

**French Institute
of Science and Technology
for Transport, Development
and Networks**

Artificialisation

Mesures et Déterminants

Anne Ruas, Géographe

anne.ruas@ifsttar.fr

27 Septembre 2019

GIP-Littoral

BAYONNE



IFSTTAR

Expertise collective sur l'artificialisation des sols

- Expertise demandée par l'état (2015-2017)
 - ADEME, MTES, MAAF
- Contenu
 - Mesure de l'artificialisation
 - Déterminants
 - Conséquences
 - Leviers d'action
- Résultats
 - rapports : 8 pages (résumé) ; 130 pages (synthèse); 622 pages (complet)
 - Vidéo de la restitution (8 décembre 2017)
 - <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Sols-artificialises-et-processus-d-artificialisation-des-sols>

Méthode

- Expertise co-pilotée par l'Inra et l'Ifsttar 2015-2017
 - Choix des experts, du plan
 - Ecriture des synthèses, **présentation des résultats (8/12/17)**
- 55 scientifiques de diverses disciplines
 - sciences de l'environnement,
 - sciences économiques
 - géographes, sciences sociales
- Analyse d'un corpus bibliographique
 - plus de 2500 références.
- conduite selon les règles de la charte nationale de l'expertise
 - Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Études, Inra

Expertise collective sur l'artificialisation des sols

- Contenu

- **Mesure de l'artificialisation** Anne Ruas

- **Définition**

- **Méthodes de mesure**

- Auteurs : Eric Barbe, Catherine Mering, Christiane Weber (coord.), Sébastien Gadat, Thomas Houet, Clément Mallet, Anne Puissant.

- **Estimation en France**

- **Tendance générale**

- **Déterminants**

Anne Ruas / Maylis Desrousseaux

- **Conséquences**

Beatrice Bechet / Yves Le buissonnais

- **Leviers d'action**

Maylis Desrousseaux



Mesure

- Selon la méthode utilisée, l'estimation de la surface artificialisée en France varie considérablement :
 - 5,6 % selon CORINE Land Cover (télédétection, 2012),
 - 9,3 % selon Teruti-Lucas (enquête statistique, 2014).

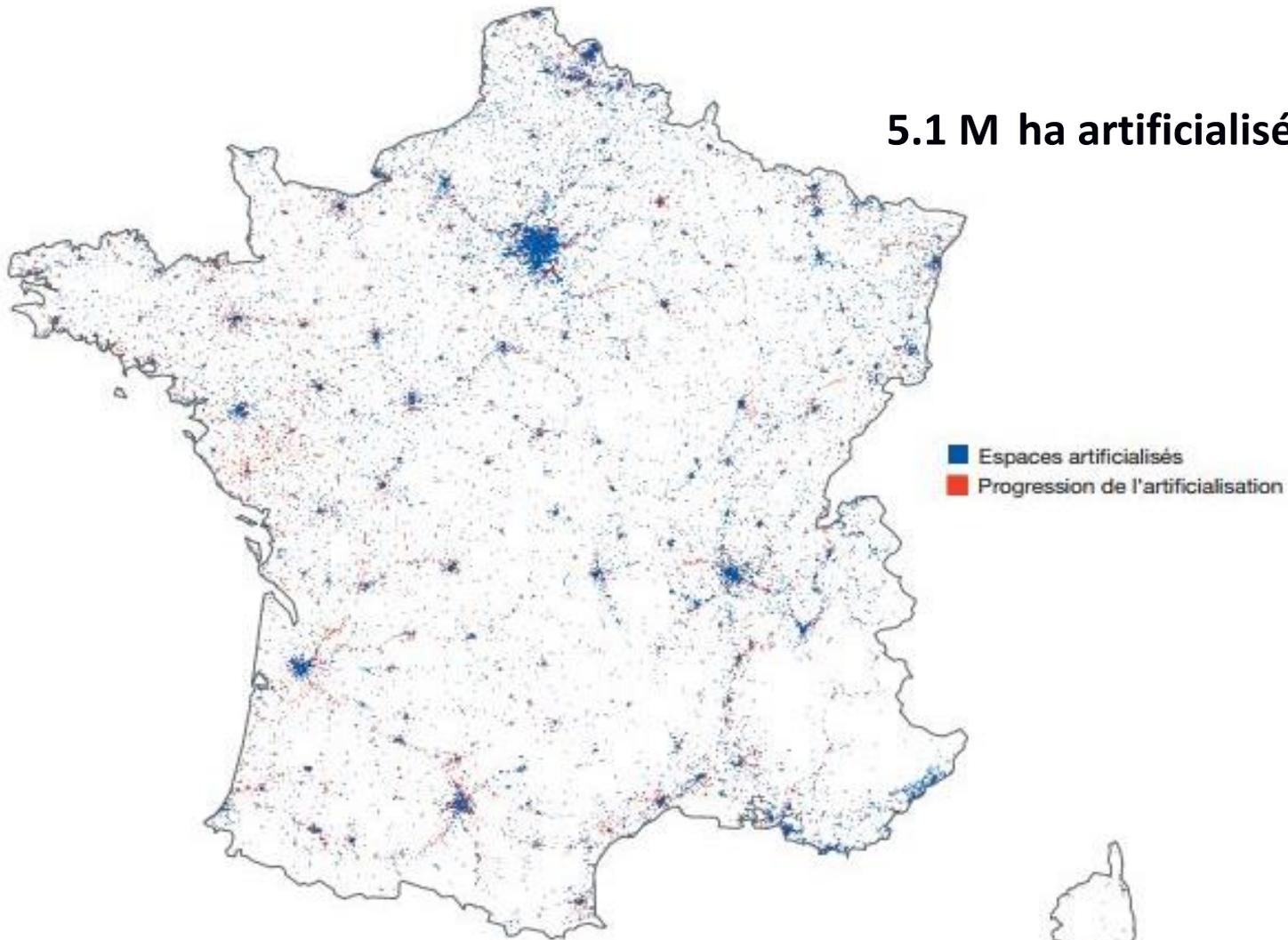


3.0 M ha artificialisés en 2012 (CLC)

5,54%

5.1 M ha artificialisés en 2014 (TL)

9,29%



« Les villes occupent 22% du territoire français ! » Le Monitor 30/08/2011

- « En 10 ans, la superficie de l'espace urbain en métropole progresse de 19 %. **Les villes occupent désormais 22 % du territoire** et abritent 47,9 millions d'habitants, soit 77,5 % de la population. De nouvelles petites unités urbaines sont apparues, et le périmètre de certaines grandes unités urbaines s'est agrandi. »
 - **INSEE PREMIÈRE N° 1364 - N° 1364 - 25/08/2011**



Taille des unités urbaines (en milliers d'habitants)	Nombre d'unités urbaines	Nombre de communes	Population			Superficie			Densité en 2010 (hab./ km ²)
			1999 ¹	2007 ¹	Évolution 2007/ 1999	Délimitation 1999	Délimitation 2010	Évolution 2010/ 1999	
2 à 5	1 251	1 908	3 863	4 145	7,3	30 318	36 445	20,2	113,74
5 à 10	515	1 151	3 314	3 516	6,1	19 020	22 555	18,6	155,86
10 à 20	223	814	2 924	3 077	5,2	13 198	14 488	9,8	212,42
20 à 50	126	796	3 788	3 878	2,4	9 869	11 910	20,7	325,62
50 à 100	64	548	4 354	4 498	3,3	8 344	9 846	18,0	456,82
100 à 200	22	386	3 152	3 260	3,4	4 160	4 499	8,1	724,72
200 à 2 000	31	1 212	14 625	15 205	4,0	12 390	16 169	30,5	940,35
Agglo. parisienne	1	412	9 739	10 303	5,8	2 723	2 845	4,5	3 621,81
Ensemble urbain	2 233	7 227	45 759	47 883	4,6	100 022	118 757	18,7	403,20
dont centre	-	2 542	23 819	24 715	3,8	59 104	66 758	13,0	370,21
dont banlieue	-	4 685	21 940	23 168	5,6	40 918	51 999	27,1	445,55
Ensemble rural	-	29 343	12 760	13 912	9,0	443 919	425 184	- 4,2	32,72
Ensemble	2 233	36 570	58 519	61 795	5,6	543 941	543 941	0,0	113,61

© INSEE

Surface Communes Rurales / Surface France Metropole

$$118\,757 / 543\,941 = \mathbf{21,83\%}$$

*Une **unité urbaine** est un ensemble de communes sur lequel on trouve une zone de bâti continu, c'est-à-dire un espace au sein duquel il n'y a pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions et dans lequel résident au moins 2 000 habitants.*

5,6% ; 9,3% ; 21,8%

Qu'est ce qui est mesuré?

Comment ?

L'artificialisation des sols ... c'est quoi ?



L'artificialisation des sols .. C'est quoi ?

- Notion introduite **par les agronomes français**
 - Appréhender les mutations du paysage , Quantifier et comprendre les causes des **pertes agricoles**
- Espace divisé en 4 catégories :
 - Usage agricole
 - Usage forestier
 - Espaces naturels
 - **RESTE = sol artificialisé**



L'artificialisation du sol... c'est quoi ?

« surfaces retirées aux usages agricoles, forestiers ou naturels »



L'artificialisation des sols .. C'est quoi ?

- Surfaces sur lequel **on ne fait pas et on ne pourrait pas facilement faire** de l'agriculture 'productive'
 - Artificialisation : **surfaces retirées à l'agriculture et à l'espace dit naturel dont les forêts** mais « inclut les chemins, les aires d'entreposage, les bâtiments agricoles etc. » (D Cebron, MAAF, 2016).
- Artificialisation:
 - **Processus,**
 - **Résultat : surfaces mesurées ou estimées.**



Définition officielle

- Surfaces retirées à l'usage agricole/forestier/naturel (a/f/n), qu'elles soient bâties ou non; revêtues ou non :
 - Zones urbanisées : habitats, bureaux, usines
 - Espaces verts 'non a/f/n' : parcs, jardins, golf, etc.
 - Routes, voies ferrées, aires de stationnements
 - Chantier; carrières, mines; décharges



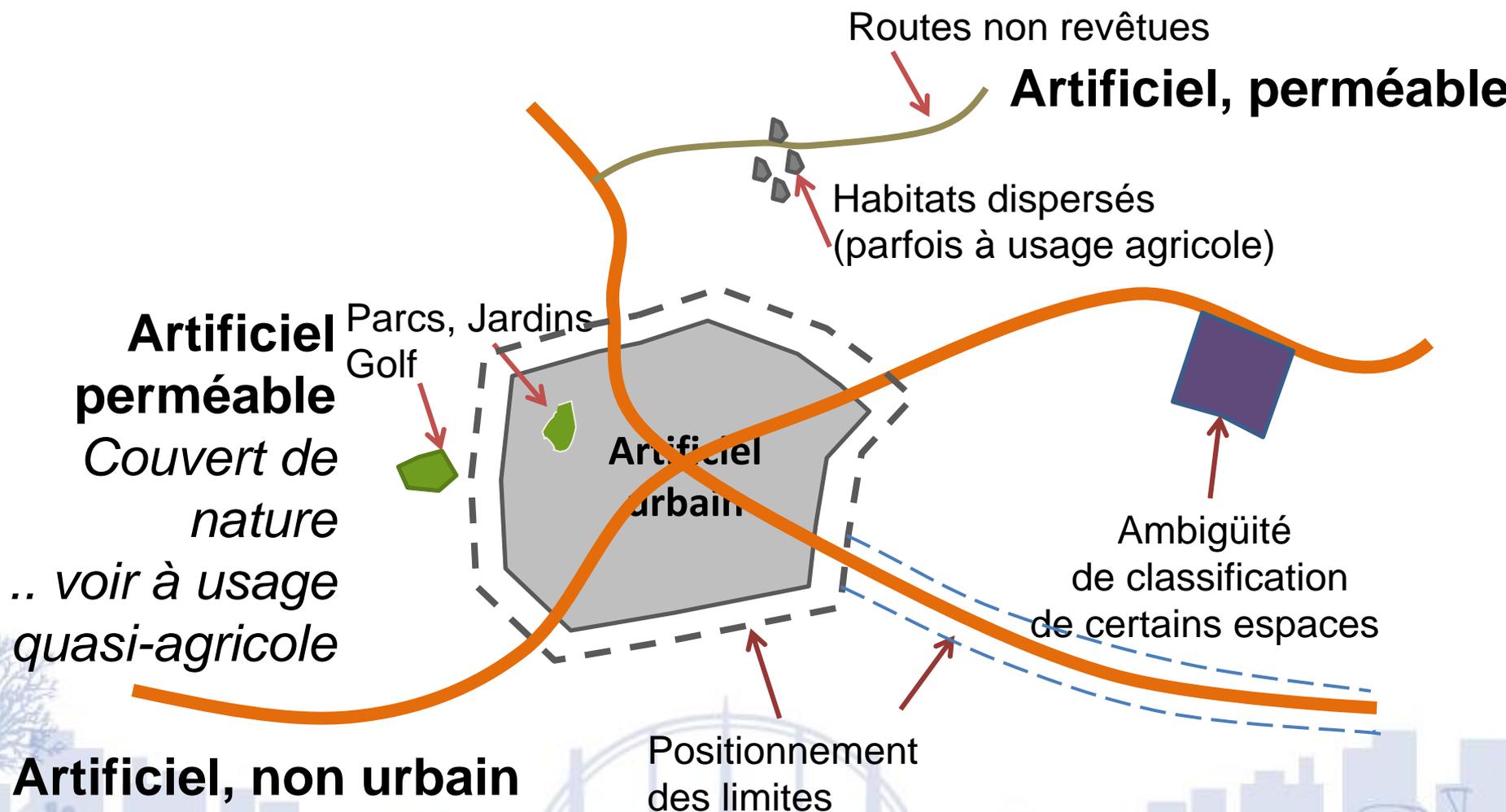
Difficultés : 3 notions 'proches' et souvent confondues

- **artificialisation :** *artificialisation*
 - **processus** de perte/gain terrain agricole/forestier/naturel
- **urbanisation** (*étalement urbain* *urban sprawl*)
 - **Processus** d'accroissement des villes
- **imperméabilisation :** *soil sealing*
 - **propriété** d'un sol

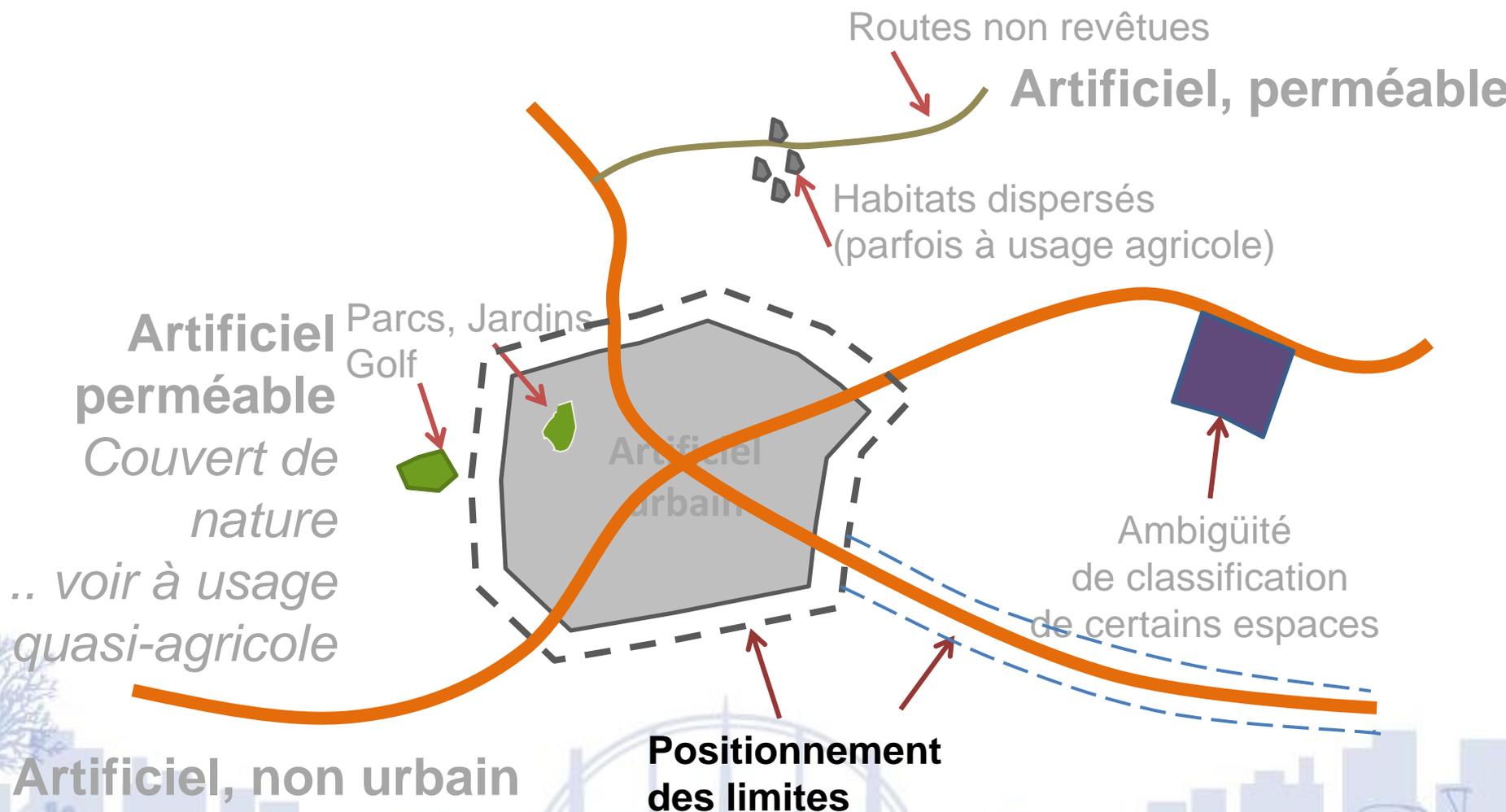


Notion peu intuitive

... et pas facile à mesurer



Notion peu intuitive ... et pas facile à mesurer



Quelques mots sur l'imprécision quantitative due à la définition

cas des routes :

à partir de quelle distance peut-on cultiver ?

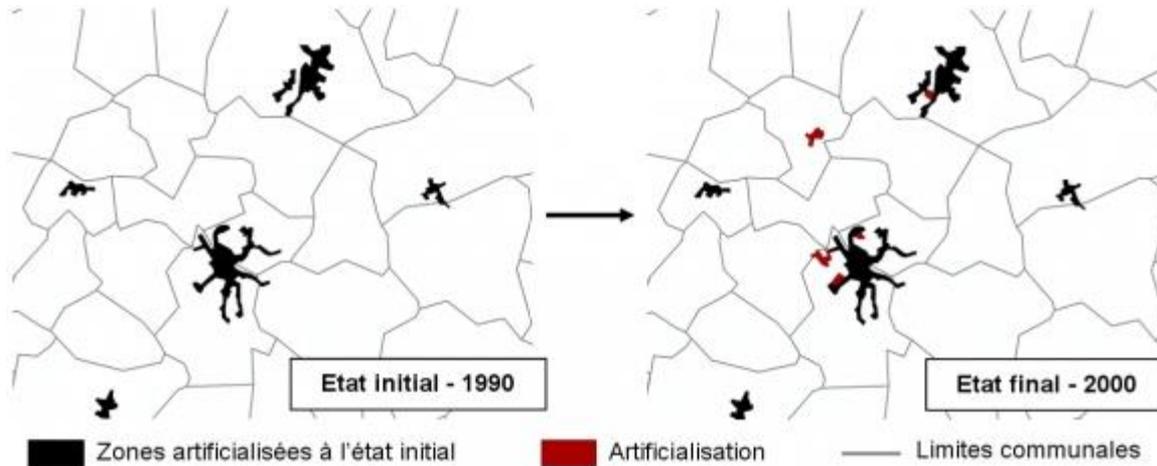
- Le réseau routier couvre 1.000 000 km
 - 370.000 km de routes départementales
 - plus de 610.000 km de routes locales.
- Supposons que 1/3 soit en zone rurale :
 - $1\ 000\ 000 / 3 = 333\ 333\ \text{km}$
 - Si on change de **6 m** la largeur prise en compte pour le calcul (3m de chaque cote)
 - $1\ \text{Ha} = 100\text{m} * 100\text{m} = 10000\text{m}^2$
 - $333\ 333\ 333\text{m} * 6\text{m} / 10000 = 200.000\text{Ha} = \mathbf{0.2\ MHa}$

Mesuré comment ?

