

Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols

Déterminants, impacts et leviers d'action

Focus sur les impacts environnementaux et sur les leviers d'action

Béatrice Béchet, IFSTTAR, Laure Vidal-Beaudet, Agrocampus Ouest



L' ESCo Expertise Scientifique Collective

Charte nationale de l'expertise (2010)

Un état des connaissances académiques publiées (2500 réf.)

... réalisé par un collectif d'experts chercheurs (55), piloté par l'INRA et l'IFSTTAR

... pour éclairer une décision publique (MTES, MAA, Ademe)

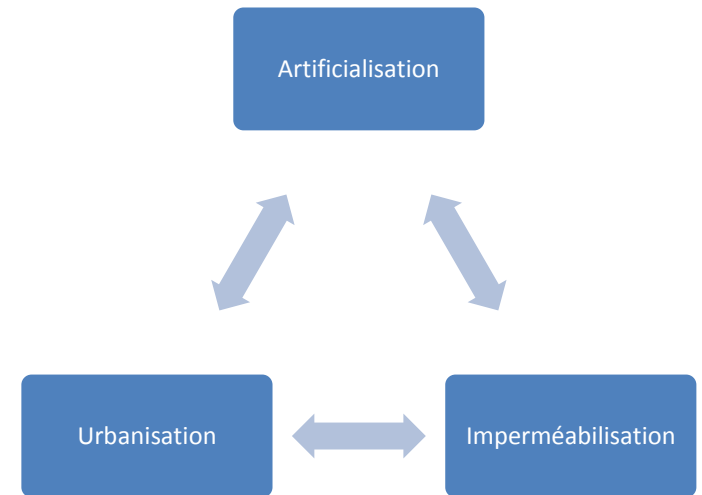
→ Sans formuler d'avis ni de recommandations

... dont les résultats sont diffusés largement :

colloque, rapport, synthèse, résumé 8p

Problématique de l'ESCo « Artificialisation des sols »

- **Un enjeu de politique publique** : limiter l'artificialisation
- **Un enjeu en terme d'impacts** sur l'environnement urbain et naturel et sur l'agriculture
- L'artificialisation des sols est un **indicateur de richesse** et un **indicateur de dégradation de la biodiversité**
- **Trois notions** usitées et à définir :



Définition de l'artificialisation

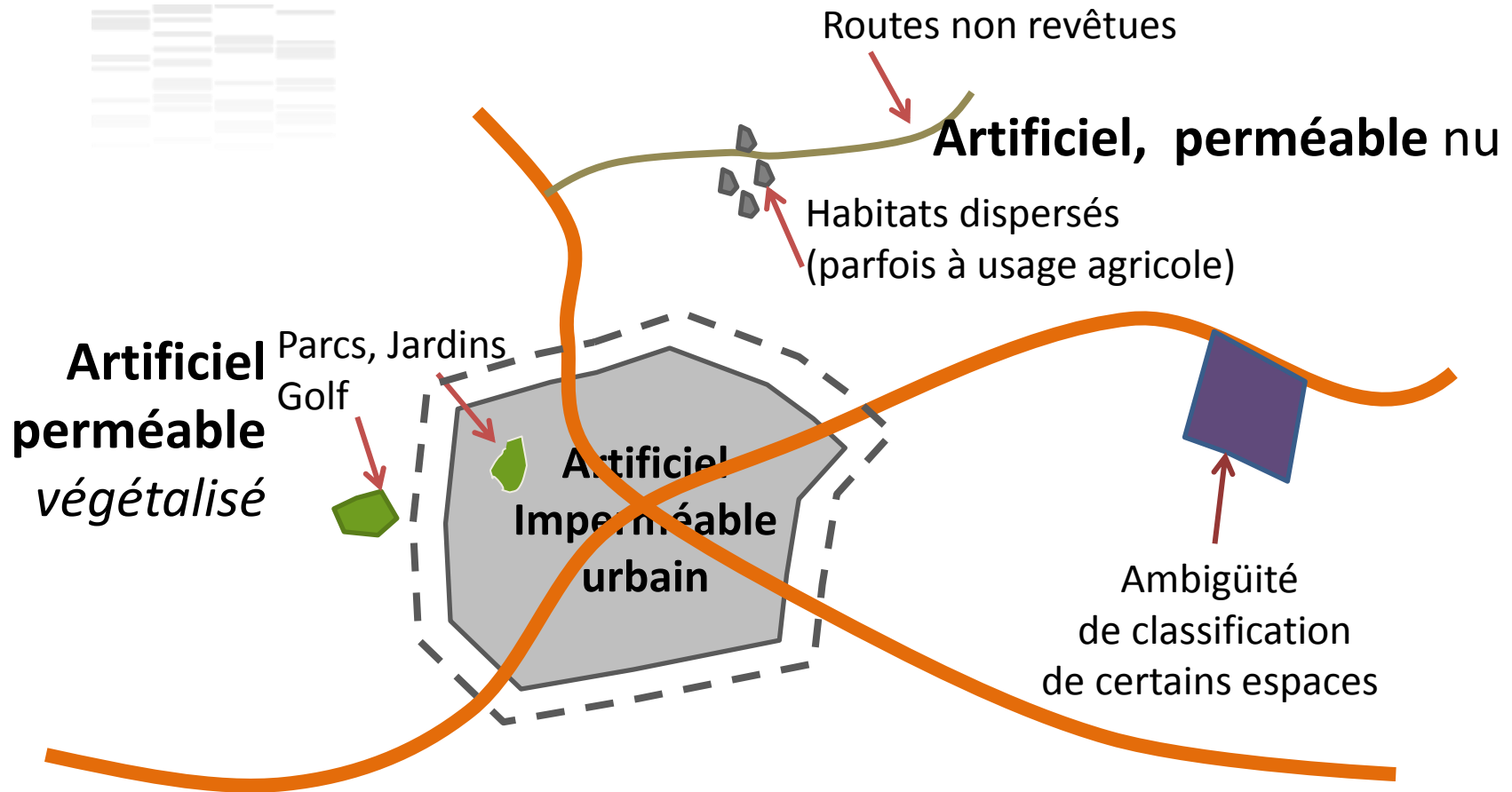
Surfaces retirées à l'usage agricole/forestier/naturel, qu'elles soient bâties ou non; revêtues ou non :

- Zones urbanisées : habitats, bureaux, usines
- Espaces verts 'non agr./for./nat.' : parcs, jardins, golf, etc.
- Routes, voies ferrées, aires de stationnements
- Chantier; carrières, mines; décharges

Peut-on mesurer toutes les surfaces avec les méthodes et outils existants?

Que mesure-t-on : une évolution de l'imperméabilisation, une évolution de l'occupation du sol....?

Ambigüités et difficultés de mesure

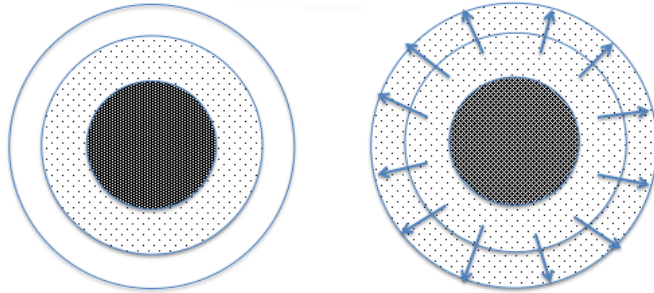


Artificiel imperméable, non urbain

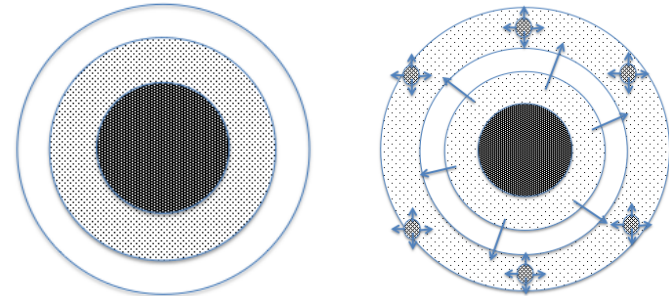
OUTILS Corine Land Cover - Teruti Lucas – Fichiers fonciers

Formes d'étalement des métropoles

densification du périurbain et extension de l'aire urbaine propre



Extension autour des centres périphériques secondaires qui étaient anciennement "autonomes".



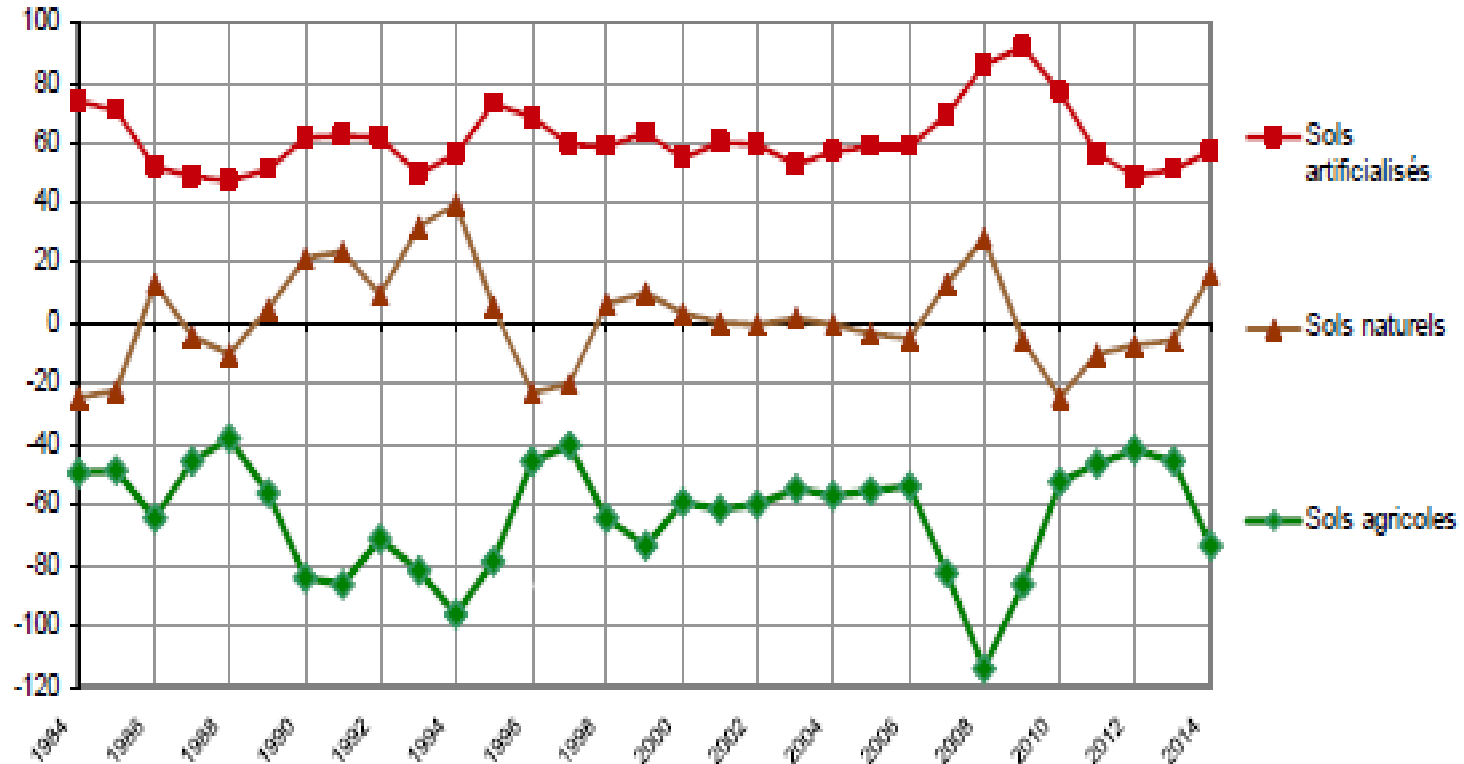
Europe : double mouvement de **concentration** des activités et des populations dans les régions urbaines et **d'étalement** des villes avec extension des surfaces urbaines et **développement du périurbain**. La dominante en matière d'artificialisation des sols est à l'étalement.

➤ les taux d'accroissement les plus élevés des surfaces bâties s'observent aux limites immédiates des 40 agglomérations urbaines étudiées par Guérois et Pumain.

En Europe, l'étalement s'effectue davantage à la périphérie des zones déjà bâties et en continuité, qu'il ne colonise de plus lointaines périphéries.

