



Sols urbains & nature en ville : clés de voûte des villes résilientes

JEUDI 27 JUIN 2024

Christophe Schwartz

Professeur, Laboratoire Sol et Environnement
INRAE-Université de Lorraine.

DES

imperméabilisation des

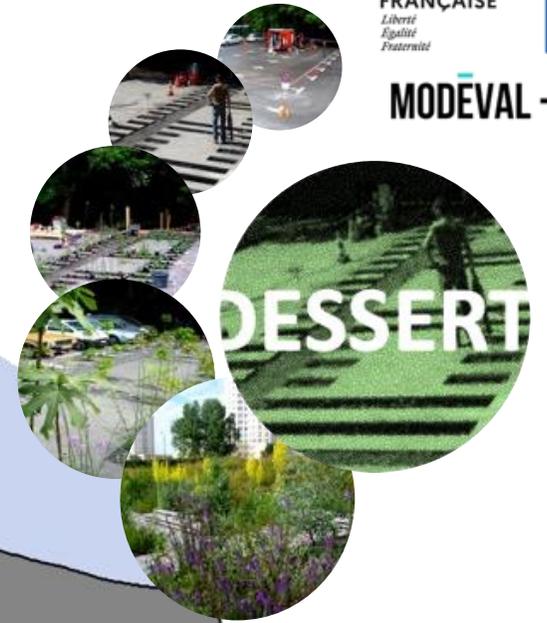
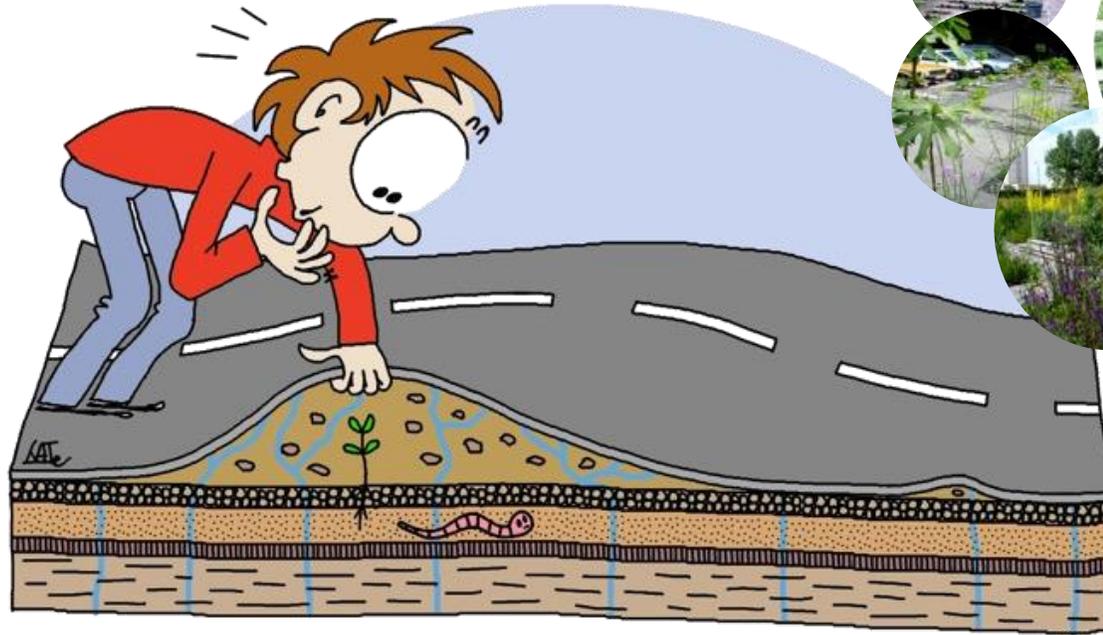
Sols

Services

Ecosystémiques et

Résilience des

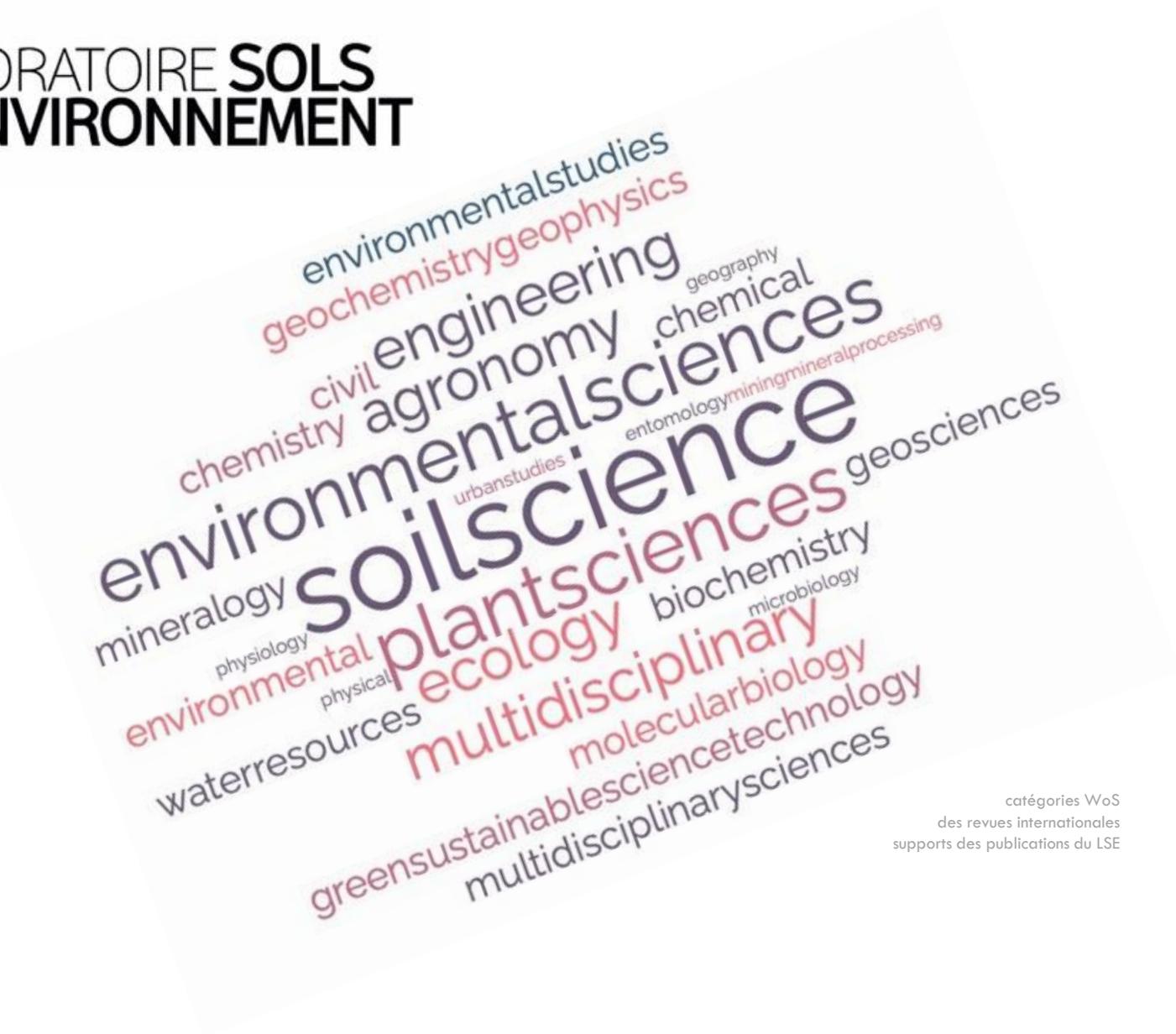
Territoires



C Schwartz (coord.), V Beaujouan, F Broggin, A Bulot, JN Consalès, M Cozzi, R Dagois, H Daniel, P David, M Gontier, A Herbreteau, M Lothodé, S Ouvrard, L Perridy, M Pied, G Séré, M Teixeira Da Silva, F Vade pied, , C Vieillard, L Vidal-Beudet



LABORATOIRE SOLS & ENVIRONNEMENT



International Joint Lab
Ecoland - Ecosystem Services
Provided by Contaminated Land
Sun Yat sen University, Guangzhou, Chine

catégories WoS
des revues internationales
supports des publications du LSE



GRUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE SUR LES FRICHES INDUSTRIELLES



Contexte, enjeux & stratégie scientifique



LABORATOIRE SOLS
& ENVIRONNEMENT

- *anthropisation/urbanisation galopante des milieux sur la planète*
- *apparition croissante de sols très anthropisés et aux caractéristiques « extrêmes »*
- *milieux à fortes contraintes pour les organismes*
- *végétation spontanée ou cultivée à vocation alimentaire ou non*

>>> développer une pédologie & une agronomie au service d'une gestion optimisée des sols très anthropisés