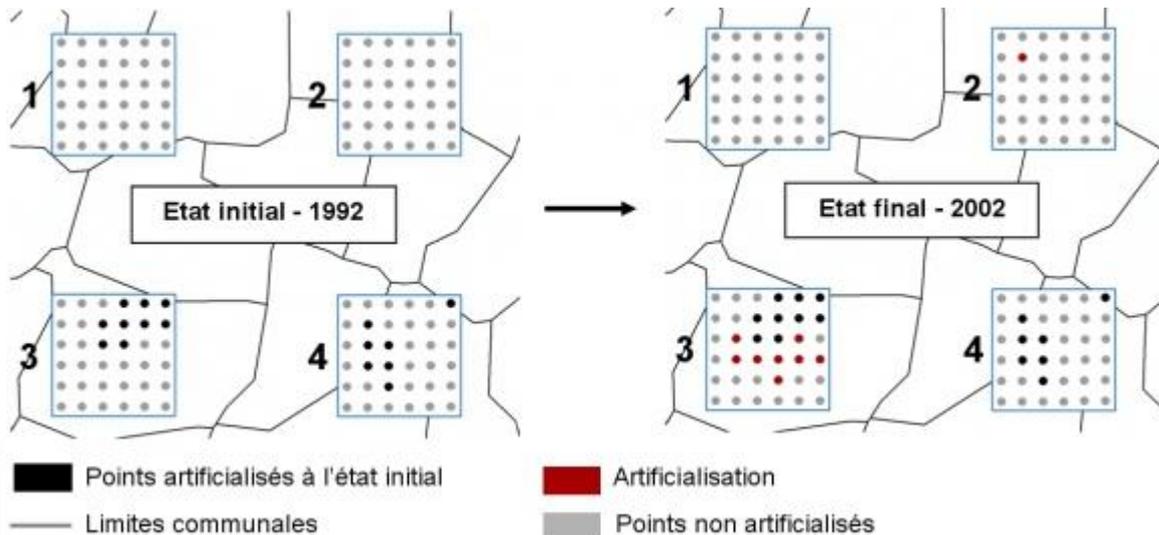
En France :

- Pas de mission de production de ces données
- Données nationales de référence
 - **CLC** Landsat, traitement image et photo-interprétation
 - **Teruti-Lucas** Enquêtes terrain
 - **DGFIP** Agrégat Parcellaire foncier (déclarations)
- *Données régionales :*
 - *RGE OS, MOS (ex MOS IAURIF), ...*

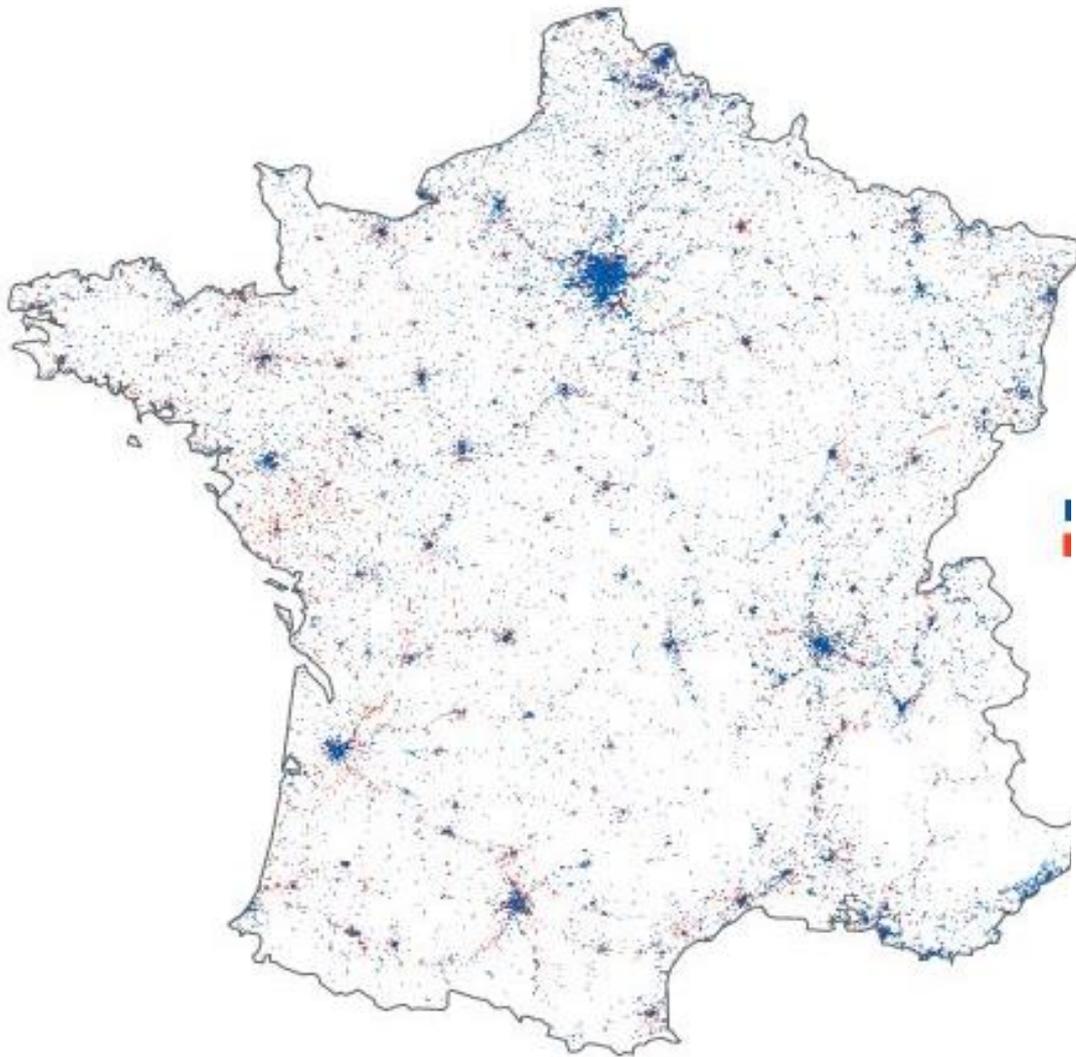
CLC / TERUTI



Corine Land Cover



TERUTI



Extension de l'artificialisation entre 2006 et 2012,
calculée à partir des données CLC

Source : UE-SOeS, Corine Land Cover, 2012

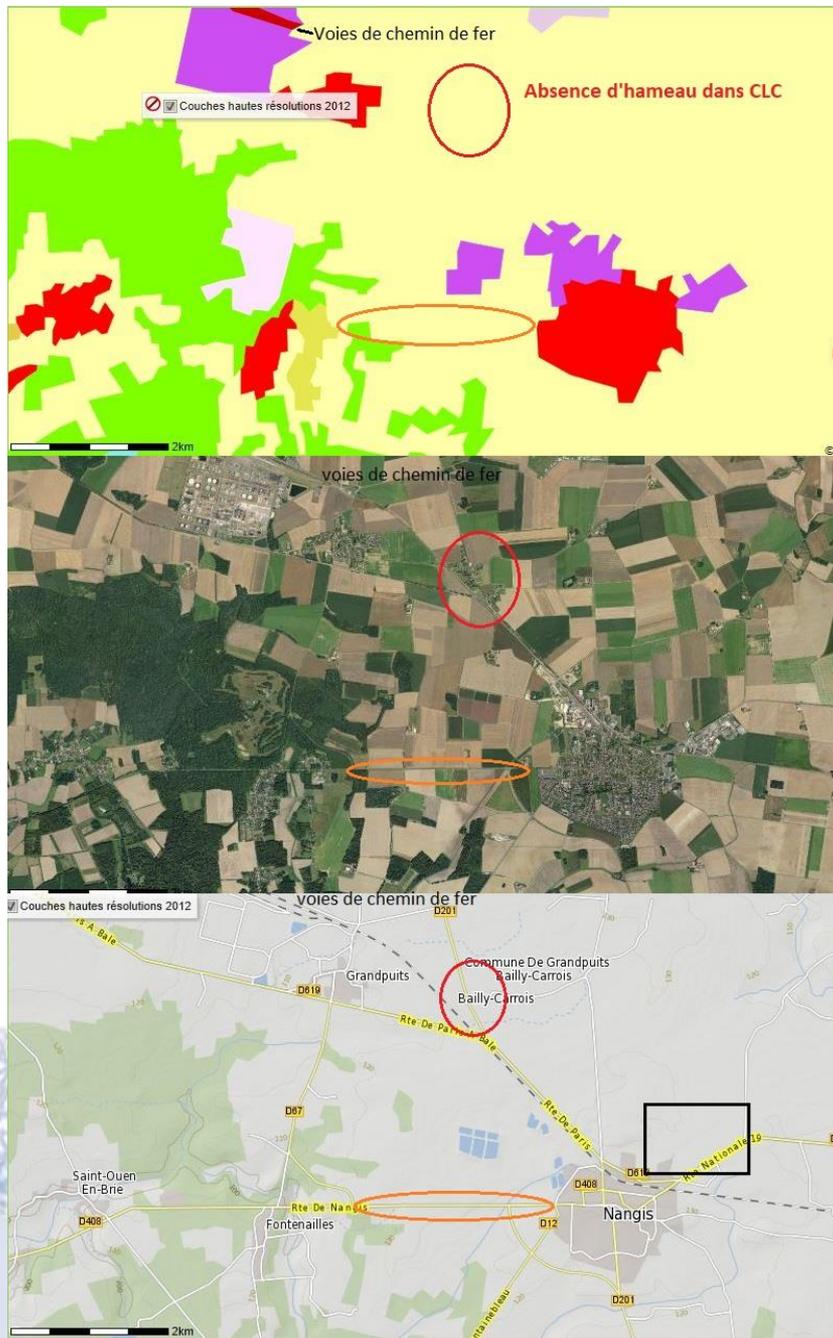
CLC « seul cet outil permet
aujourd'hui d'appréhender
convenablement l'évolution de
l'artificialisation.

Force est de constater que des
paradoxes existent entre les
chiffres.

Le taux d'artificialisation
représentait en 2012 : 9,3% du
territoire selon Teruti Lucas et 5%
pour CLC.

Une partie des écarts s'explique
**par les différences de concepts,
des problèmes de géométrie ou
de nomenclature et d'un
problème de mesure** ». (P
Sillard, SOeS, 2016)

Source des données	Surface totale artificialisée, (à des dates différentes selon les sources)	Taux moyen d'augmentation des surfaces artificialisées par an (sur des périodes variables selon les sources)
TERUTI LUCAS (source Agreste MAAF)*	5.1 M ha artificialisés en 2014	61 200 ha /an entre 06 et 14
Corine Land Cover (source MEEM, CGDD)**	2.5 M ha artificialisés en 1990 2.7 M ha artificialisés en 2000 2.9 M ha artificialisés en 2006 3.0 M ha artificialisés en 2012	20 000 ha/an entre 90 et 00 33 000 ha/an entre 00 et 06 16 000 ha/an entre 06 et 12
Fichiers fonciers - METL – DGALN-DHUP*** - Cerema ****	- -	33 300 ha/an entre 00 et 10 31 800 ha/an entre 06 et 10 27 500 ha/an entre 06 et 15



Effets de seuils CLC :

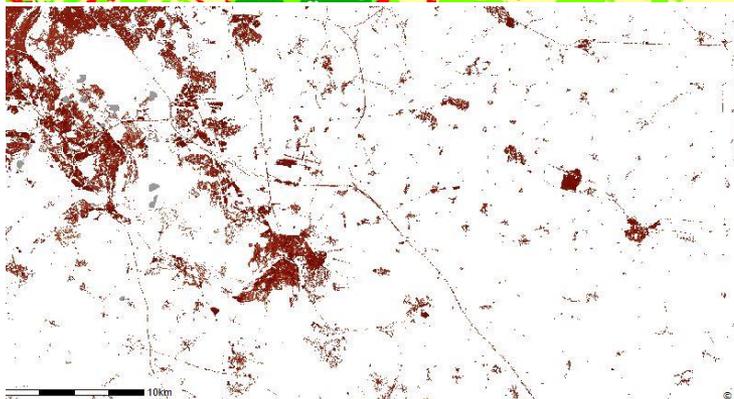
Les seuils utilisés dans **CLC standard (25 ha, 5 ha, 100m)** sous-estiment des composantes de l'artificialisation des sols en omettant les objets peu larges ou de petite taille mais qui cumulés ne sont pas négligeables, notamment **les routes** et les **hameaux** .

- *Hameau < 500*500m² pas inclus*
- *Infra moins de 100m : pas inclus*

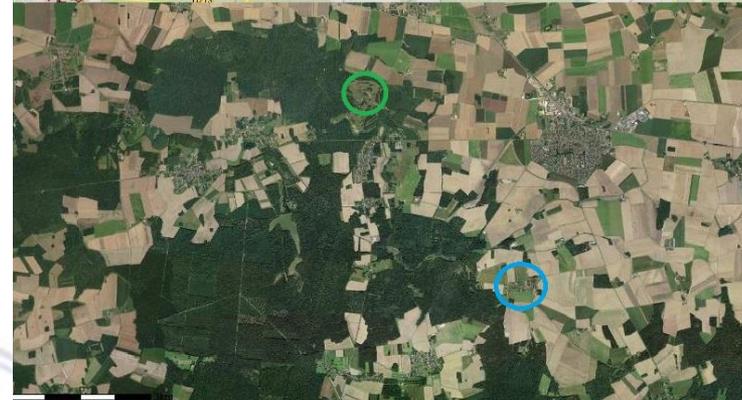
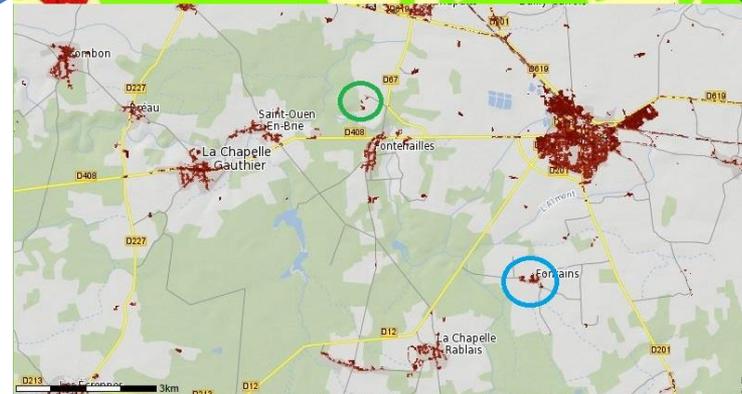
*Pour les 4 départements côtiers du Languedoc Roussillon pour l'année 2009, les seules infrastructures de transport (routes et voies ferrées) représenteraient plus de **50 % des espaces artificialisés (133 000 Ha pour un cumul d'espaces artificialisés de 261 000 ha)***

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)*



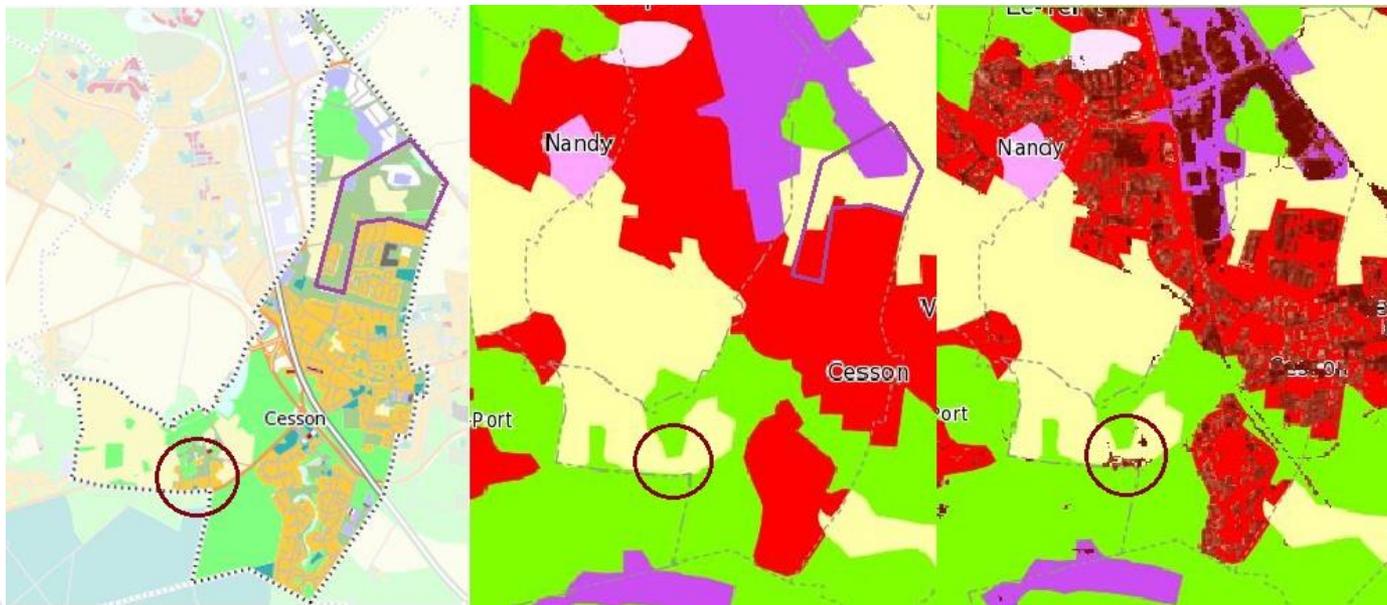
Couche CLC-artificialisation, CLC-HR et la carte de référence



Superposition des couches (a CLC+CLC HR), (b) CLC-HR et la carte, (c) l'orthophotographie

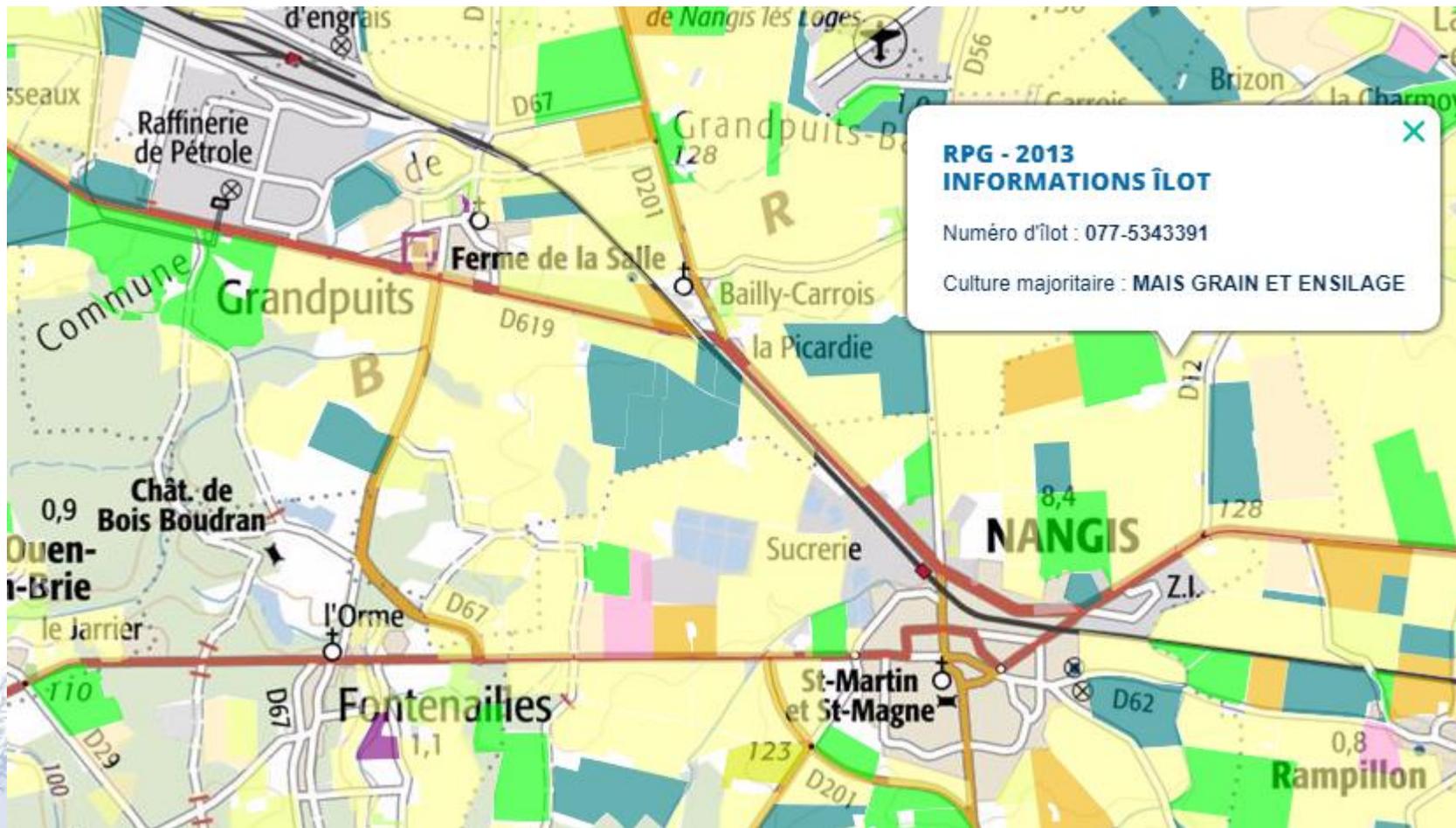
Comparaison MOS IAU effets des seuils

	CLC 2012			MOS 2012			CLC 2006		
	Artif (ha)	total (ha)	% artif	Artif (ha)	total (ha)	% artif	Artif (ha)	total (ha)	% artif
NANGIS	364,61	2418,71	15,07%	364,03	2411,7	15,09%	359,44	2418,71	14,86%
CESSON	354,31	699,17	50,68%	406,19	700,26	58,01%	329,52	699,17	47,13%
VERT-SAINT-DENIS	468,13	1618,79	28,92%	466,44	1 618,94	28,81%	461,04	1618,79	28,48%



Foncier agricole

les données graphiques des îlots (unité foncière de base de la déclaration des agriculteurs) munis de leur culture principale



	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 Cadastrales)
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

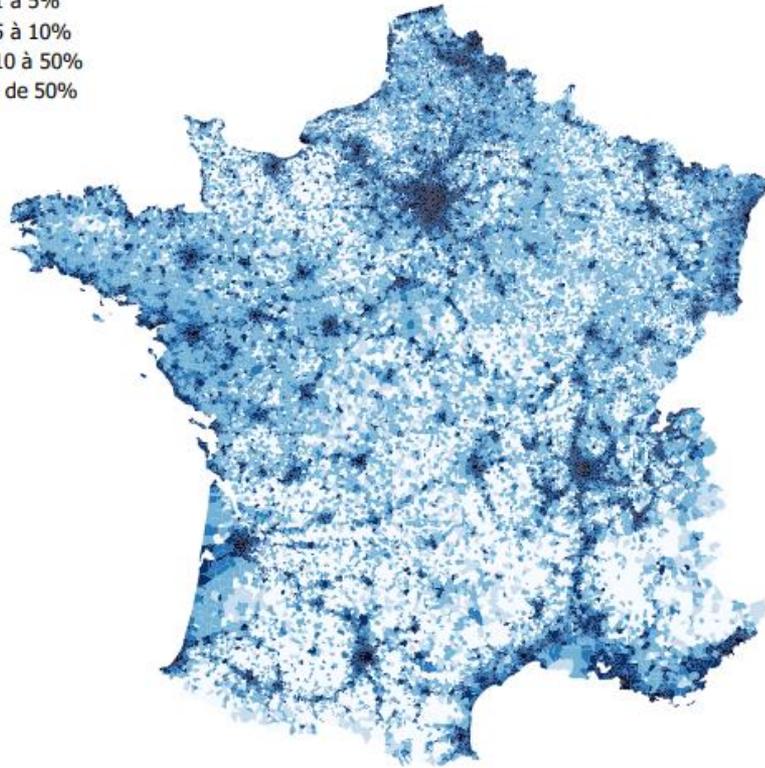
Attention ...