Les évolutions annuelles par grandes classes

Pertes (-) ou gains (+)
en millier d'hectares



Source : SSP - Agreste - Enquêtes Teruti 1983-2014

(1) évolutions lissées = moyenne des années n et n-1

Corine Land Cover

33 000 ha/an entre 2000 - 2006
16 000 ha/an entre 2006 - 2012

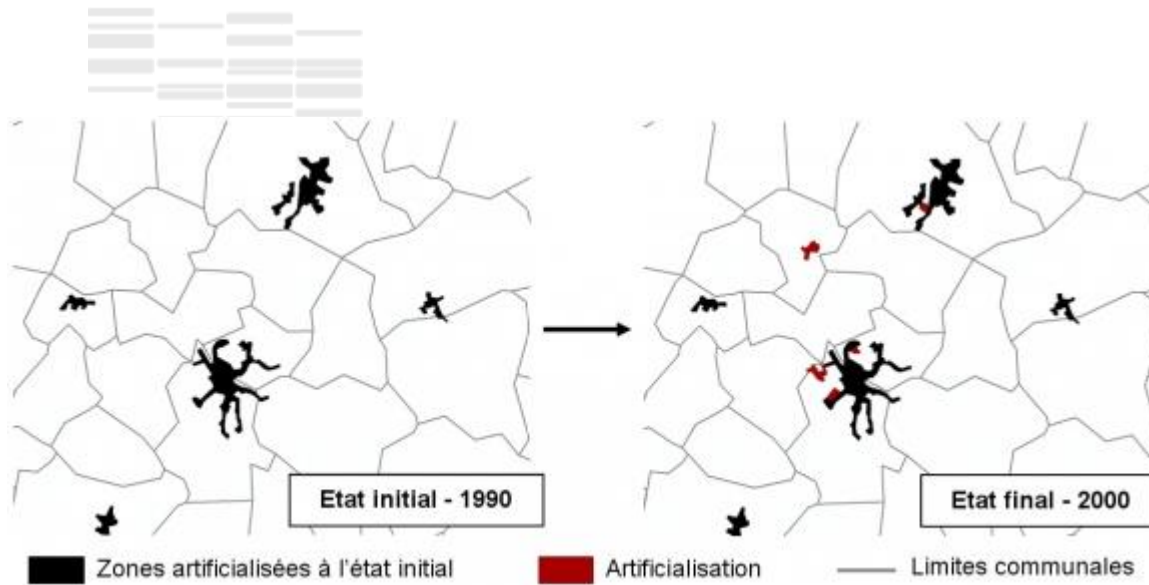
Teruti Lucas

61 200 ha /an entre 2006 -2014

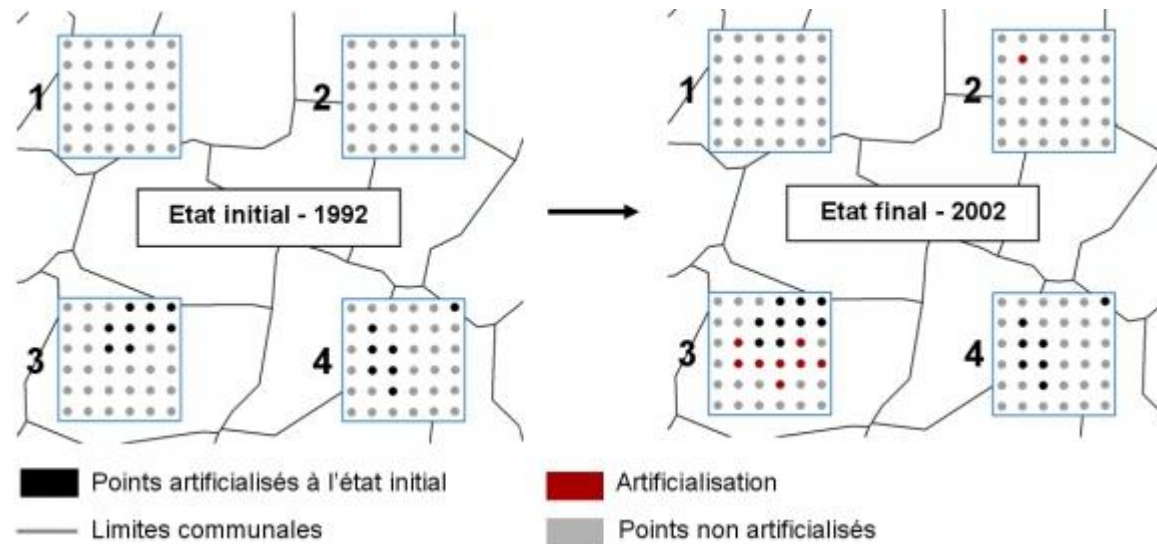
Fichiers fonciers

27 500 ha/an entre 2006 - 2015

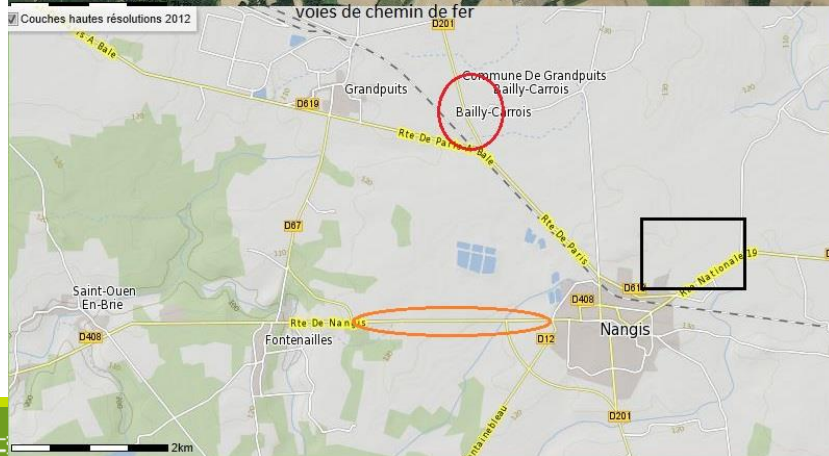
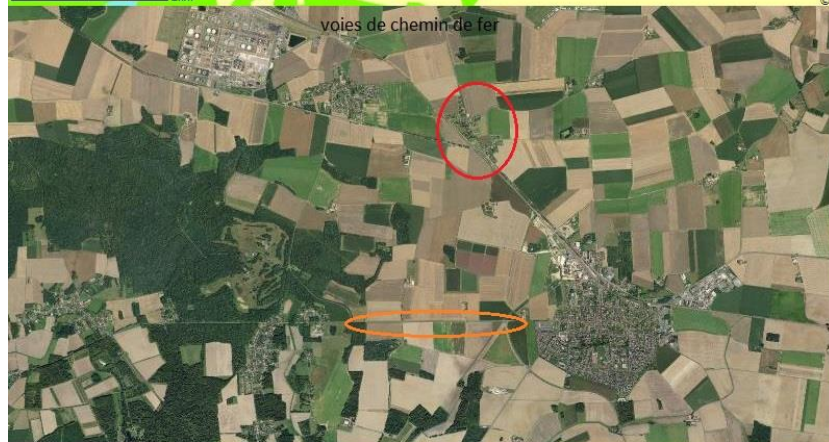
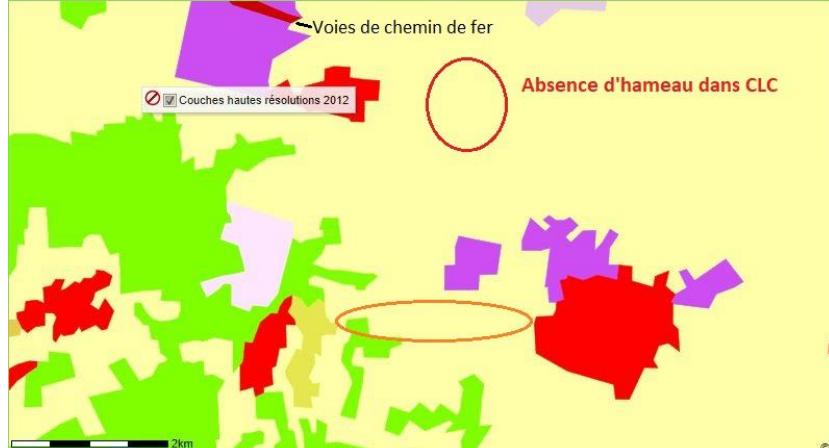
	CORINE Land Cover (CLC)	Teruti et Teruti-Lucas	Fichiers fonciers
Méthodologie	Interprétation visuelle d'images satellitaires, (+ données complémentaires d'appui)	Enquêtes ponctuelles extrapolées (+ données PAC depuis 2012)	Plan cadastral + infos sur propriétés bâties et non bâties. Fichiers MAJIC (Mise à Jour des Infor Cadastre)
Origine/propriété/exploitation des données	SOeS-CGDD Accès libre	SSP-MAA Accès libre	DGFIP/ CEREMA Accès sous condition d'usage
Résolution spatiale	25 ha/100 m (5 ha pour les évolutions) d'occupation homogène	Données stat: 309 000 points (3-40 m ²) groupés en 31 500 Grappes. Pas précis à éch. < dépt	Parcelle cadastrale
Couverture nationale (en % du territoire)	100%	100 % intégré par unités adm.) avec intervalles de confiance	100% hors domaine public et infrastructures non cadastrées
Historique et pas de temps des données	Environ tous les 6 ans depuis 1990	Annuel depuis 1982 (coordonné avec enquête europ. Lucas depuis 1995)	Annuel
Nomenclature	3 niveaux hiérarchiques avec 44 postes pour le plus fin	57 postes combinant occupation et usage des sols	13 postes
Imperméabilisation	Oui, pour 2012 avec CLC HR	Oui par interprétation	non
Limites	Faible résolution spatiale (sous-estime les petits objets : mitage) : vu par CLC, un tiers des communes n'ont pas de bâti	Extrapolation spatiale Biais d'enquêteur possible Conçu pour les milieux agricoles : peu précis pour les classes peu représentées Pas de cartographie	Pas complet (infra) <i>Méthode de compensation</i> Déclaratif Pas de classification des sols
Possibilités d'évolution de la méthode	Amélioration de la résolution : « CLC HR soil sealing » et Complement RGE (infra)	Augmentation du nombre de points	
Domaine d'application	Bonne cartographie de l'OS (100 000 ^e raster 100 m) Comparaisons européennes possibles (38 pays)	Mesure la progression de l'artif. en France à pas de temps annuel Statistiques (pas de carto) Comparaisons européennes triennales possibles (Lucas Eurostat)	
Taux moyen d'augmentation	33 000 ha/an entre 2000 et 2006 16 000 ha/an entre 2006 et 2012 corrections <i>a posteriori</i>	61 200 ha /an entre 2006 et 2014	27 500 ha/an entre 2006 et 2015



Corine Land Cover



TERUTI



Effets de seuils CLC :

Les seuils utilisés dans **CLC standard (25 ha, 5 ha)** sous-estiment des composantes de l'artificialisation des sols en omettant les objets peu larges ou de petite taille mais qui cumulés ne sont pas négligeables, notamment **les routes et les hameaux** .

Pour les 4 départements côtiers du Languedoc Roussillon pour l'année 2009, les seules infrastructures de transport (routes et voies ferrées) représentent plus de 50 % des espaces artificialisés (133 000 Ha pour un cumul d'espaces artificialisés de 261 000 ha)

RMQ : ces objets pourraient être ajoutés automatiquement à partir du RGE (infra-bati) et de CLC-HR (bati)

*Comparaison visuelle CLC,
Orthophotographie et
Carte IGN (images extraites du site Soes)*

ESCO, 2017

Sols artificialisés, sols agricoles et sols boisés et naturels en France : échanges entre catégories entre 2006 et 2014



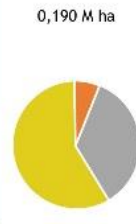
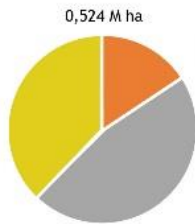
- Sols bâtis
- Sols revêtus ou stabilisés
- Sols enherbés ou nus

Source : Teruti-Lucas, fichier en ligne 2017

Sols artificialisés
Stables : 4,1 millions d'ha

Pertes >> retours

$$- 524 + 176$$



Pertes >= retours

Sols agricoles

Stables : 27,3 millions d'ha



Sols boisés ou naturels

Stables : 20,7 millions d'ha



$$- 817 + 590$$

« Stables » correspond aux surfaces qui n'ont pas changé d'affectation au cours de la période 2006-2014.

