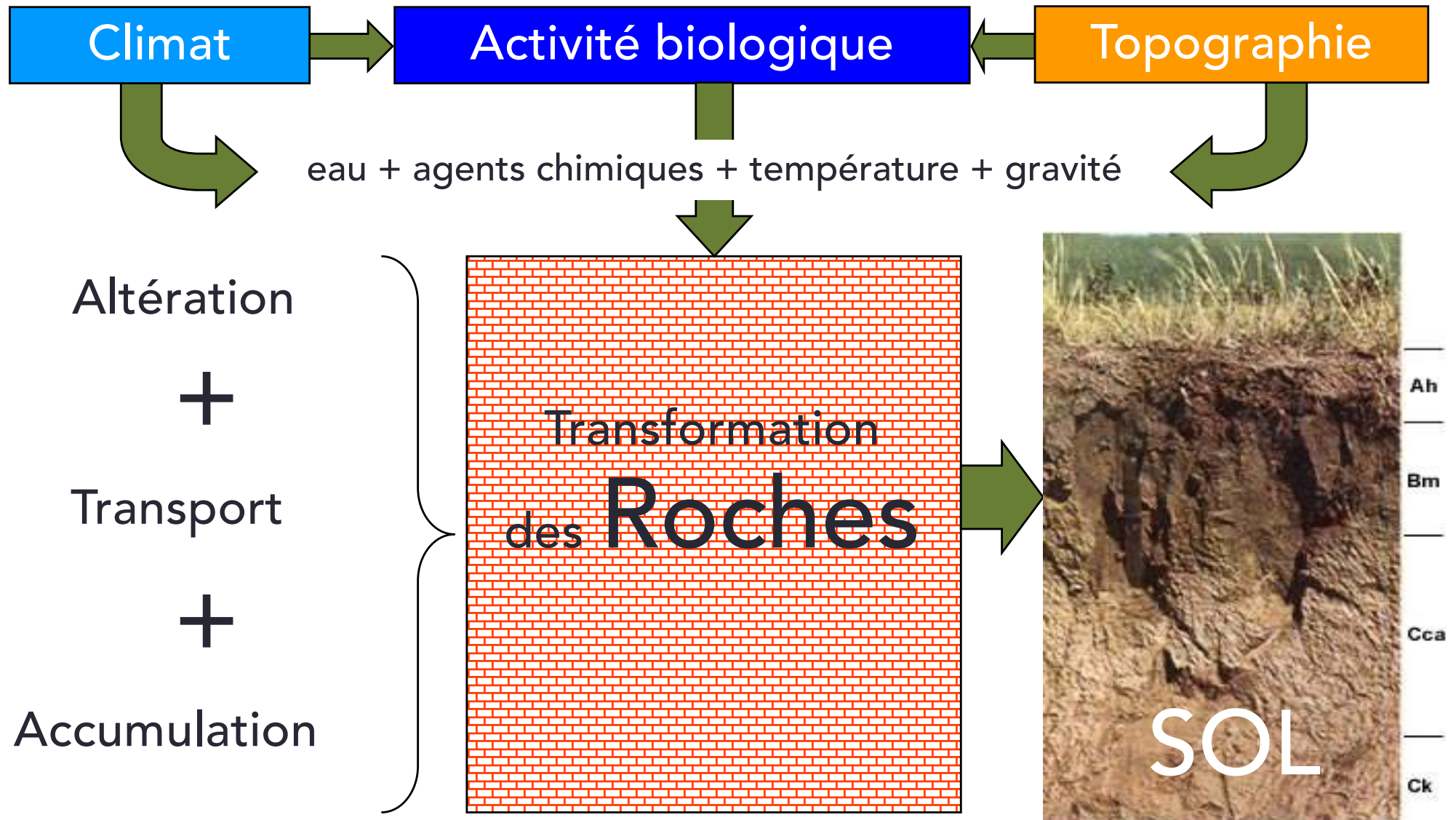
L' épiderme de la terre en formation



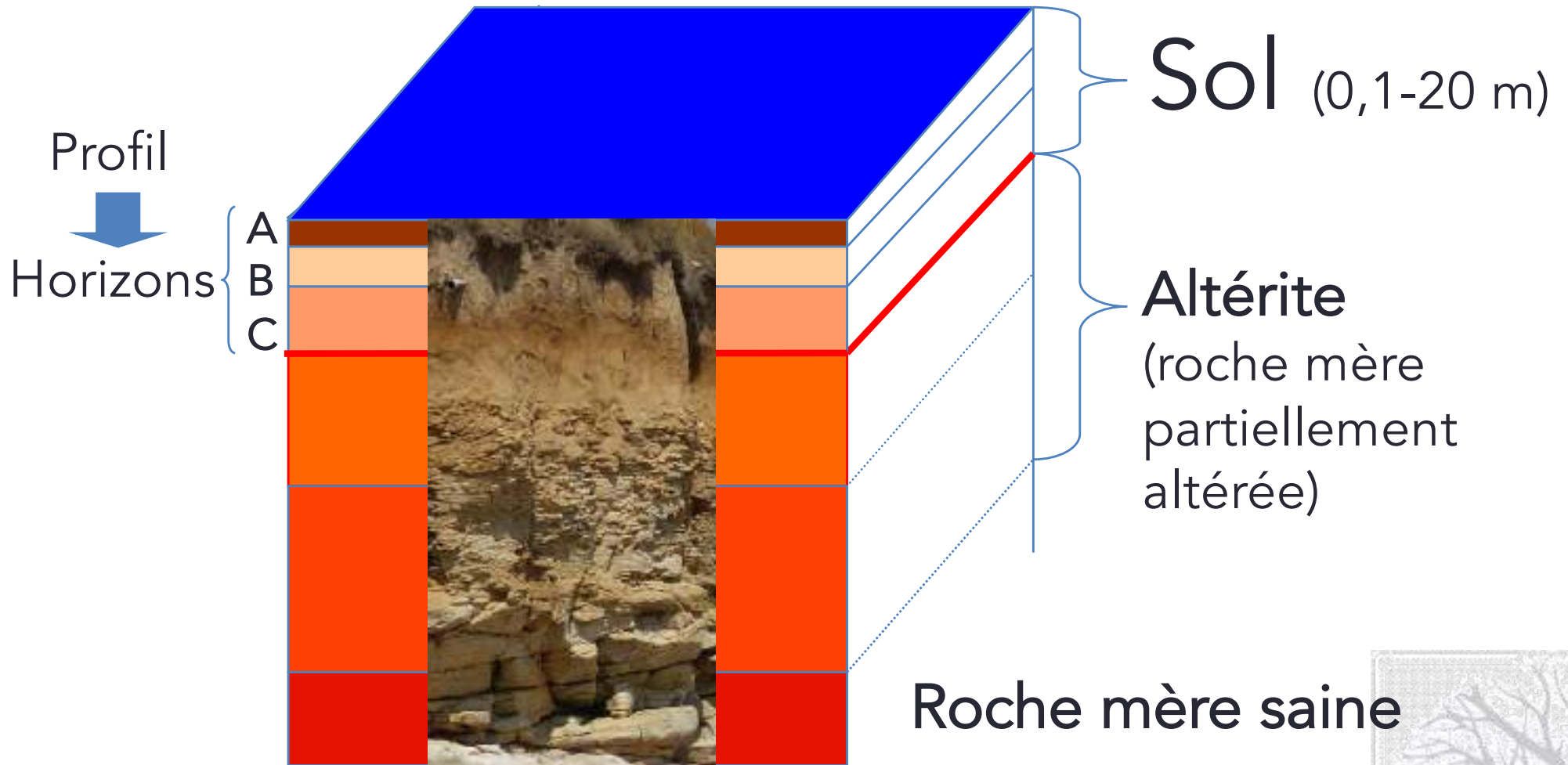
Facteurs de formation des sols



Formation des sols



Le profil pédologique : ensemble des horizons qui résultent de la transformation de la roche mère



Pédogenèse = altération + transport + accumulation

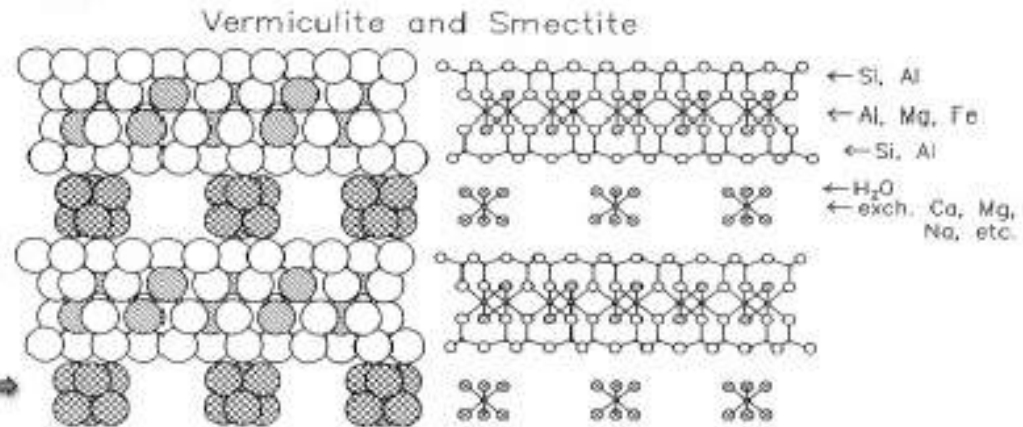
temps

LES SOL : UN MILIEU ORGANO-MINÉRAL

Le sol est un milieu organo-minéral

- **Matière minérale**

- minéraux primaires
- minéraux secondaires
 - argiles
 - oxy-hydroxydes (Al, Fe, Mn) : $\alpha\text{-FeOOH}$, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$



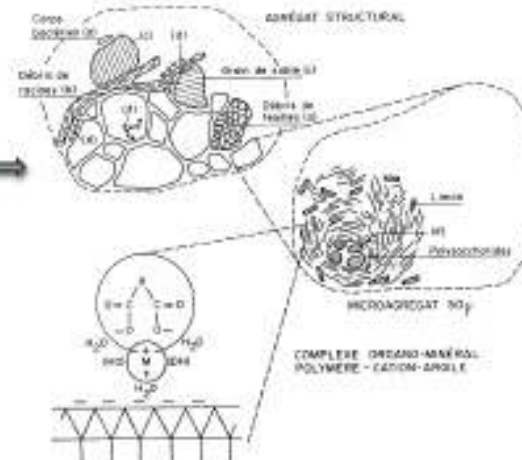
- **Matière organique**

- débris végétaux et animaux

matière organique fraîche

composés humiques

- **Complexe organo-minéral**



LE SOL : UN MILIEU VIVANT

1/4 des espèces connues vit dans les sols

- un gramme de sol héberge plus d'un milliard de bactéries, de milliers d'espèces différentes
- les bactéries des sols de France comptent au moins 115 000 espèces, à comparer à 570 pour les oiseaux, 6 500 pour les plantes ou 189 pour les mammifères



- avec 50 % de la biomasse vivante, 23 % des espèces vivantes connues et 75 % de la matière organique terrestre, le sol est l'écosystème terrestre : ce que nous voyons en surface n'est qu'un diverticule !