- aux définitions
- aux méthodes
 - Exhaustif
 - Statistique
- aux seuils dans les spécifications
 - Valeur terrain en dessous de laquelle l'information n'est pas saisie

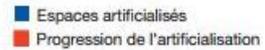
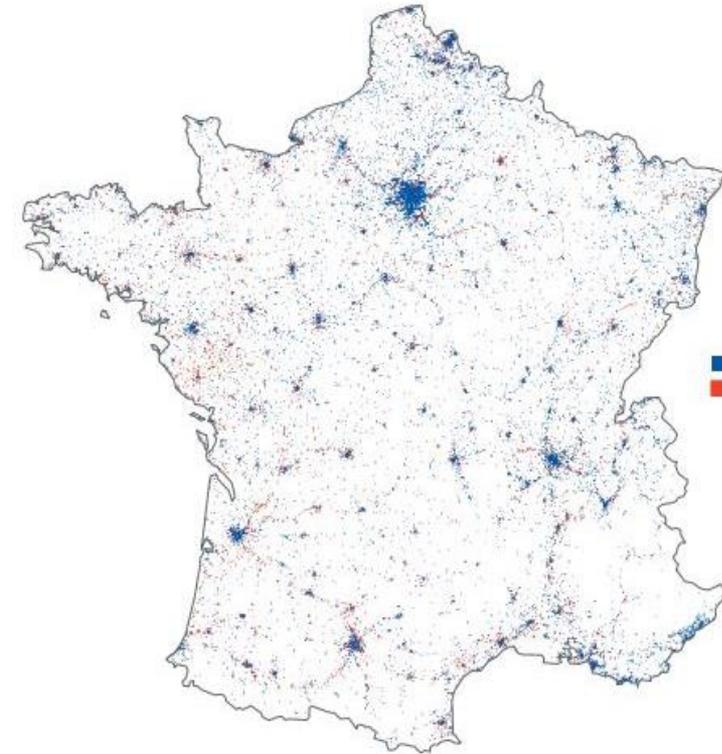


Attention aux graphiques !!

Taux d'artificialisation communal en 2012



TAUX



EMPRISE

Source : Corine Land Cover 2012



Attention aux extrapolations !

En supposant une continuation du rythme d'artificialisation des sols observé à partir de la base de données Teruti-Lucas dans les dernières décennies, le taux d'artificialisation s'élèverait à environ 14 % en 2050, 20 % en 2100 et 33 % à l'horizon 2200.

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Artificialisation.pdf>

« Artificialisation, de la mesure à l'action » MTES, Janvier 2017



Artificialisation

- Notion complexe, peu intuitive
 - Un territoire agricole n'est-il pas artificiel ?
 - Pourquoi exclure les jardins ?
 - Quelle distance faut-il prendre de part et d'autre d'une infrastructure ?
- L'analyse de son évolution est pertinente
 - Combien ?
 - Pour quelle nouveau poste ?
- Quel rythme de mise à jour pertinent ?
 - Espaces en Transition

➤ **Nécessité de représentation cartographique**

- **Aujourd'hui :**

- Pas de mesures précises
- TL apporte un plus sur les conversions et l'analyse des évolutions
- CLC permet une cartographie (et donc permet une vérification) et des analyses spatiales contextuelles

- **Demain**

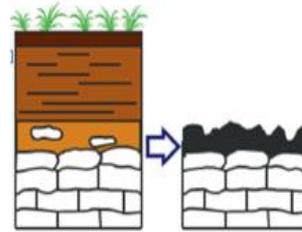
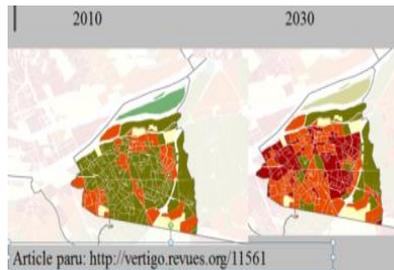
1. TL reste utile!
2. CLC pourrait être améliorée pour calculer l'artificialisation à partir de données existantes (RGE (routes, bati) , CLC-HR)

- **Opportunité pour la réalisation d'une BD Occupation des sols, plus riche, plus détaillée**

1. L'expérience RGE-OS prouve qu'on peut avoir une BD OS bien plus riche et plus précise
2. Apport du traitement d'image sur les nouvelles images Sentinel

Le sol .. a une profondeur et une hauteur

➤ 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 rendus par les sols)

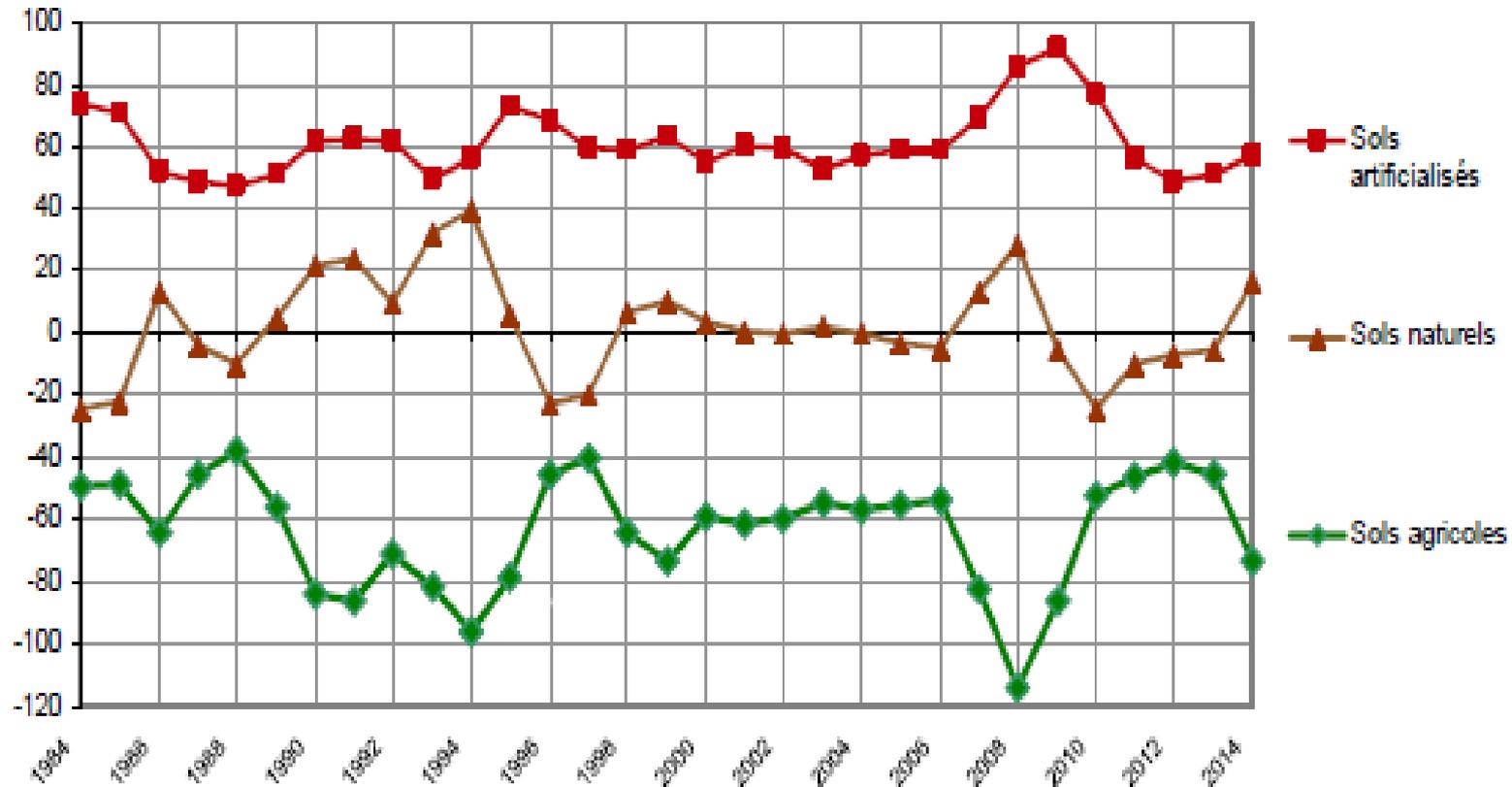
Expertise collective sur l'artificialisation des sols

- Contenu
 - **Mesure de l'artificialisation**
 - Définition
 - Méthodes de mesure
 - **Estimation en France**
 - Tendances générales
 - Déterminants
 - Conséquences
 - Leviers d'action



Les évolutions par classe

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

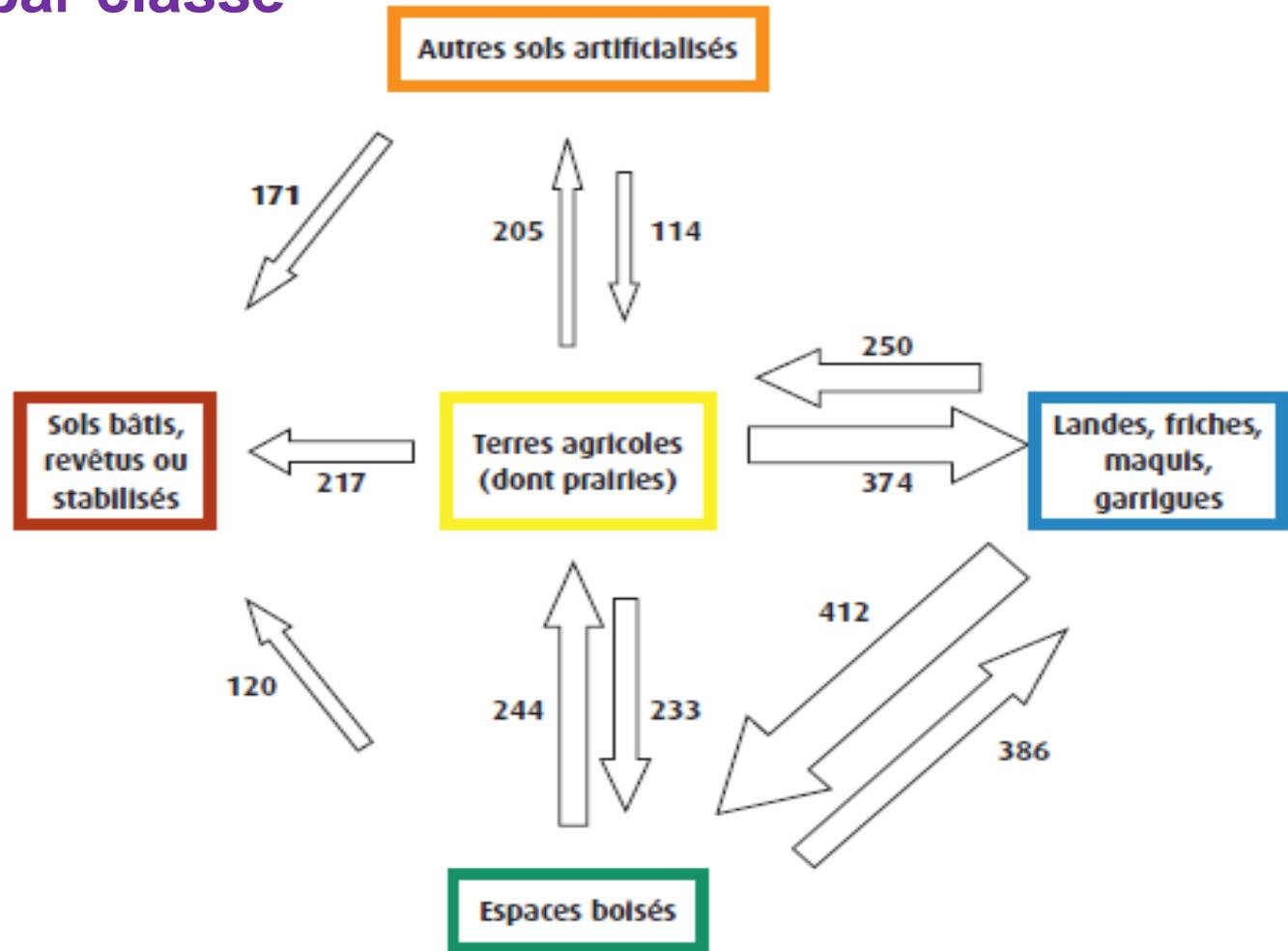


Source : SSP - Agreste - Enquêtes Teruti 1983-2014

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

PIC 2006-2008
Baisse 2008-2013
Hausse 2014

Les évolutions par classe



Note de lecture : 244 000 ha d'espaces boisés sont devenus agricoles, tandis que 233 000 ha de sols agricoles se boisaient ou étaient reboisés. Les autres sols artificialisés recouvrent les sols nus ou enherbés artificialisés. Seuls sont représentés les changements ayant affecté plus de 100 000 ha.

Source : SSP, Teruti-Lucas, 2006 à 2012.

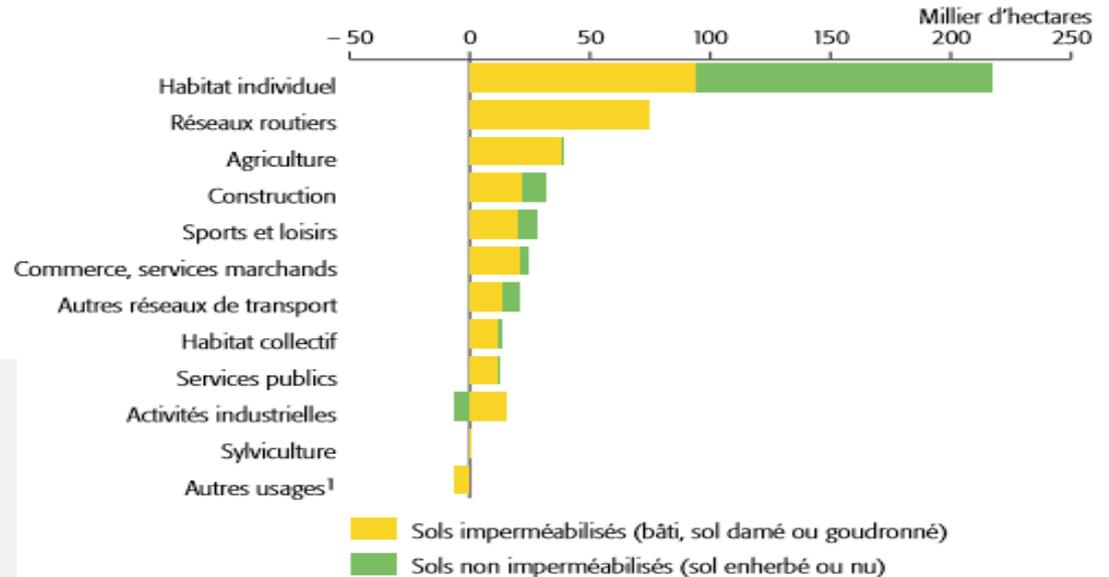
Les évolutions par classe

Source : Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA). Enquêtes Teruti-Lucas 2006-2014.

le logement individuel et le réseau de transport routier sont les deux principaux bénéficiaires d'artificialisation et d'imperméabilisation des sols

Près d'un hectare sur deux consommé par l'habitat individuel

Solde des échanges de terres artificialisées (gains ou pertes) entre 2006 et 2014, selon l'utilisation du sol



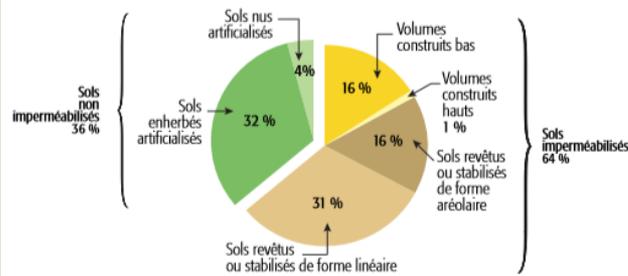
Zones humides, zones protégées ou sans usage.

ecture : l'habitat individuel a gagné 228 000 ha de sols artificialisés entre 2006 et 2014 ; ils se répartissent n 43 % de sols imperméabilisés, et 57 % de sols non imperméabilisés. Les activités industrielles ont gagné 11 000 ha de sols artificialisés entre 2006 et 2014 ; c'est le résultat d'un double mouvement : les activités industrielles ont gagné 16 000 ha de sols bâtis ou stabilisés (75 % des surfaces échangées), mais ont perdu 5 000 ha de sols enherbées ou nus (25 % des surfaces échangées).

Champ : France métropolitaine. Les territoires non observables sont exclus.

En 2014, deux tiers des sols artificialisés sont imperméabilisés

Répartition des superficies artificialisées par occupation du sol



Champ : France métropolitaine. Les territoires non observables sont exclus.

Source : SSP - Agreste - Enquêtes Teruti-Lucas

Source : SSP - Agreste - Enquêtes Teruti-Lucas

- 2/3 des sols artificialisés sont imperméables.
- seul 17% sont construits



Expertise collective sur l'artificialisation des sols

- Contenu
 - **Mesure de l'artificialisation**
 - Définition
 - Méthodes de mesure
 - Estimation en France
 - **Tendance générale**
 - Déterminants
 - Conséquences
 - Leviers d'action



La mesure de l'artificialisation

Tendances générales

Groupe Déterminant (tendances générales)

Mario Polèse, Denise Pumain, Marianne Guérois; Jean Cavailhes, Frédéric Gilli



Europe / Monde

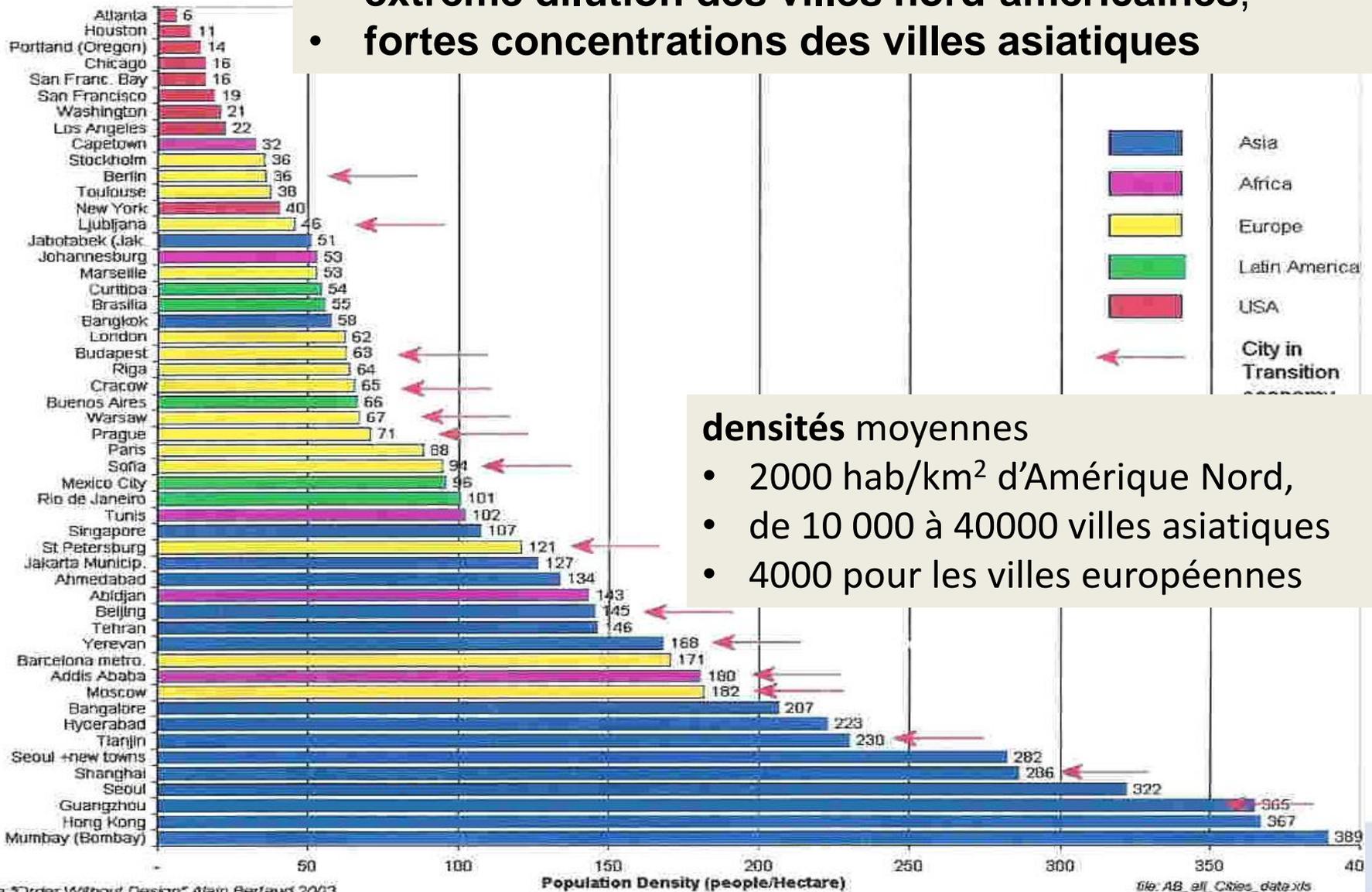
l'Europe est dans le monde une région de **petites villes**,
espacées en moyenne d'une **quinzaine de km**.
Près de la moitié de la population vit dans des
agglomérations de moins de 500 000 habitants,
l'Europe se différencie nettement sur ce plan des autres
continents