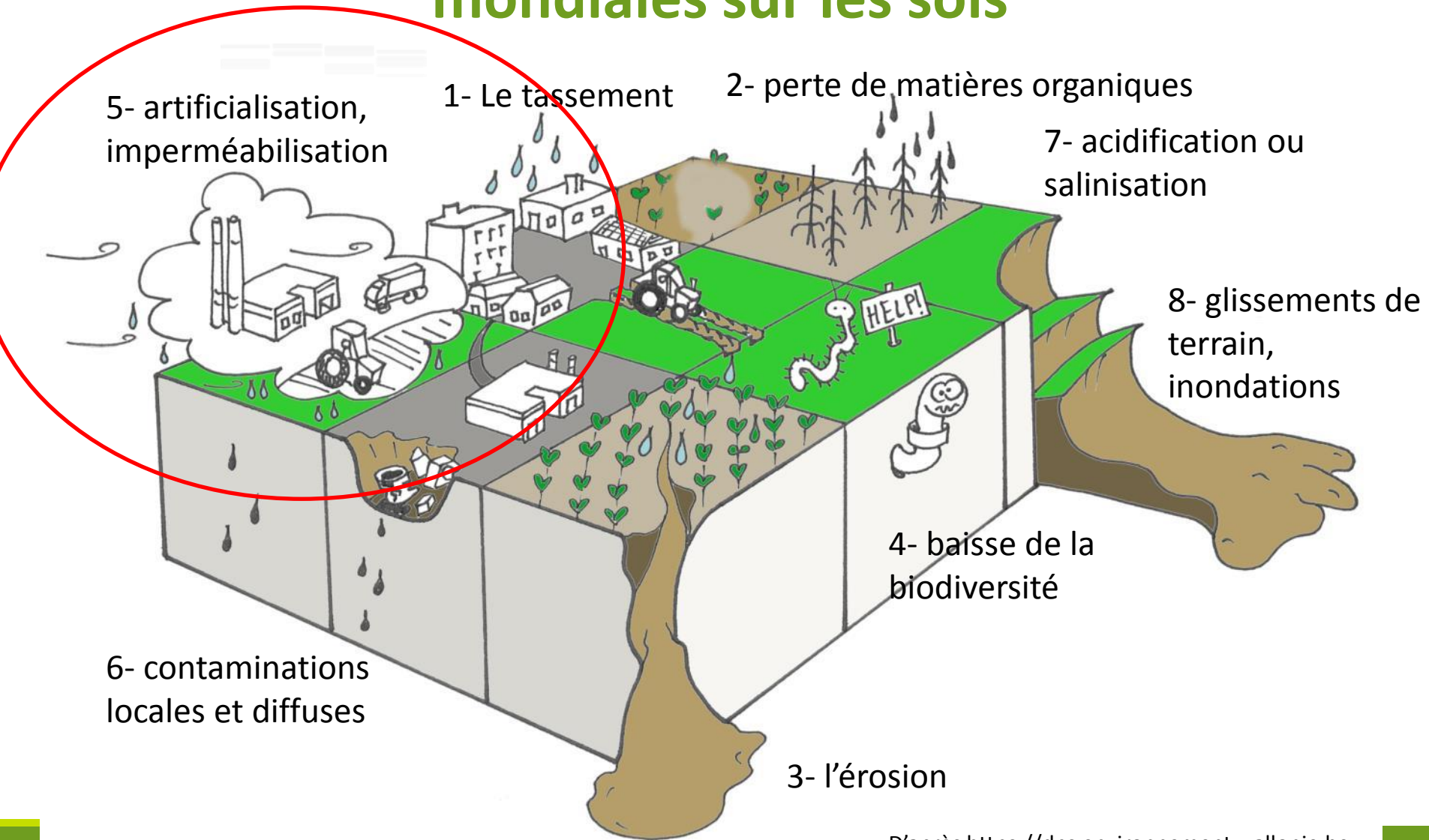
Les déterminants de l'artificialisation et de la périurbanisation

- Baisse du coût du foncier du centre->périphérie
- Réduction des coûts par localisations périphériques
 - Pour les entreprises :
 - maintien des économies d'agglomération et de l'accessibilité (rocales, zones aéroportuaires, plateformes logistiques)
 - Pour les ménages (arbitrage logement / transport)
 - migrations vers la périphérie + cadre de vie « vert »
- pour les aires métropolitaines, on constate :
 - Périurbanisation des entreprises et des ménages
 - Augmentation de la demande foncière périphérique



Les impacts environnementaux de l'artificialisation des sols sur les fonctions des sols et la biodiversité

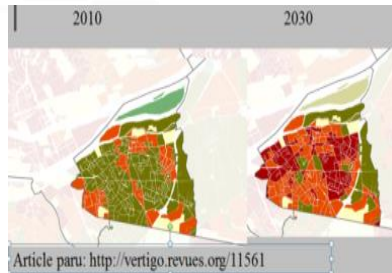
L'artificialisation des sols une des 8 menaces mondiales sur les sols



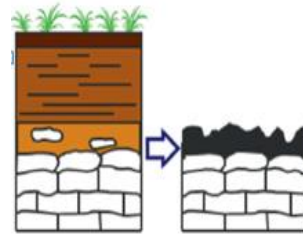
D'après <https://dps.environnement.wallonie.be>

Des définitions à partager sur les sols

❖ Le Sol, un objet en 3D



Evolution des OS 2D



+ Profil de sol : 3D



+ Relief urbain : 3D

❖ Approche multidisciplinaire

❖ Développer une vision locale (l'objet sol)

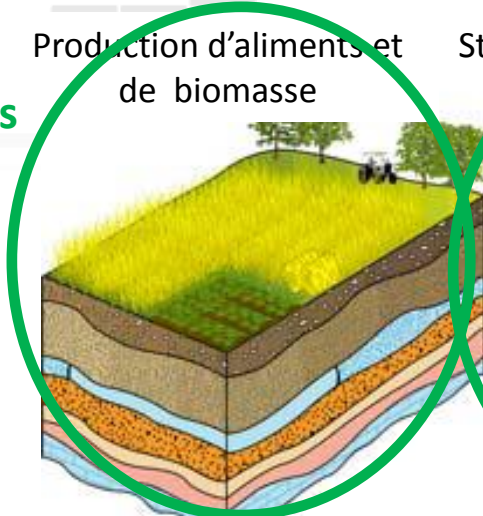
et une vision spatialisée (l'organisation des paysages)

❖ Le Sol, terre fertile et interface (cycles, fonctions et services)

Les différentes fonctions du sol et l'artificialisation

autres fonctions
à préserver

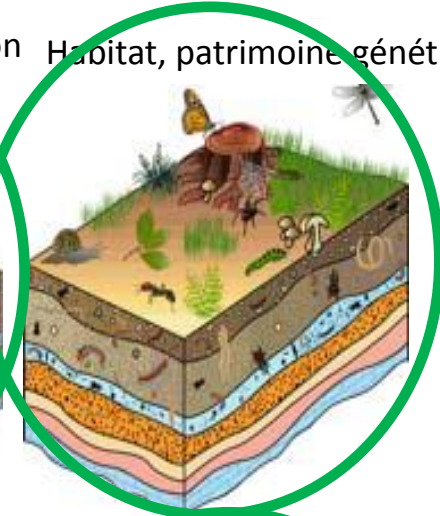
Production d'aliments et
de biomasse



Stockage, filtration, épuration

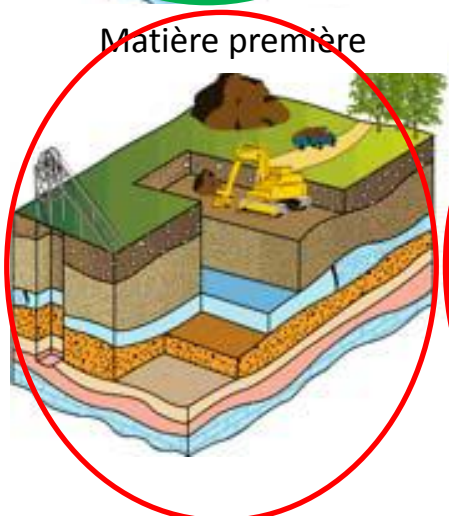


Habitat, patrimoine génétique

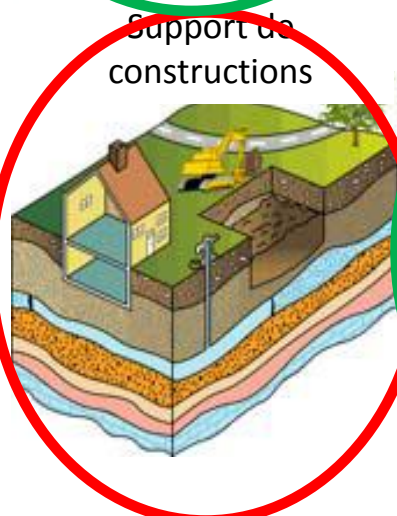


artificialisation

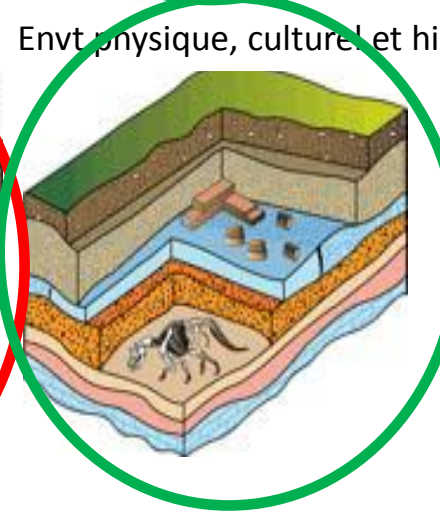
Matière première



Support de
constructions

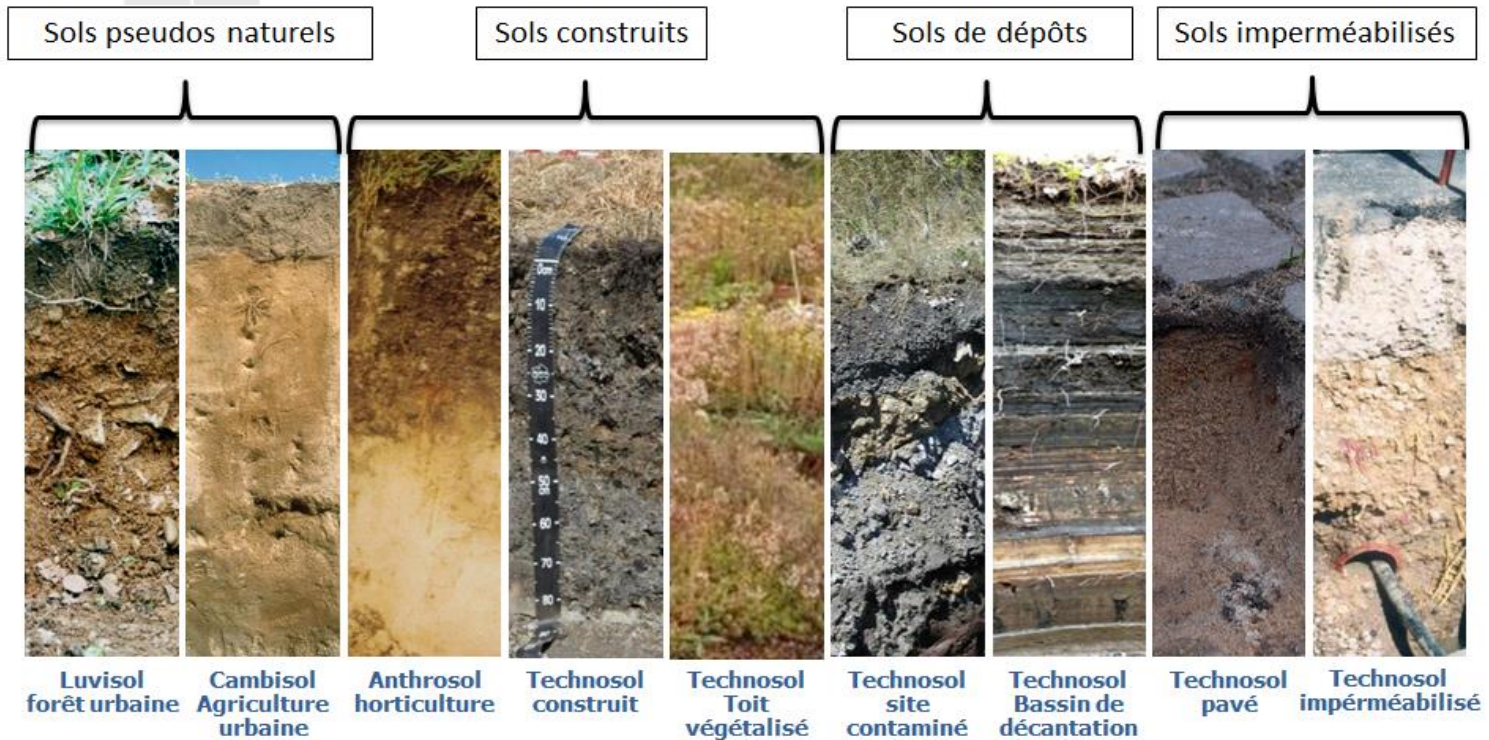


Envt physique, culturel et historique



« Les **fonctions** sont liées aux **processus** naturels internes au sol, issus des interactions entre les composantes biotiques et abiotiques, qui génèrent des **produits** et des **services** » (cs Gessol)