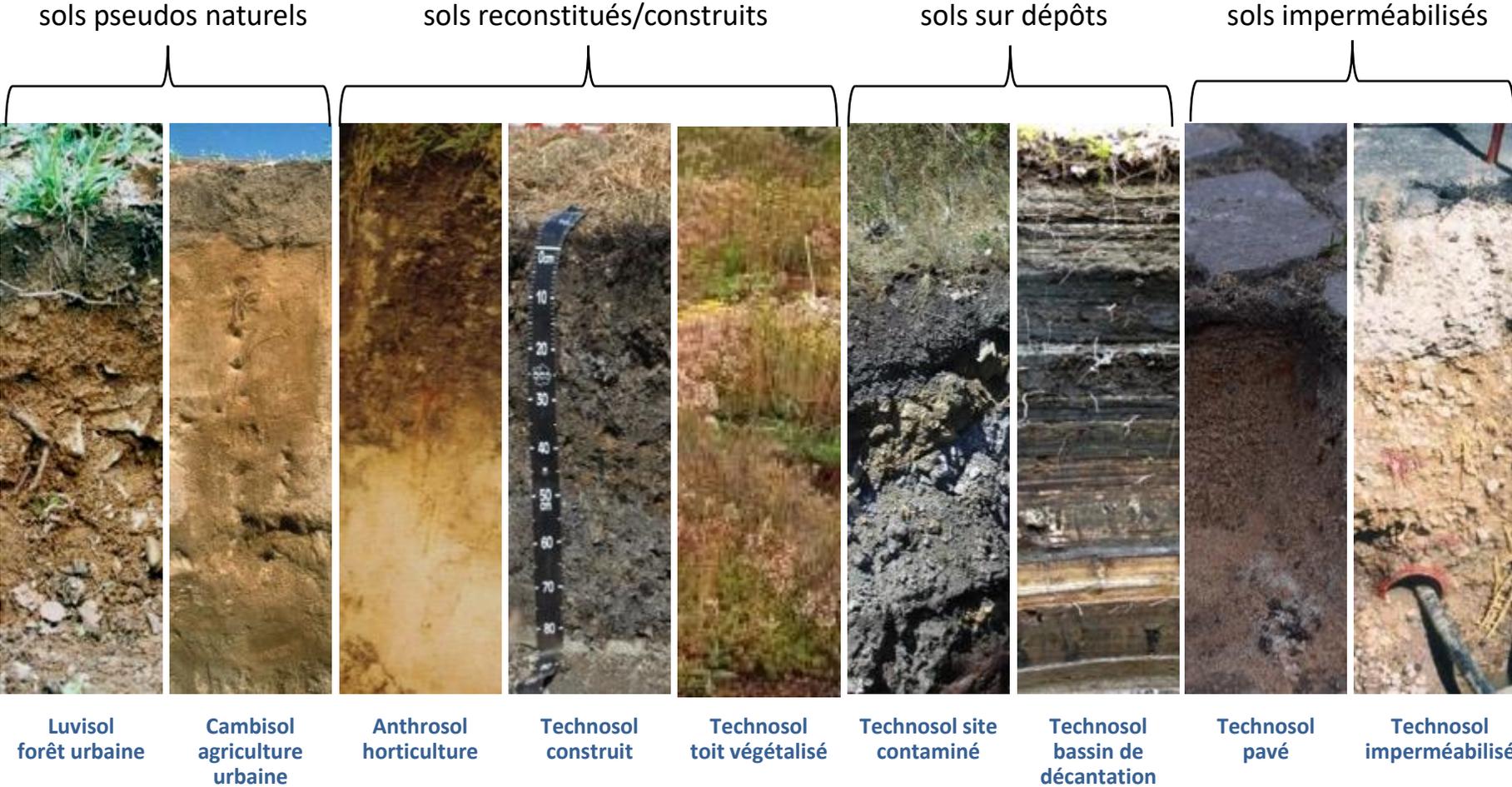
crédit photo LSE

Influence de la couverture du sol sur la température de surface

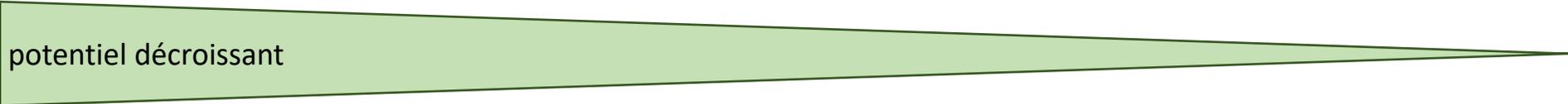
Suisse, juin 2022



Diversité des sols urbains : il n'y a pas que des Technosols



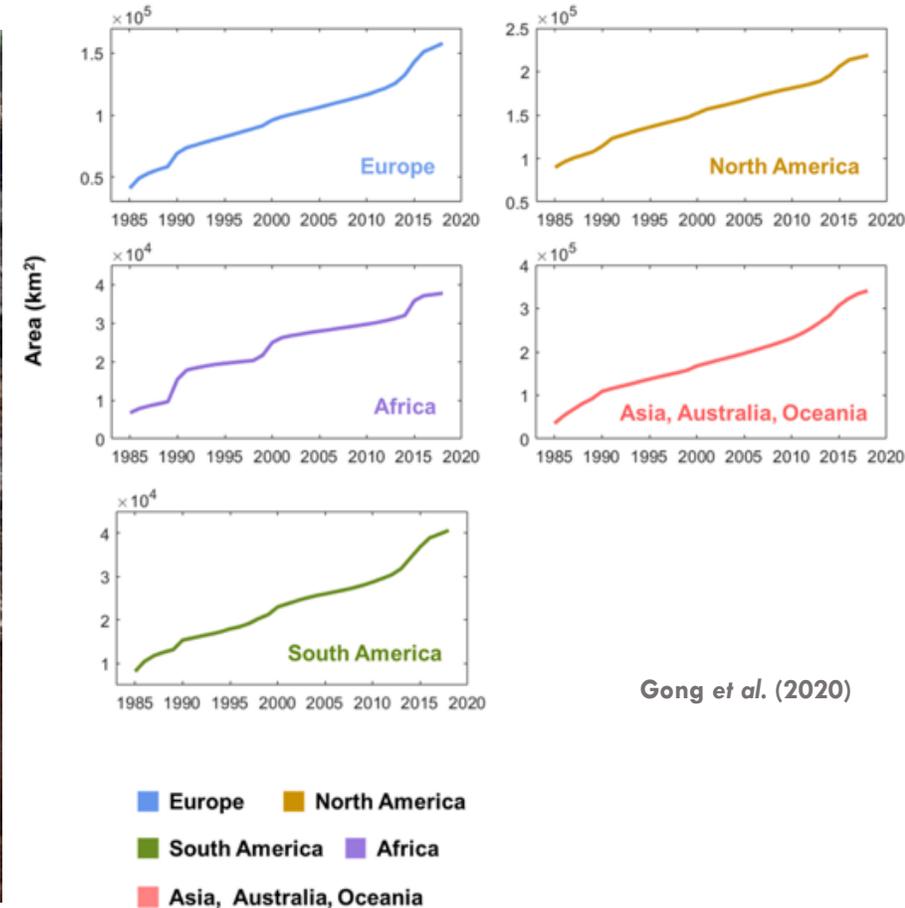
groupes de sols urbains en fonction de leur potentiel à rendre des services écosystémiques





Les sols imperméabilisés/scellés : des pertes de fonctions et de services écosystémiques

- réduction des échanges gazeux
- réduction très forte de la production de biomasse
- augmentation des risques érosifs
- uniformisation des paysages

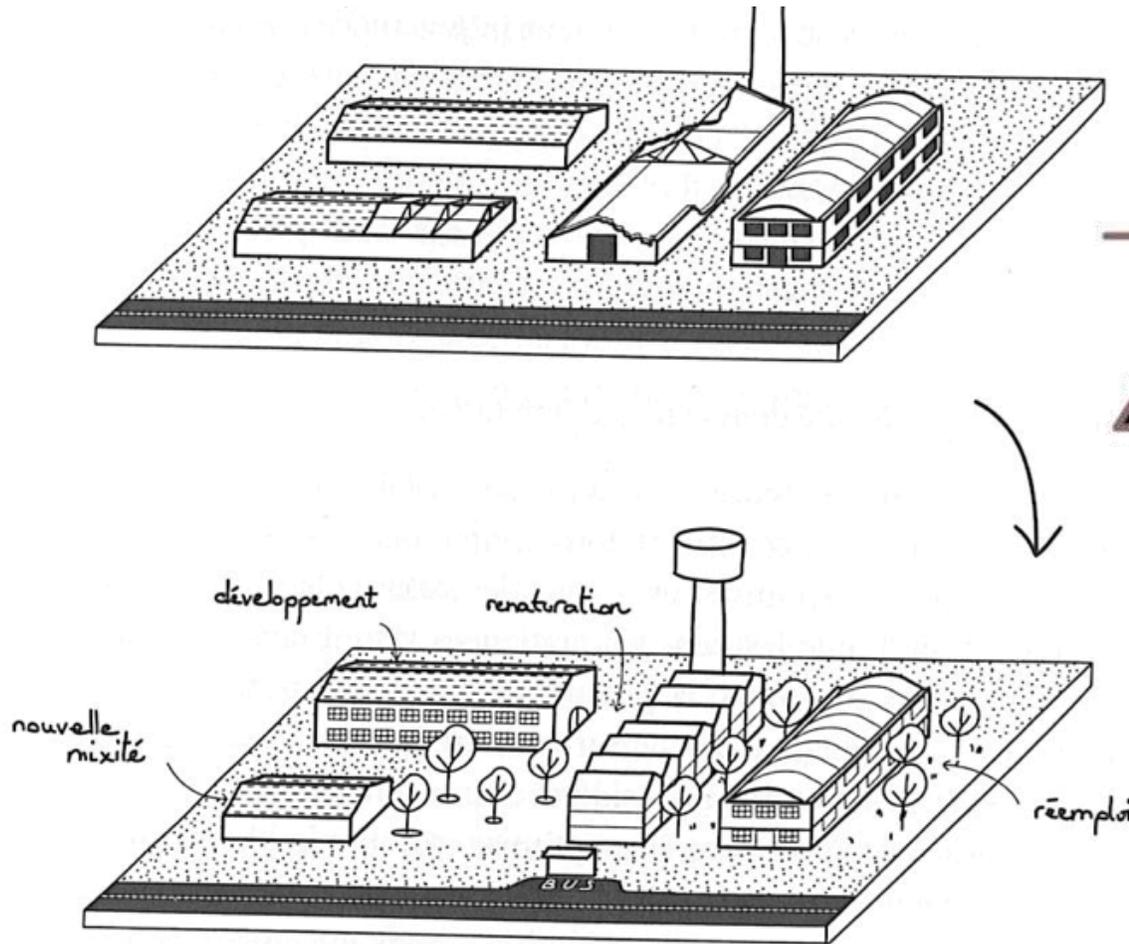


Gong et al. (2020)



Des besoins en sols fertiles dans un cadre législatif en évolution

La ville stationnaire, Actes Sud, 2022



2018 Plan biodiversité

fixe un objectif de limiter la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers pour atteindre le « Zéro Artificialisation Nette »

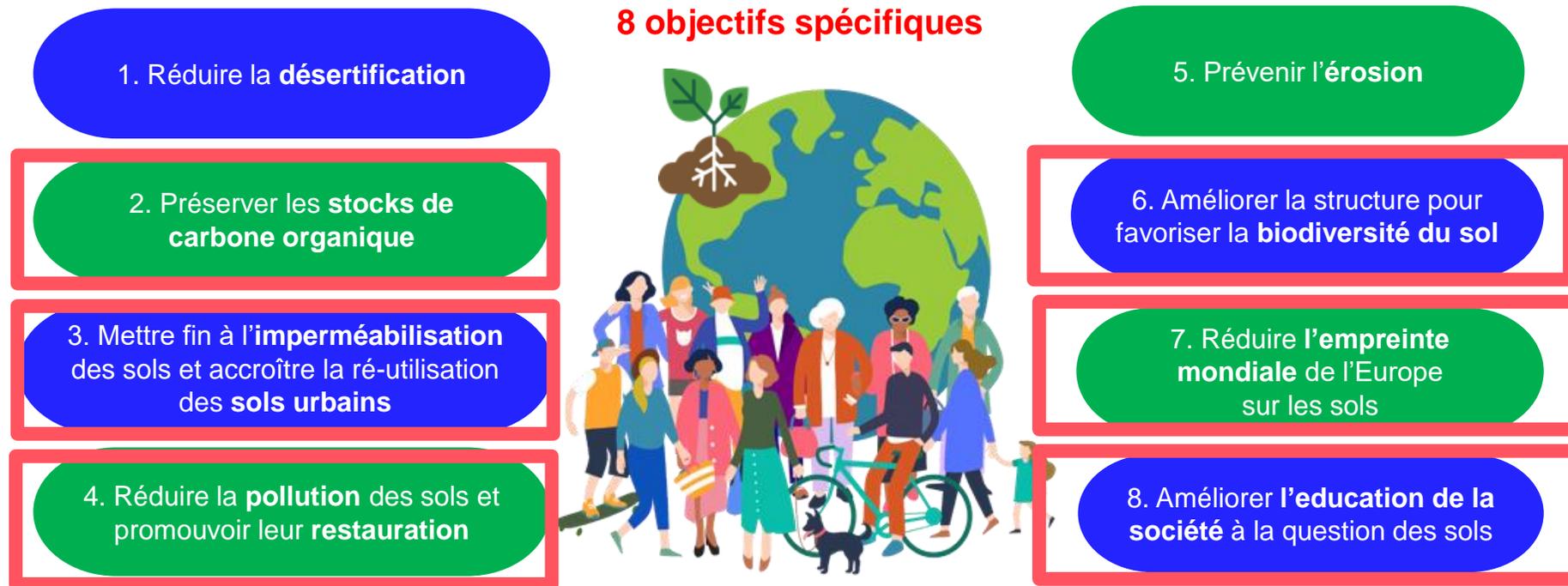
2021 Loi Climat et Résilience

- renforce les actions pour atteindre le ZAN en 2050
- préservation des sols naturels, agricoles et forestiers
- **création de trames brunes en milieu urbain**
- **désimperméabilisation des sols et renaturation**