(extrait de la revue espace naturel, n°72 2020)

LES SOLS : UNE GRANDE DIVERSITÉ

Sols :

diversité de morphologie et de fonctionnement



Chernozem



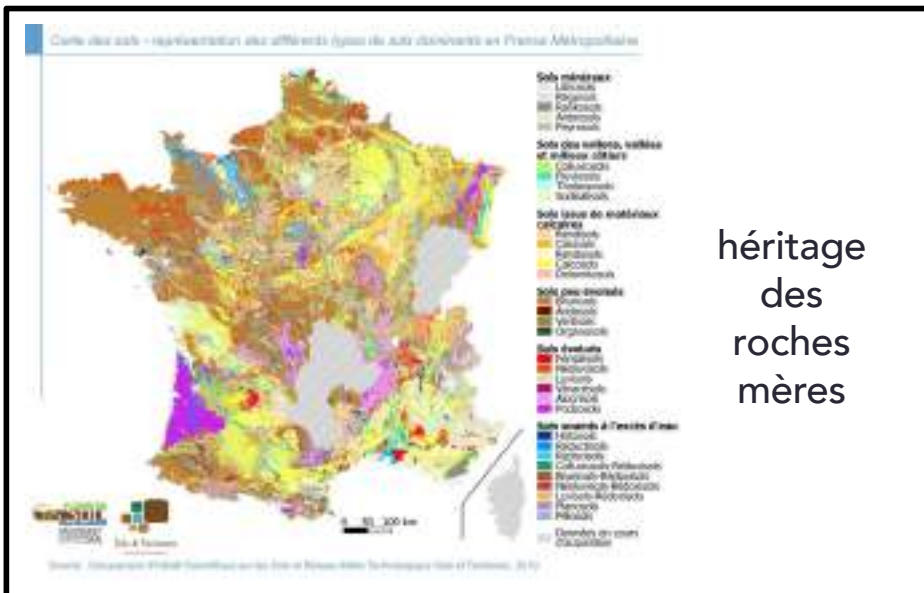
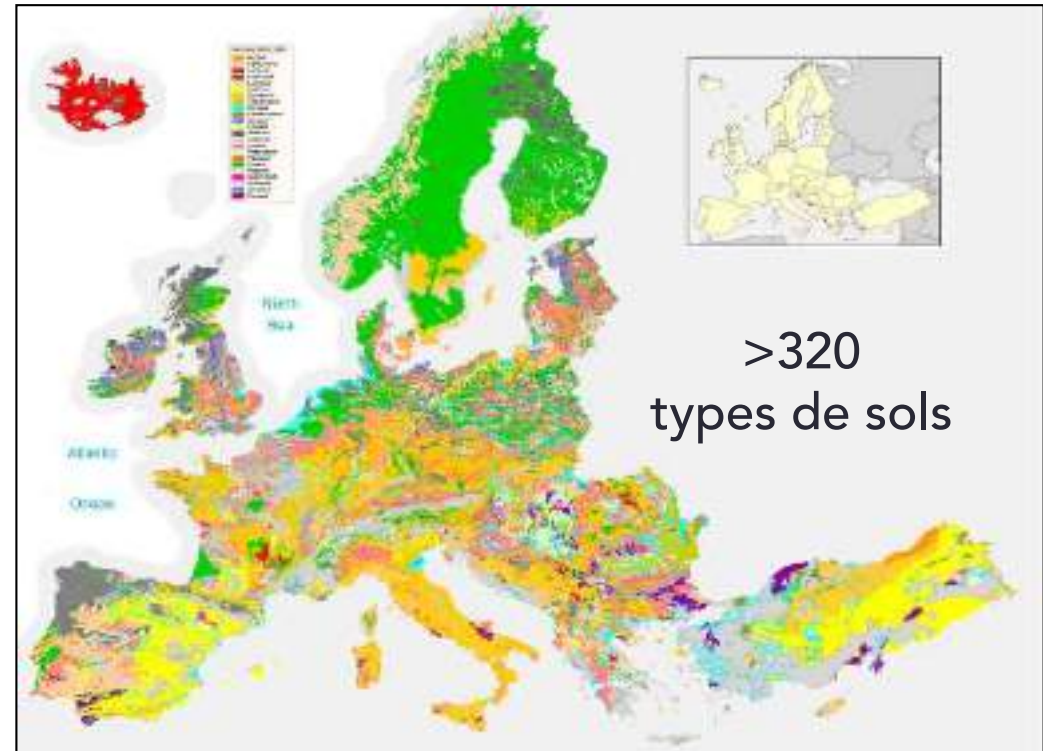
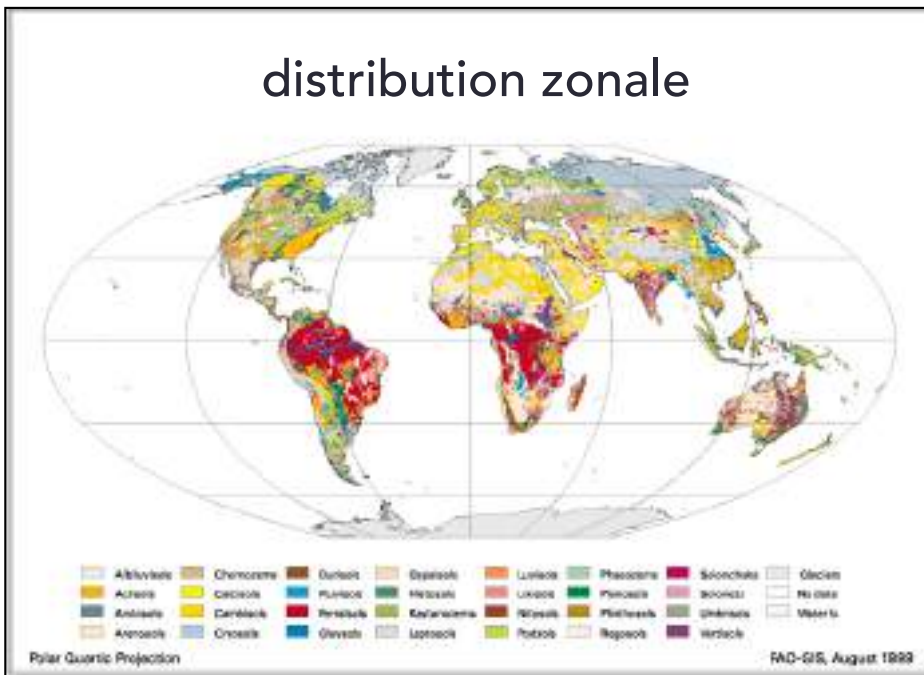
Solonetz



Podzol

Les types de sols varient en fonction du climat, des roches mères et de la topographie

distribution zonale



héritage des roches mères



toposéquence



comment se forme le Sol

Processus du sol

Profil du sol

Composition moyenne des sols

Les sols sont un élément clé de tous les paysages

l'Homme comme facteur de pédogenèse ?

matériaux technogéniques ?

paysages urbains ?

Facteurs de formation du sol

La formation du sol est un processus long et complexe



pédogenèse rapide ?
stades précoces ?
construction de sols ?

Les principaux référentiels

110 références nationales , horizons de référence spécifiques, définition de « qualificatifs », outil d'harmonisation du langage

WRB



système international de classification des sols approuvé par l'Union Internationale des Sciences du Sol (IUSS)



RPF



LE SOL

Un support de vie au cœur des enjeux sociétaux et planétaires ...

Une ressource fragile qui s'endommage progressivement,
parfois sans que nous n'en prenions conscience

Les menaces sur les sols

- ✿ érosion
- ✿ salinisation
- ✿ compaction
- ✿ appauvrissement en matière organique
- ✿ acidification
- ✿ artificialisation
- ✿ pollutions

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



Un gradient d'anthropisation



Sol forestier

Luvisol



Sol agricole

Cambisol



Sol horticole

Anthrosol



Sol urbain

Technosol

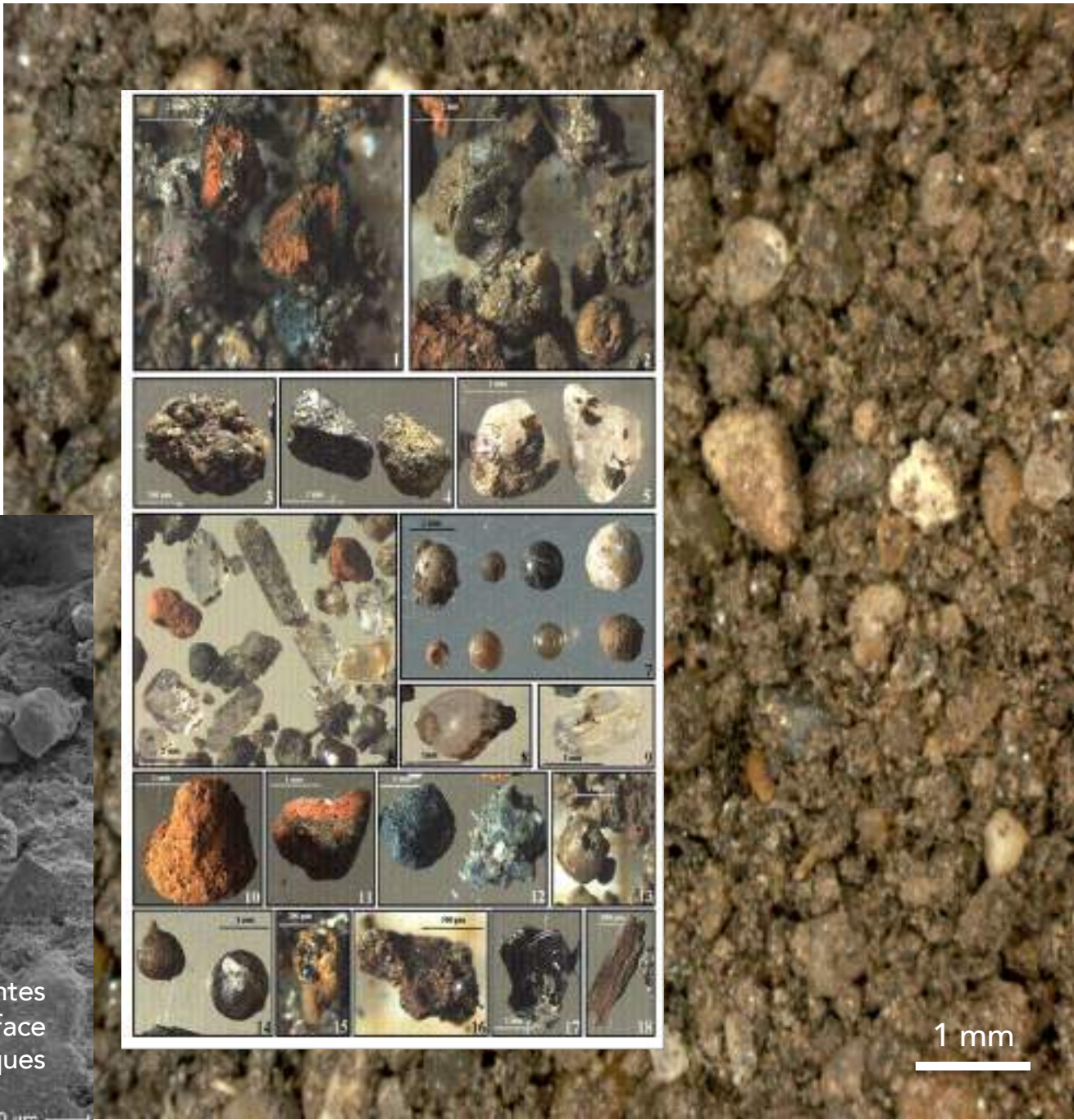
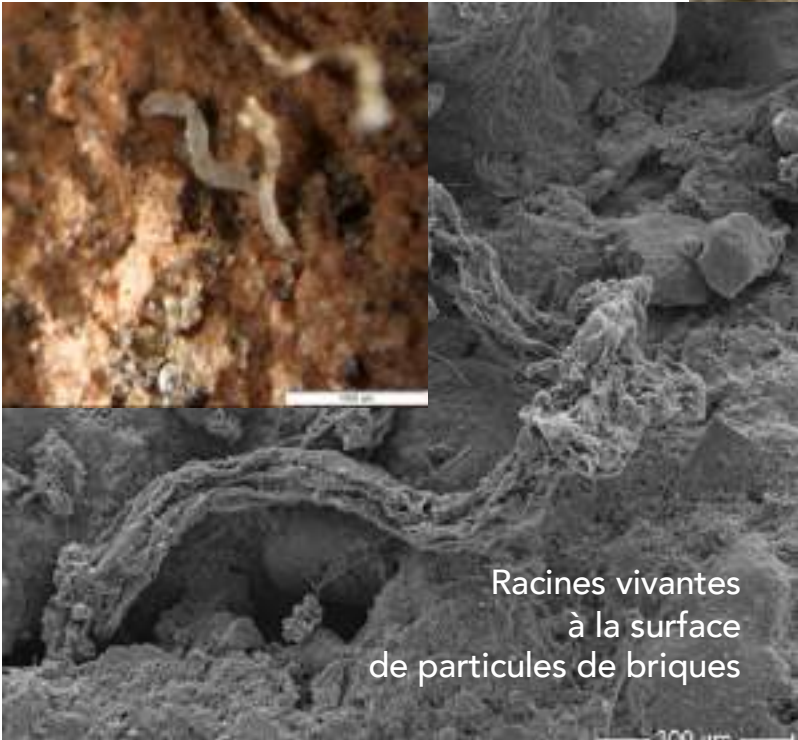