Des impacts fonction de la nature de l'artificialisation

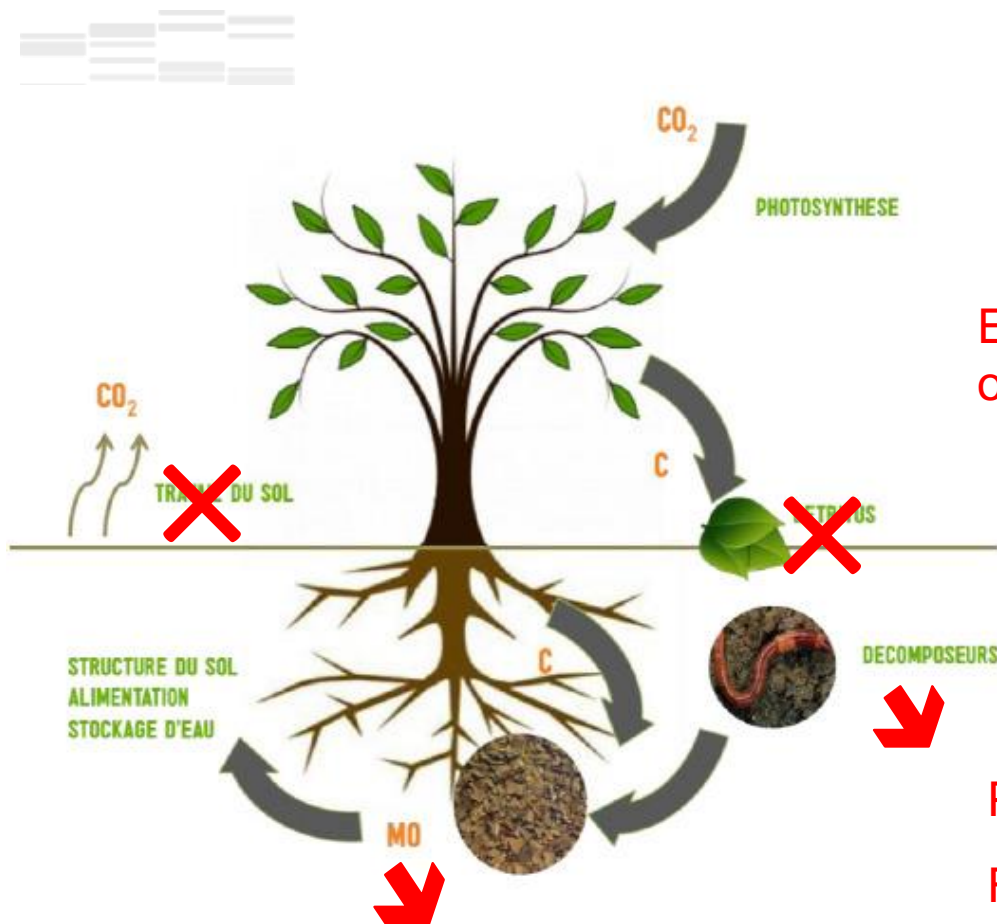


Influence humaine croissante

Morel et al., 2014

- ❖ Répartition hétérogène des sols : **formation de TECHNOSOLS**
- ❖ Diversité des perturbations export/apport de matériaux, ...

L'artificialisation modifie les propriétés des sols



Elimination matière organique

Imperméabilisation

- Compaction
- Remaniements

Contamination

Perte de biodiversité

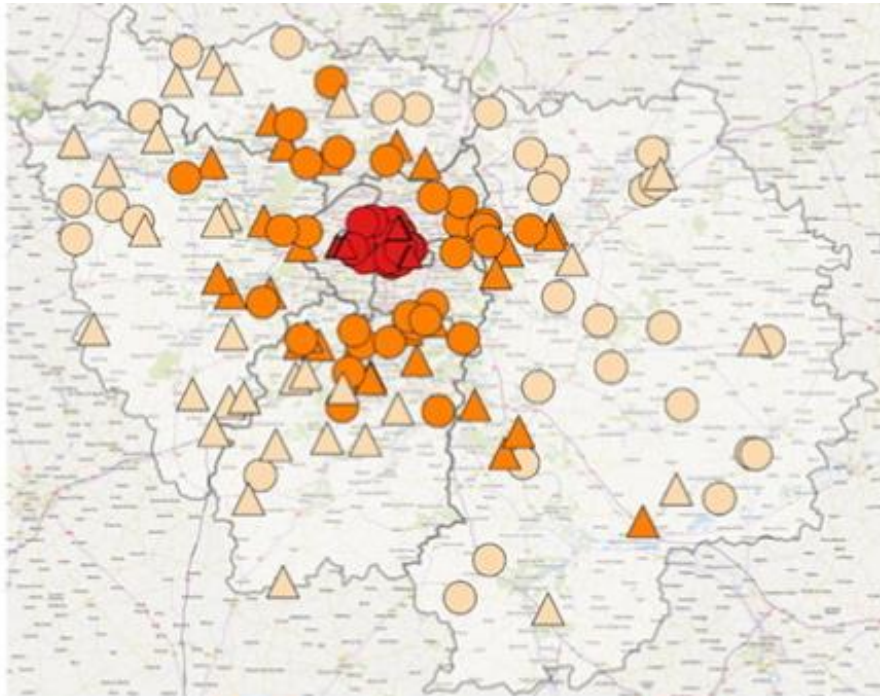
Faible réserve en éléments nutritifs

➔ Sols peu fertiles

L'artificialisation contamine les sols en milieu urbanisé

❖ Contamination par les Eléments Traces Métalliques:

Trafic routier, industries,...



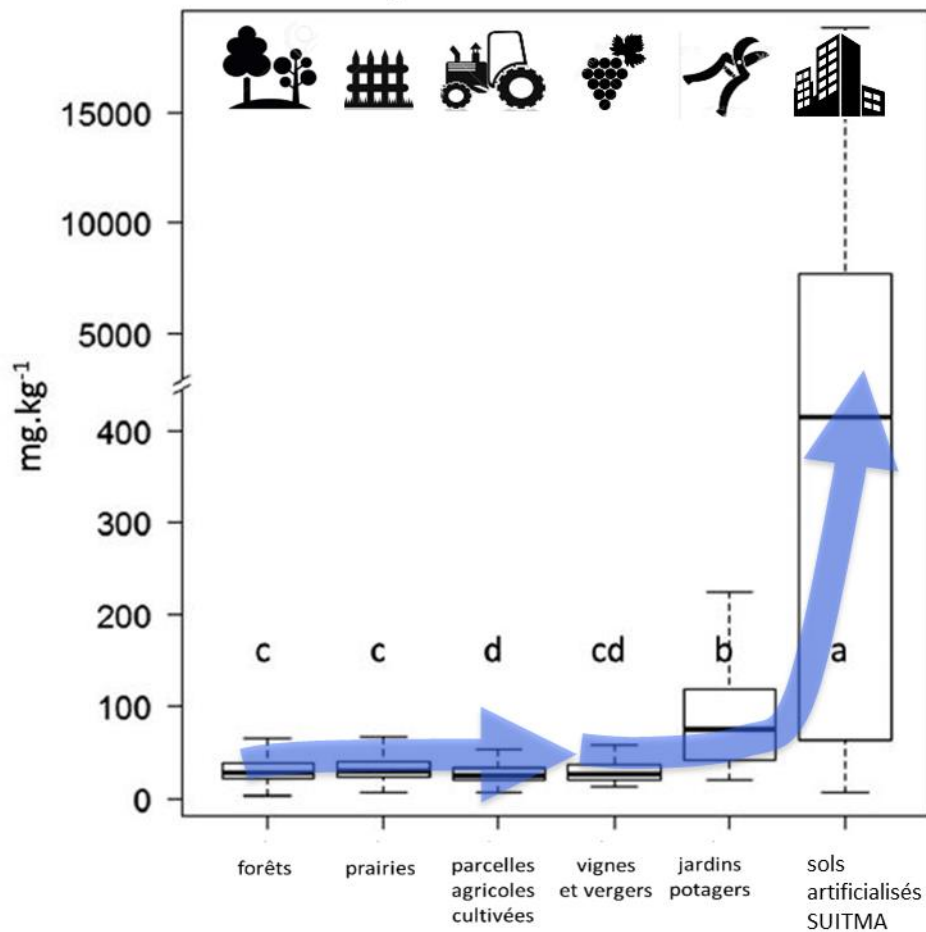
*Les teneurs en ETM
le long d'un
gradient de
pression urbaine
en Ile de France
(180 sols de
pelouses et bois)*

■ Rural area ■ Suburban area ■ Urban area
● Lawns ■ Woods ▲

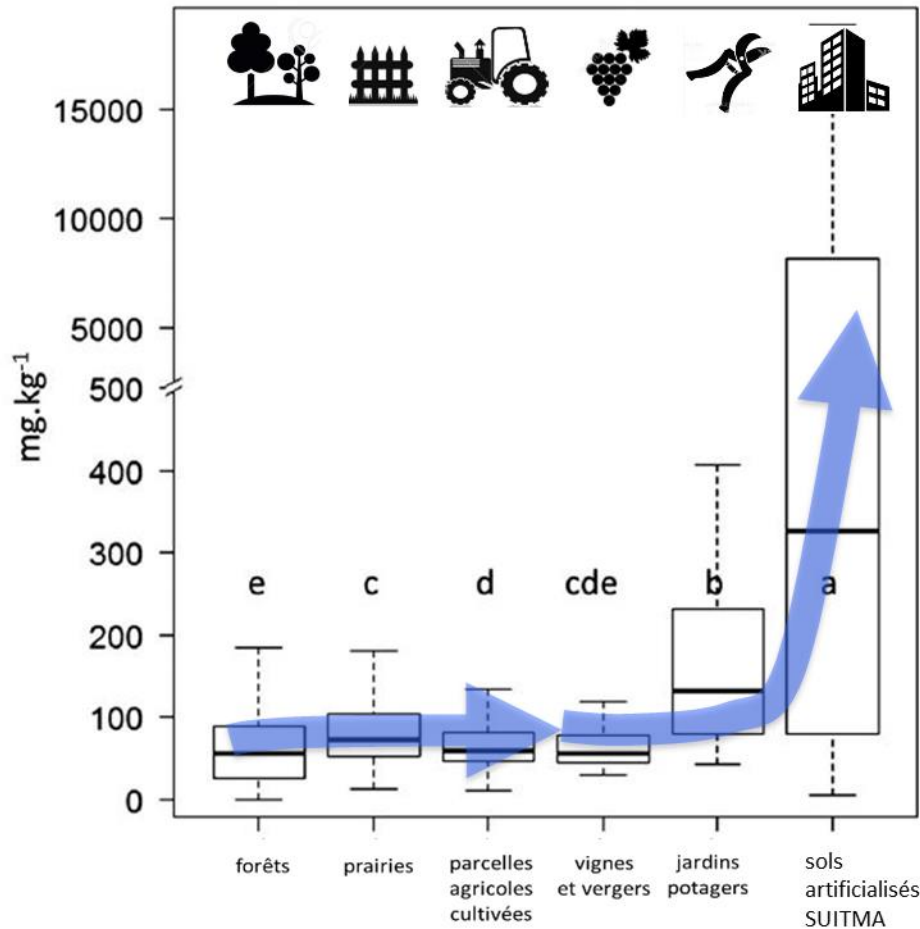
L'artificialisation contamine les sols en milieu urbanisé