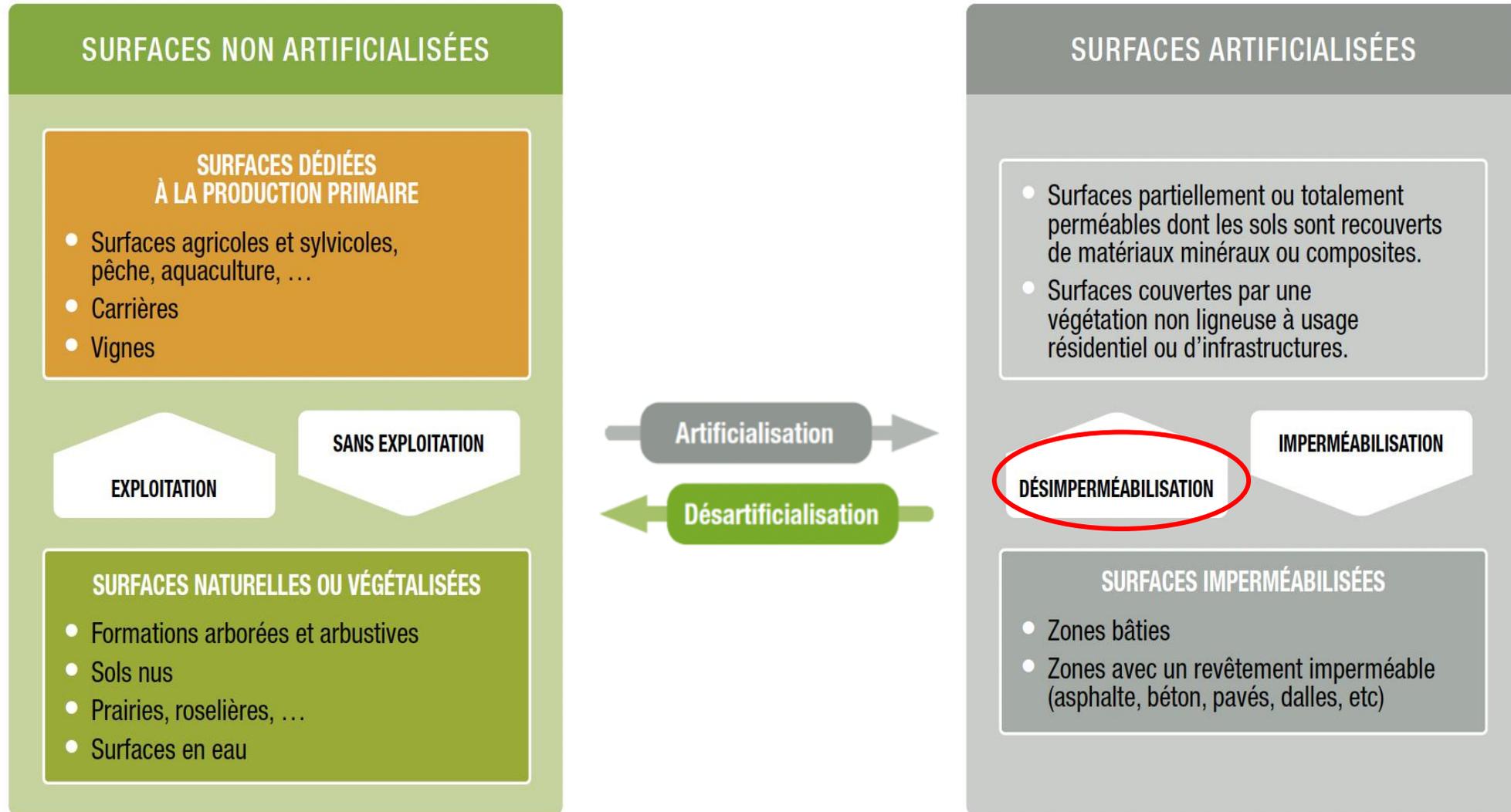
Objectifs et ambition de la Mission Sol :

100 laboratoires vivants et sites de démonstration pour mener la transition
vers des sols sains à l'horizon 2030



Chaque objectif spécifique est soutenu par une ou plusieurs **cibles quantifiées** et des **indicateurs mesurables**.
Les objectifs s'appliquent à **tous les types d'utilisation des sols**.

Flux possibles entre surfaces non artificialisées et artificialisées



CDC Biodiversité & OFB, 2022, Renaturer les sols, des solutions pour les territoires



Très peu d'études scientifiques sur le descellement des sols

notions récentes, complexes, peu appliquées et peu étudiées dans le cadre de la recherche

- répond dans un premier temps à l'enjeu de la ville perméable (Agences de l'Eau, SDAGE, collectivités) :
 - infiltration des eaux pluviales
 - réduction de la pollution réseaux d'assainissement
 - régulation des inondations
- nouveaux enjeux d'adaptation de la ville au changement climatique
 - végétaliser la ville pour rafraîchir,
 - modifier les revêtements de surface,
 - maintenir la biodiversité,
 - retrouver des sols multifonctionnels

Lille



Montréal



Lyon



Québec

Comment le descellement des sols peut rendre la ville résiliente face au changement climatique?

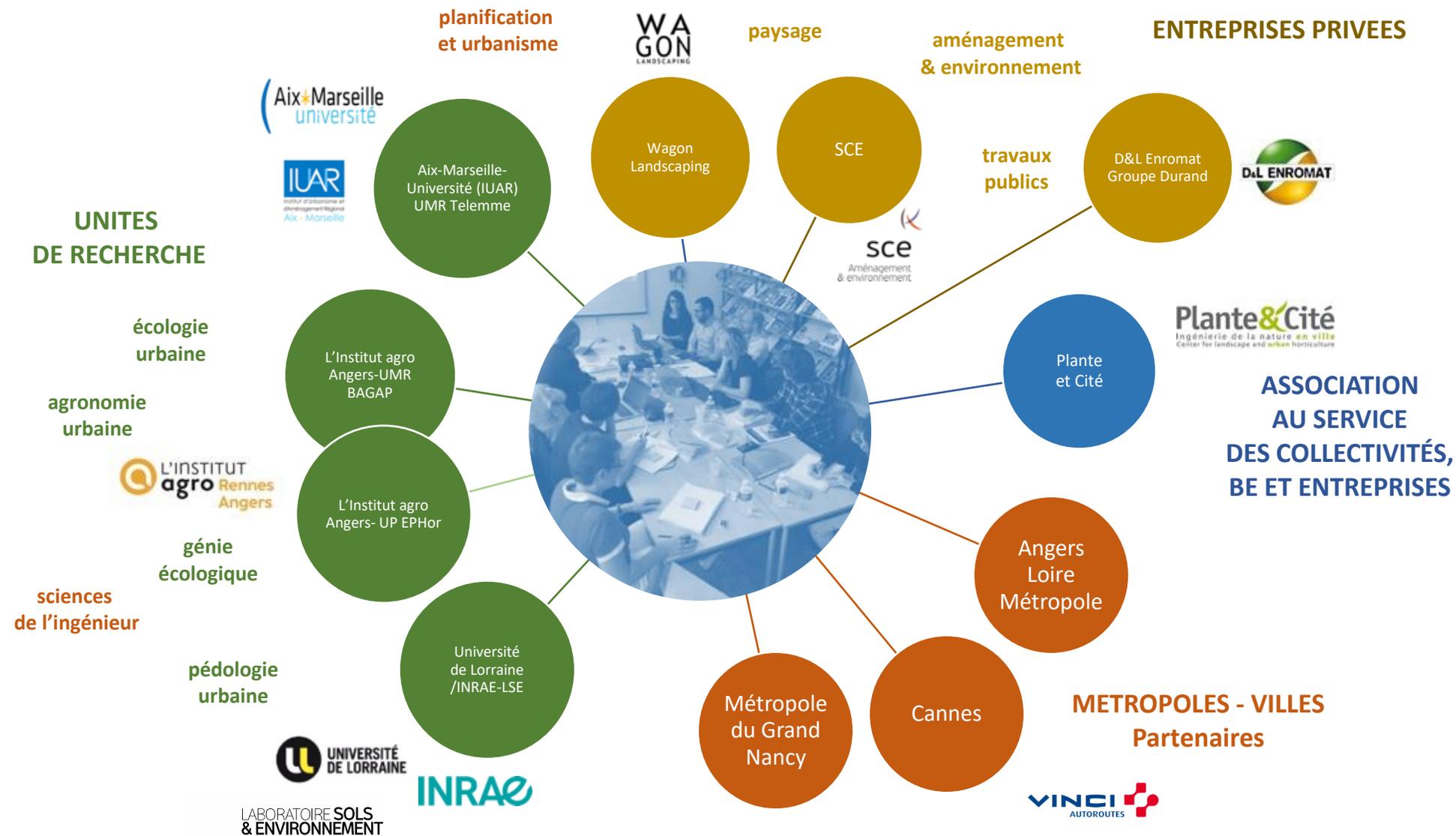


Principaux objectifs de Dessert

- poser le **cadre méthodologique** de l'**étude des sols (dés)imperméabilisés** et des **échelles de travail**
- définir la **représentativité des profils de sols étudiés** et des **échantillons de terre** qui seront prélevés dans les profils
- proposer un **référentiel commun d'indicateurs de fertilité physico-chimique** et de **toxicité des sols (dés)imperméabilisés** des villes
- démontrer la **faisabilité de réversibilité des sols scellés vers un état pluri-fonctionnel** en fonction des usages envisagés
- proposer un **guide d'aide à la conception de la désimperméabilisation** à l'attention des concepteurs, des aménageurs et des gestionnaires
 - pour une **prise en compte accrue de la ressource Sol dans les nouveaux projets** ou les **projets de renouvellement urbain**
 - en se fondant sur une **écologie renforcée des paysages urbains** en prenant en considération le développement de **corridors écologiques**
 - participer à la **régulation de nombreux enjeux environnementaux** (régulation des inondations, biodiversité, qualité des eaux) et **socio-économiques** (investissements à long terme, qualité de vie des habitants)

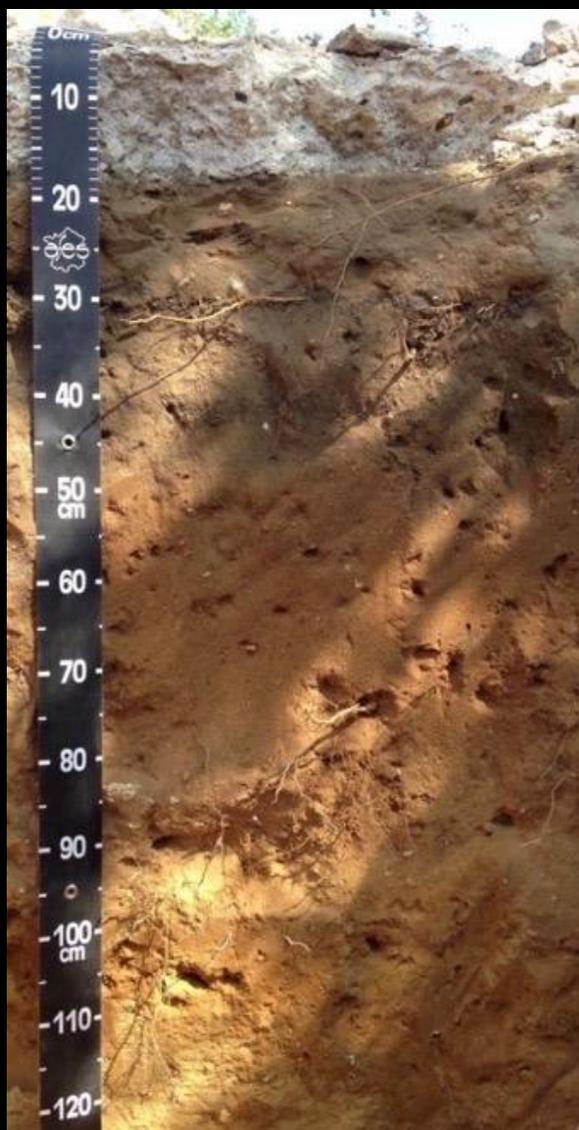


Un consortium construit pour favoriser d'indispensables regards croisés : un laboratoire vivant



Creuser pour aller comprendre la face cachée des sols imperméabilisés

Schwartz et al. – Projet DESSERT - Sols urbains & nature en ville - 27.06.2024 - Aix-en-Provence