Taille des villes	<500 000	500 000 à 5 millions	500 000 à 5 millions
Amérique latine	36	22	15
Amérique du nord	30	35	12
Europe	47	22	4
Asie	19	13	6
Afrique	23	11	3

Nations Unis 2014

position intermédiaire entre

- extrême dilution des villes nord-américaines,
- fortes concentrations des villes asiatiques



densités moyennes

- 2000 hab/km² d'Amérique Nord,
- de 10 000 à 40000 villes asiatiques
- 4000 pour les villes européennes

France – Europe

En Europe, selon *Corine Land Cover*, l'artificialisation des sols a progressé, entre 2000 et 2006, de 2,7 %

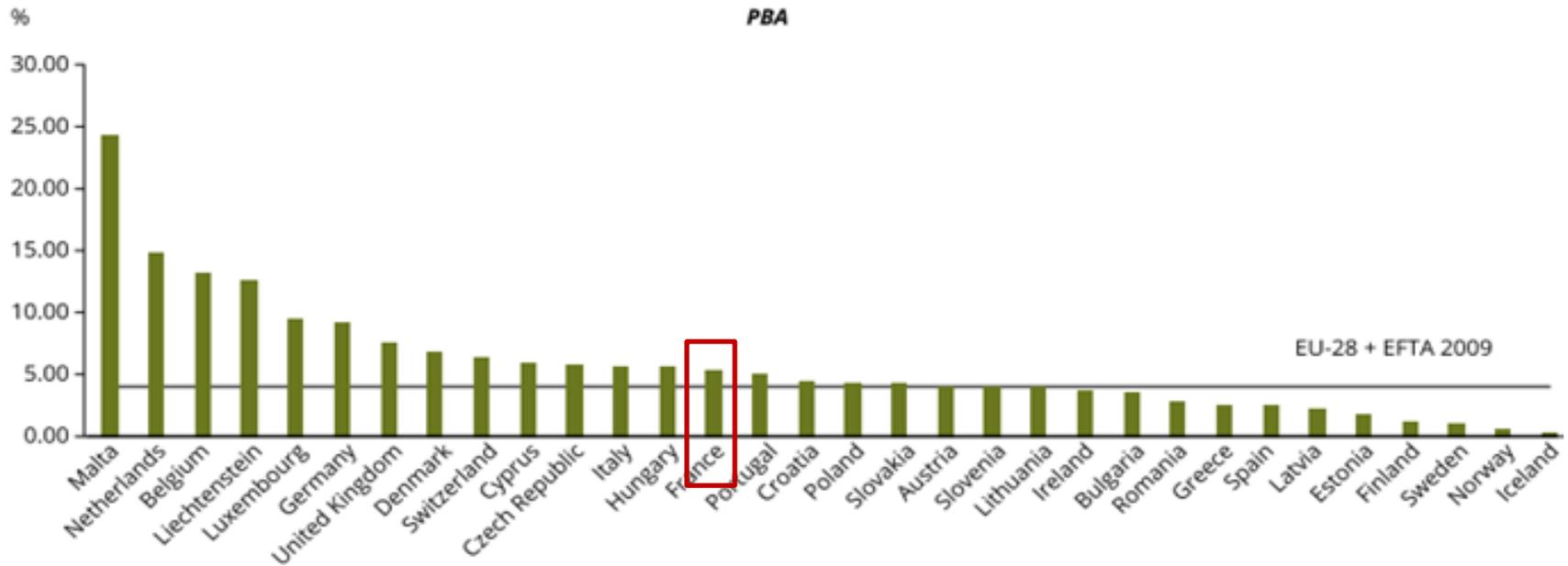
La France est le deuxième plus gros contributeur en valeur absolue (13 200 ha/an), derrière l'Espagne (25 400 ha/an).

En valeur relative la croissance des surfaces artificialisées en France se situe dans la moyenne européenne, autour de 0,5 %/an, à un rythme semblable à celui de l'Italie, environ 5 fois moins rapide qu'en Espagne et deux fois plus rapide qu'en Allemagne (dont il faut rappeler que la population diminue).

La France se situe donc dans la moyenne européenne

Sur la seule partie bâtie des **sols imperméabilisés** (CLC-HR), la France est proche de la moyenne européenne (5 % en 2009).

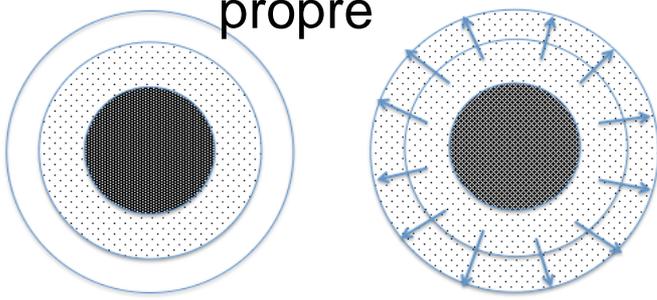
- Pays-Bas (15 %), Belgique (13 %) ou même à l'Allemagne (9 %) et l'Angleterre (7,5 %), dont les tissus bâtis couvrent une part nettement plus marquée de territoire.
- + les pays scandinaves, l'Irlande mais aussi l'Espagne (2,5 %) sont moins concernés par l'importance relative des surfaces bâties.



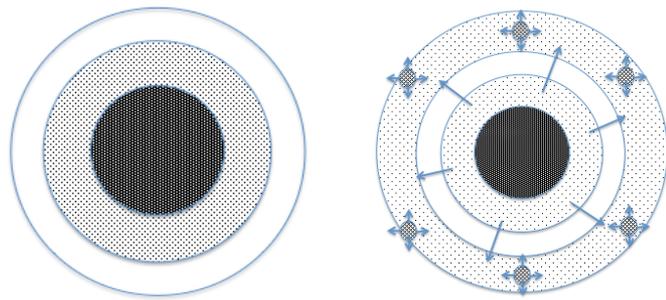
Note: The horizontal line indicates the overall value for Europe (EU-28 + 4). The countries are ordered (in all four parts) by decreasing values.

Formes d'étalement des métropoles

densification de son périurbain et extension de son aire urbaine propre



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

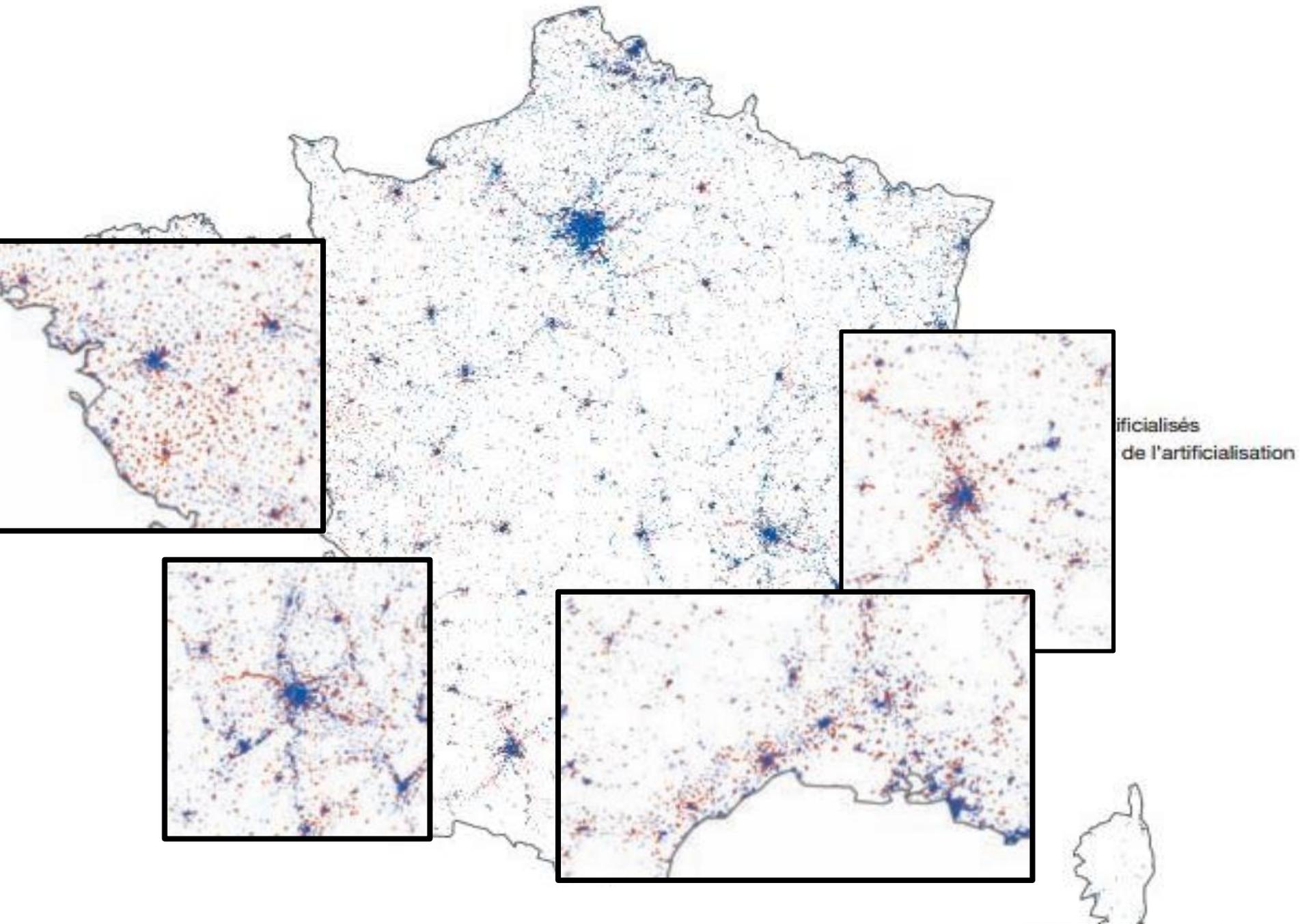


Europe : double mouvement de **concentration** des activités et des populations dans les régions urbaines et **d'étalement** des villes avec **extension des surfaces urbaines** et **développement du périurbain**. La dominante en matière d'artificialisation des sols est à l'étalement.

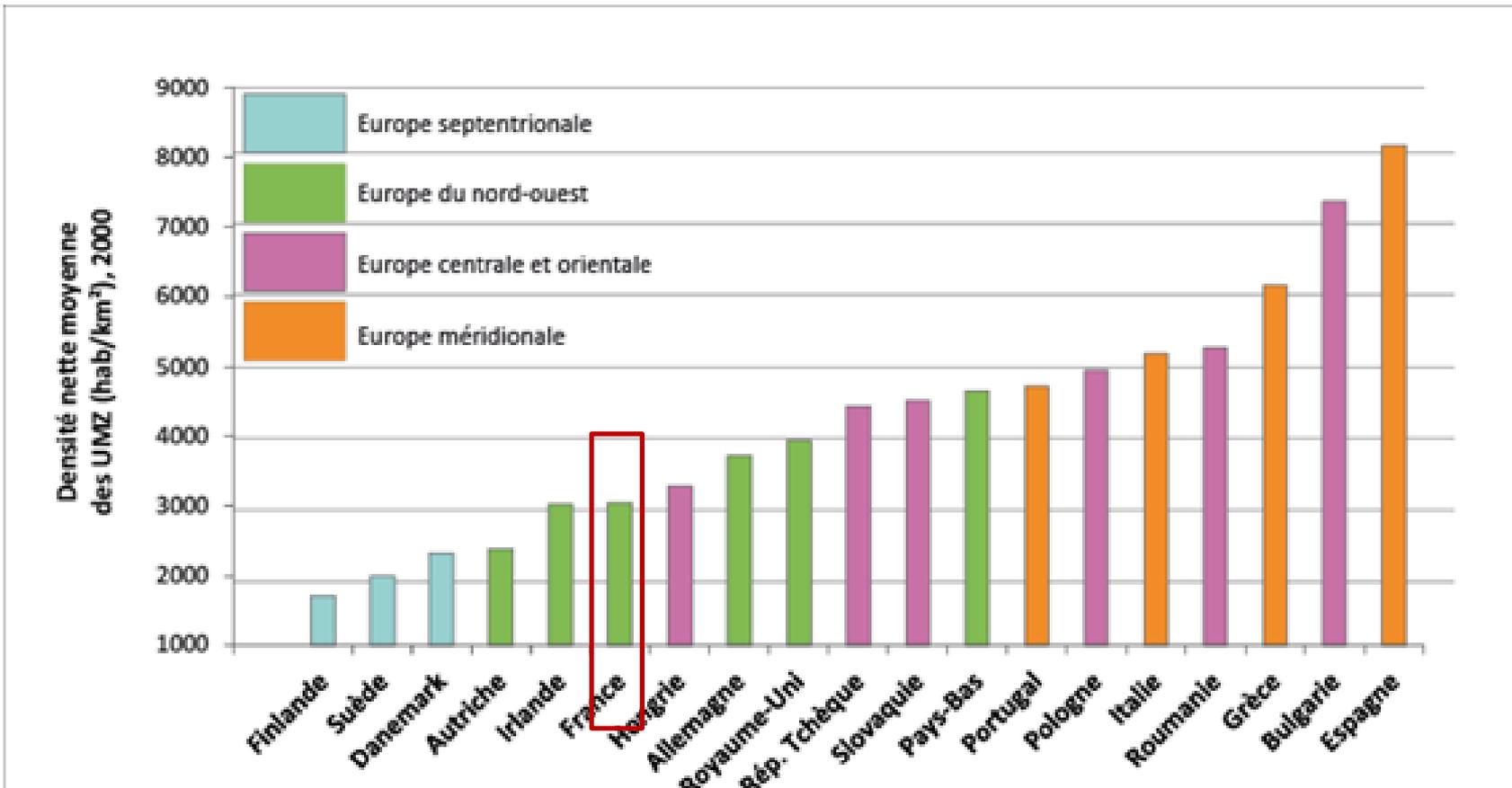
➤ les taux d'accroissement les plus élevés des surfaces bâties s'observent aux limites immédiates des 40 agglomérations urbaines étudiées par Guérois et Pumain.

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.





Officialisés
de l'artificialisation



La France :

- étalement moindre qu'en Europe du nord,
- densité démographique urbaine bien moindre qu'en Europe méridionale et orientale



Expertise collective sur l'artificialisation des sols

- Contenu
 - Mesure de l'artificialisation
 - **Déterminants**
 - Conséquences
 - Leviers d'action



Les déterminants de l'artificialisation

1. Tendances globales

- Auteurs : Jean Cavailhès (coord.), Catherine Baumont, Thomas Coisnon, Gabrielle Fack, Sonia Guelton, Frédéric Gilli, Walid Oueslati, Sonia Paty, Stéphane Riou

2. Les choix des ménages

- Auteurs : Anne Aguilera (coord.) et Olivier Bonin

3. Réseaux, Foncier Economique

Réseaux

- Auteurs : Thomas Thévenin – Valérie Facchinetti-Mannone

Logistique

- Auteur Laetitia Dablanc



Déterminants

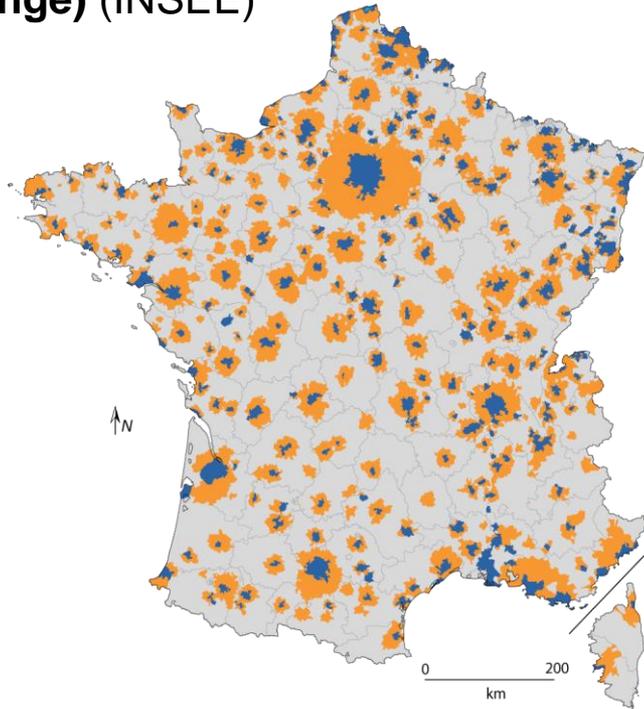
- ❖ **Concentration des emplois**, concentration des personnes pour plus d'innovation
- ❖ **Croissances démographiques**,
- ❖ **Familles plus petites**
- ❖ **Foncier**
- ❖ **Coût du transport faible**; Rapidité du transport

- ❖ moins de dépendance aux centres urbains
 - l'arrivée des nouvelles technologies ne semble pas avoir inversé l'étalement

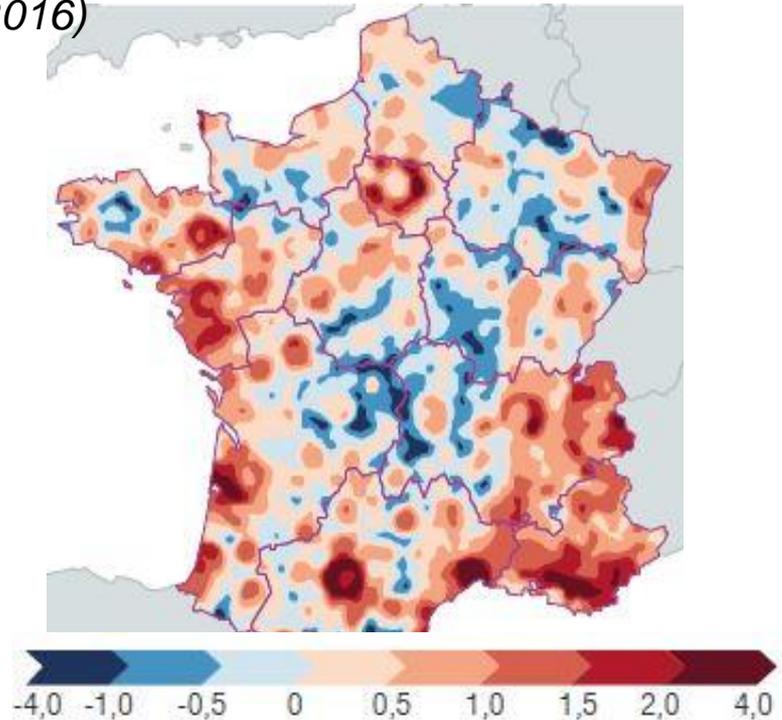


Emploi et urbanisation

Extension spatiale des aires urbaines de 1968 (en bleu) à 1999 (en orange) (INSEE)

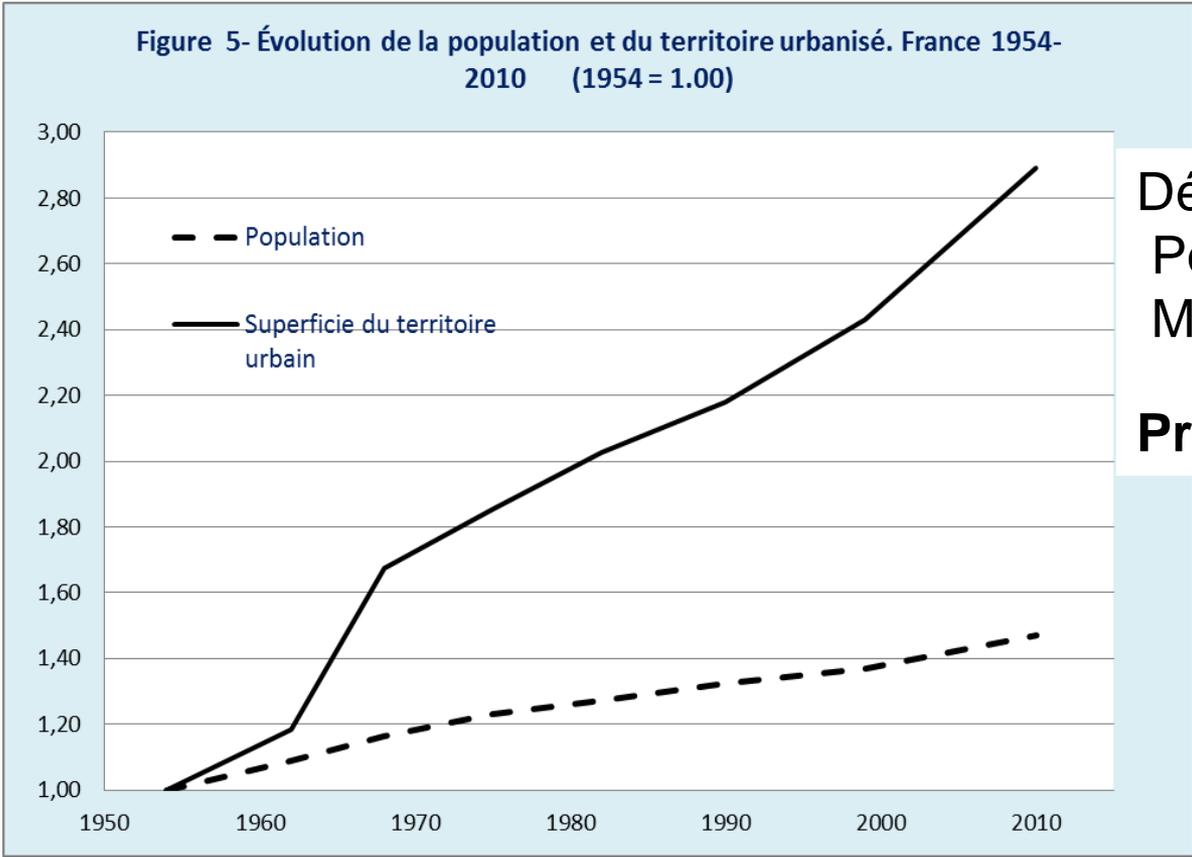


Taux de variation annuel de l'emploi entre 1975 et 2012 Moyenne nationale : 0,6% par an (Source : CEGET, 2016)