❖ Contamination par les Eléments Traces Métalliques:

Teneur en plomb



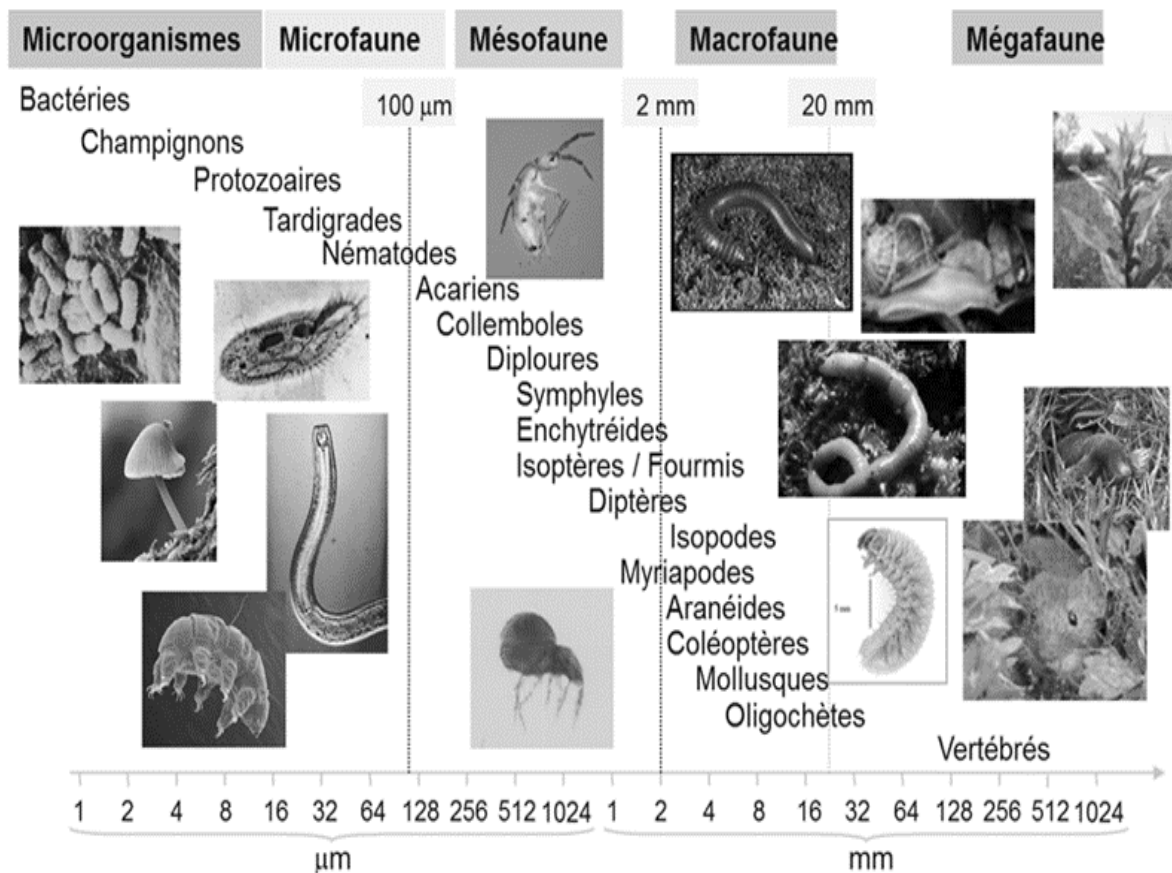
Teneur en zinc



Joimel et al., STOTEN, 2016 – RMQS, Inra, LSE, ANR Jassur

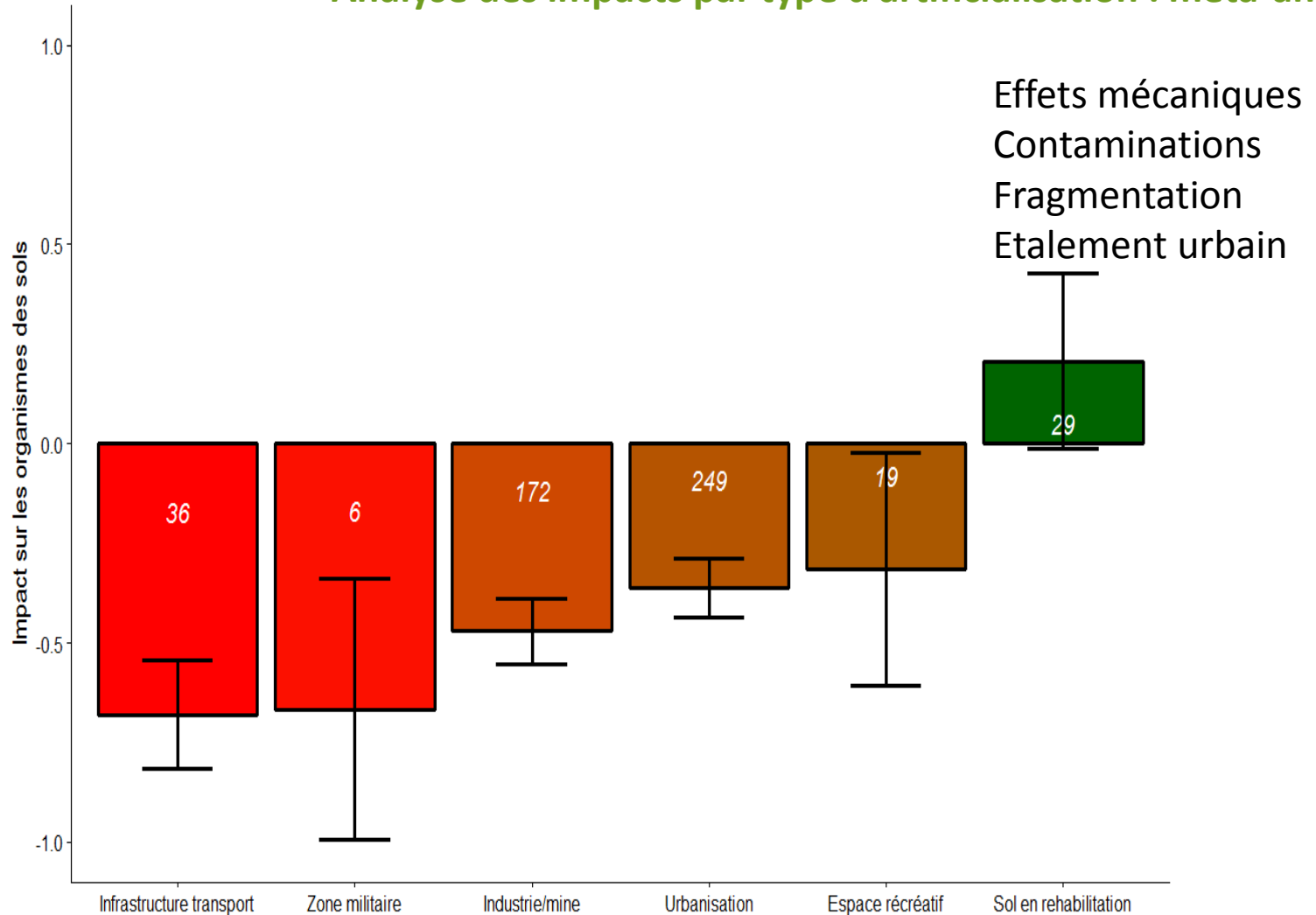
L'artificialisation impacte la biodiversité des sols