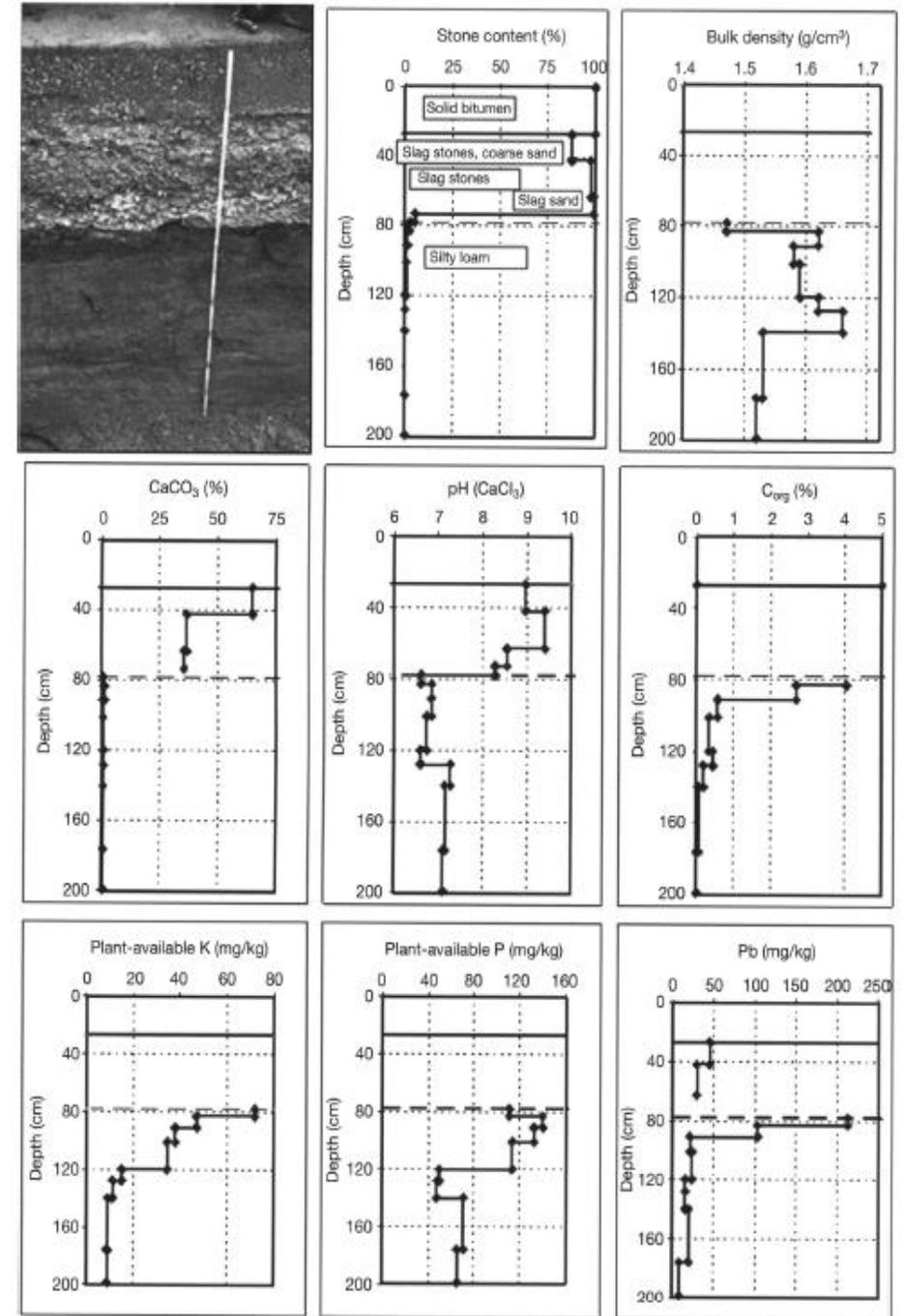


Credit photo : DESSERT

Caractéristiques des sols scellés : des propriétés physico-chimiques modifiées sur toute l'épaisseur des profils de sols

- ↗ de certains minéraux (Ca, K, Na)
et globalement de la conductivité électrique
- ↗ CaCO_3 et donc du pH
- ↗ masse volumique apparente
- ↗ fraction grossière

- ↘ matières organiques et azote
- ↘ stockage carbone
- ↘ structure pédologique
- ↘ disponibilité en eau du sol
- ↘ contaminants avec la profondeur
- ↘ biodiversité : activité
et type de communautés

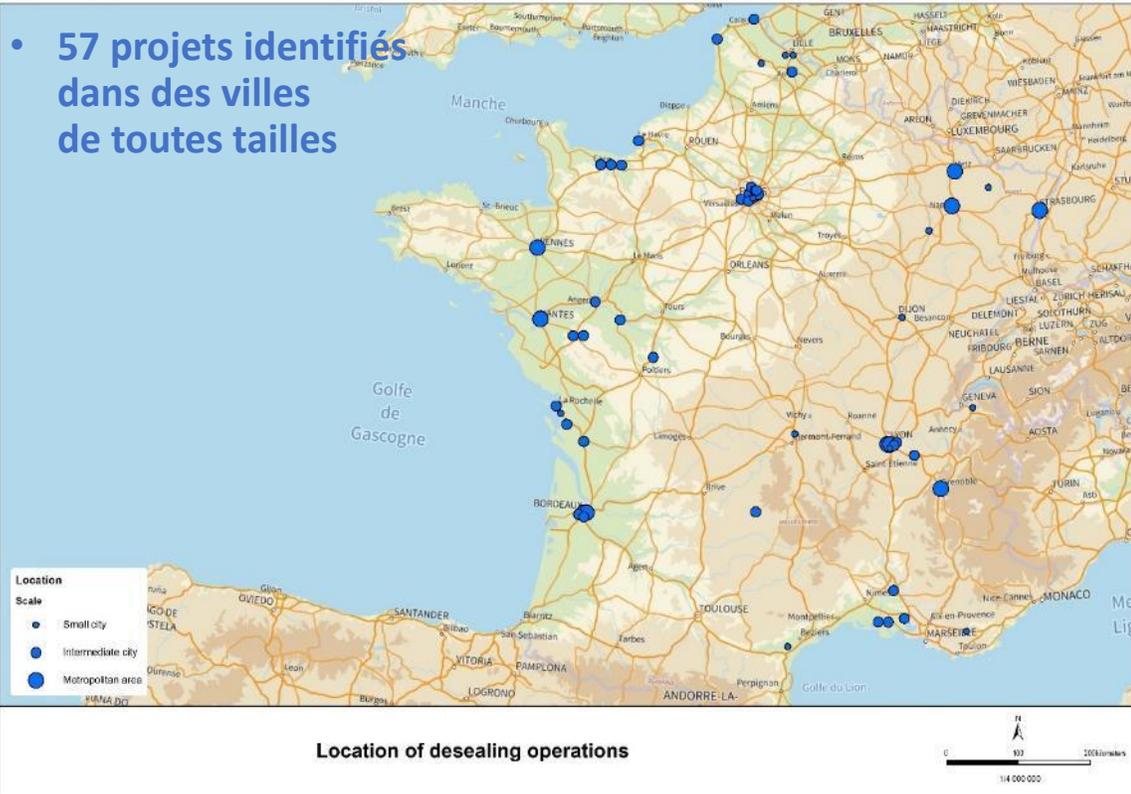


Apprendre des retours d'expériences



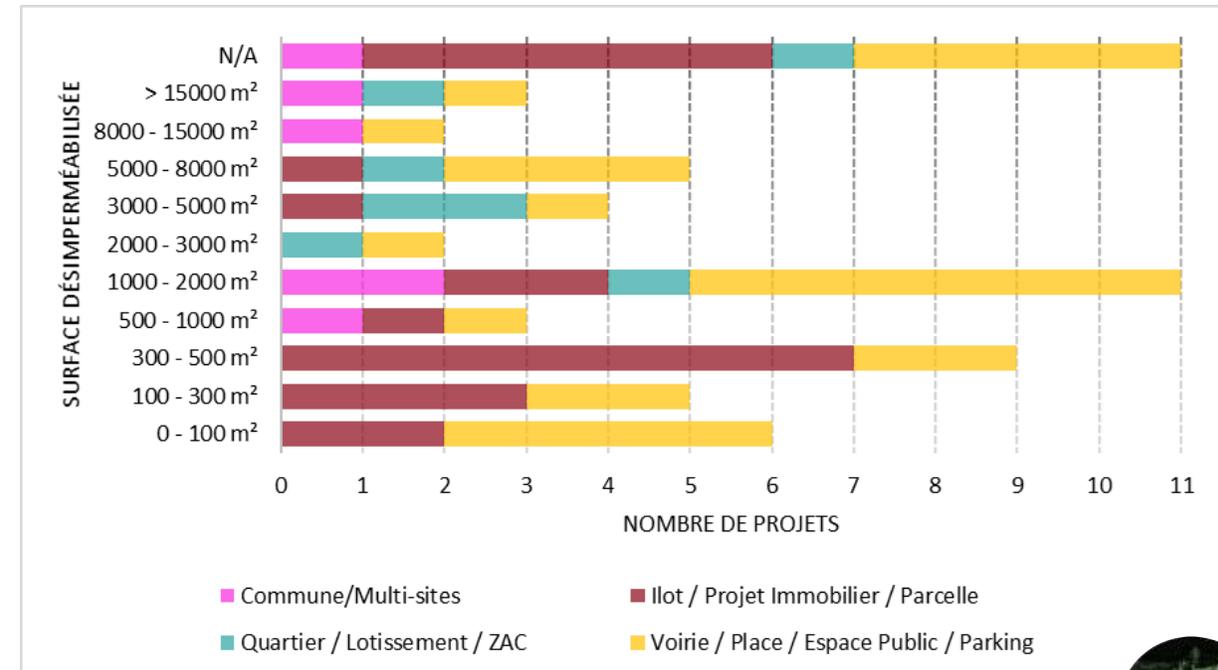
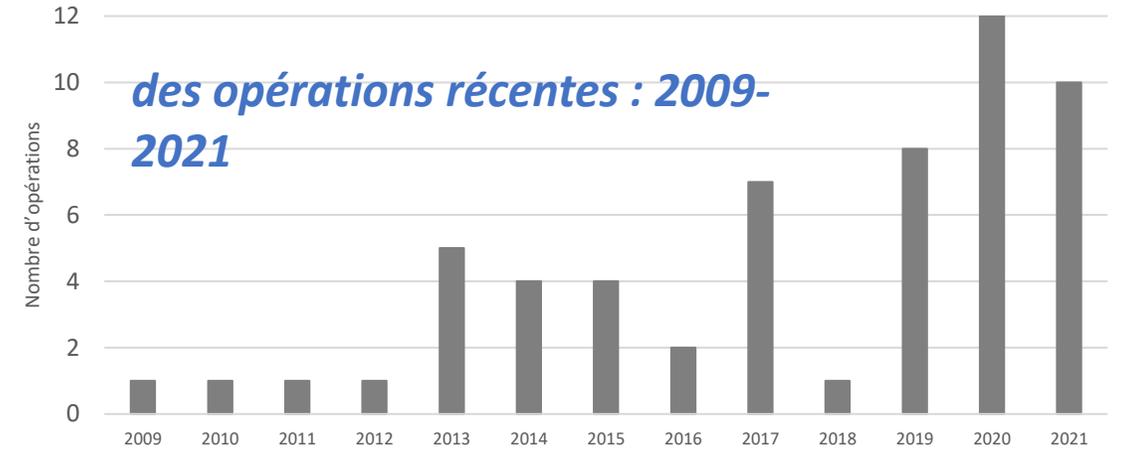
Inventaire de projets de désimperméabilisation en France métropolitaine

- identification des projets :
- enquête Plante & Cité auprès de 600 adhérents
- projets réalisés par les partenaires du projet (Wagon Landscaping et SCE Aménagement et Environnement)



villes > 400 000 habitants = 11 opérations
 villes 20 000 à 400 000 = 33 opérations
 villes < 20 000 = 13 opérations

Vieillard et al., (soumis)