*le facteur principal de localisation en France
reste **l'accès aux emplois***

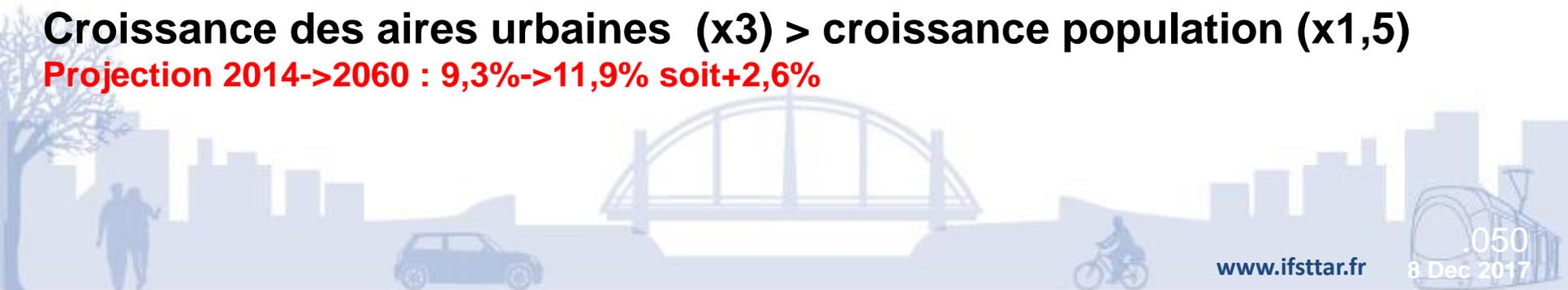
Démographie et mode de vie



Démographie 1962 – 2014
Population + 36%
Ménages : + 88%

Projection 2030 : + 9 M

Croissance des aires urbaines (x3) > croissance population (x1,5)
Projection 2014->2060 : 9,3%->11,9% soit+2,6%



Echelon global

L'étalement urbain = tendance générale dans le monde depuis :

- **L'ère de l'automobile**
- **La progression du niveau de vie**
 - *La demande logement augmente avec le revenu*
 - **Surface habitable par personne : doublement depuis 1970**
 - **Augmentation de la part des maisons individuelles et de la taille des jardins**

La France est dans la moyenne européenne

L'économie géographique explique l'urbanisation et la métropolisation

- Economies d'échelle et d'agglomération
 - gains de productivité, croissance économique, concentration des activités
 - **Urbanisation**
 - baisse des coûts de transport internationaux est la cause de la mondialisation
 - **métropolisation**
- ... mais la métropolisation
 - met en crise certaines villes moyennes et petites
 - modifie les besoins fonciers



Effets économiques directs vertueux de la métropolisation

- Création d'emplois :
 - investissement public de 1% du PIB = 365000 emplois créés en 5 ans dans le secteur de la construction
- Création de richesses :
 - La valeur patrimoniale des terrains construits a été multipliée par 5 entre 1998 et 2013
 - Le prix unitaire des terrains à bâtir a été multiplié par 3

Les actifs liés à l'urbanisation ont grandement contribué à l'enrichissement de la France depuis le début des années 90

Effets négatifs indirects

- inégalités sociales
- déclin de certaines villes moyennes



Explication économique de la périurbanisation

- Baisse du cout 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 **besoins en logement** en France restent importants et le nombre de logements neufs ne couvre pas la demande annuelle.

situation pas uniforme sur le territoire.

- Les zones les plus tendues sont celles où le coût du logement est le plus élevé.

Le secteur de la construction contribue à la création d'emplois et à la croissance, et la construction constitue un investissement qui soutient la croissance.

- la question est de savoir **où** construire les logements et de **quel type**



Que Faire ?

Reconstruire la ville sur la ville et la densifier ?

- coût élevé pour les ménages et/ou l'état
- **Cout carbone très élevé**

Renouvellement urbain

- Rénovation des quartiers (dont isolation)
- Végétalisation pour éviter la fuite en périurbain

Densification à taille humaine (3 étages)

Ne pas favoriser les logements neufs en zone non artificielle



Déterminants

- **Construction d'infrastructures de transport**
- **Activités économiques**
 - **Activités logistiques**



Les infrastructures de transport

France : **réseau routier le plus important d'Europe.**

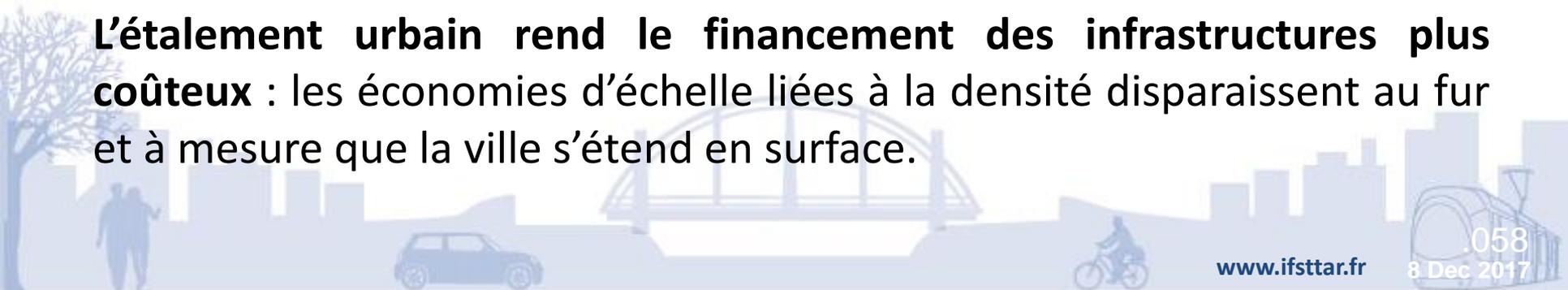
☺ grande accessibilité des villes, importance des échanges régionaux et nationaux,

☹ **infra entraînent une plus forte artificialisation des sols (28% TL)**

L'ajout d'une infrastructure éloignée du centre – de type rocade – contribue largement à l'artificialisation et à l'augmentation de la consommation foncière à destination économique.

➤ *La tendance à la concentration spatiale de la localisation des industries dans le territoire, est contrebalancée par le déploiement d'infrastructures de transport qui induit de la dispersion dans la localisation de ces activités.*

L'étalement urbain rend le financement des infrastructures plus coûteux : les économies d'échelle liées à la densité disparaissent au fur et à mesure que la ville s'étend en surface.



Aujourd'hui **le foncier économique** (entreprise, zones commerciales, logistique, service public) couvre **20 %** des surfaces artificialisées. Selon les estimations de TL, leur augmentation entre 2006 et 2014 est **plus rapide que celle des usages résidentiels**.

Pourtant, **peu d'études traitent de ce sujet**

- forts besoins de recherche sur l'impact de la construction des entreprises, des entrepôts, des infrastructures de transport et centres commerciaux.

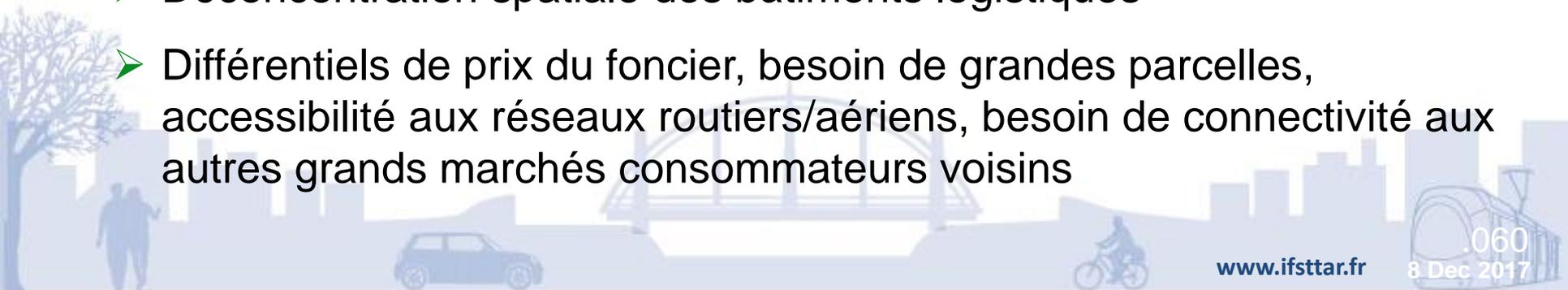
Pour les **centres commerciaux** :

- Quel rôle dans le déclin des centres urbains de certaines villes de taille moyenne ?
- Quelle la réalité des créations d'emplois qui suivent leur ouverture.

Des pistes de réflexions s'orientent vers le renouvellement des échelons de gouvernance.



- ❖ 81% des EPL (Etablissement ou plateforme logistique) font plus de 5000m² se situent et se situent autour des grandes agglomérations
 - **Polarisation métropolitaine des fonctions logistiques**
- Evolution : **AUGMENTATION ET DEPLACEMENT**
 - **Entre 1990 et 2017 : croissance de + de 50% en nombre et en surface (jusqu'à 200% USA)**
 - **des franges des villes vers les zones périurbaines, proches des hub de communication**
- **Logistic Sprawl :**
 - **Déconcentration spatiale des bâtiments logistiques**
 - **Différentiels de prix du foncier, besoin de grandes parcelles, accessibilité aux réseaux routiers/aériens, besoin de connectivité aux autres grands marchés consommateurs voisins**





Buenos Aires



Los Angeles



Goteborg



Sao Paulo



Paris

- **Externalisation de la logistique; mondialisation des échanges, nouvelles consommations urbaines**
 - qui nécessite des entrepôts ou vont être préparés les colis
- **Emergence de mégacentres de distribution (50 000 à 150 000m²)**
 - ❖ En périphérie : Recherche grande zones, plates (automatisation)



Les entrepôts d'Amazon – Moreno Valley

- **automatisé**
- 180 000 m², 15m de haut
- **À 120km de LA**
- *emploie 700 personnes,*
- *des flux quotidiens de 200 camions en moyenne*

**Les entrepôts
« déforment »
la mobilité des
marchandises**



La moitié des communes d'IDF sont « logistiques »

IdF : 618 communes (sur 1281)
comptent des entrepôts

800 000 livraisons tous les jours,
20 Millions m² d'entrepôts,
aug 50% entre 2001 et 2009 (surf)

Augmentation

Nbre d'entrepôts (>5000m²)

- 2000: 714 entrepôts
- 2012: 955 entrepôts

Nbre d'entrepôts par million
d'habitant

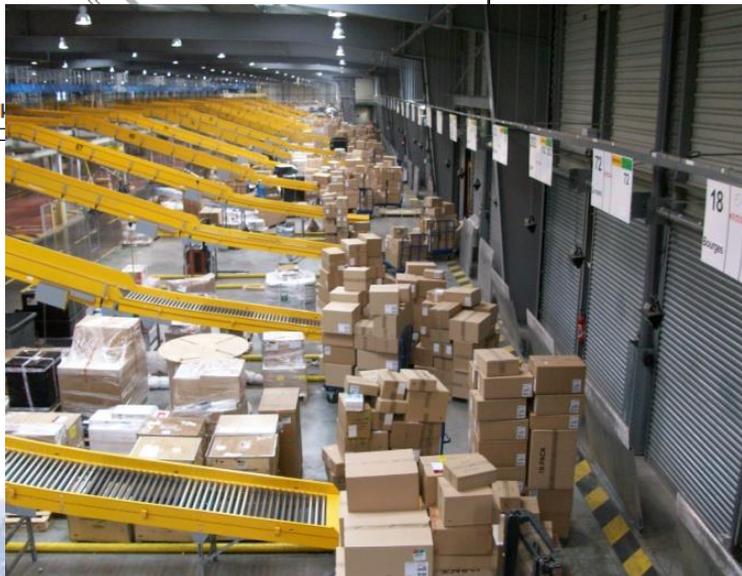
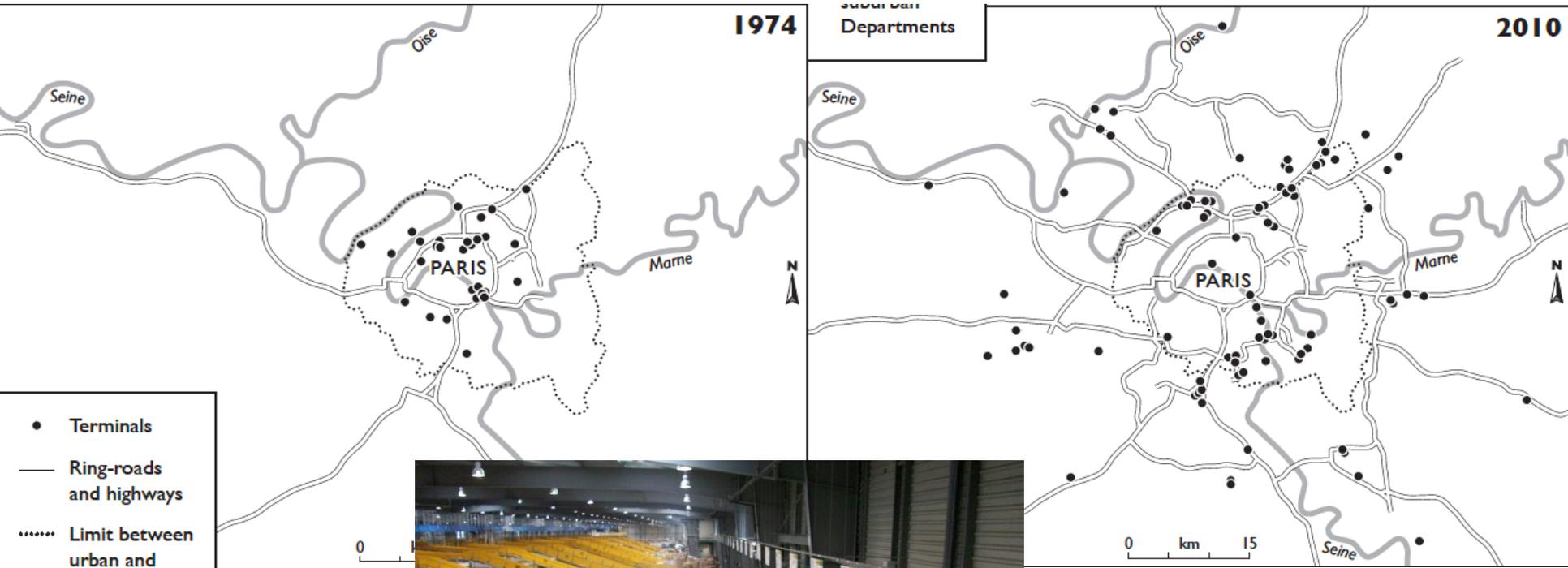
- 2000: 65
- 2012: 81

Resserrement .. et étalement

- marché local important, Proximité des nœuds des réseaux d'infra, Marché du travail, Marché immobilier
- ❖ la distance moyenne au barycentre des entrepôts est passée de 155 km en 2000 à 110 km en 2012 (Heitz) (resserrement)



Les agences de messagerie à Paris en 1974 et 2010



- La distance moyenne des terminaux à leur barycentre (centre de gravité) s'est accrue de:

- 3,5 km à Paris (de 17,5 à 21 km) 2000-2012

- 9 km à Los Angeles (de 42 à 51 km) 1998-2009

- Accroissement des distances parcourues pour livrer l'économie urbaine

- Pour le secteur de la messagerie, calcul des émissions *nettes* de CO₂ de ce desserrement (Andriankaja)

16 350 tonnes supplémentaires en 2010 par rapport à 1974



Perspectives ?

Premier entrepôt urbain et **multi étages** aux Etats-Unis (mai 2017, Seattle, Prologis) en réponse à la demande du e-commerce

Prologis Georgetown
Crossroads

Seattle, Washington



Un immobilier logistique plus économe en foncier à Tokyo, Séoul ou Hong Kong

Bâtiment Prologis à Tokyo



Perspectives ?

Name and size of studied metro area	Amsterdam 4,092 km ²	Atlanta 21,700 km ²	Belo Horizonte 331 km ²	Berlin 3,778 km ²	Gothenburg (metro) 3,695 km ²	Gothenburg (region) 22,752 km ²	L.A. 87,940 km ²	Paris 1 (all WHs) 12,058 km ²	Paris 2 (parcel/ express) 12,058 km ²	Randstad 14,668 km ²
Change in average distance of WHs to centre of gravity per year (km/year)	-0.33	0.45	-0.05	0.2	0.3	0.19	0.88	0.29	0.33	Not calculated

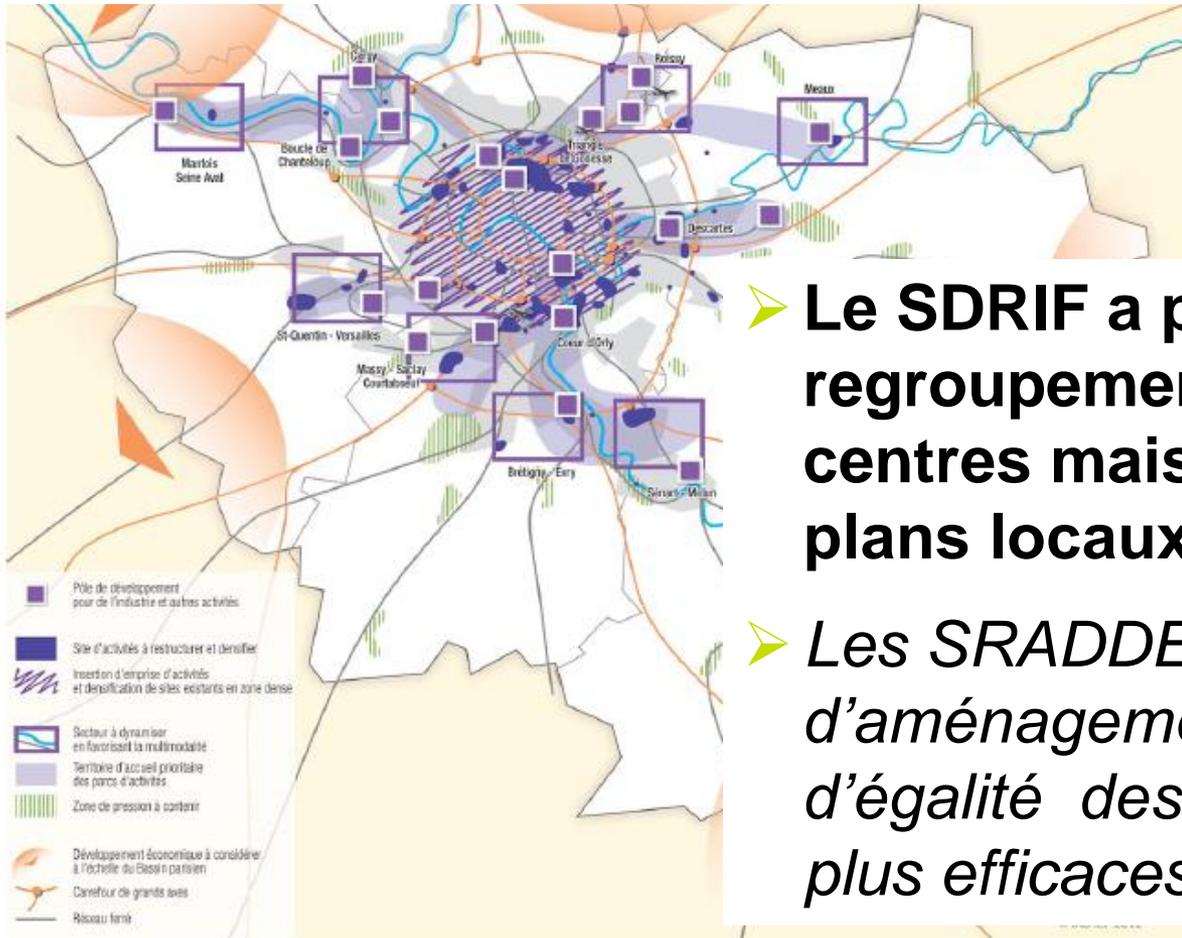
- Trois agglomérations **sans étalement** logistique

- Amsterdam
- Rotterdam
- Seattle

- **Contrôle de l'usage des sols**



SDRIF (2013): zones d'activités (dont logistique) à ramener au centre



- **Le SDRIF a proposé un regroupement autour de 20 centres mais ignorés dans les plans locaux d'urbanisme**
- *Les SRADDET (schéma régional d'aménagement de dvt durable et d'égalité des territoires) seront-ils plus efficaces ?*