Une grande diversité des organismes du sol

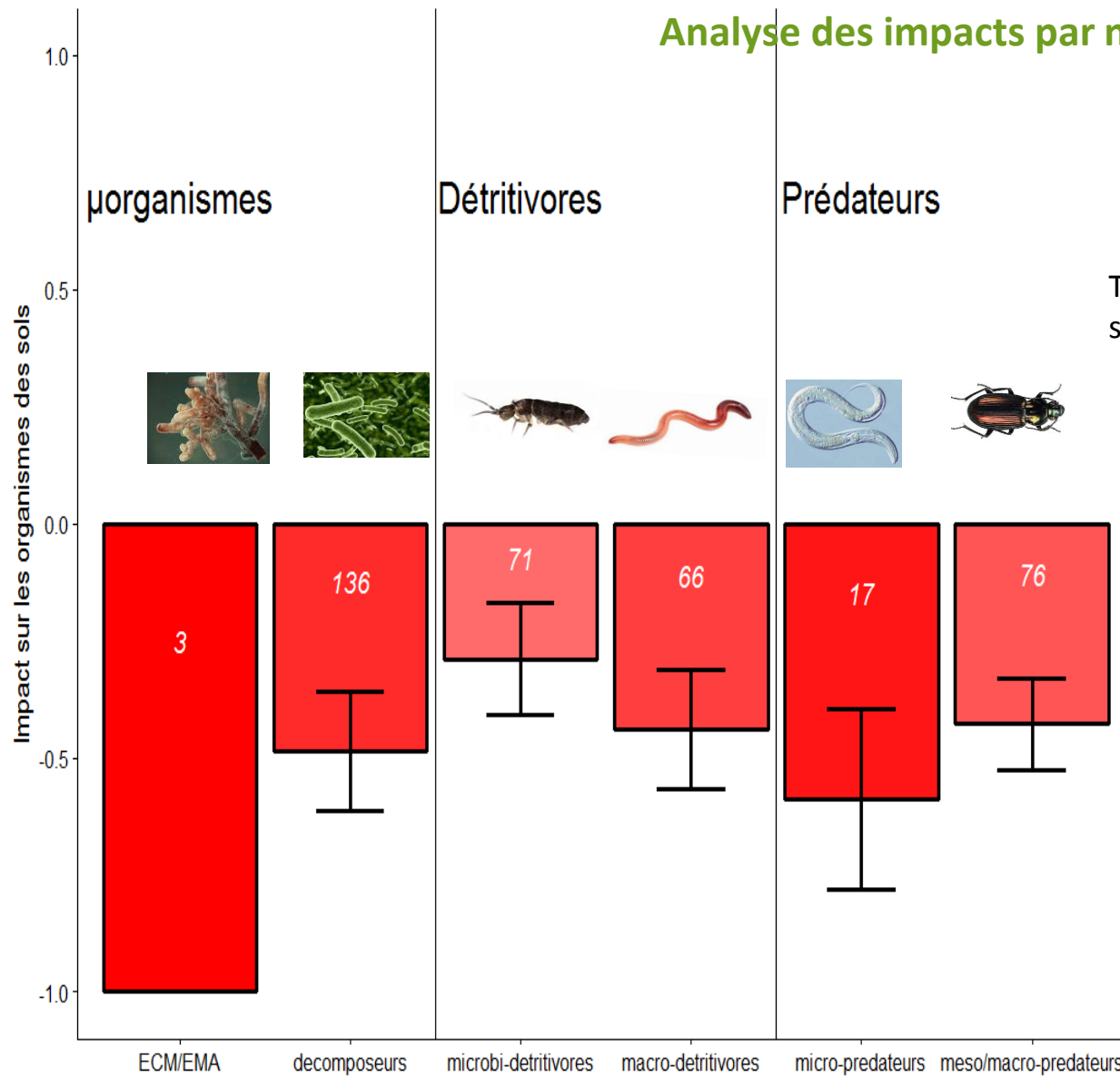




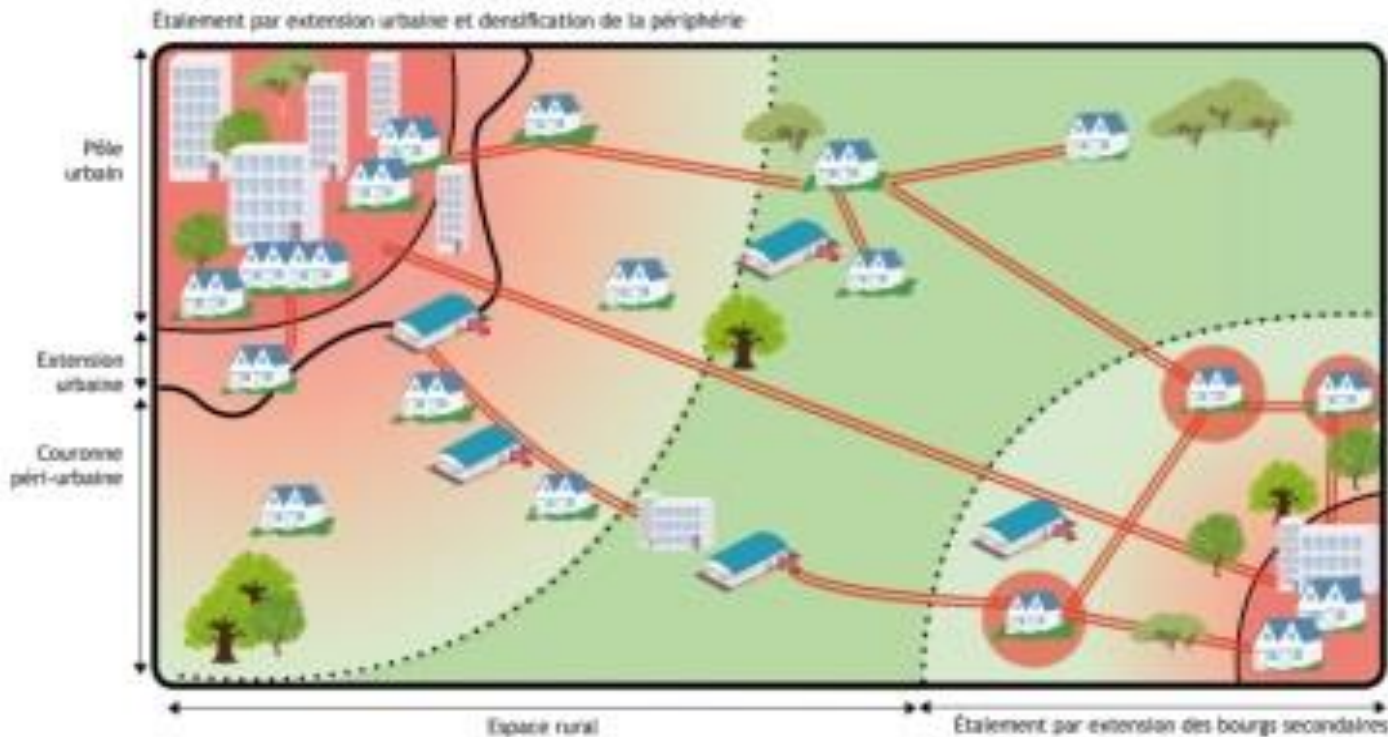
Analyse des impacts par type d'artificialisation : méta-analyse



Analyse des impacts par niveau trophique



L'artificialisation impacte la macrofaune et la flore



⇒ **perte de connectivité** par **fragmentation** des paysages.

⇒ dégradation voire une **disparition des habitats surtout pour la faune**

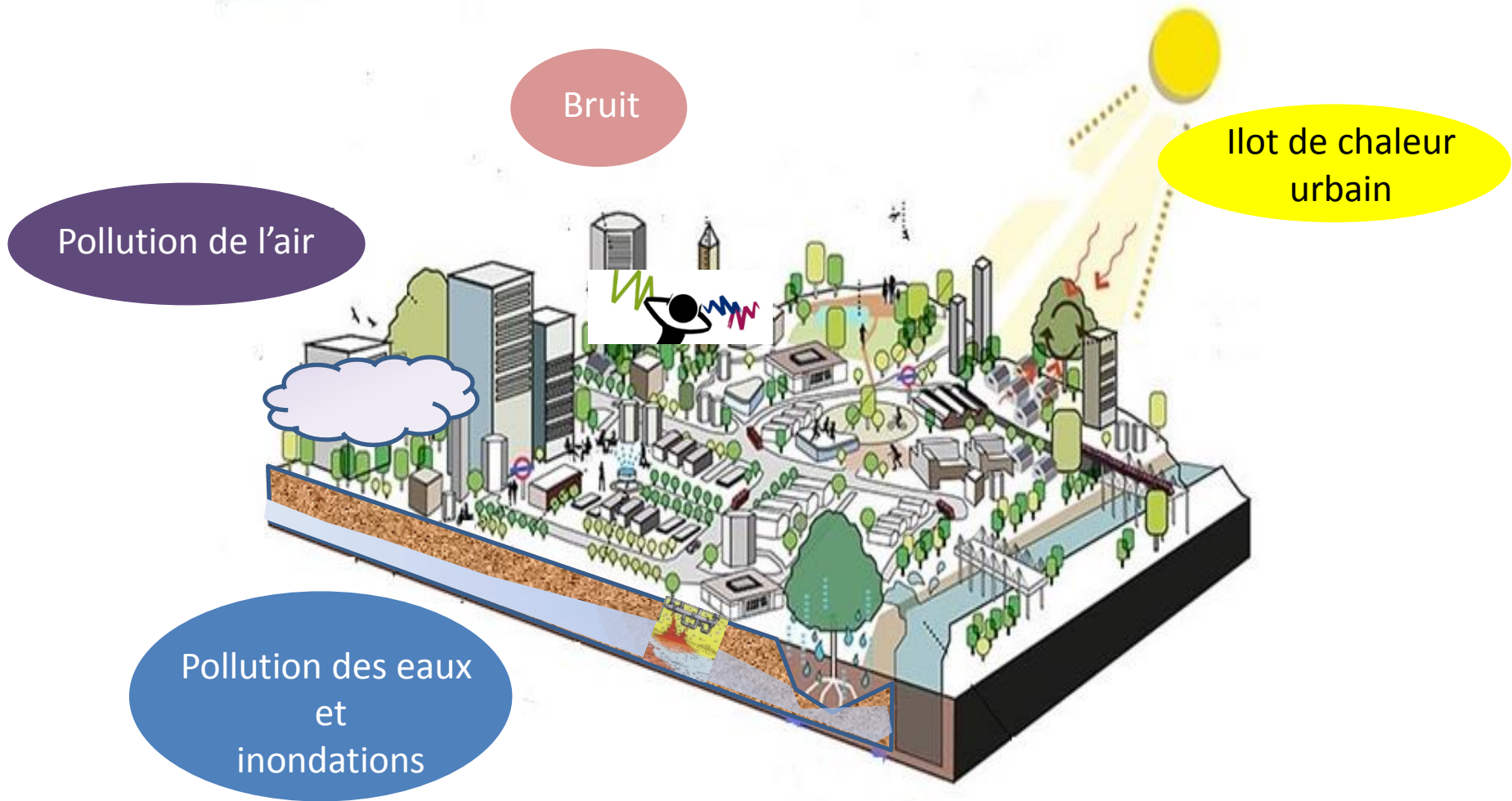
Mais l'urbanisation génère aussi de nouveaux habitats (bâti, espaces verts...)

=> les **espèces animales généralistes** et les **espèces végétales invasives/ exogènes et rudérales** sont favorisées au détriment des espèces caractéristiques des milieux

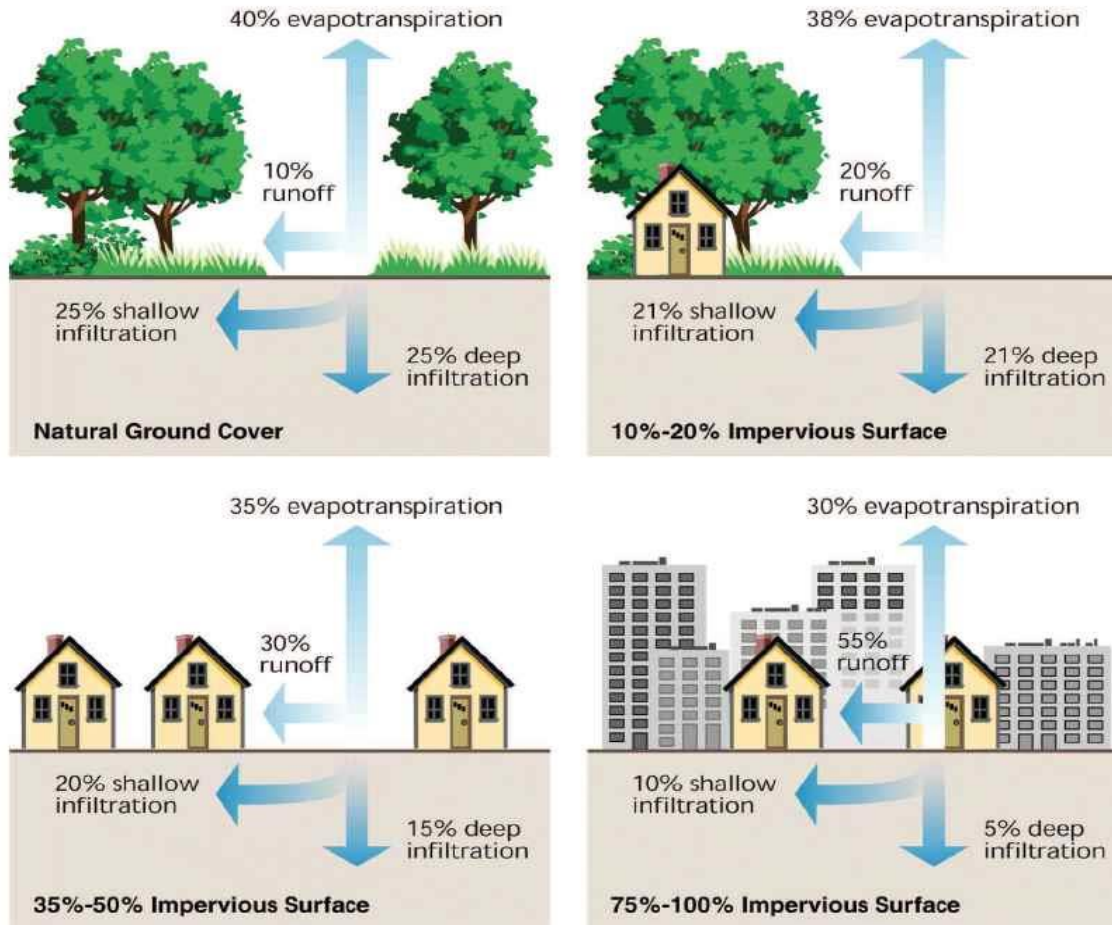


Les impacts environnementaux de l'artificialisation des sols sur l'environnement physique urbain

Impacts directs et indirects de l'artificialisation des sols sur l'environnement urbain

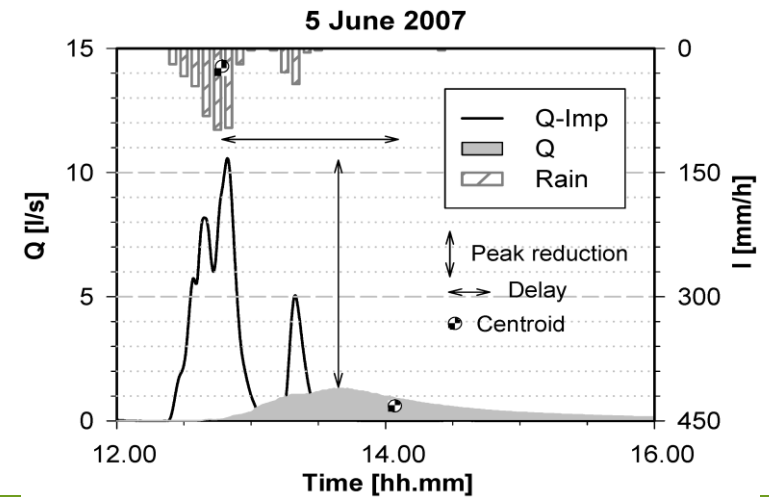
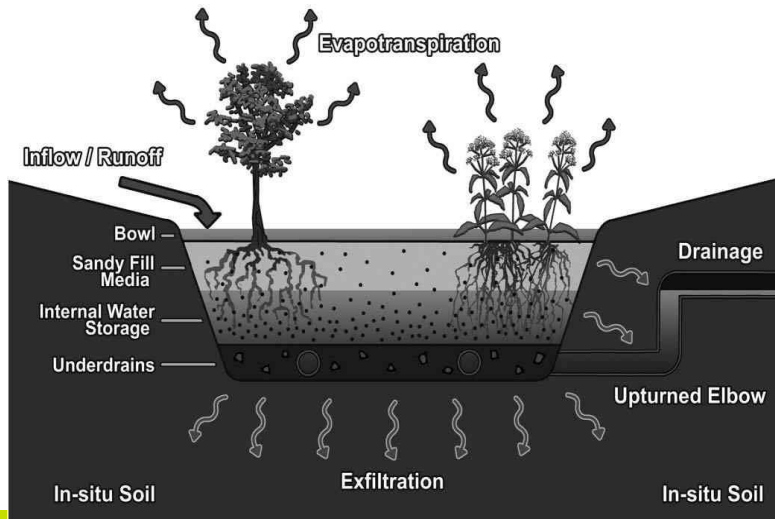
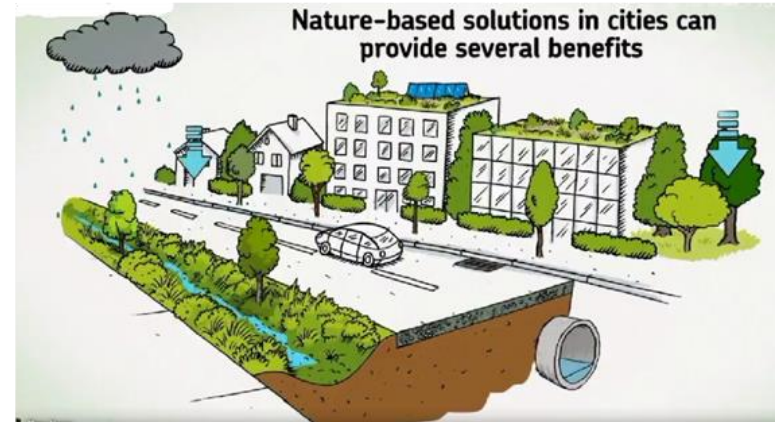