Sol industriel

Technosol

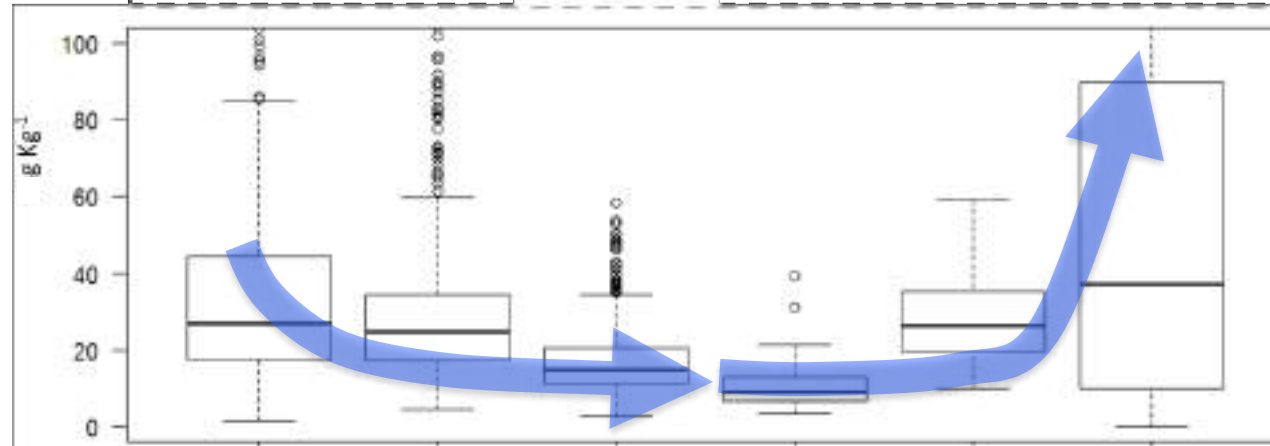
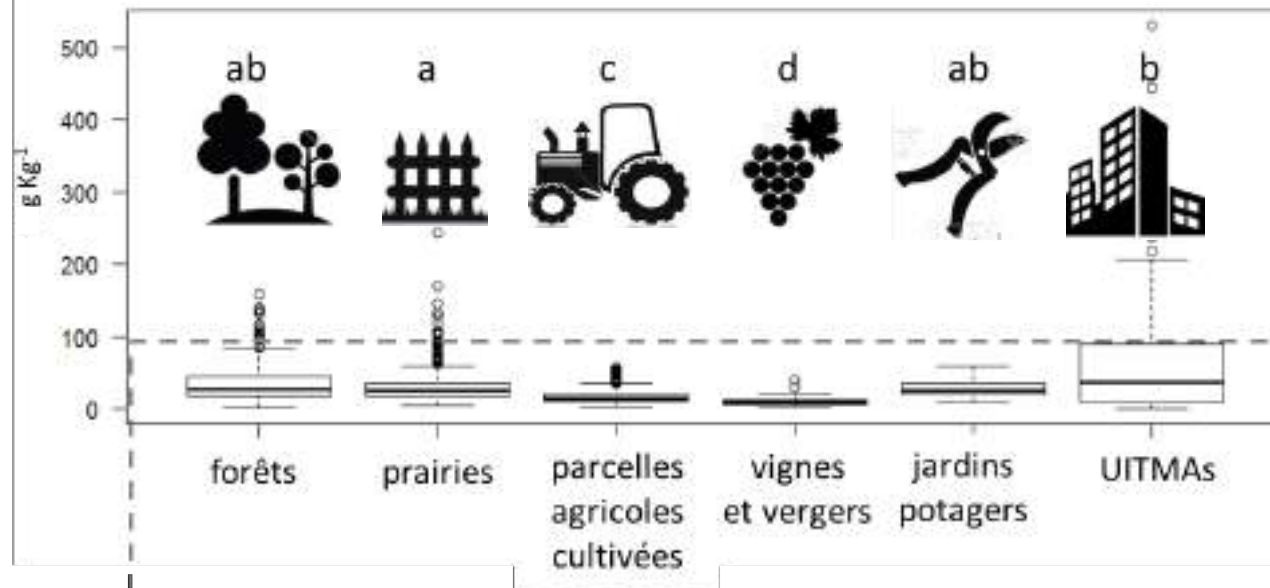
... les profils de sols

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



C organique des terres de surface françaises

n=2450



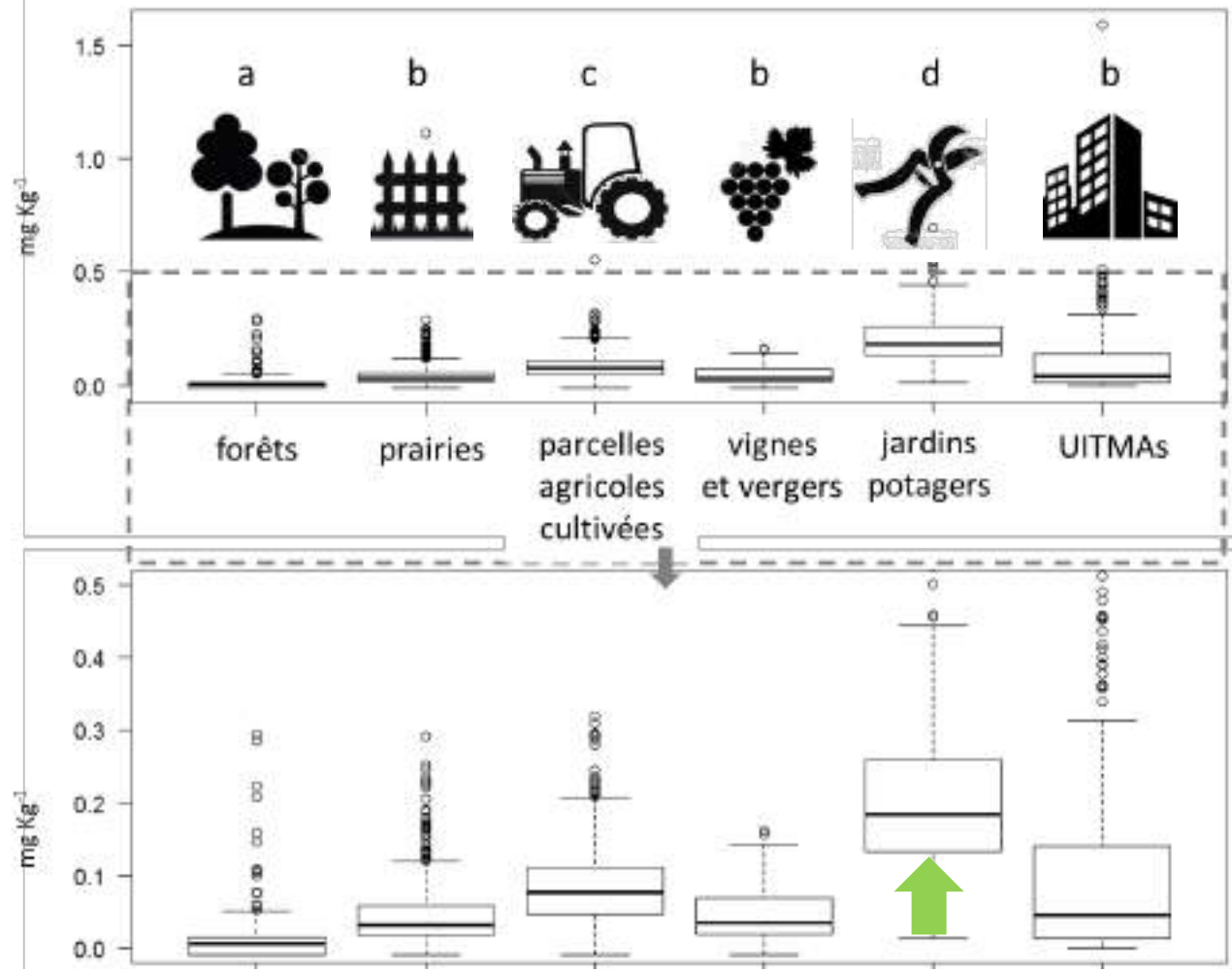
- teneurs les plus élevées en sols forestiers et en SUITMA