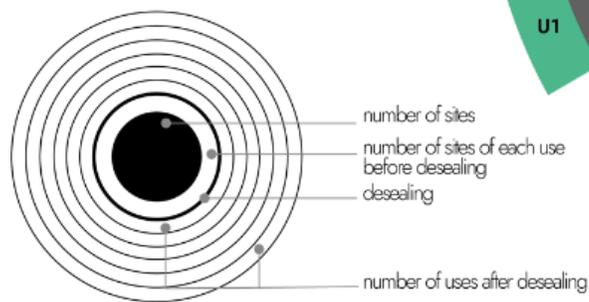
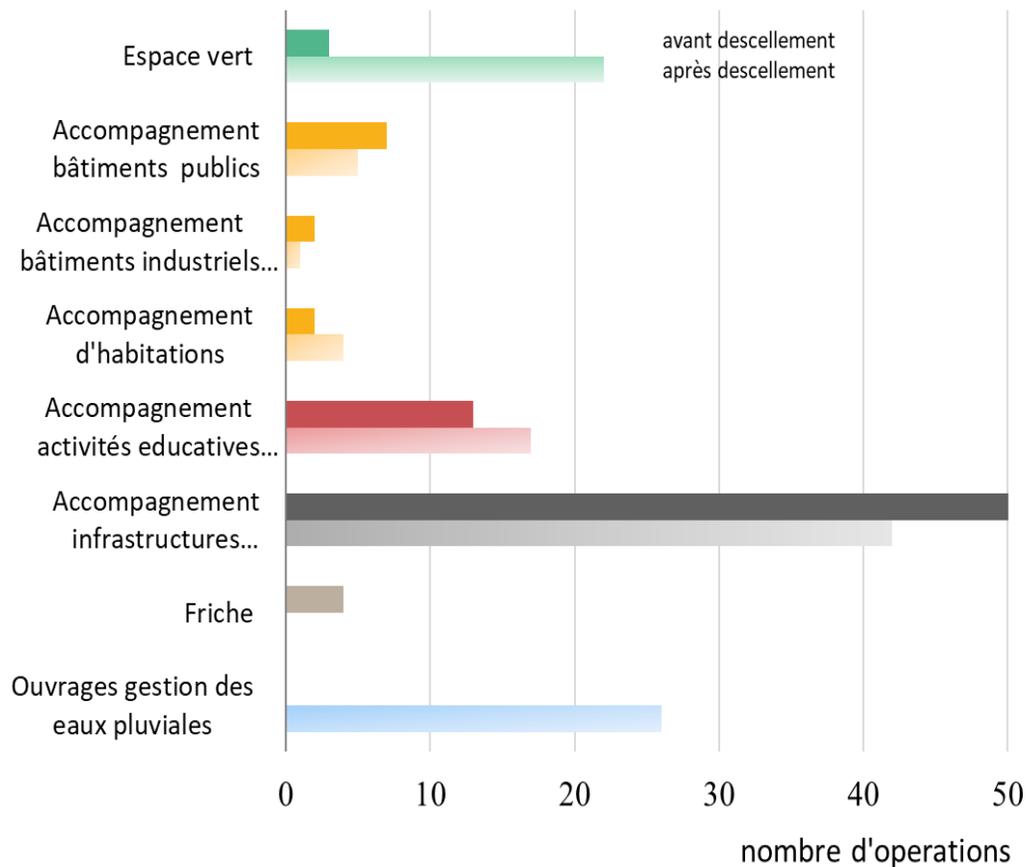


des surfaces très variées : médiane 1150 m²

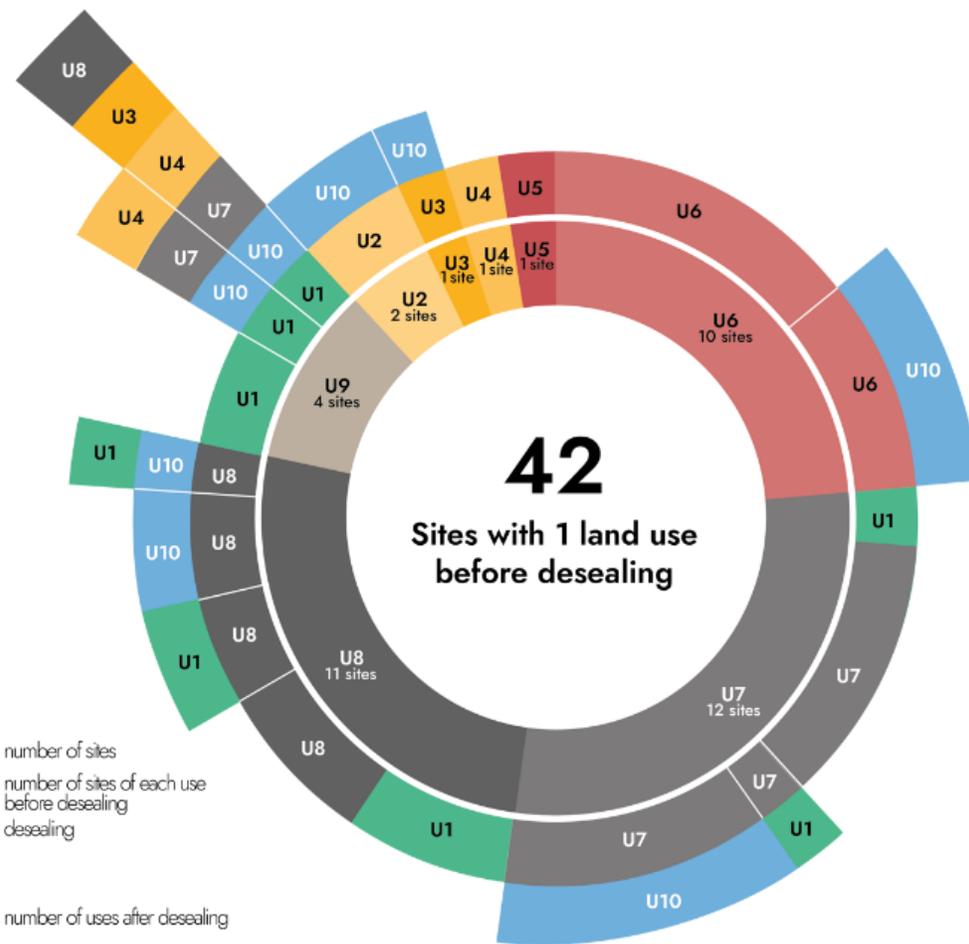


Quels changements de type d'espace et de type d'usage?

typologie des espaces de la fabrique urbaine (n=57)



U1 = parcs, jardins, squares ; U2 = acc. bâtiments publics ; U3 = acc. bâtiments commerciaux ; U4 = acc. habitats ; U5 = activités récréatives, sports ;
U6 = établissements scolaires ; U7 = acc. voiries ; U8 = parking, places ; U9 = friches industrielles ; U10 = ouvrages de gestion des eaux pluviales



➔ apparition de l'usage gestion des eaux pluviales et augmentation des espaces verts

➔ des sites passent d'1 à 5 usages après descellement



Objectifs de la désimperméabilisation

- **Objectif de gestion des eaux pluviales**

- mise en conformité avec les documents de planification territoriale (SDAGE et SAGE)

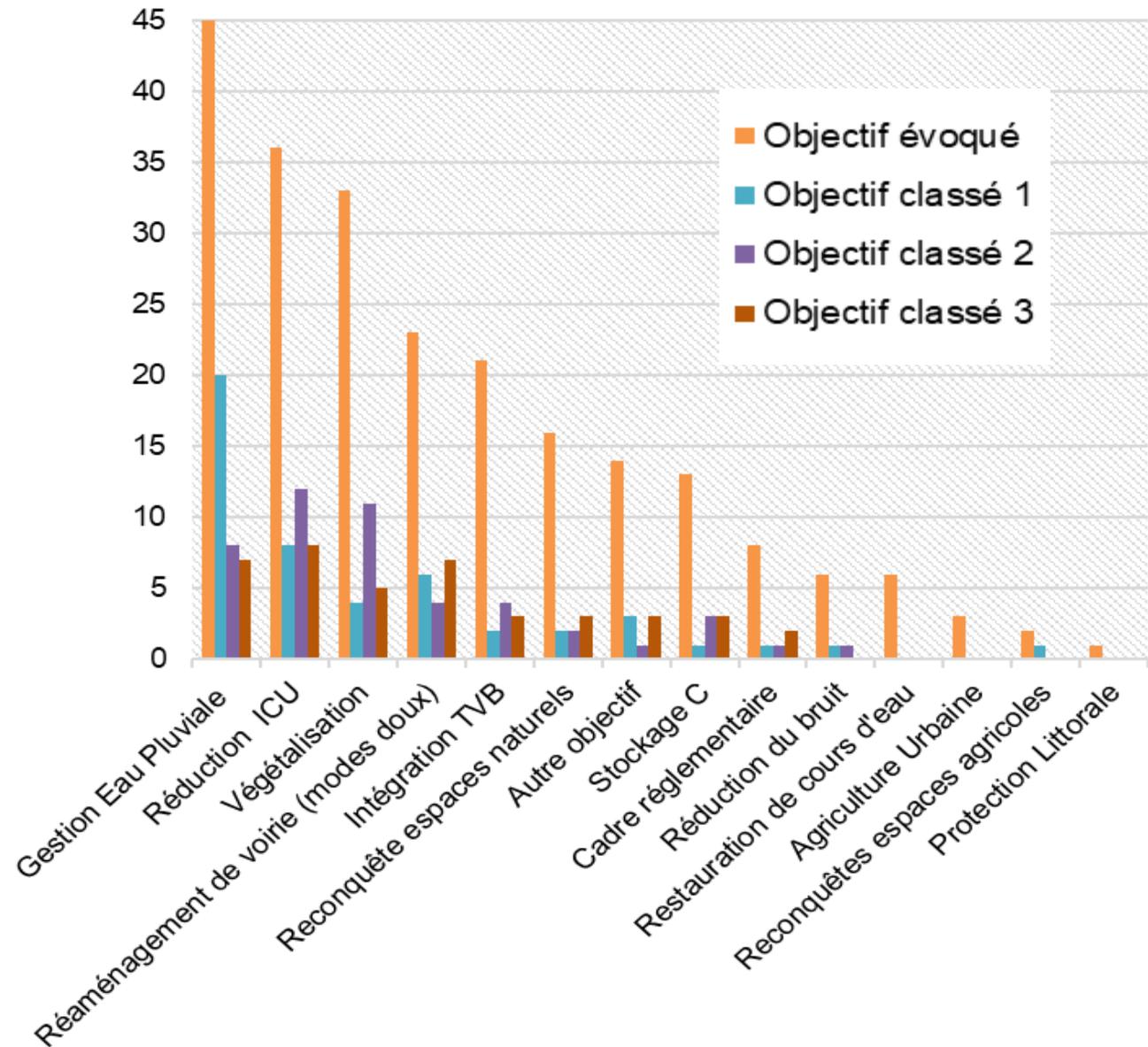
- **Gestion des îlots de chaleur urbain**

- ambition de verdissement des villes et d'intégration de la végétation (TVB ou cadre de vie)

- intégration des mobilités douces sur les espaces de voiries libérées de l'emprise des voitures