1. Modification des processus hydrologiques



1. Modification des processus hydrologiques

=> gestion des eaux pluviales à la source par des dispositifs alternatifs



2. Charge polluante et écosystèmes aquatiques

Sources de pollution urbaine

Activités industrielles et artisanales



Chauffage urbain
Matériaux de construction



Infrastructures routières
Trafic automobile



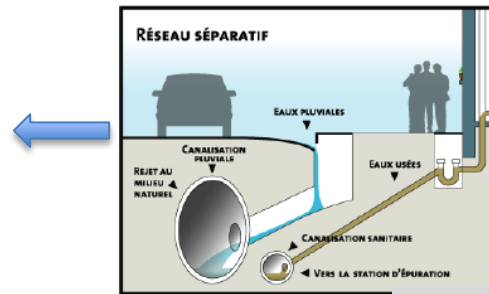
Contamination des eaux de ruissellement urbaines

Pollution dissoute et particulaire

Milieux aquatiques



Réseau de collecte

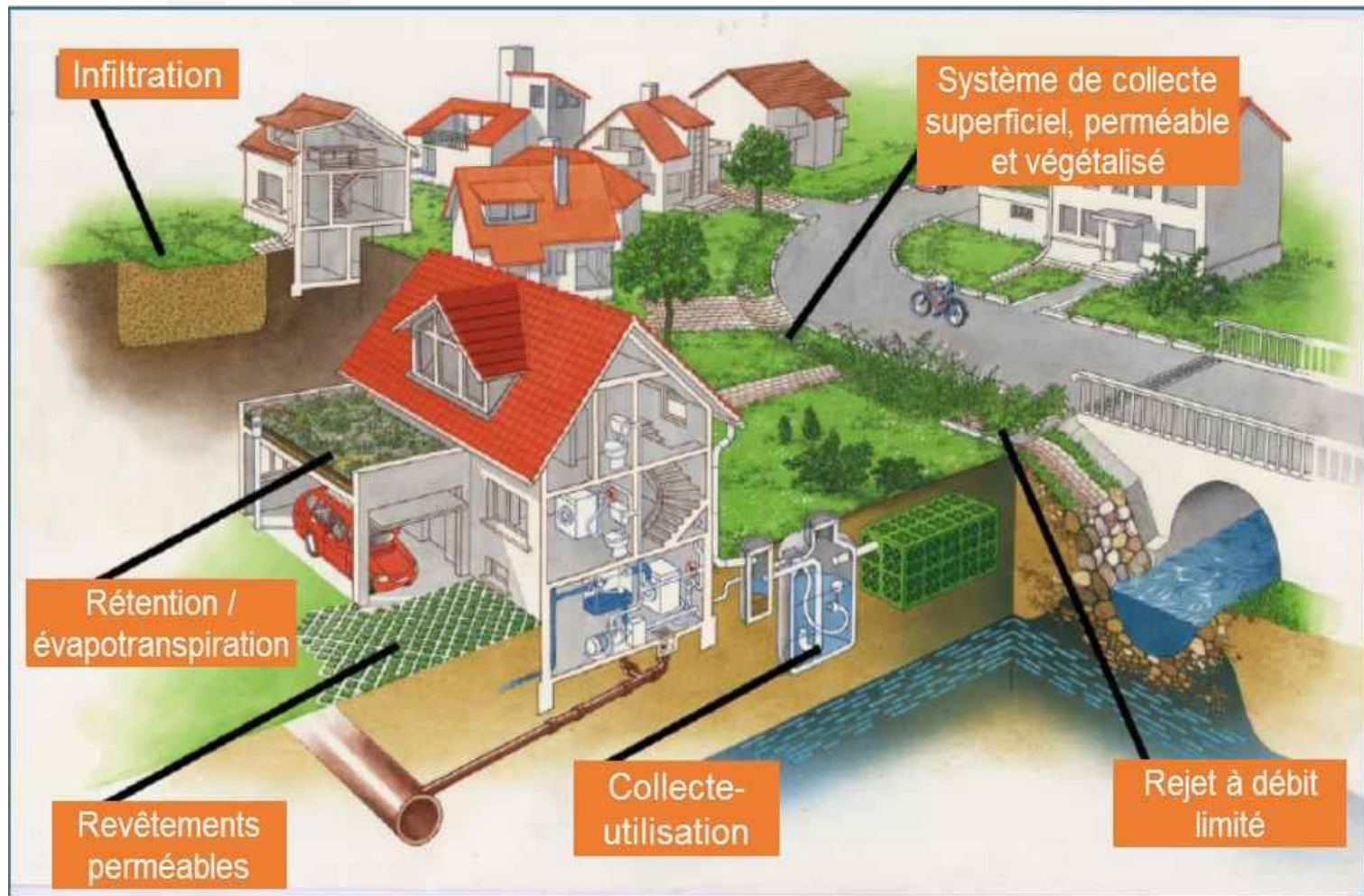


Techniques alternatives



Infiltration dans les sols

Solution technique : gestion globale de l'eau dans la ville



3. L'îlot de chaleur urbain

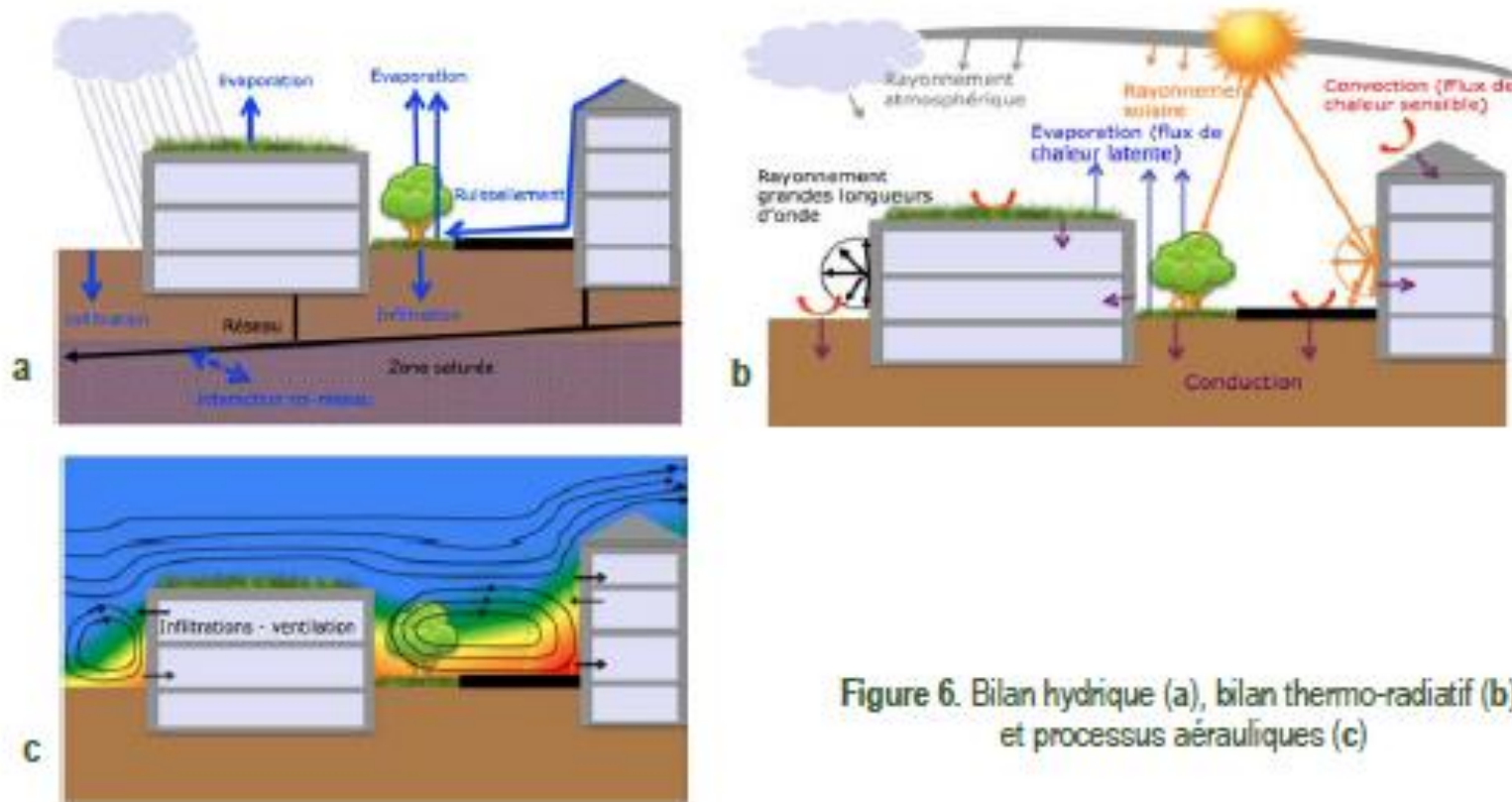


Figure 6. Bilan hydrique (a), bilan thermo-radiatif (b), et processus aérauliques (c)

- ❖ Modélisation des bilans hydrique, thermique et radiatif et processus aérauliques

3. L'îlot de chaleur urbain

❖ Des solutions techniques à l'échelle locale pour atténuer l'îlot de chaleur urbain

type	principe	Effet sur t° surface	Effet sur t° proche	Autres fonctions	limites
Sols ouverts et végétalisés	Rafraichir par évaporation, évapotranspiration ombrage	↘ Très élevée > 15°C	↘ élevée > 1°C	Récréation Infiltration esthétique	Entretien
Toitures végétalisées	évapotranspiration	Dépend du type de végétation	Faible	Rafraichissement du dernier étage	Entretien
Façades végétalisées	évapotranspiration ombrage		Quelques degrés en climat chaud et sec	Réduction bruit Confort intérieur	Consommation d'eau

Solutions techniques pour limiter les impacts

Diminuer les nuisances pour garder la ville attractive

- gérer l'**eau** et la **végétation** de façon intégrée dans les projets urbains pour développer des services éco-systémiques

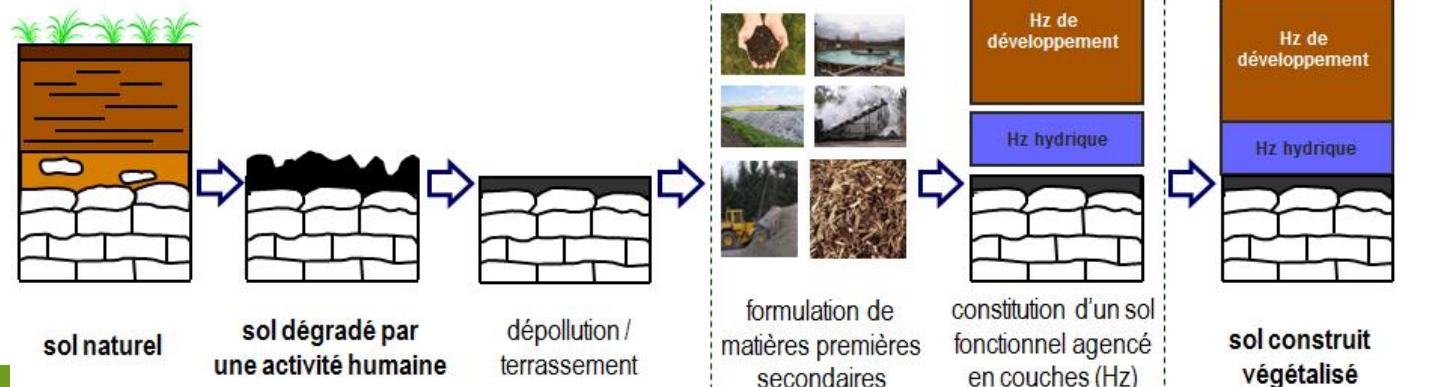
- Développer les éco-quartiers, les modes de **transport doux**, les **zones calmes**, de **nouveaux matériaux** pour contrôler les sources de bruit et de contamination

- Arbitrer entre la densification et le développement de **mosaïques paysagères ouvertes**, plus favorables à la biodiversité



Reconstituer ou construire des sols plurifonctionnels avec le génie pédologique

Réversibilité?