Expertise collective sur l'artificialisation des sols

- Contenu
 - Mesure de l'artificialisation
 - Déterminants
 - **Conséquences**
 - Leviers d'action

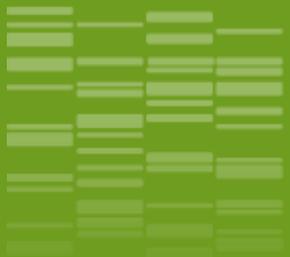


Merci

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

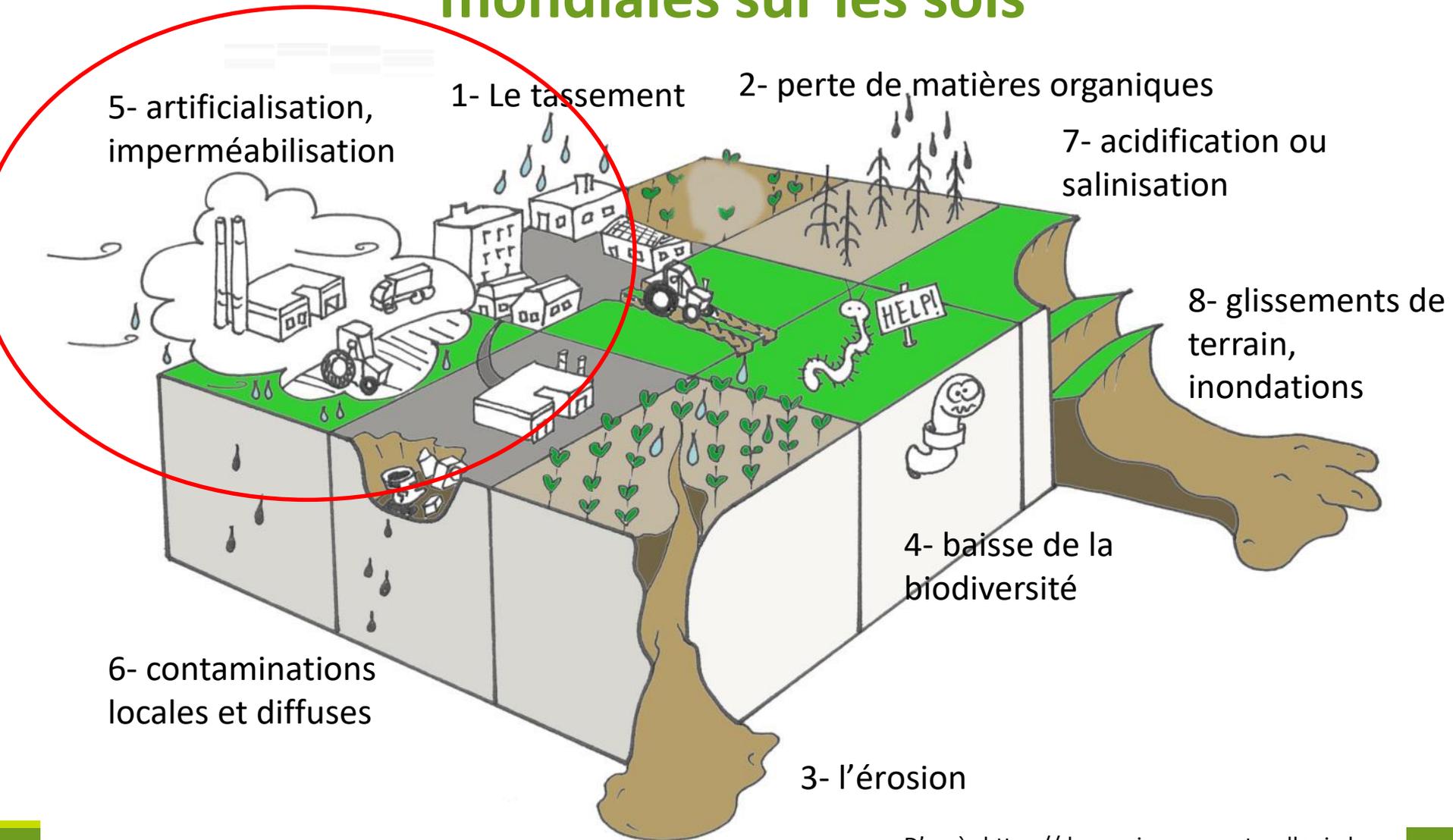
anne.ruas@ifsttar.fr





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

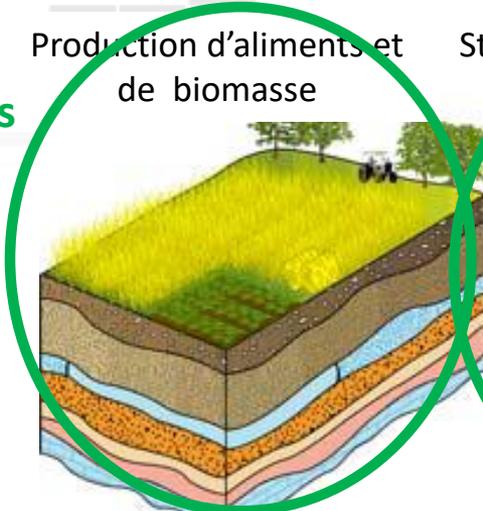


D'après <https://dps.environnement.wallonie.be>

Les différentes fonctions du sol et l'artificialisation

autres fonctions
à préserver

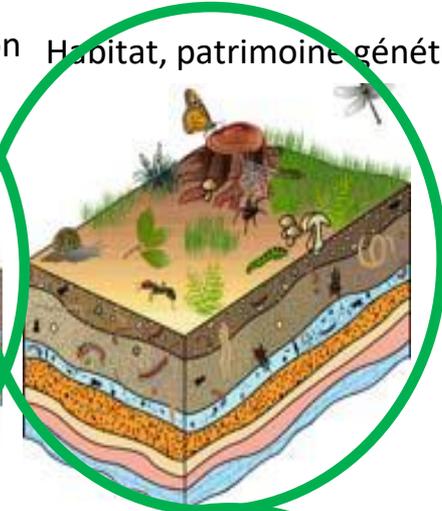
Production d'aliments et
de biomasse



Stockage, filtration, épuration

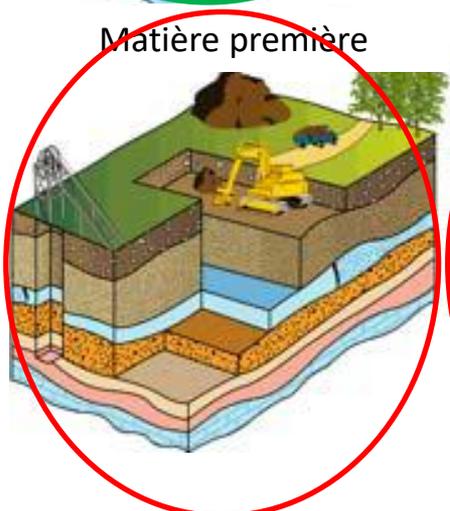


Habitat, patrimoine génétique

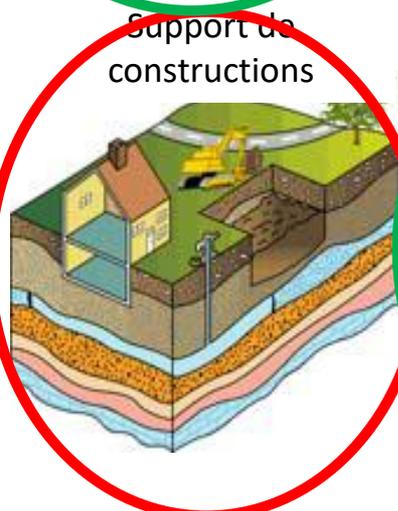


artificialisation

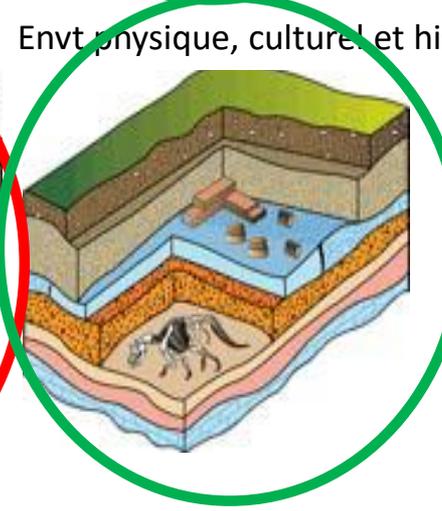
Matière première



Support de
constructions

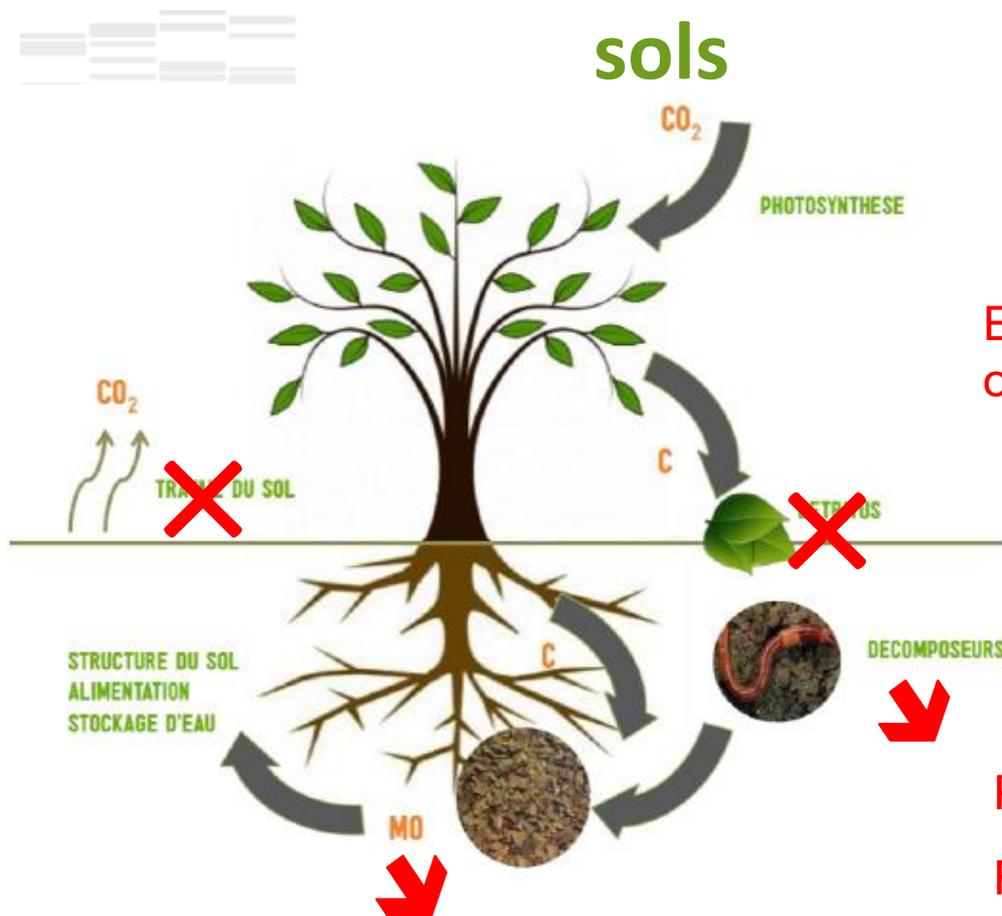


Envt. physique, culturel et historique



« 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)

L'artificialisation modifie les propriétés des sols



Elimination matière organique

Imperméabilisation

- Compaction
- Remaniements

Contamination

Perte de biodiversité

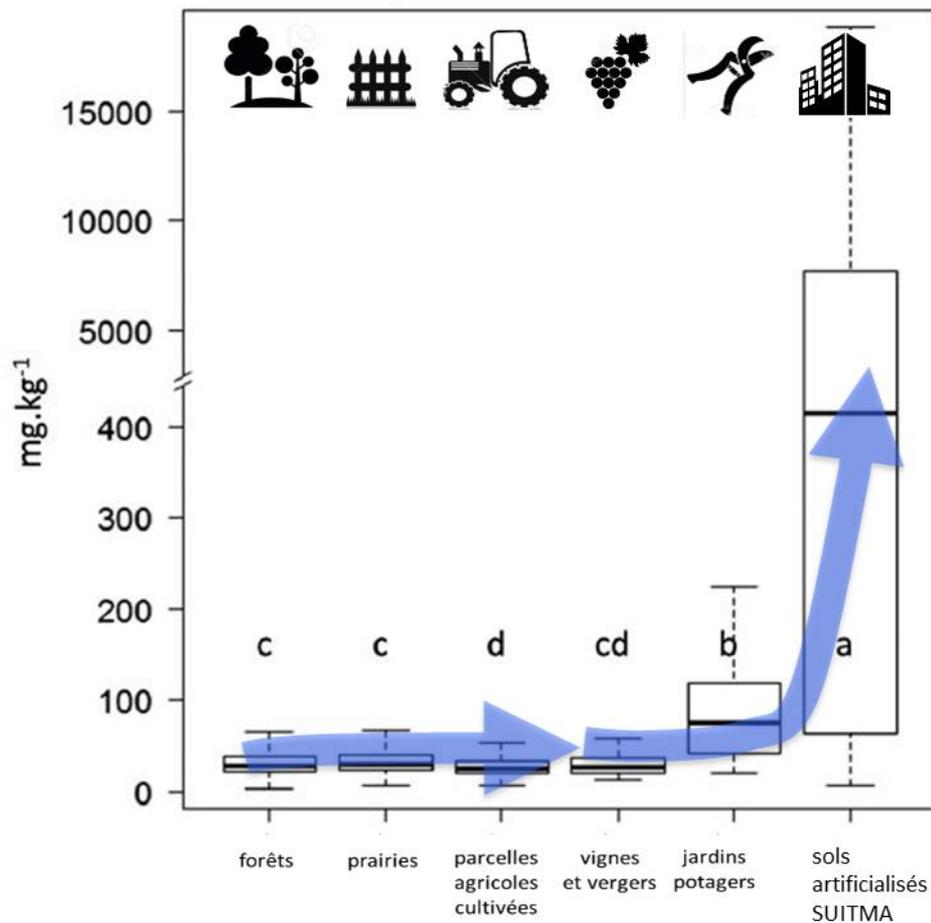
Faible réserve en éléments nutritifs

Sols peu fertiles

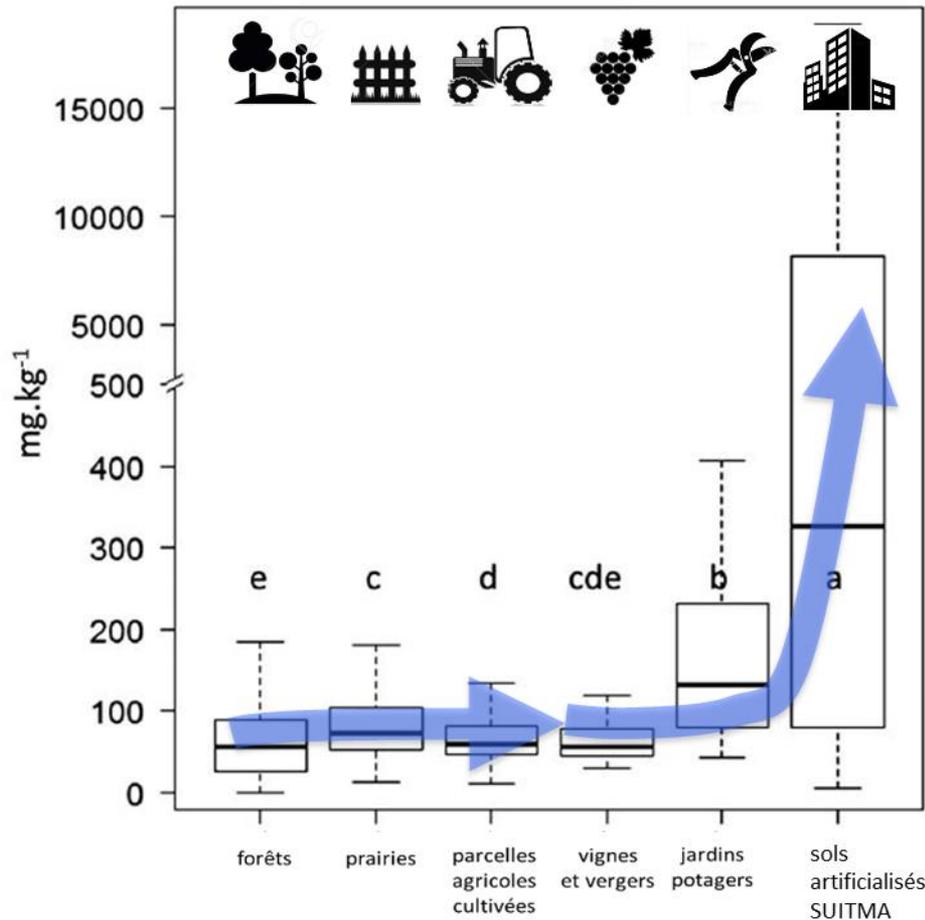
L'artificialisation contamine les sols en milieu urbanisé

❖ Contamination par les Eléments Traces Métalliques:

Teneur en plomb



Teneur en zinc



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

L'artificialisation impacte la biodiversité des sols

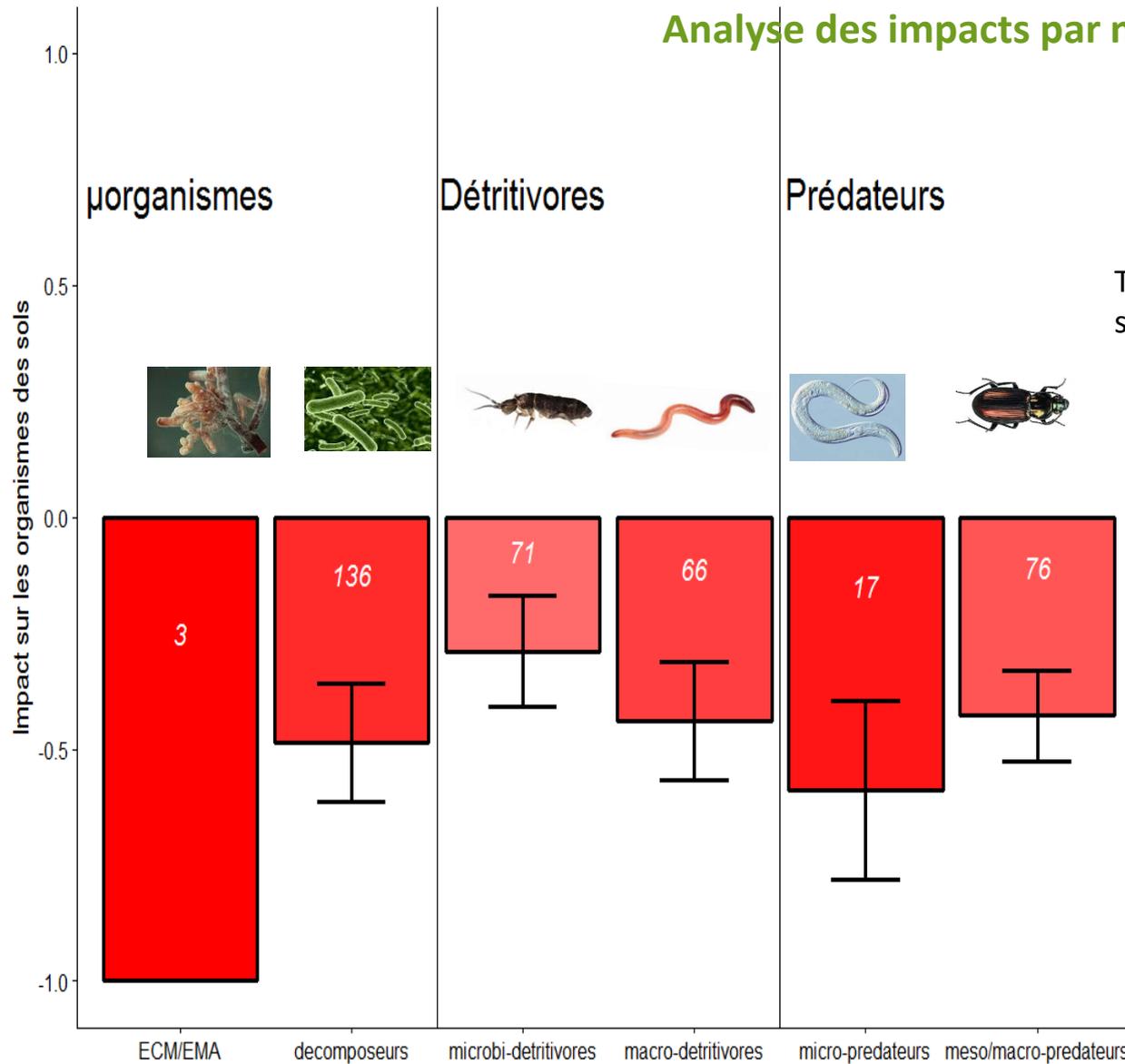
Analyse des impacts par type d'artificialisation : méta-analyse