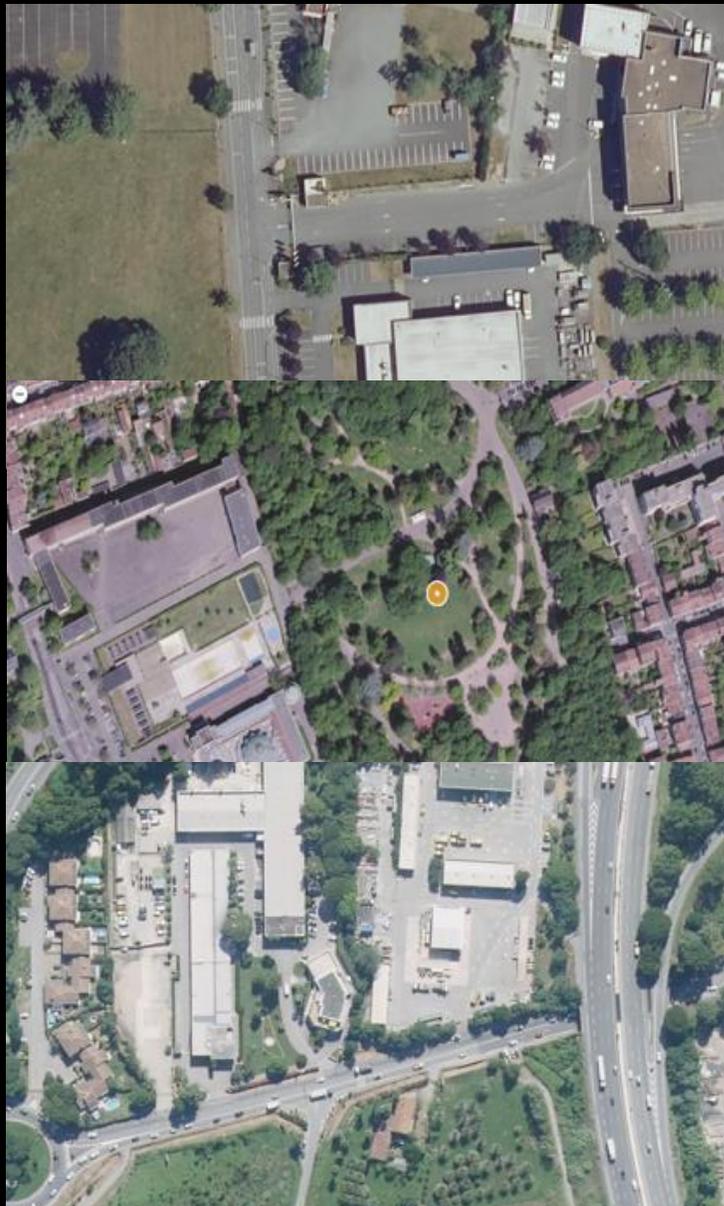
- **Cadre réglementaire peu mentionné**

- orientations et dispositions des documents de planification territoriale incitant à plus de sols perméables et plus de continuités écologiques avec la TVB dans les aires urbaines



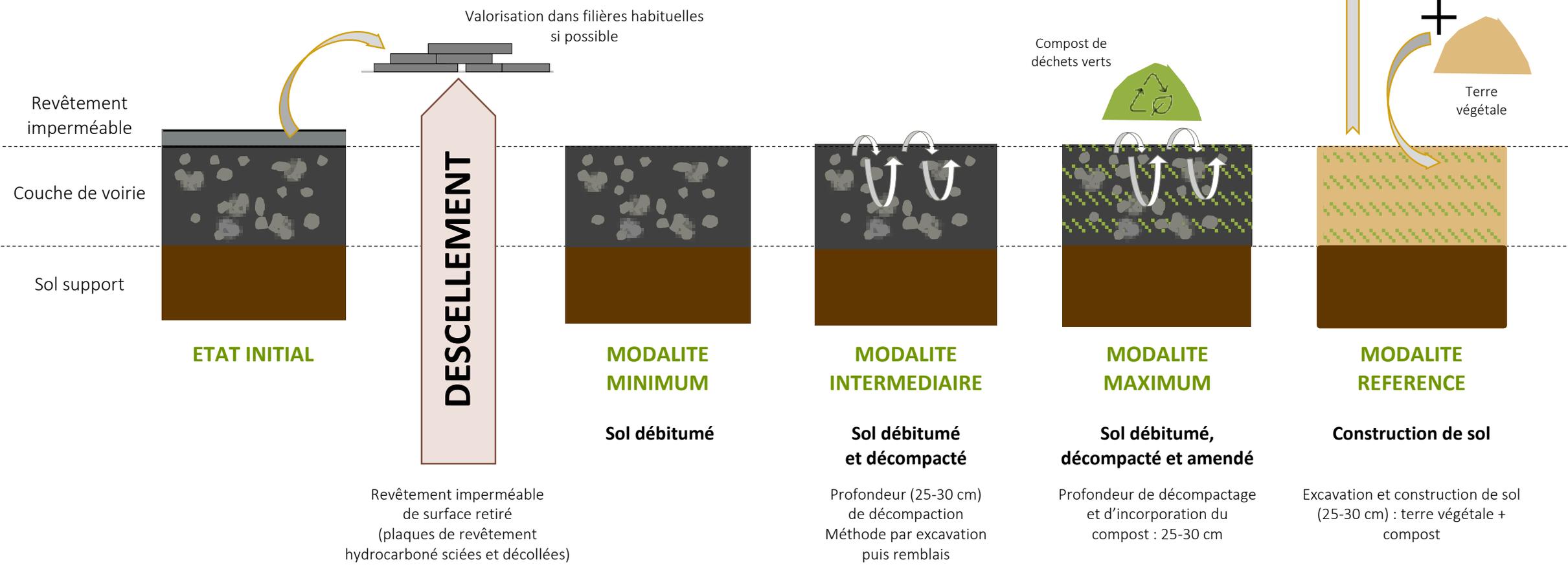
Expérimenter sur le terrain et au laboratoire

Acquérir ses propres références

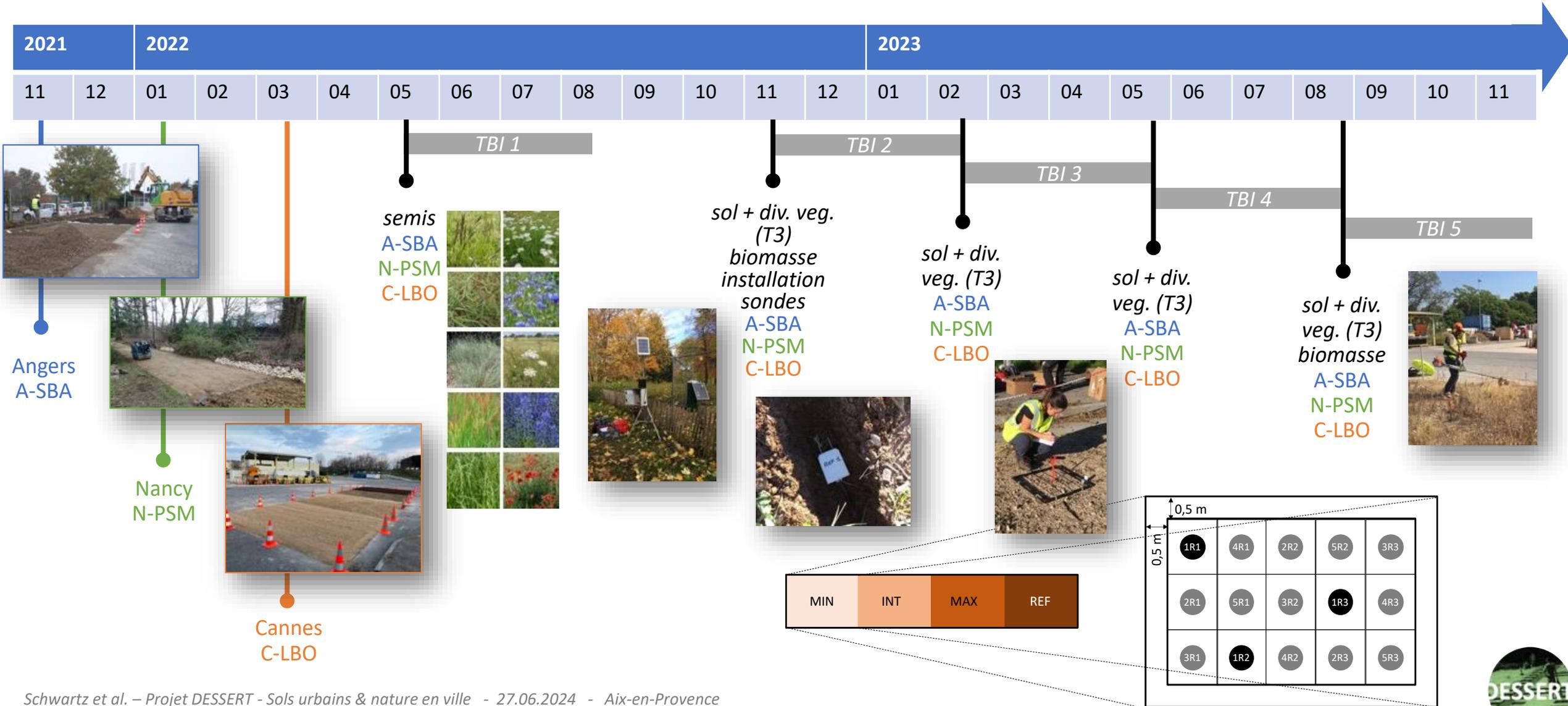


Modalités mises en œuvre des essais de terrain

Schwartz et al. – Projet DESSERT - Sols urbains & nature en ville - 27.06.2024 - Aix-en-Provence



Suivi des essais de terrain, échantillonnages, analyses



Des contextes climatiques contrastés

des températures élevées, une première saison sèche et une seconde dans la normale sauf à Cannes

données relevées de mai 2022 à nov. 2023 (19 mois) / normales 1981-2010

Site	Tmax (°C)			Tmin (°C)			Précipitations (mm)		
		normale	écart		normale	écart		normale	écart
Angers	20,3	18,1	+2,2	10,6	9,0	+1,6	1049	1082	-3 %
Nancy	19,2	16,5	+2,7	9,0	8,4	+1,6	1197	1012	+18 %
Cannes	23,7	21,2	+2,5	13,5	11,9	+1,6	763	1244	-37 %