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



P assimilable des terres de surface françaises

n=2450

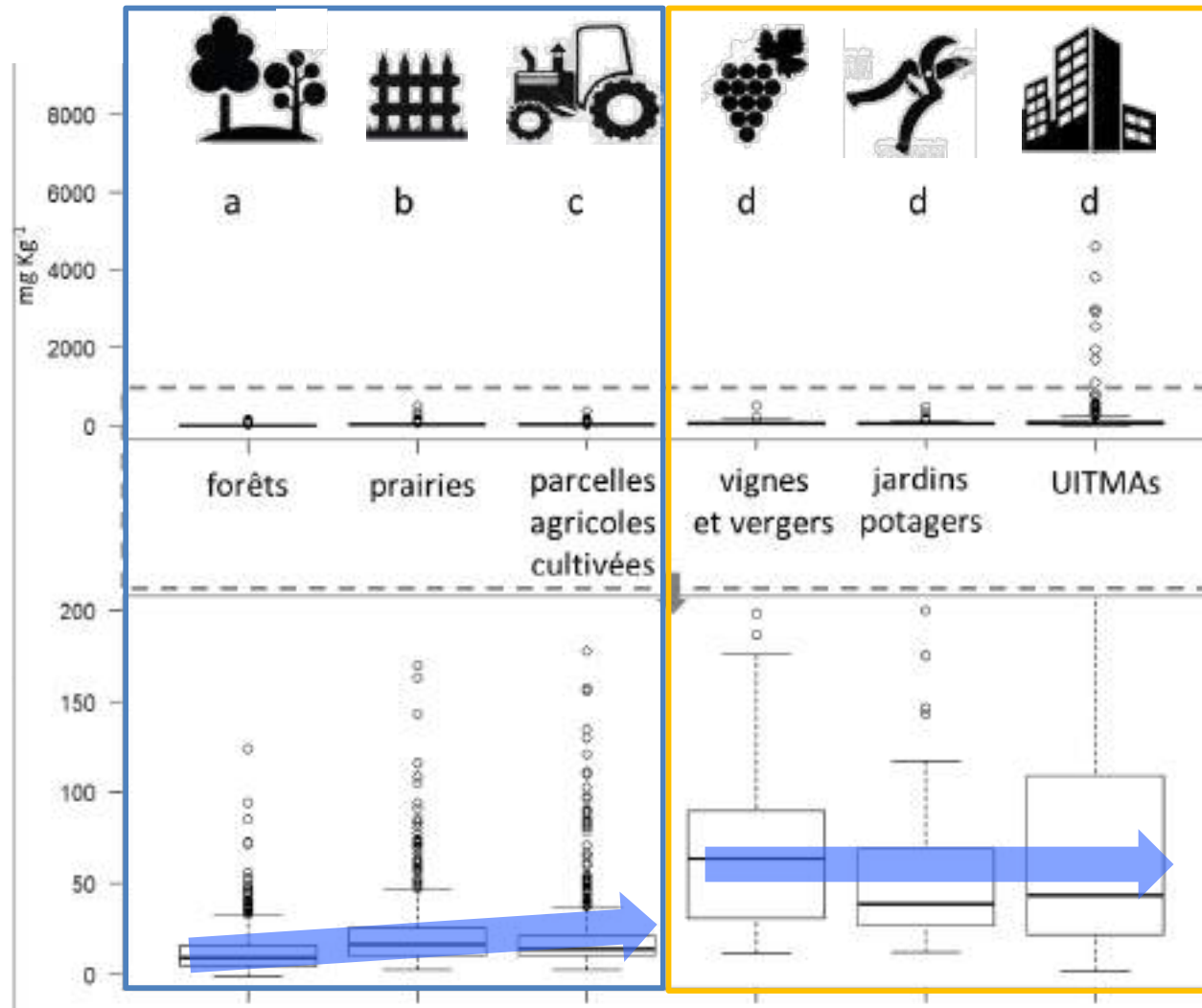


- gestion de la fertilité des terres agricoles
- excès de P dans les sols de jardins urbains
- valeurs extrêmes en SUITMA



Cu total des terres de surface françaises

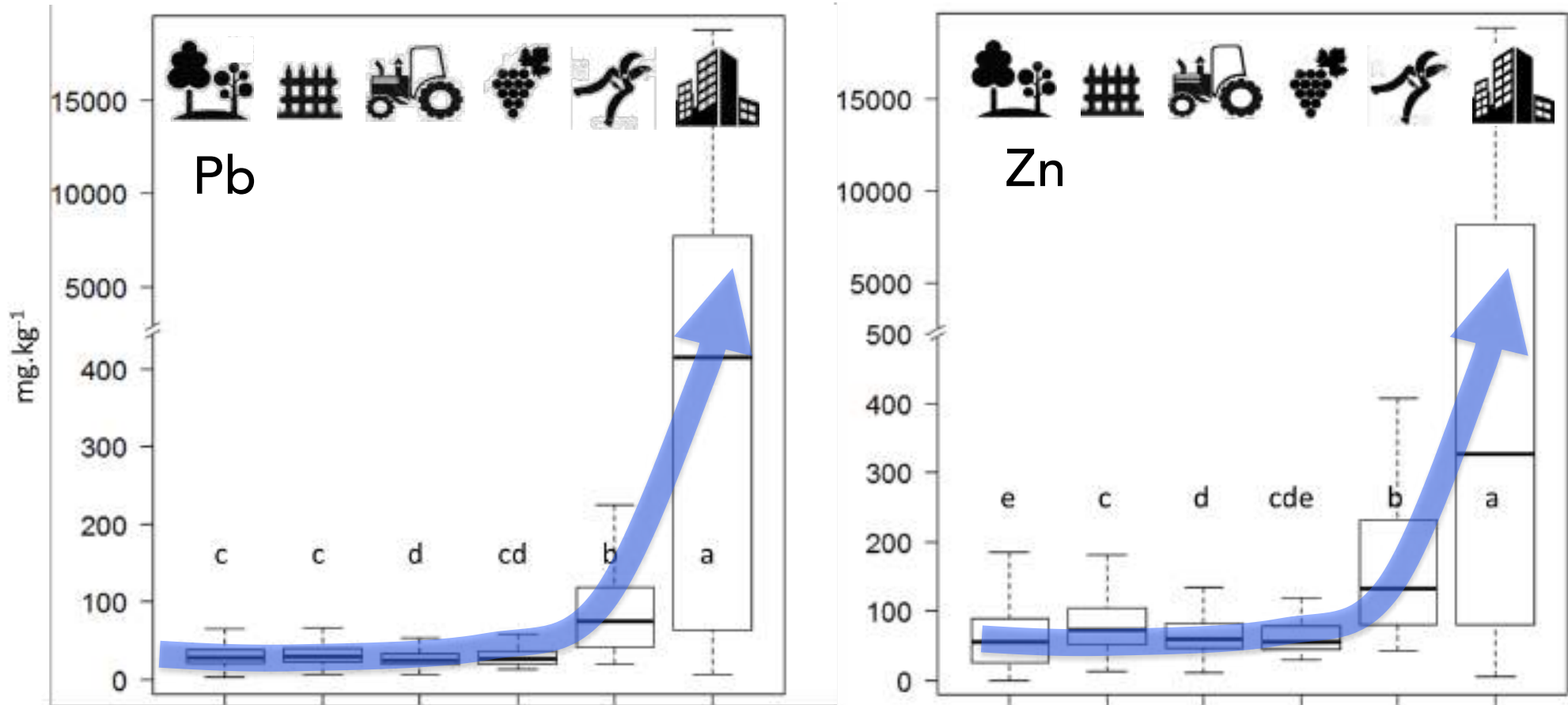
n=2450



- 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



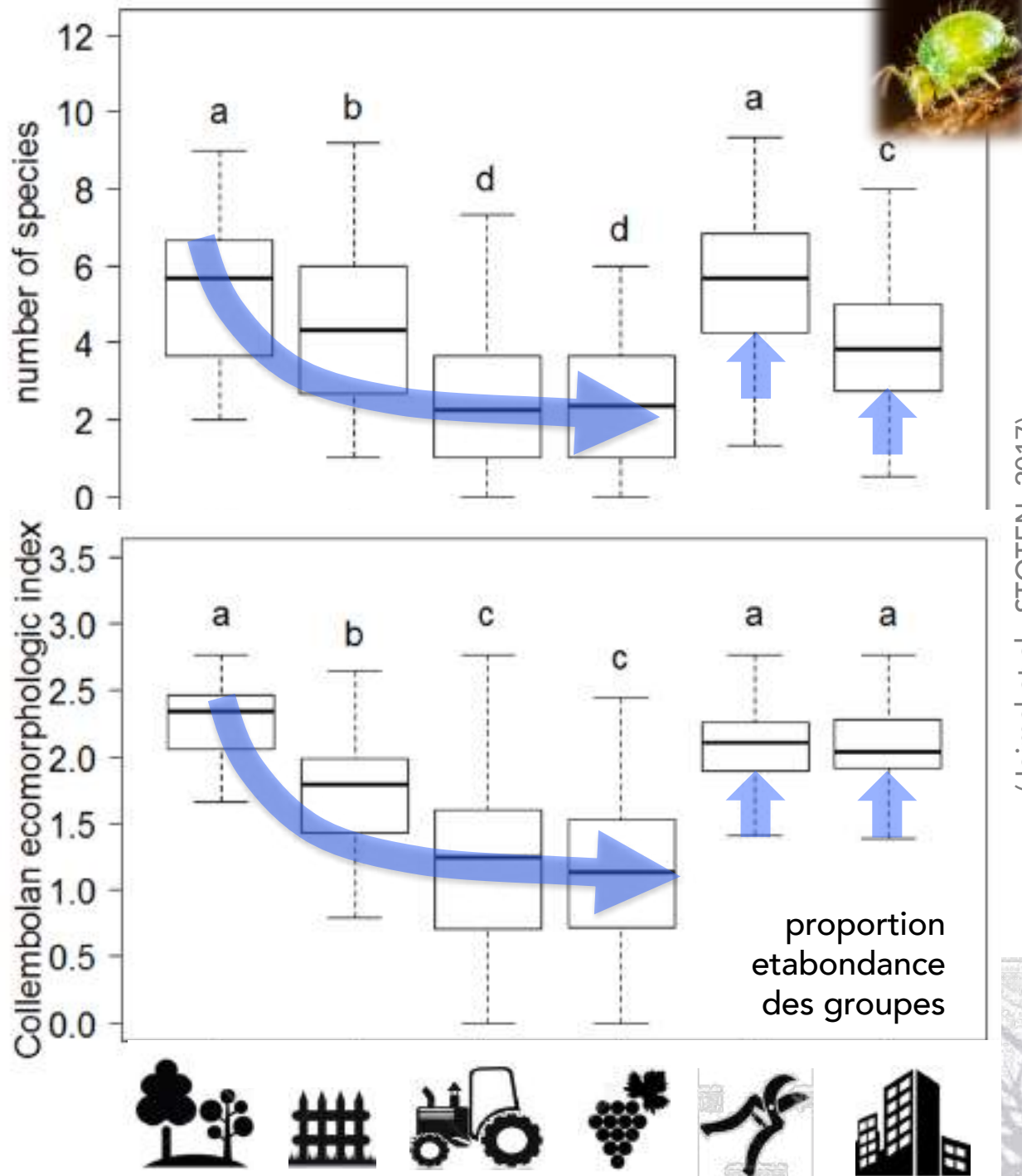
- gradient de contamination le long des usages
- augmentation des concentrations en Pb et Zn dans les sols urbains (de jardins)
- enjeux de gestion des sols en milieux (péri)urbains et industriels

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

n=3096

- les sols de jardins et les SUIAMA 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)