(d'après Séré et al., 2007).

PROCÉDÉ DE CONSTRUCTION DE SOL



Les leviers d'action pour limiter l'artificialisation des sols

Principalement une artificialisation des terres agricoles

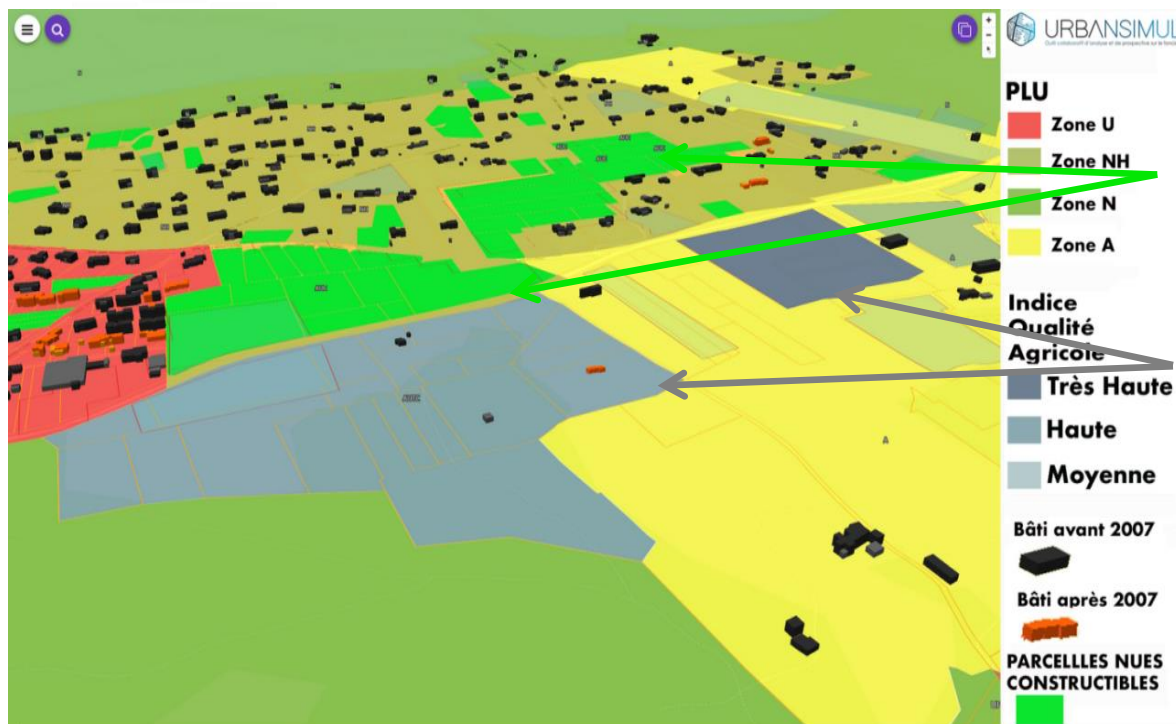
- Les phénomènes d'artificialisation et de déprise agricole interviennent conjointement (mais sur des espaces différents)
- L'artificialisation est un phénomène très inégalement réparti dans l'espace (50% des sols agricoles artificialisés => sols revêtus)
- Les terres agricoles apparaissent aisément convertibles :
 - proches des villes
 - Moins protégées que les espaces naturels
 - différentiel de rente

La dynamique d'occupation du sol peut s'expliquer par le différentiel de rente entre usages concurrents, et par l'évolution de la réglementation (zonage)

**=> Le zonage comme outil de préservation des terres agricoles :
zone A (agricole) des plans locaux d'urbanisme + ZAP, PEAN...**

Artificialisation des terres agricoles : quels facteurs déterminants?

Ex. : préservation de terres agricoles de haute qualité à proximité de zones bâties, **malgré le différentiel de rente**



Visualisation :

- des esp. constructibles non bâtis (gisements fonciers)
- des terres agricoles de haute qualité
- Des autres zonages...

Croisement des données OS avec zonage PLU et IQ sol pour un village du Vaucluse
(sources PCI, MAJIC, BDTOPO, CARMEN, PLU numérisé, RPG, outil UrbanSimul, INRA-CEREMA Paca)

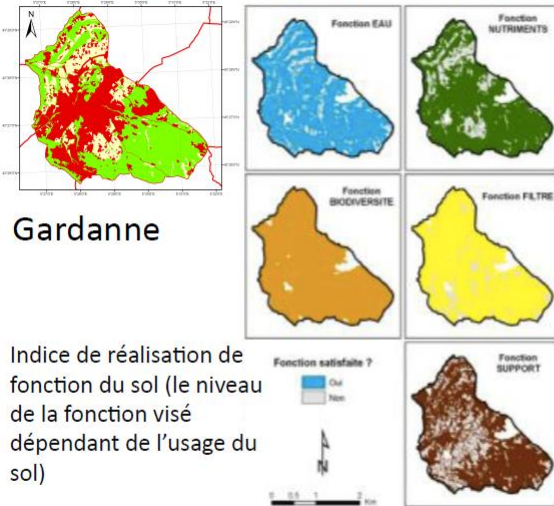
➤ **Evaluer la qualité des sols et les pertes de biomasse liés à l'artificialisation reste un exercice délicat**

Evaluation de la qualité des sols : le PLUi comme outil

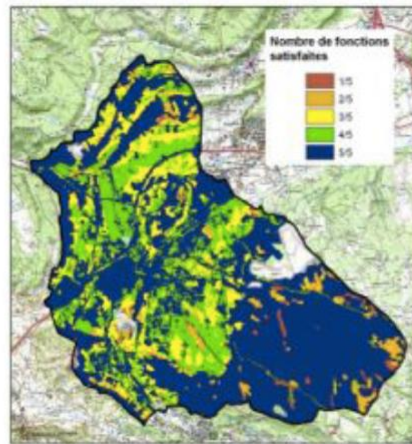
Mieux connaître et prendre en compte les sols (3D) dans l'aménagement à l'échelle locale et territoriale

- **Cartographie** à échelle adaptée (importance BD GIS Sol, RMT S&T)
- **Référentiels** ex. fond géochimique urbain
- **Indicateurs multi-fonctionnels**

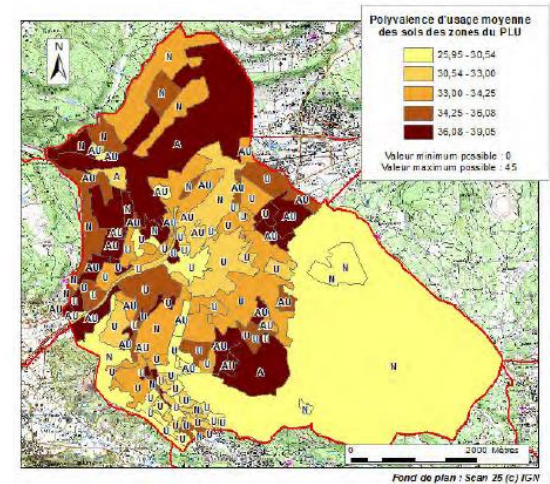
Adéquation des sols à leur usage



Multifonctionnalité des sols



projet Uqualisol-ZU : Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et périurbaine. S Robert et al. CNRS, Aix srobert@cerege.fr www.gessol.fr



Projet UQUALISOL-ZU programme Gessol commune de Gardanne

Face aux déterminants de l'artificialisation des sols des arbitrages politiques sont nécessaires :

- Entre préservation de l'agriculture et fourniture de logements
 - Entre ville compacte et décentralisation concentrée
 - Des difficultés de la cohérence intersectorielle, de la coordination territoriale et des lois du marché
- ➔ Maîtrise de l'étalement ou contention urbaine? Reconstruire la ville sur la ville
- coût élevé
 - Renouvellement urbain (ANRU, ALUR)

Leviers d'action des politiques publiques

- **Constat:** il n'existe pas de politique publique spécifique destinée à limiter l'artificialisation des sols, ni sur les sols en général;
- **Conséquence:** l'artificialisation des sols est disséminée dans différentes branches du droit et est appréhendée par des outils fiscaux répondant à des objectifs variés.
- **Trois leviers à prendre en compte de manière complémentaire:**
 1. Eviter l'artificialisation des sols
 2. Limiter les impacts de l'artificialisation des sols
 3. Compenser les impacts de l'artificialisation des sols

1. Eviter l'artificialisation des sols

Le droit et la fiscalité à la fois incitent à l'artificialisation des sols et tentent de la limiter: Un antagonisme à corriger

- Faire converger les mécanismes d'aide au logement (objectif social) avec le type de logement construit (HQE, réhabilitation).
- Enrayer le processus de limitation des voies de recours contentieuses et augmenter les pouvoirs du juge
- Encadrer la construction des résidences secondaires (« lits froids ») et améliorer la fiscalité portant sur les locaux vacants
- Encadrer les règles de l'urbanisme commercial
- Calibrage fiscal: taux insuffisamment incitatifs

1. Eviter l'artificialisation des sols

Mieux protéger le foncier agricole: des outils existent mais sont peu mis en oeuvre

- Convergence des outils de protection de l'environnement et de protection de l'agriculture
- Consolider le zonage des terres identifiées comme agricoles par les documents d'urbanisme:
 - ZAP et PEAN sous-exploités
 - Pouvoir du juge limité
- Renforcer les procédures d'avis (d'avis simple à avis conforme)
- Intégrer les problématiques alimentaires dans les documents de planification: préservation du foncier agricole périurbain (circuits-courts, *food shelter*)

2. Limiter les impacts de l'artificialisation des sols

Améliorer les connaissances sur l'environnement dans le cadre de l'élaboration des documents de planification et des projets

- Etablir des indicateurs multifonctionnels des sols afin de mieux répartir les usages sur un territoire
 - Elargir le spectre des impacts mesurés par les études d'impacts à l'artificialisation sur les sols : effets directs et effets cumulés
- > Remise en cause du projet? De son utilité publique?
- Limiter l'imperméabilisation des espaces artificialisés: outil fiscaux, Versement pour sous-densité, taxe pour la gestion des eaux pluviales



2. Limiter les impacts de l'artificialisation des sols

Eviter le mitage: distinguer l'offre foncière de l'offre immobilière

- Reconsidérer les limitations de densité fixées par les zonages: endiguer la périurbanisation
- Renforcer les obligations de construction en continuité avec l'existant
- Promouvoir le recyclage du foncier: freins financiers et réglementaires
- Recours à la planification intercommunale: mutualisation de l'offre de logements, de zones commerciales et d'infrastructures

3. Compenser les impacts de l'artificialisation des sols

La compensation prévue par les études d'impacts

- Elargir le champ d'application du régime de compensation aux projets entraînant l'artificialisation des sols

Ex: aires de stationnement de moins de 50 unités ou villages de vacances d'une superficie inférieure à 10 000m²

La compensation forestière

Développement d'un fonds stratégique de la forêt et du bois: inspiration?

La compensation collective agricole

Non pas lié au foncier, mais à la déstabilisation de l'économie locale agricole du fait du retrait de terres affectés à l'activité agricole

3. Compenser les impacts de l'artificialisation des sols

Et ailleurs en Europe?

- Développement d'un marché de compensation en Allemagne
- Mise en place d'obligations de « désimperméabilisation »
- Compensation financière en Tchéquie et en Slovaquie indexée sur la « valeur » des terres artificialisées





Pour aller plus loin:

- Rapport de l'expertise
- Synthèse de l'expertise

[Les documents de l'ESCO](#)

<http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Sols-artificialises-et-processus-d-artificialisation-des-sols>