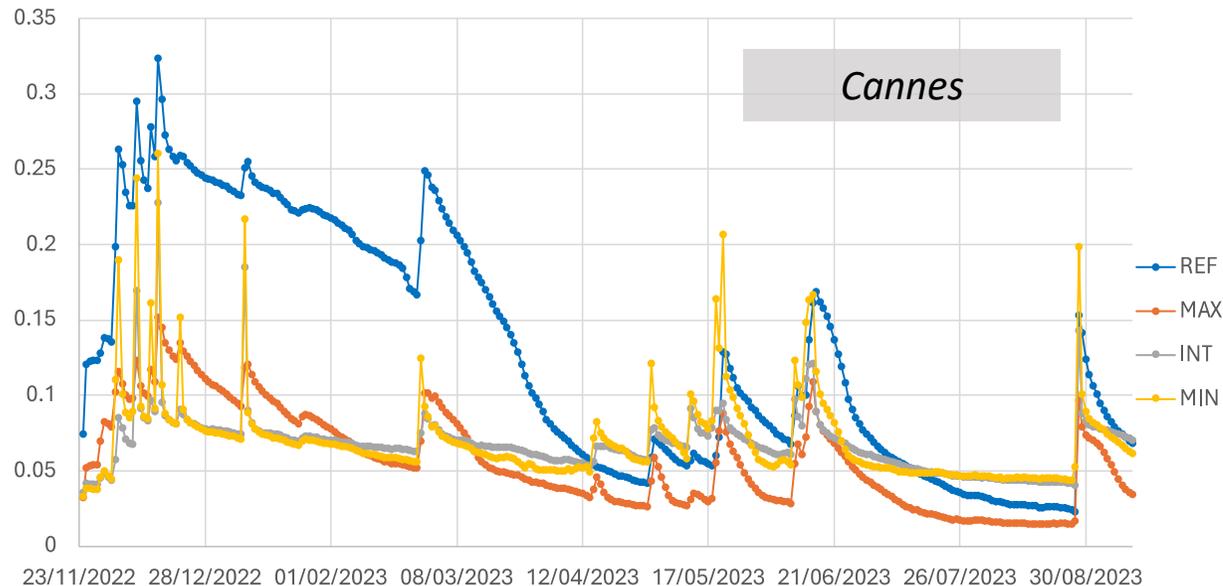
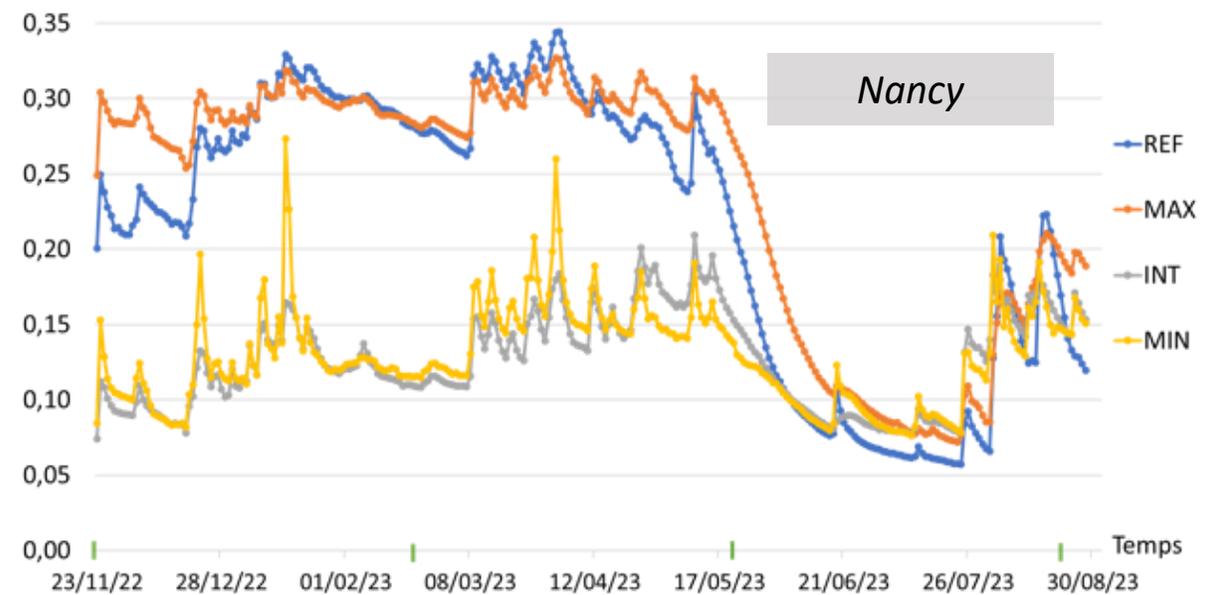
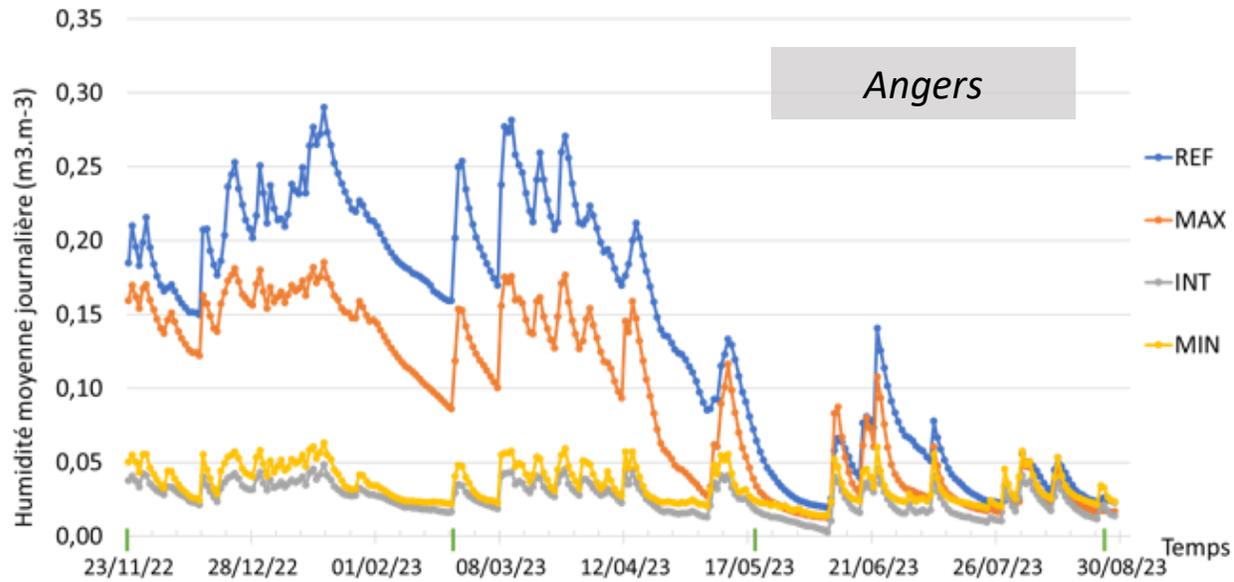
Site	Précipitations (mm) mai 2022 - nov. 2022			Précipitations (mm) déc. 2022 – nov. 2023		
		normale	écart		normale	écart
Angers	255	389	-34 %	794	693	+15 %
Nancy	385	466	-17 %	812	546	+48 %
Cannes	228	449	-49 %	535	795	-33 %

Des contextes pédologiques contrastés

Site	EG (%)	Sables (%)	Limons (%)	Argiles (%)	pH	C _{org} (g/kg)	N _{tot} (g/kg)	P _{Olsen} (g P ₂ O ₅ /kg)	CEC (méq/kg)
Angers	86	79,2	14,3	6,5	8,8	7,8	0,20	0,006	29
Nancy	35	34,2	49,1	16,6	8,3	5,9	0,48	0,024	81
Cannes	83	79,7	15,8	4,5	9,3	2,0	0,42	0,004	17

- Cannes et Angers : matériaux de grave de texture grossière et pH élevé, dépourvus de fertilités chimique et physique
- Nancy : fraction de terre fine plus élevée et texture plus équilibrée

Teneurs volumiques en eau en fonction des sites expérimentaux et des modalités de désimperméabilisation

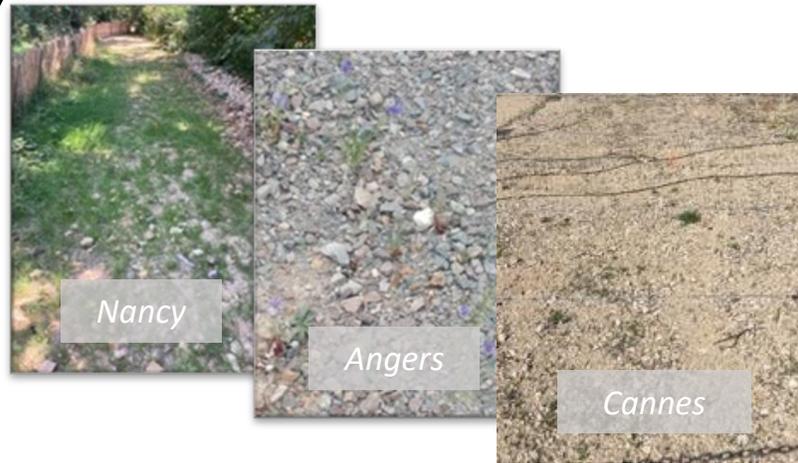


- MIN et INT fonctionnent de manière identique
 - rétention légèrement supérieure à Nancy
- REF offre les meilleures conditions de rétention en eau
- MAX très dépendant du contexte
 - Nancy, MAX \approx REF
 - Angers, INT < MAX < REF
 - Cannes, MAX \approx INT-MIN



Couvert végétal en fonction des sites et des modalités de désimperméabilisation

observations Angers & Nancy août 2022 ; Cannes mai 2023



sol descellé + décompacté
modalité intermédiaire



sol descellé + décompacté + amendé
modalité maximale



sol descellé + construit
modalité de référence

- évolution marquée entre première et deuxième saison
- disparités fortes entre sites et modalités à moduler avec la diversité spécifique
- pour tous les sites, fort recouvrement de MAX et REF ; production de biomasse effective ; retard pour Cannes
- Nancy se distingue des deux autres sites avec un recouvrement de INT > MIN
- MIN et INT similaires pour les sites de Cannes et Angers ; modalités MIN similaires pour les 3 sites