2011

L'état des sols de France



LES SERVICES RENDUS PAR LES SOLS

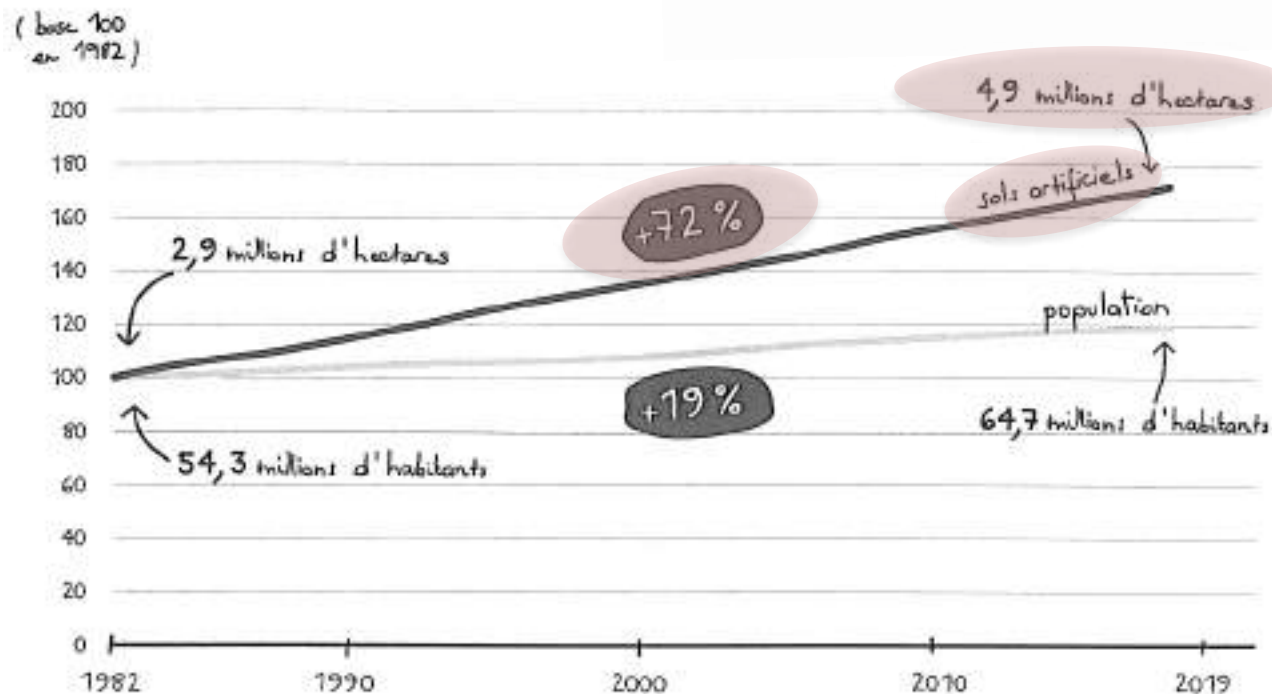
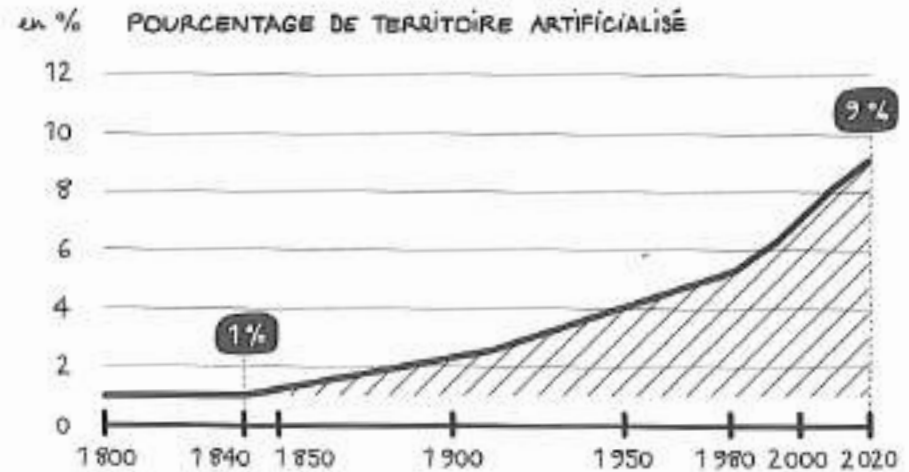
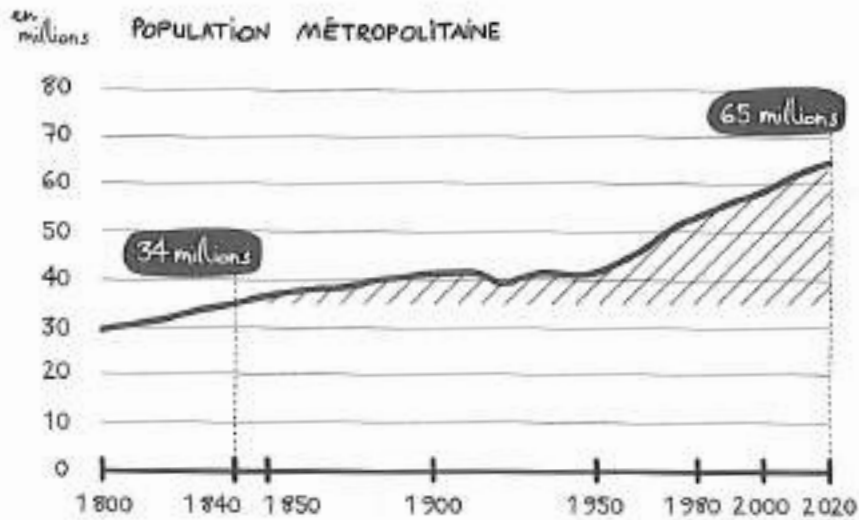
LA DIVERSITÉ DES SOLS DE FRANCE

LE MATIÈRE DES SOLS DE FRANCE ET SON ÉVOLUTION

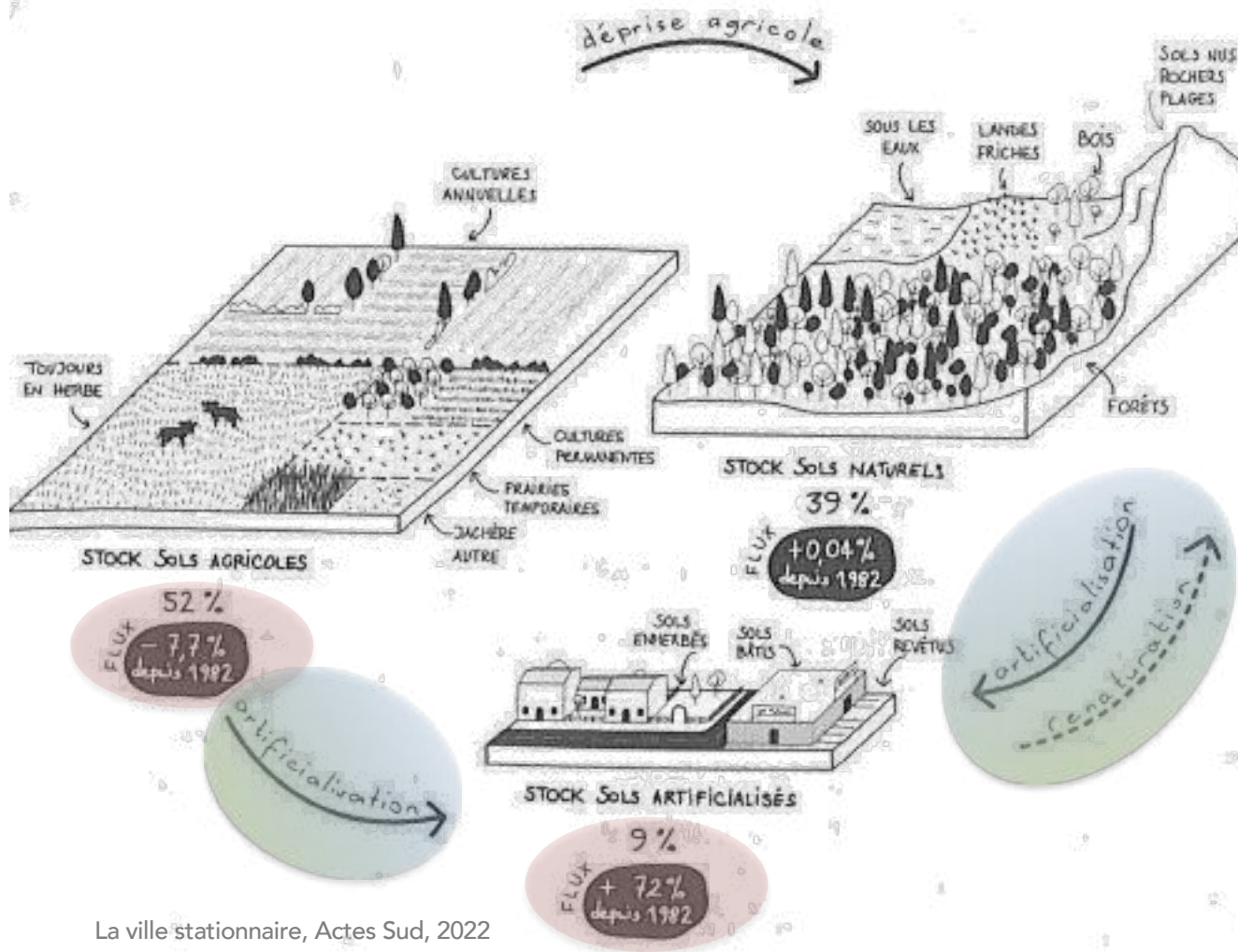


- des situations préoccupantes pour la durabilité des fonctions des sols
- des incertitudes sur l'effet à long terme de certaines pressions (e.g. changement climatique)
- des distribution et dynamique temporelle de certains contaminants encore peu connues
- une fertilité chimique des sols agricoles globalement satisfaisante
- un maintien de la fertilité à long terme qui nécessitera une meilleure gestion et un recyclage accru de certains éléments (e.g. **phosphore**)

Evolution comparée de l'étalement urbain, de l'artificialisation et de la population, France



Occupation du sol, stocks et flux depuis 1982



La ville stationnaire, Actes Sud, 2022



SOUS L'IMPACT DES PROCESSUS D'ARTIFICIALISATION DES SOLS, DE DÉTERMINANTS, IMPACTS ET LEVIER D'ACTION

SYNTHÈSE DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE - DÉCEMBRE 2017



- sols artificialisés : + 490 000 hectares entre 2006 et 2014
- extension aux dépens des espaces agricoles

LES SOLS DES VILLES : TERRES INCONNUES ?