- Effets mécaniques
- Contaminations
- Fragmentation
- Etalement urbain

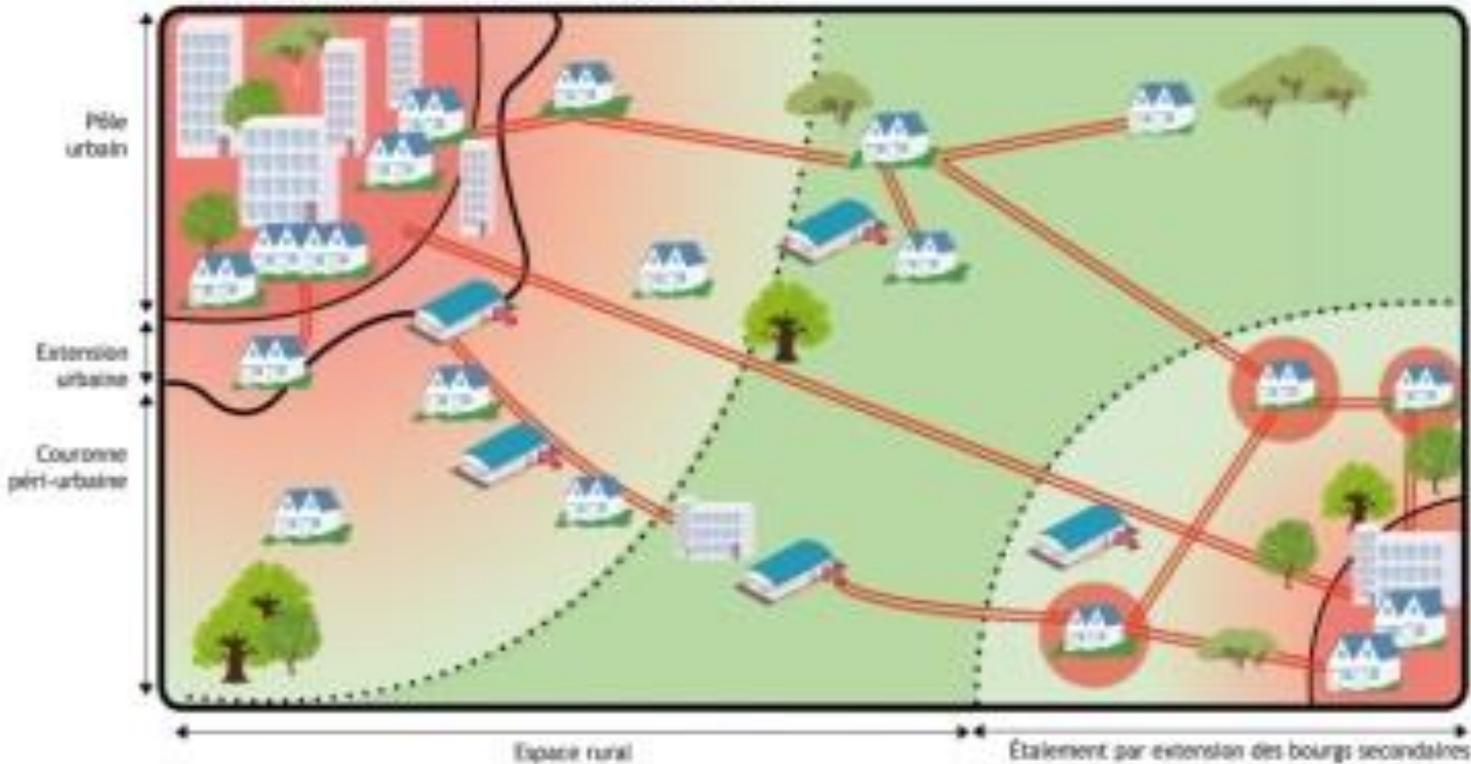


Analyse des impacts par niveau trophique



L'artificialisation impacte la macrofaune et la flore

Étalement par extension urbaine et densification de la périphérie

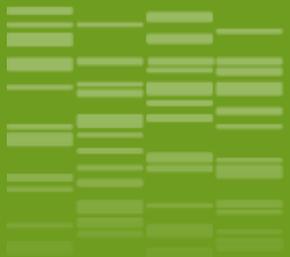


⇒ **perte de connectivité** par **fragmentation** des paysages.

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

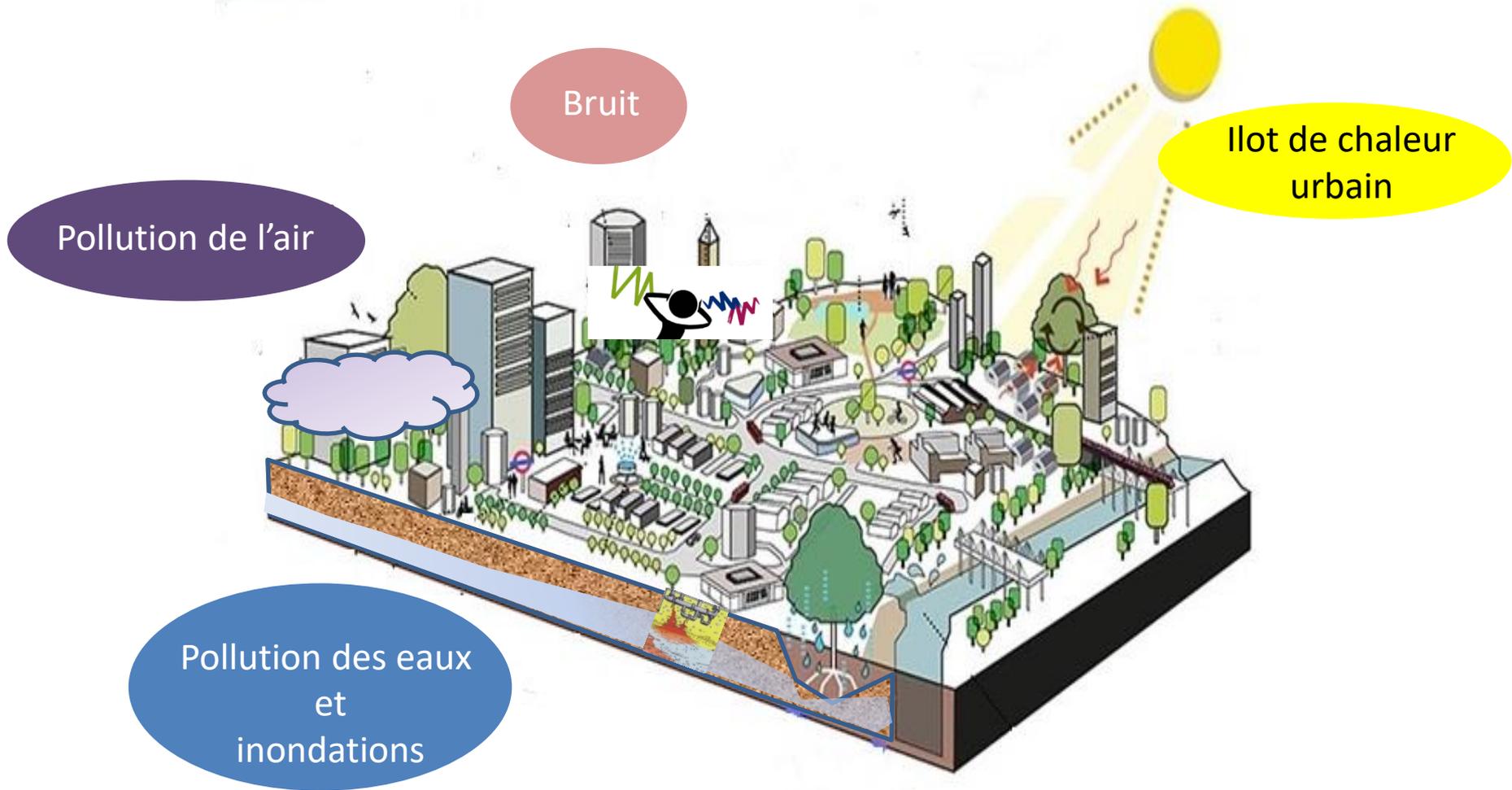
Mais l'urbanisation génère aussi de nouveaux habitats (bâti, espaces verts...)

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

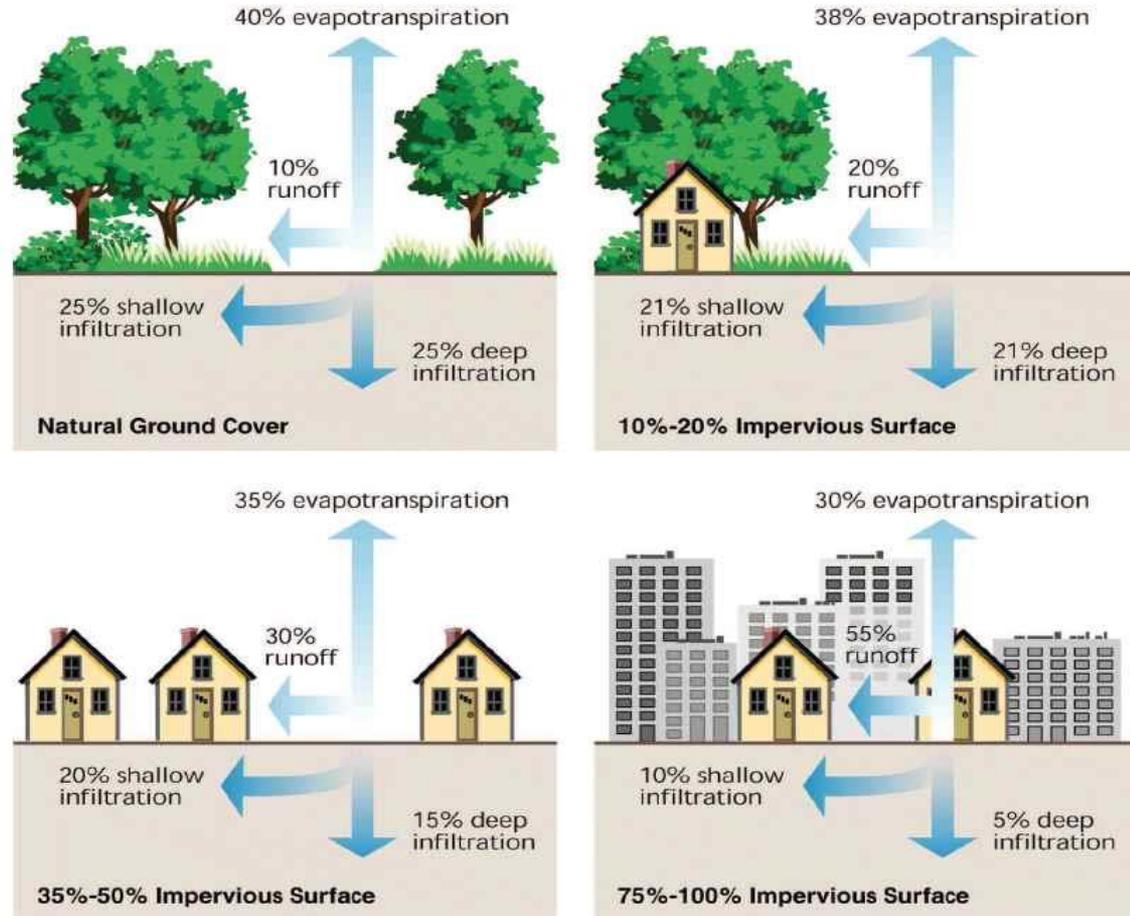


Les impacts environnementaux de l'artificialisation des sols sur l'environnement physique urbain

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



Modification du cycle de l'eau et augmentation des charges polluantes



L'îlot de chaleur urbain

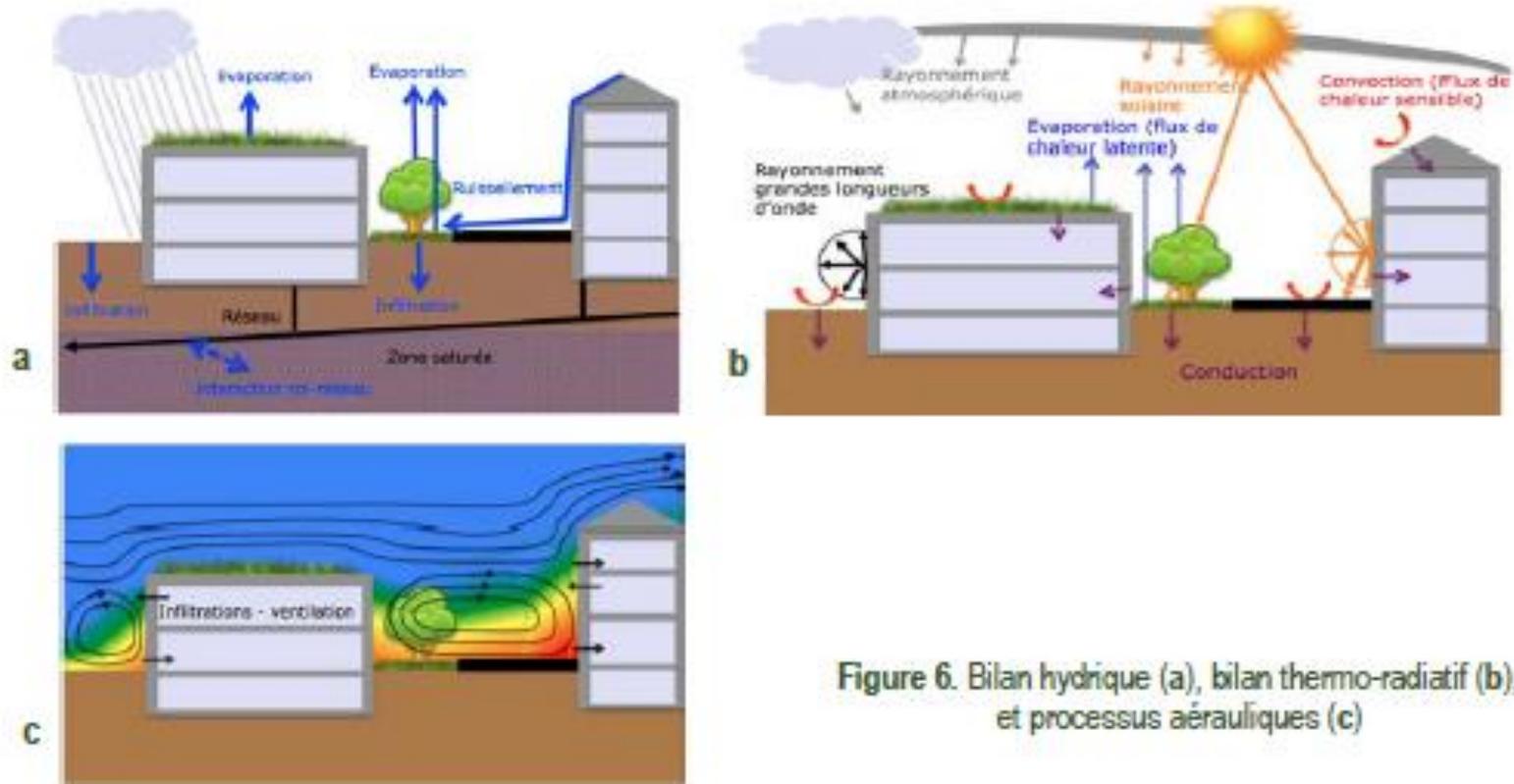
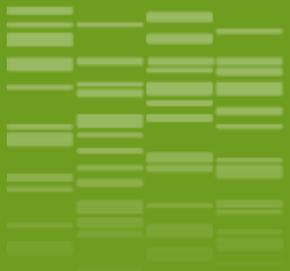


Figure 6. Bilan hydrique (a), bilan thermo-radiatif (b), et processus aérauliques (c)

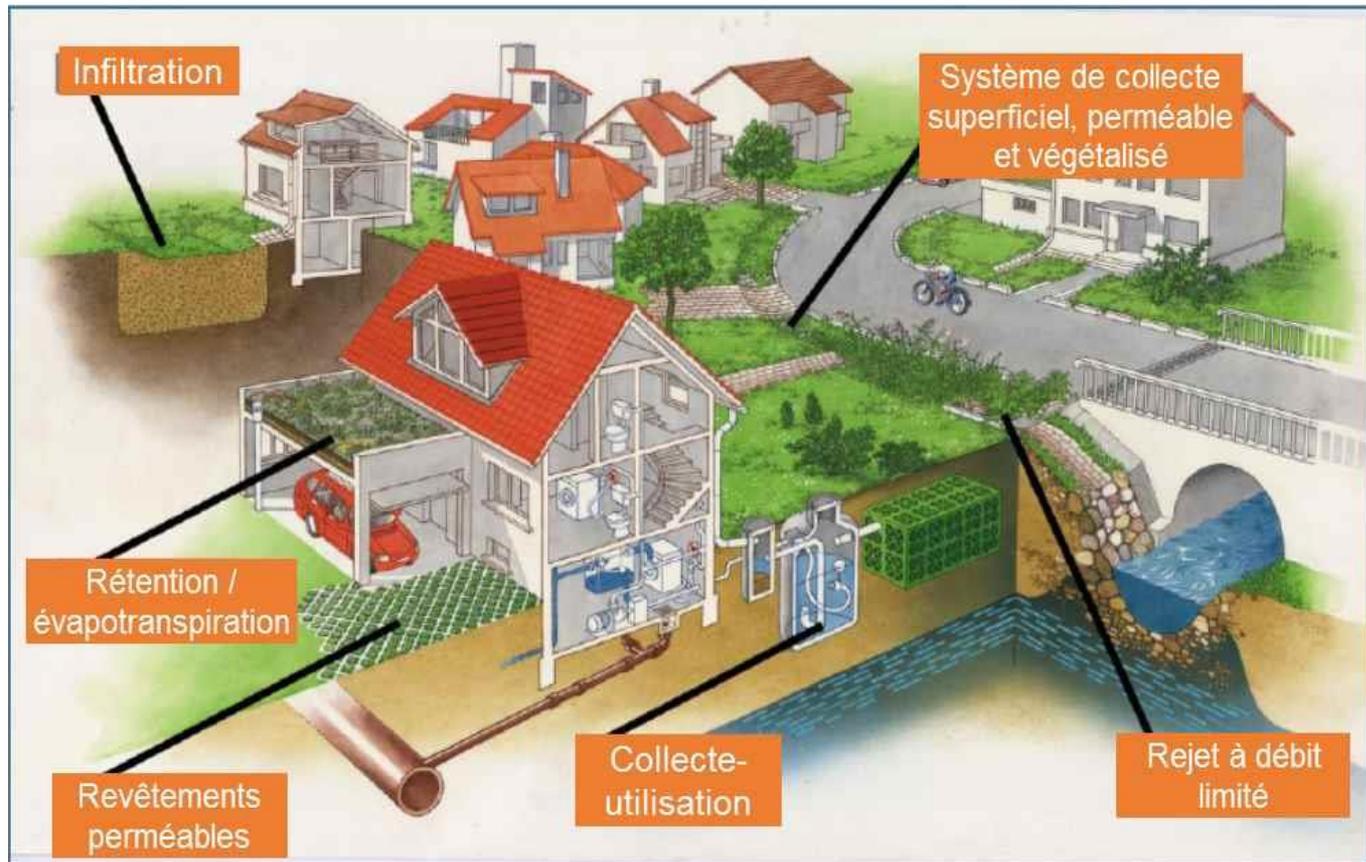
- ❖ Modélisation des bilans hydrique, thermique et radiatif et processus aérauliques



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

Solutions techniques pour diminuer les impacts = réduire les nuisances pour garder la ville attractive

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



Solutions techniques pour diminuer les impacts

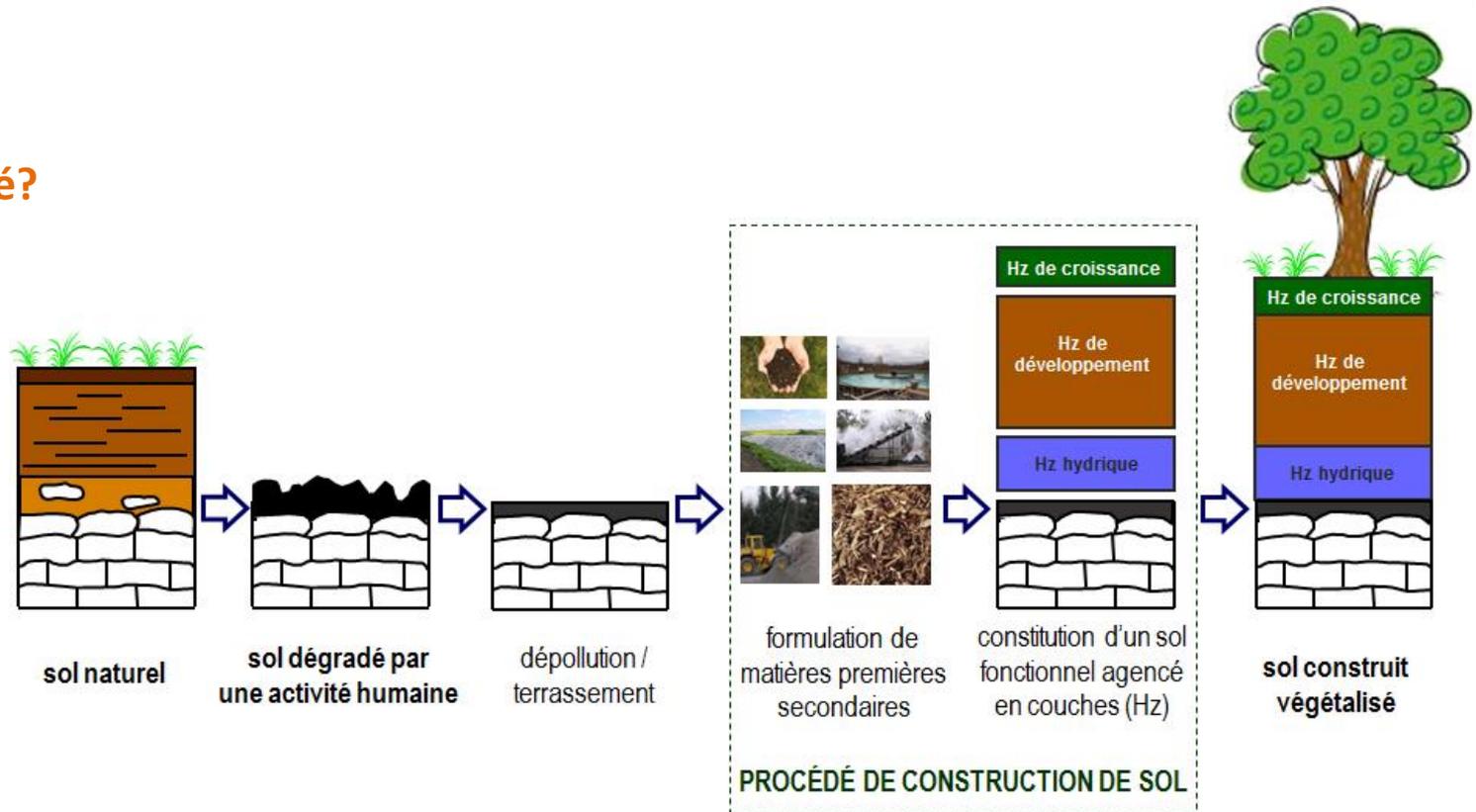
Des solutions techniques à l'échelle locale pour atténuer l'îlot de chaleur urbain

type	principe	Effet sur t° surface	Effet sur t° proche	Autres fonctions	limites
Sols ouverts et végétalisés	Rafrâichir par évaporation, évapotranspiration ombrage	↘ Très élevée > 15°C	↘ élevée > 1°C	Récréation Infiltration esthétique	Entretien
Toitures végétalisées	évapotranspiration	Dépend du type de végétation	Faible	Rafrâichissement 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

Reconstituer ou construire des sols multifonctionnels avec le génie pédologique

Réversibilité?



Solutions techniques pour limiter les impacts

- Développer les éco-quartiers, les modes de **transports 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

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

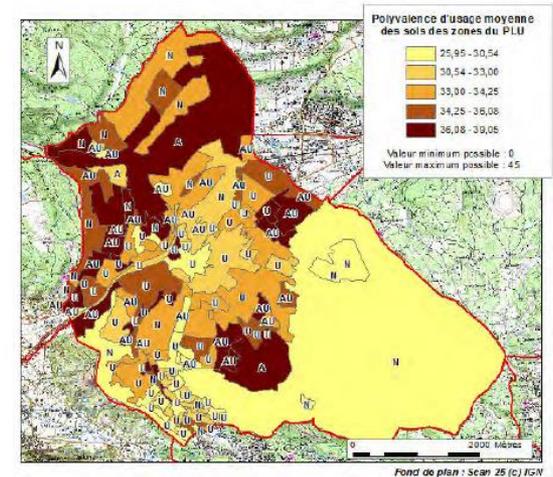
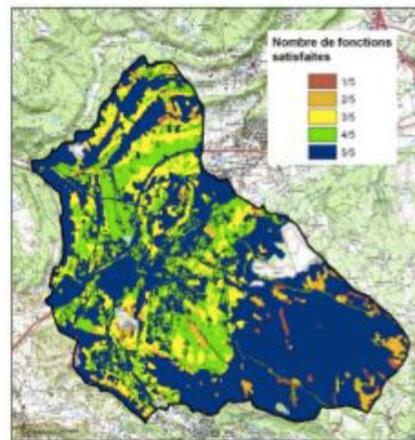
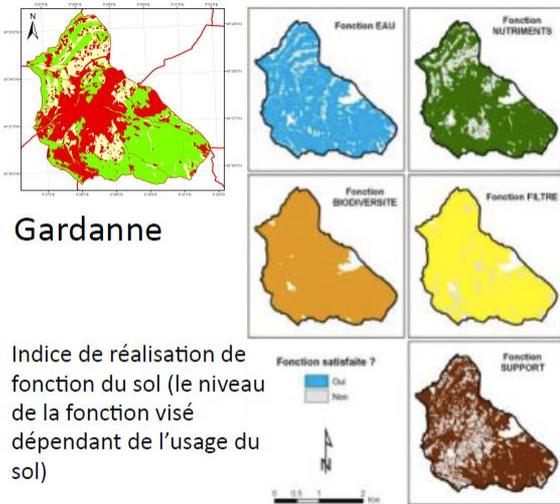
Prendre en compte la qualité et les fonctions des sols le PLUi/m comme outil

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



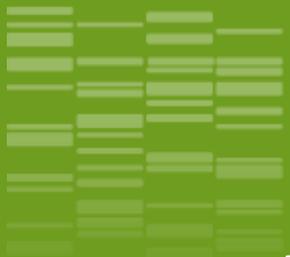
projet Uqualisol-ZU : Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et périurbaine. S Robert et al. CNRS, Aix srobert@cerege.fr www.gessol.fr



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



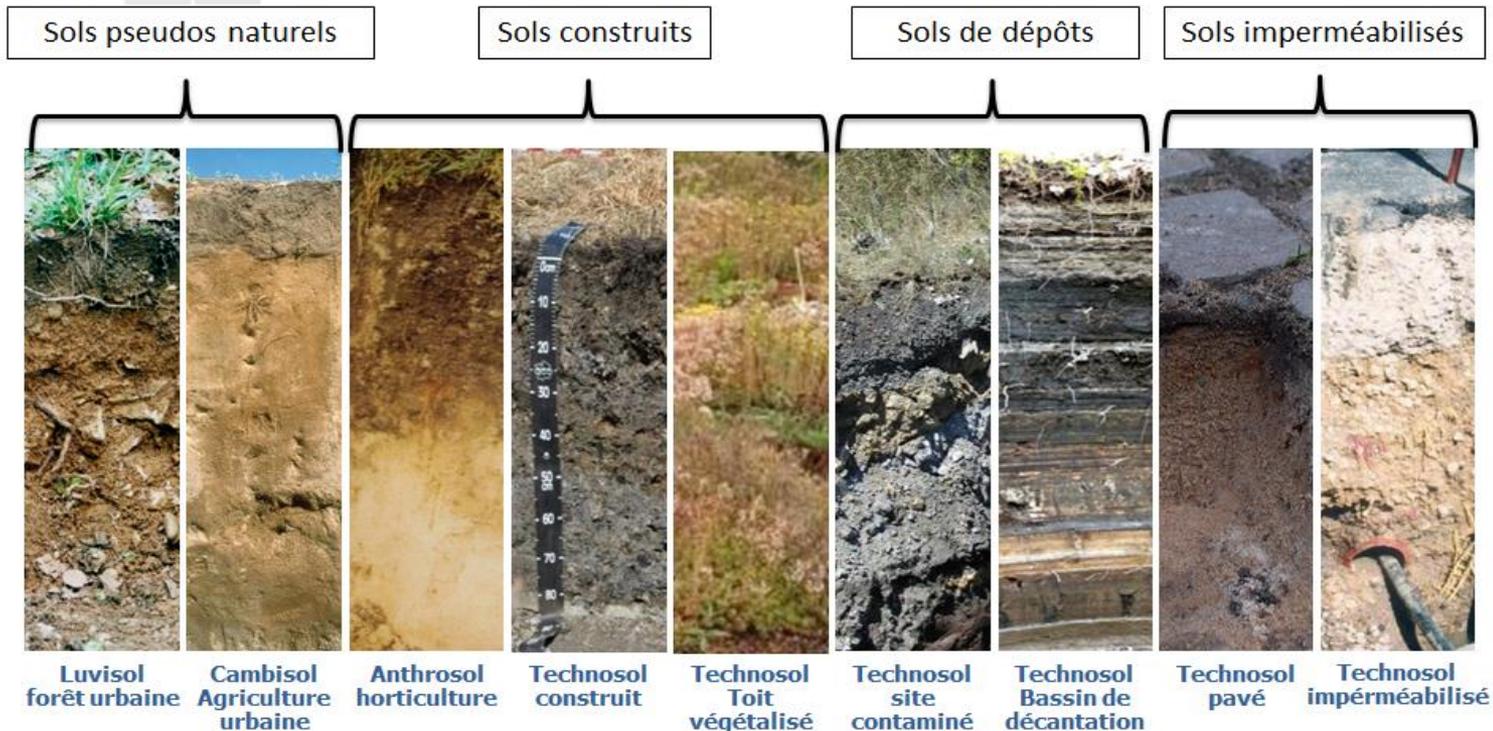
Pour aller plus loin:

- 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>

Des impacts fonction de la nature de l'artificialisation



Influence humaine croissante

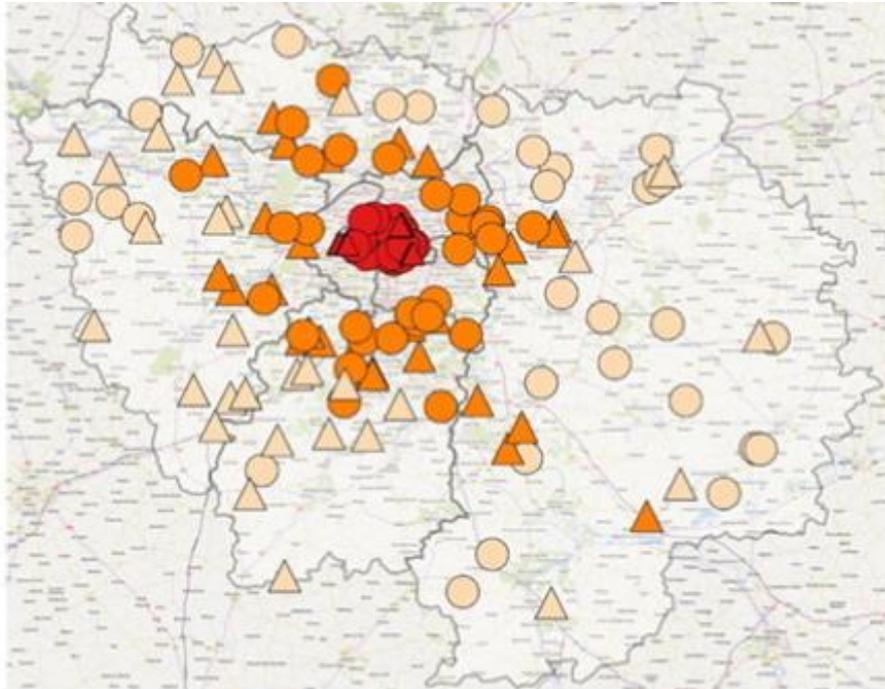
Morel et al., 2014

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

L'artificialisation contamine les sols en milieu urbanisé

❖ Contamination par les Eléments Traces Métalliques:

Trafic routier, industries,...

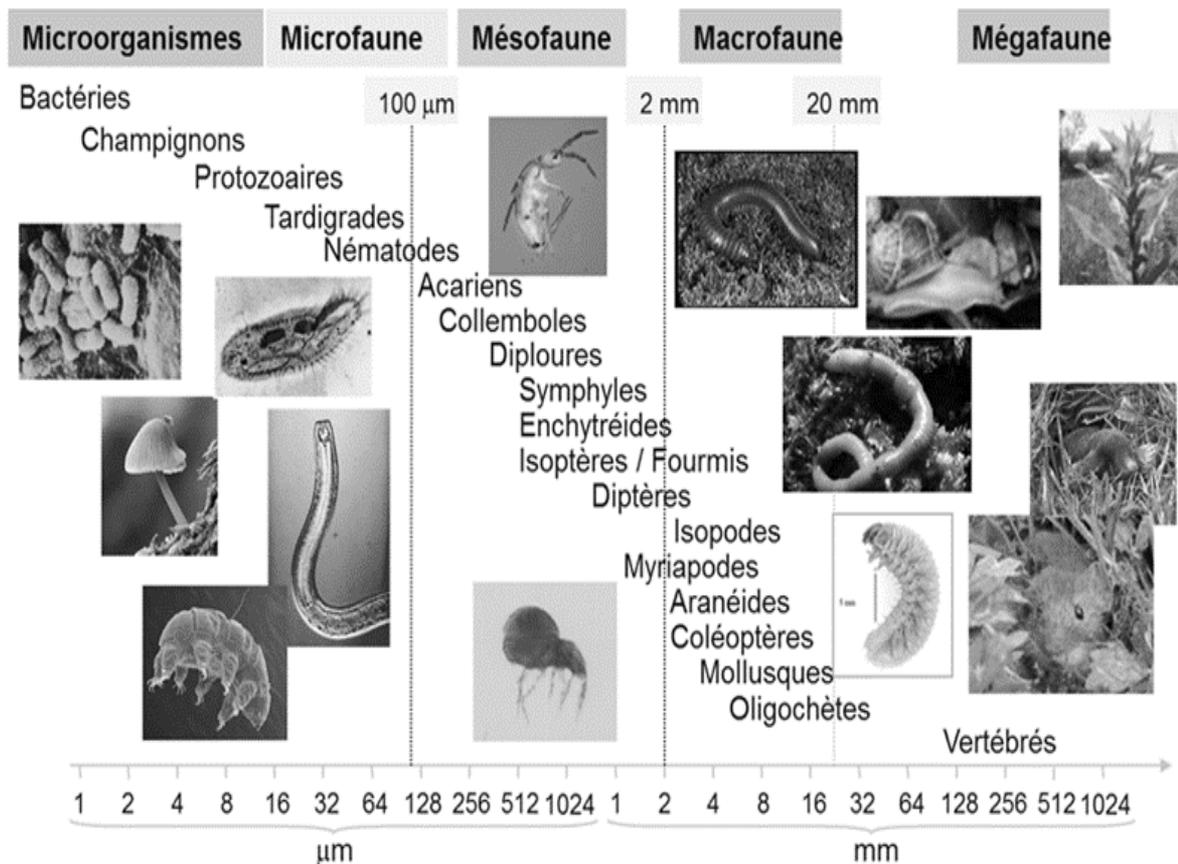


*Les teneurs en ETM
le long d'un
gradient de
pression urbaine
en Ile de France
(180 sols de
pelouses et bois)*

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

L'artificialisation impacte la biodiversité des sols

Une grande diversité des organismes du sol



2. Charge polluante et écosystèmes aquatiques

Sources de pollution urbaine

Activités industrielles et artisanales



Chauffage urbain
Matériaux de construction



Infrastructures routières
Trafic automobile



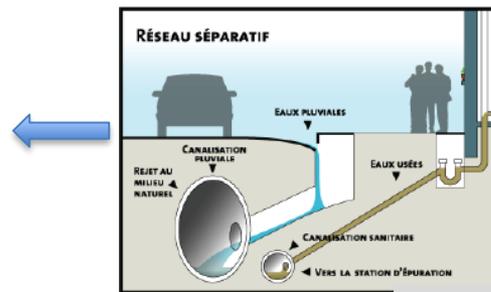
Contamination des eaux de ruissellement urbaines

Pollution dissoute et particulaire

Milieux aquatiques



Réseau de collecte



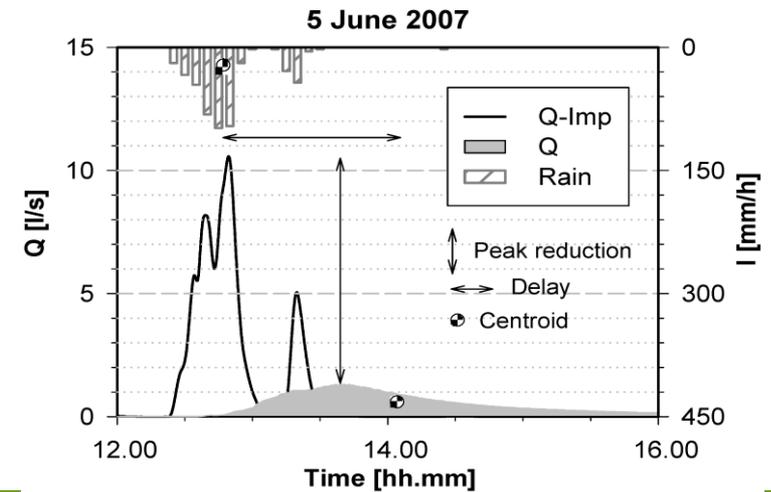
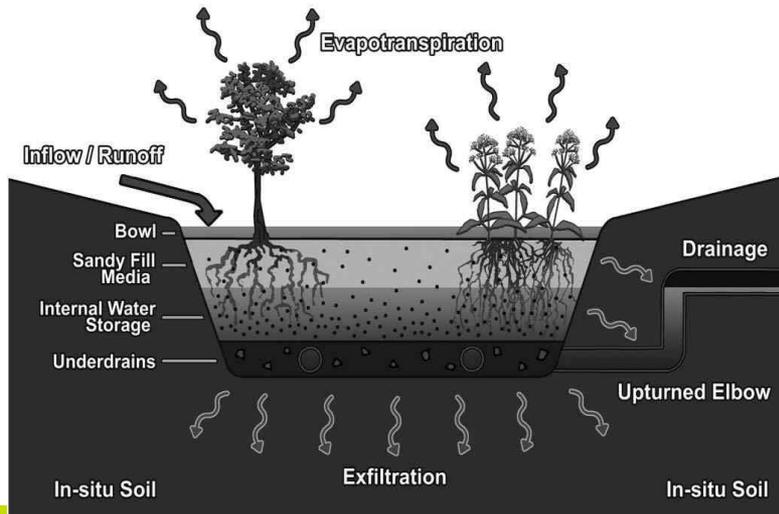
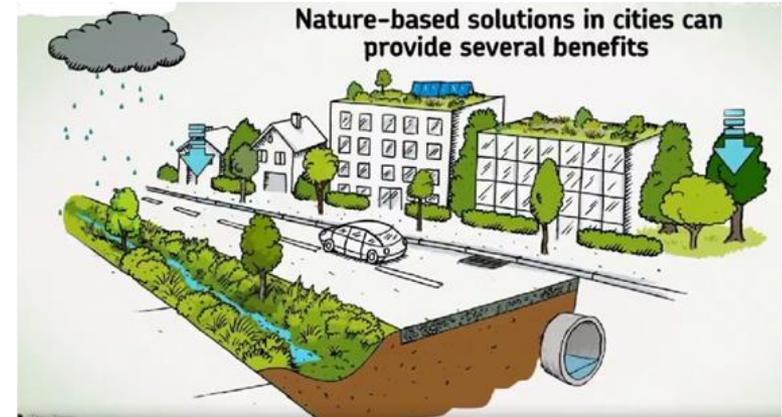
Techniques alternatives



Infiltration dans les sols

1. Modification des processus hydrologiques

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



Principalement une artificialisation des terres agricoles

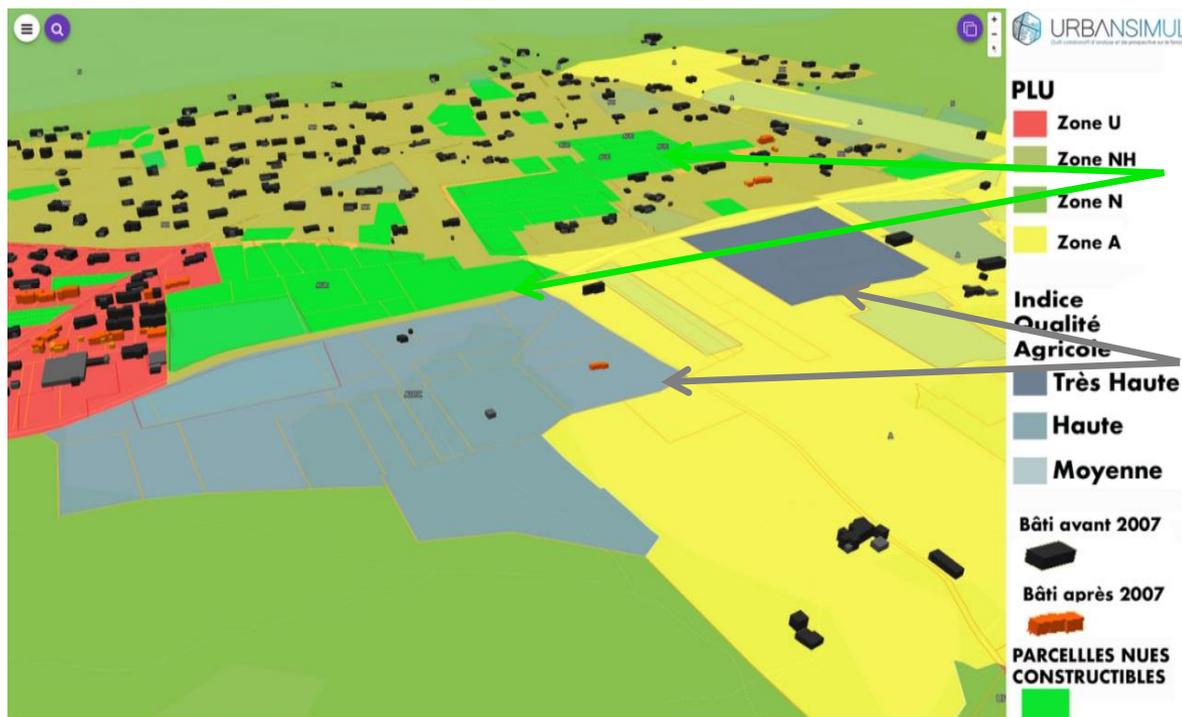
- Les phénomènes d'artificialisation et de déprise agricole interviennent conjointement (mais sur des espaces différents)
- L'artificialisation est un phénomène très inégalement réparti dans l'espace (50% des sols agricoles artificialisé => sols revêtus)
- Les terres agricoles apparaissent aisément convertibles :
 - 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**