Sols très anthropisés initialement étudiés sur des friches industrielles, depuis les années 70



© C. Schwartz

Considération des sols urbains : il y a 3 décennies avec les sols de jardins potagers



... et progressivement les sols supports d'infrastructures



©C Schwartz

- e.g. sols agricoles transformés en Technosols

Plus récemment,
arbres en ville,
nature en ville,
biodiversité



© C Schwartz



- des sols fortement modifiés par l'Homme...
- et des sols (pseudo)naturels à préserver

Demande sociale et environnementale des citoyens

- pour une nature de proximité, des aménagements de qualité, l'amélioration de la qualité de vie, des agricultures urbaines



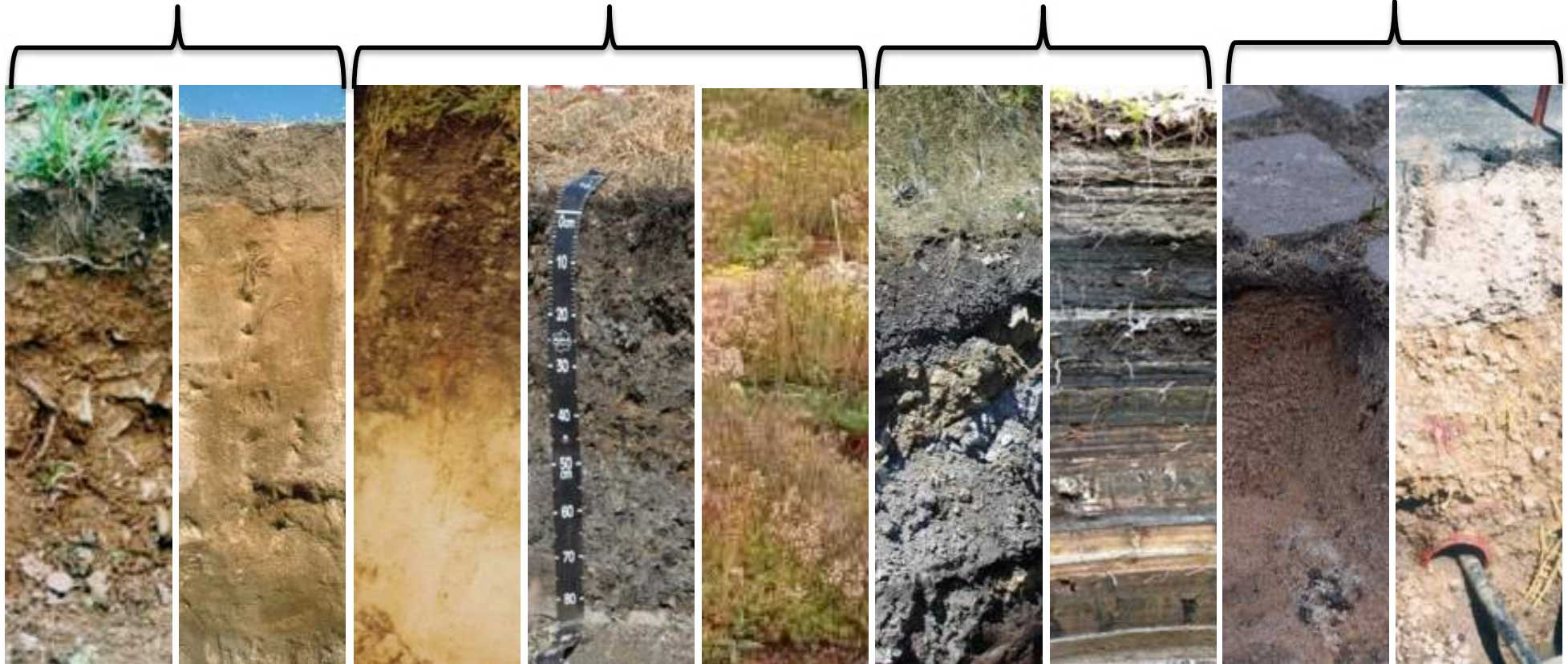
Groupes de sols urbains en fonction de leur potentiel à rendre des services écosystémiques

sols pseudos naturels

sols construits

sols sur dépôts

sols imperméabilisés



Luvisol forêt urbaine

Cambisol agriculture urbaine

Anthrosol horticulture

Technosol construit

Technosol toit végétalisé

Technosol site contaminé

Technosol bassin de décantation

Technosol pavé

Technosol imperméabilisé

Potentiel décroissant





CDC Biodiversité & OFB, 2022, Renaturer les sols, des solutions pour les territoires, d'après Fosse, 2019

Lorsque les sols urbains
aspirent à redevenir des sols « naturels »

Un sol de jardin
péri-urbain
développé
sur une ancienne
décharge :

un nouveau
substrat
pour un sol
polycyclique ?



© C. Schwartz

Une forêt naturelle ?



un système forêt spontanée – sol très anthropisé

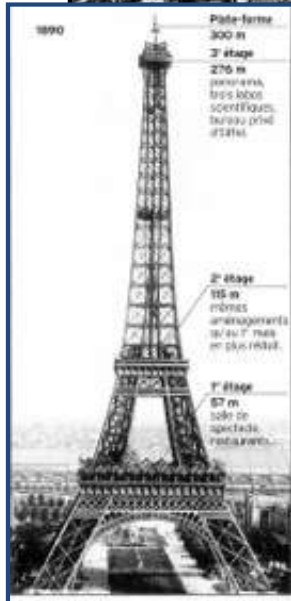
100% matériaux technogéniques

- Fonctions de production de biomasse opérantes malgré les teneurs considérables en métaux toxiques
- Fonction de réservoir de matériaux : métaux

Région Lorraine
charbon, acier, textile

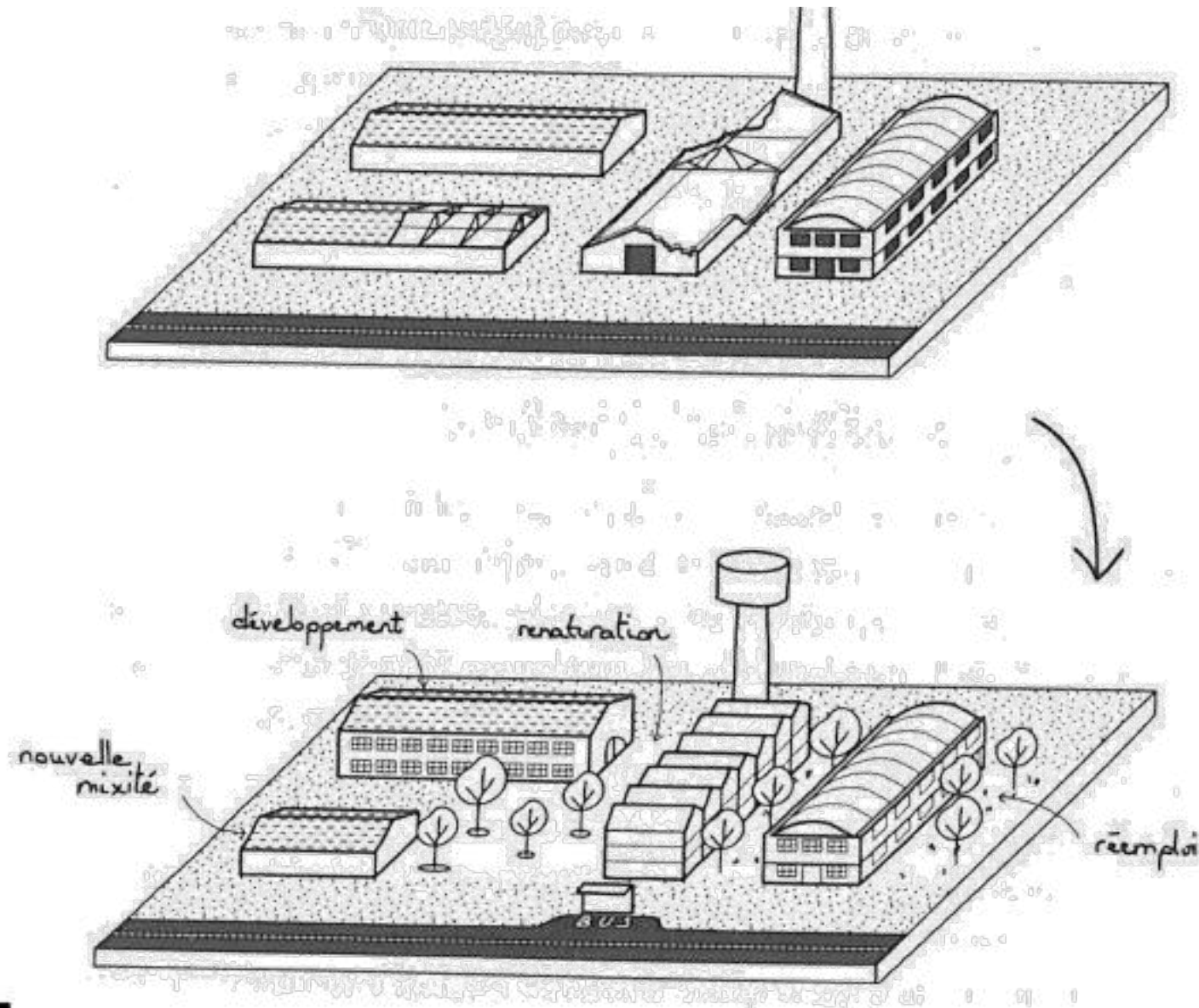
Un passé industriel marqué

une résilience
est-elle possible ?



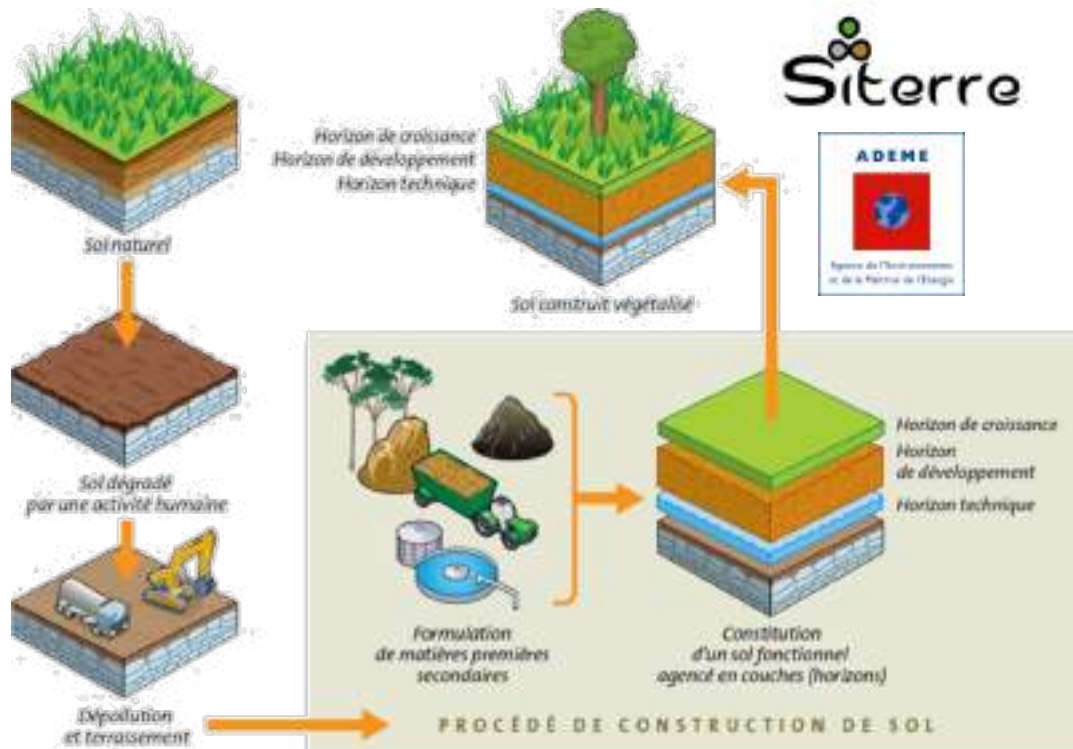
... plus de 6000 hectares
de friches industrielles en Lorraine

Recyclage/réaménagement des friches urbaines : des besoins en sols fertiles

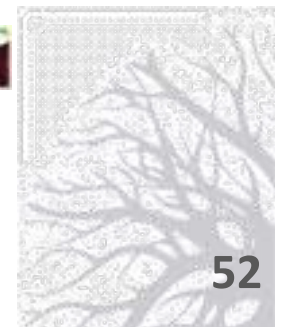


Des sols peuvent être élaborés à partir de déchets pour retrouver des services écosystémiques

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
- production de biomasse alimentaire ?



Des solutions efficaces...



avant



après



production de chanvre => fibre textile / matériau composite
production de triticales => énergie / alimentaire
rendements variables => légèrement inférieurs aux analogues agricoles

Le génie pédologique est une solution pour réhabiliter des sols dégradés par la construction de Technosols à l'aide de déchets et sous-produits

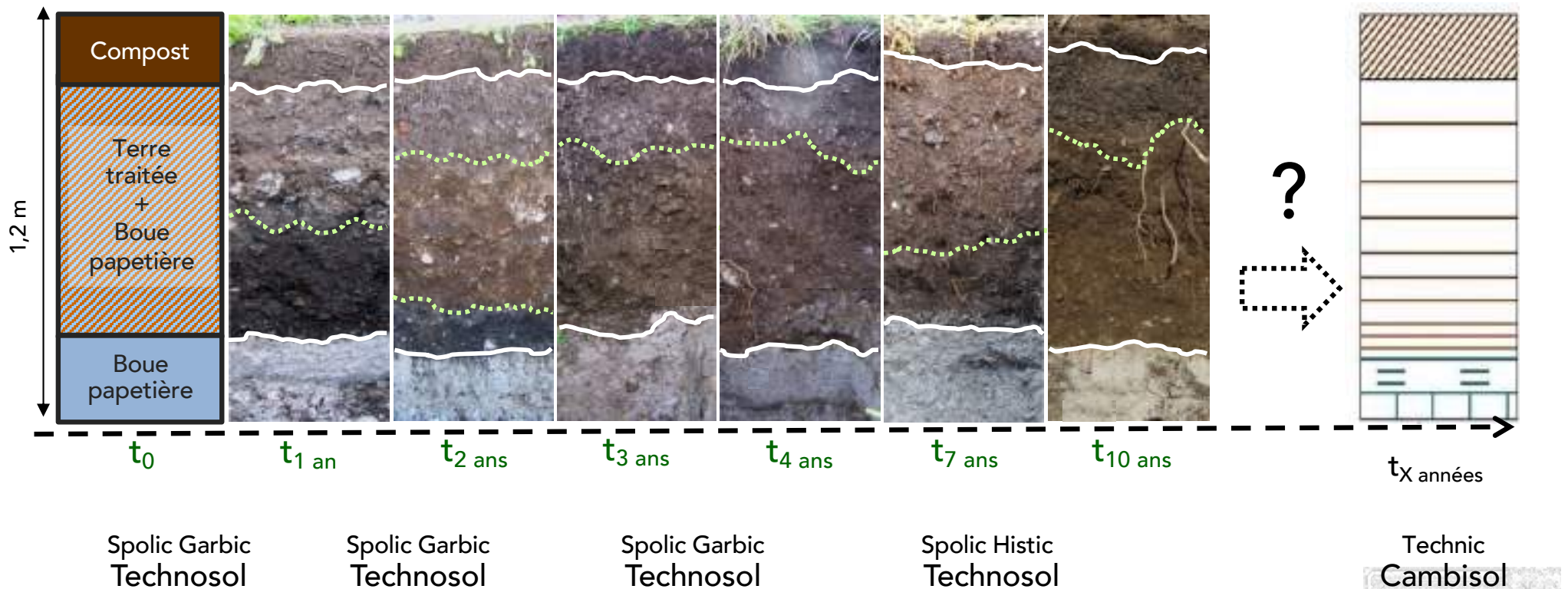
Ils sont capables d'assurer des services écosystémiques de manière similaire à des sols naturels

En fonction des modalités de mise en œuvre, ils peuvent constituer des écosystèmes d'intérêt en termes de biodiversité

Initier les processus pédogénétique, puis laisser faire la nature

Early pedogenic evolution of constructed Technosols

Geoffroy Séré • Christophe Schwartz • Stéphanie Ouvrard • Jean-Christophe Renat •
Françoise Watteau • Geneviève Villemin • Jean Louis Morel



du sol construit au sol naturel ?

Désimperméabiliser les sols pour des villes à haut rendu de services écosystémiques



DESSERT

**DEsimperméabilisation des Sols
Services Ecosystémiques
et Résilience des Territoires**

Expérimenter sur le terrain Acquérir ses propres références

ANGERS



NANCY



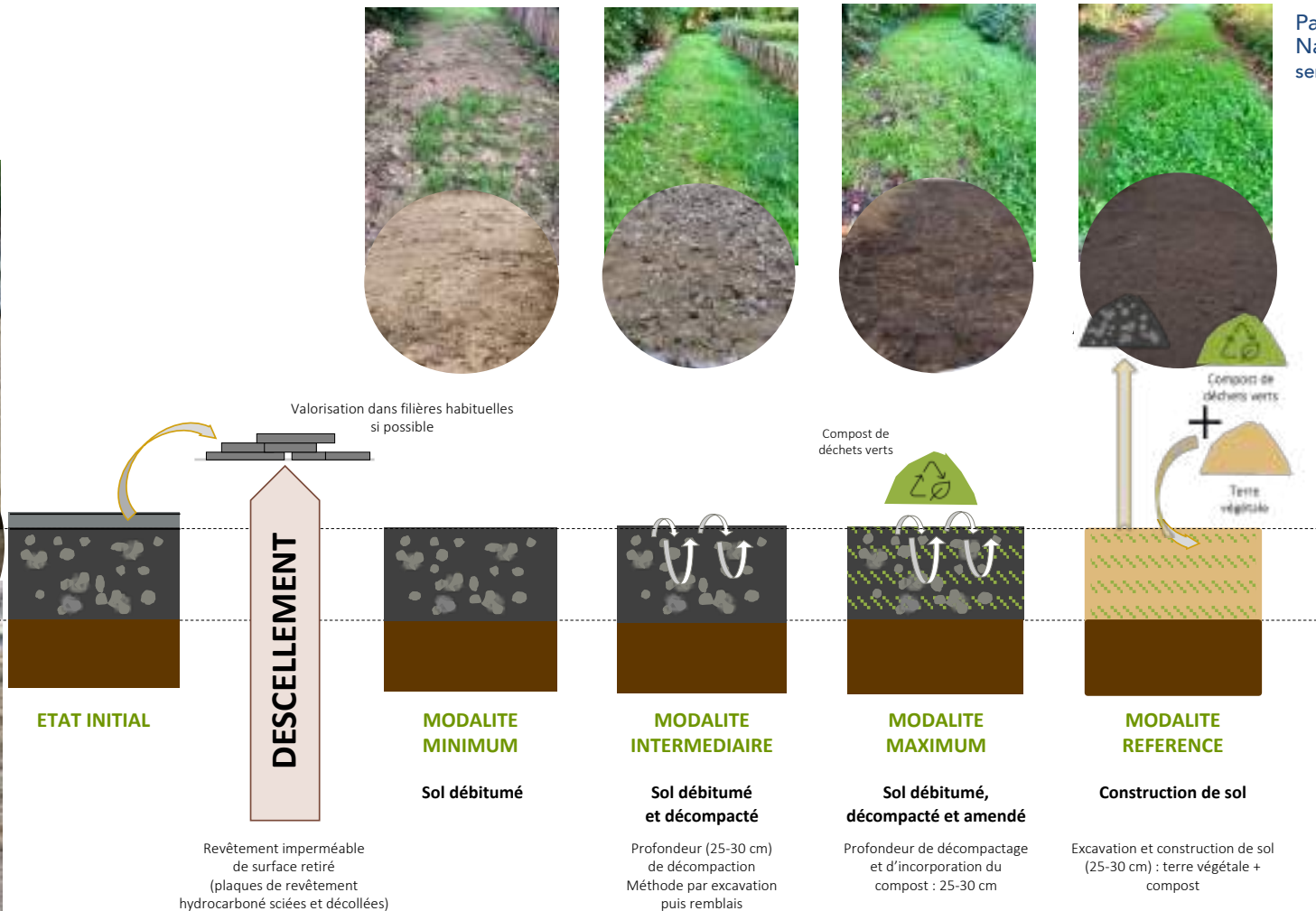
CANNES



Credit photo : DESSERT



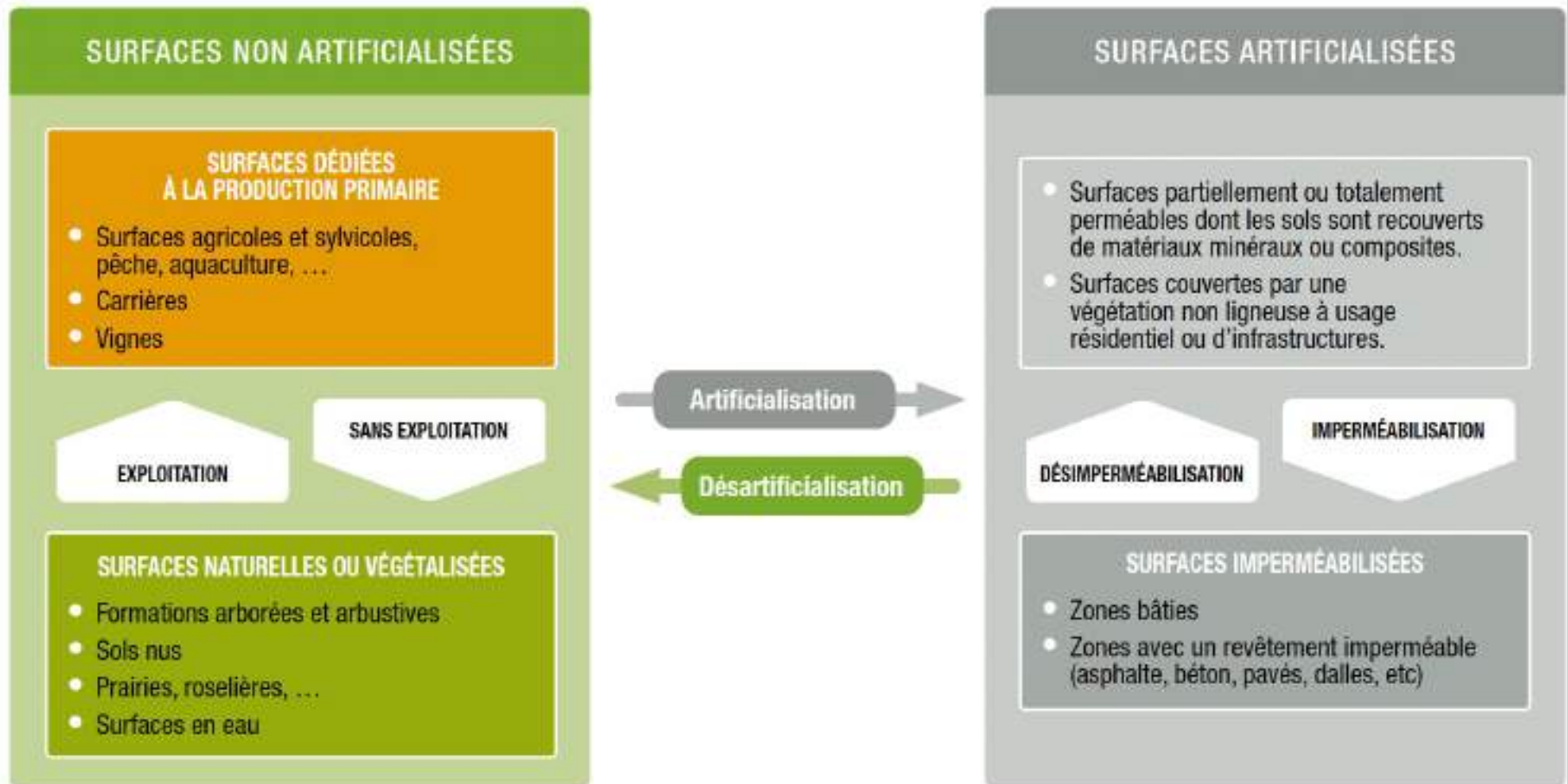
Des sites pilotes de désimperméabilisation

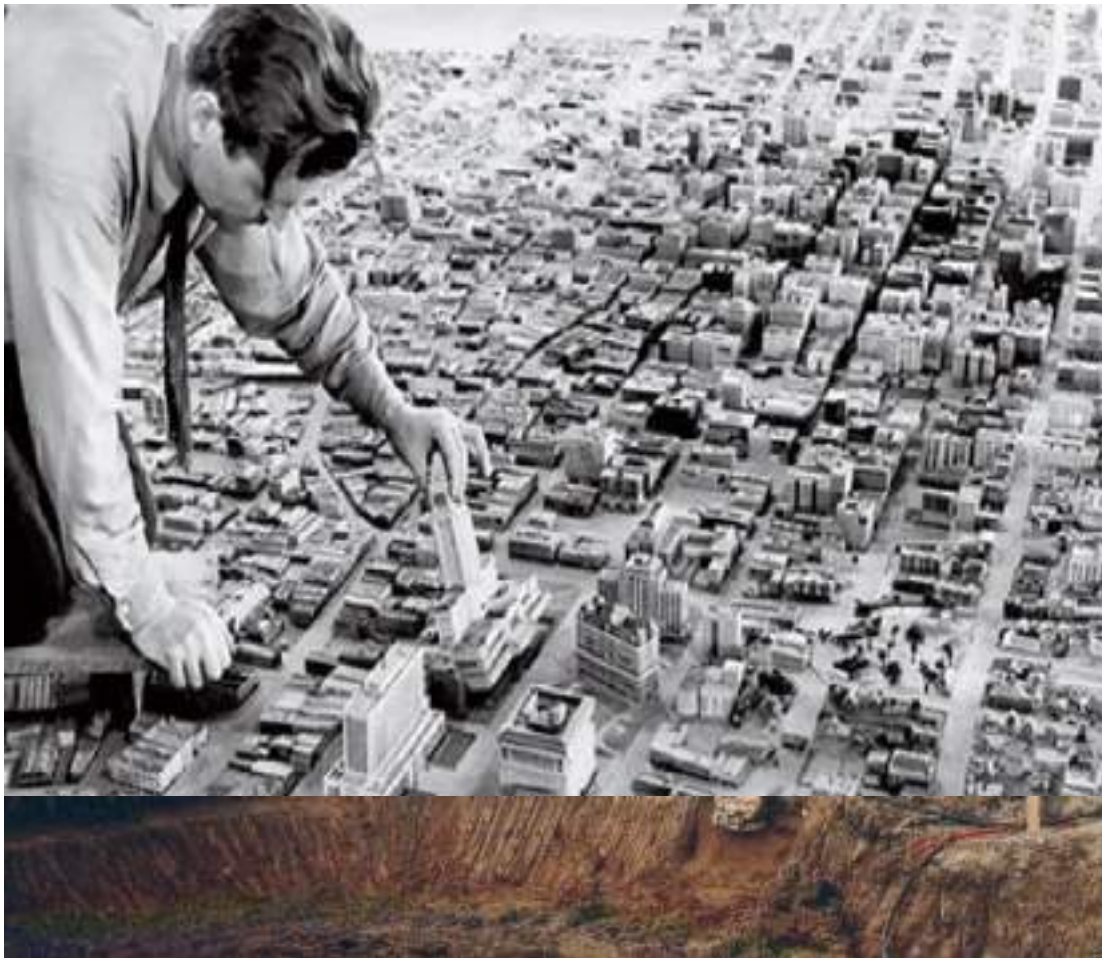


Parc Sainte Marie Nancy
semis+4 mois

Intensité d'intervention croissant

Flux possibles entre surfaces artificialisées et non artificialisées





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.



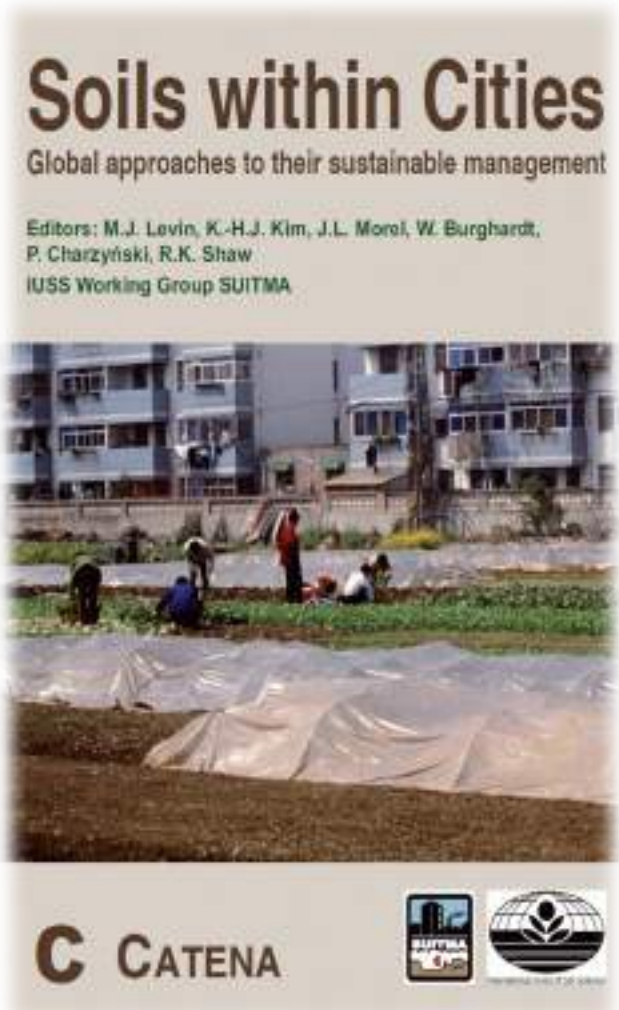
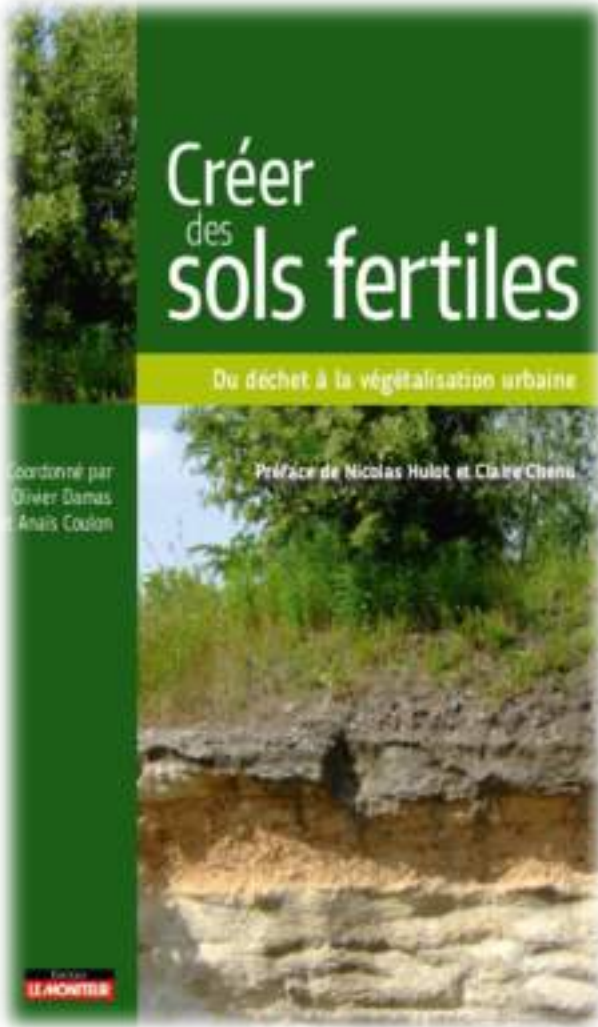
le **sol urbain-surface** (approche foncière) considéré par l'aménageur doit devenir...

un **sol urbain-matière** (profil de sol du pédologue) disponible pour la végétation et apte à rendre des services



Joseph Beuys: Erdtelefon, 1968, Pinakothek der Moderne, München

Communiquer, former,
sensibiliser et impliquer



AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :      

AVEC LA COOPÉRATION DE :      



Efforts de sensibilisation et de formation



Jardins scolaires. Premières notions de Botanique

Urbanisme

Agronomie

75% de citadins en Europe,
50% à l'échelle mondiale

Disparition de l'équivalent en
terre agricole d'un département
tous les 7 ans en France

Croissance
démographique

Exode rural

Pollution
urbaine

Détachement entre
citadins et monde
agricole

Evolution de la
conscience
écologique



Agro-urbanisme!

*Dans un contexte d'expansion urbaine et d'éloignement
des citadins vis-à-vis de la nature, comment répondre
aux demandes actuelles de santé-sécurité et de bien-être social
dans une ville plus respectueuse de l'environnement ?*

Promo SGE 2018



- 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...)



Pour en savoir plus

<https://www.gissol.fr/>

GISSOL Partageons la connaissance des sols

Groupeur d'intérêt scientifique Sol

PRÉSENTATION THÉMATIQUES DONNÉES OUTILS PUBLICATIONS ÉVÉNEMENTS

GISSOL Rechercher

En 2021, le Gis Sol a fêté ses 20 ans avec trois événements

- Un concours de création d'outils numériques
- Une enquête auprès des utilisateurs de données sur les sols
- Une journée « Les 20 ans du GIS Sol » le 6 décembre 2021

Le Gis Sol a fêté ses 20 ans le 6 décembre 2021

Carbonne et matières organiques des sols

Erosion des sols

Propriétés des sols de France

Thématiques

Présentation du Gis Sol

Visualiser les statistiques sur les analyses de sol de la BDAT : Geosol

Inventaire des études de sols réalisées en France : Refersols

Cartes

Dernière parution cartographique

Webservices

GISSOL GROUPEUR D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE SOL

REPUBLIQUE FRANÇAISE



Réseau Urbasol

Connaissance et gestion des sols urbains



Objectifs

Partenaires

Contact

Laure Vidal-Beaudet
Unité de recherche EPHor
laure.beaudet@agrocampus-ouest.fr

Christophe Schwartz
Laboratoire Sols et Environnement,
Université de Lorraine - INRAE
christophe.schwartz@univ-lorraine.fr