Quatre anthroposéquences de sols

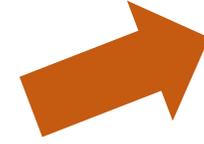
**avant
imperméabilisation**



imperméabilisé



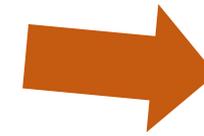
**après
désimperméabilisation**



sol descellé
*modalité
minimale*



sol descellé
+ décompacté
*modalité
intermédiaire*



sol descellé
+ décompacté
+ amendé
*modalité
maximale*

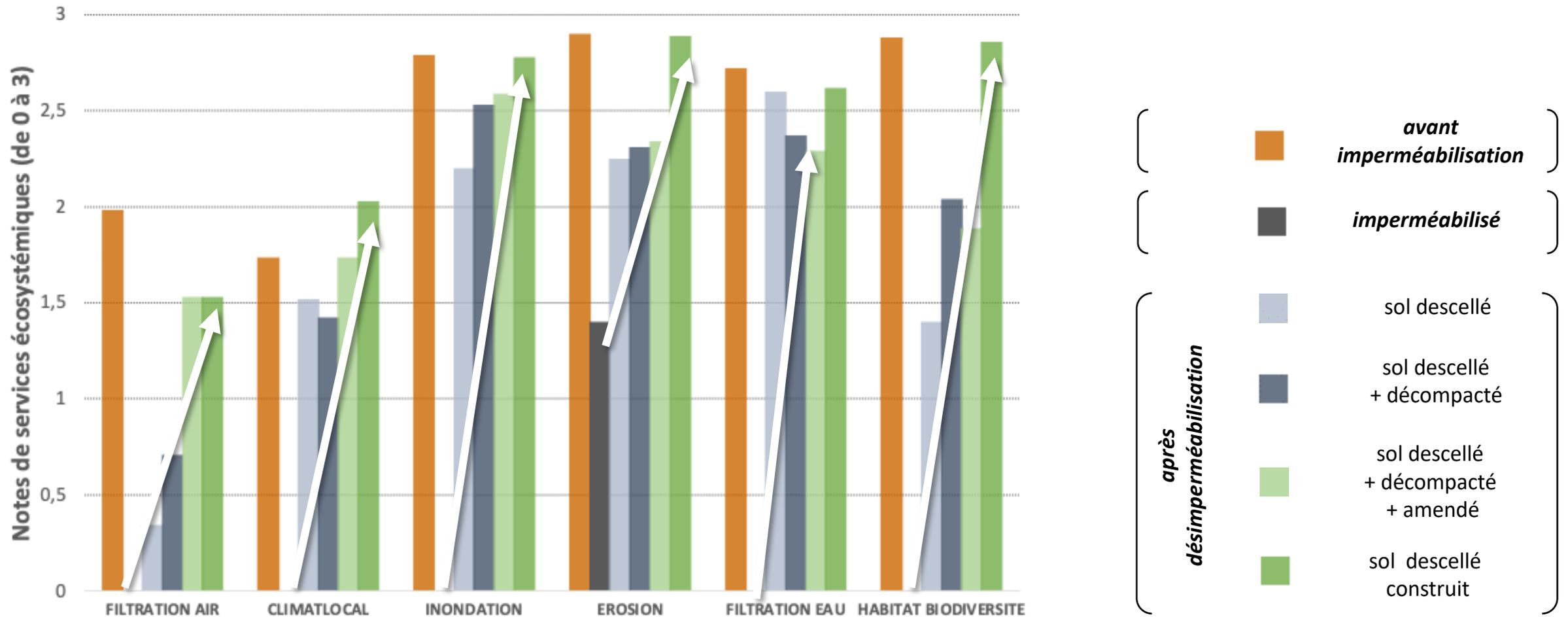


sol construit
*modalité
de référence*

exemple du site DESSERT du parc Sainte Marie, Nancy



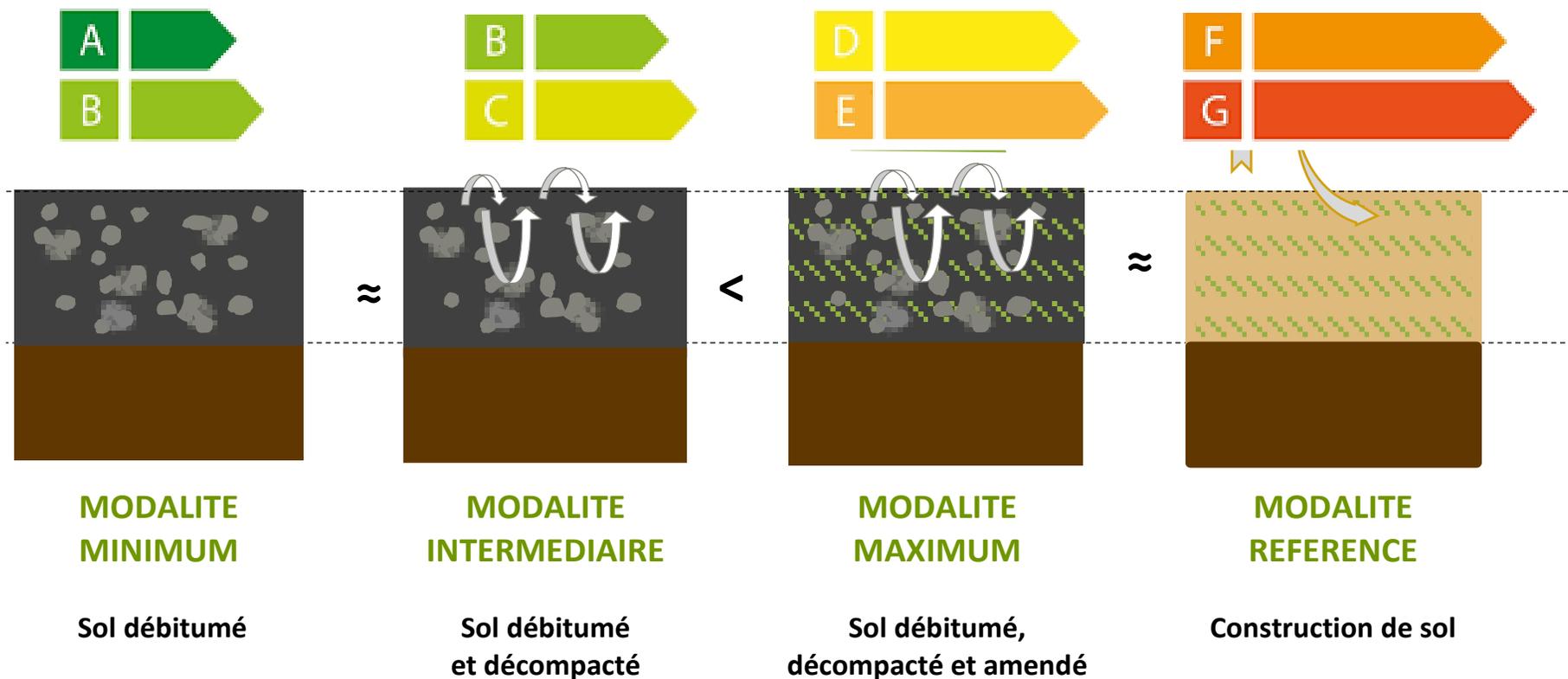
Evaluation des services écosystémiques rendus selon l'intensité d'intervention



- Destisol : outil d'aide à la décision visant à évaluer des scores (*note de 0 à 3*) de SE rendus par les sols et leurs couvertures
 - application de Destisol aux modalités de désimpermeabilisation de l'essai DESSERT de Nancy



Niveau de fonctionnalité augmente avec le niveau d'intervention : énergie apportée



- fonctionnalités satisfaisantes des granulats amendés comparables au sol construit
- le génie pédologique favorise la construction de sol en économie circulaire
- **laisser du temps au temps ! et mobiliser l'énergie solaire...**
- **poursuivre les essais sur le long terme – approche pédogénétique**

Traduire les acquis dans un guide d'aide à la conception de la désimperméabilisation



à paraître fin 2024



Communiquer, former pour atteindre des villes à haut rendu de services écosystémiques



TECHNIQUE Chantiers Développement durable Energie Génie civil Infrastructures Matériaux de construction
ESPACES VERTS \ ARTIFICIALISATION \ ZAN

Renaturation : désimperméabiliser n'est pas jouer

Une fois descellés, les sols doivent encore être traités pour recouvrer leur fonction écosystémique.

Réservé aux abonnés

Amélie Luquin
LE MONITEUR
22 Décembre 2022 | 09h37

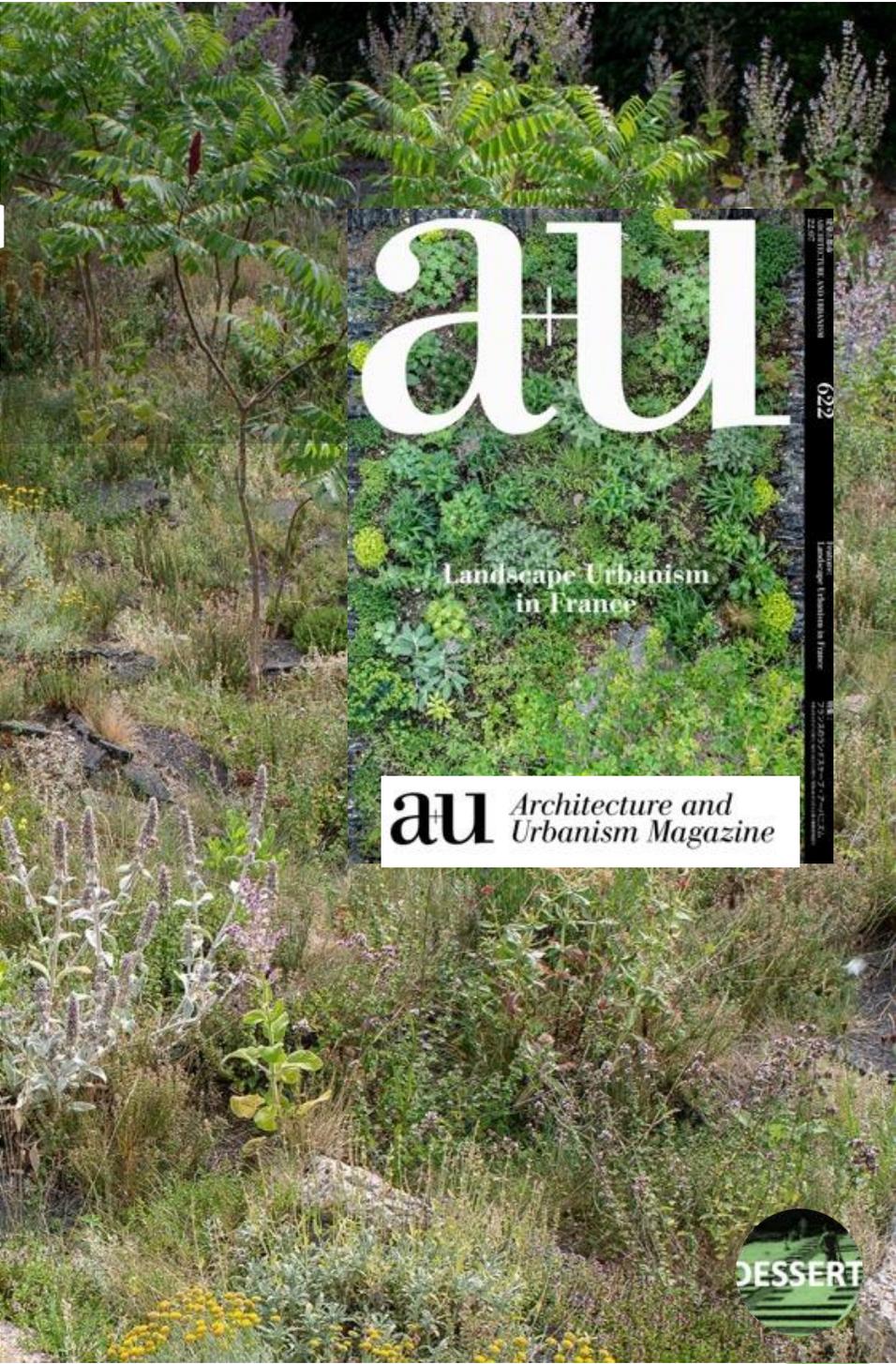
3 min. de lecture

Ajouter à Mon actualité



© Christophe Schwartz

Dans le cadre du projet de recherche Dessert, les chercheurs mènent des essais de désimperméabilisation et de renaturation dans une allée du parc Sainte-Marie, à Nancy (Meurthe-et-Moselle). Huit mois après descellement, le nouveau sol laisse place à une allée végétalisée avec ses caractéristiques, sa faune et sa flore.



au

Landscape Urbanism in France

au Architecture and Urbanism Magazine



Schwartz et al. – Projet DESSERT - Sols urbains & nature en ville - 27.06.2024 - Aix-en-Provence

Soils within Cities

Global approaches to their sustainable management

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



C CATENA



Plante&Cit 
Ingénierie de la nature en ville



PRÉSOMPTION DE POLLUTION D'UN SOL
DES CLÉS POUR COMPRENDRE ET AGIR

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



AVEC LA COOPÉRATION DE :

Observatoire participatif
de la faune du sol
(toute la communauté d'invertébrés de surface)
en milieu urbain

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



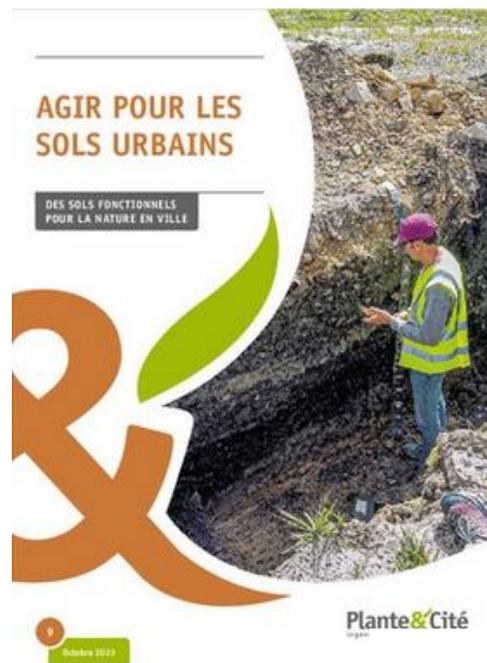
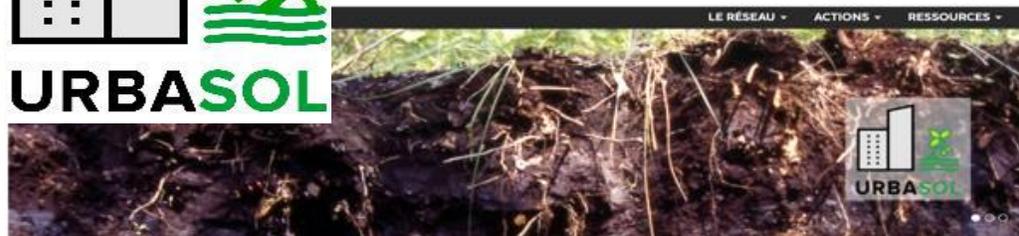
SOL & CO
SOL ET BIODIVERSITÉ

une start-up issue de l'Université de Lorraine,
qui valorise dix années de recherche
en sciences du sol
et aménagement du territoire

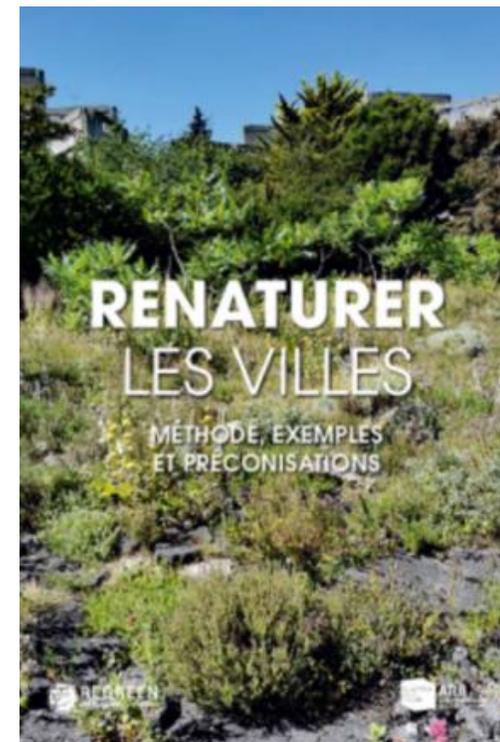


<https://urbasol.institut-agro-rennes-angers.fr/fr>

Réseau Urbasol
Connaissance et gestion des sols urbains



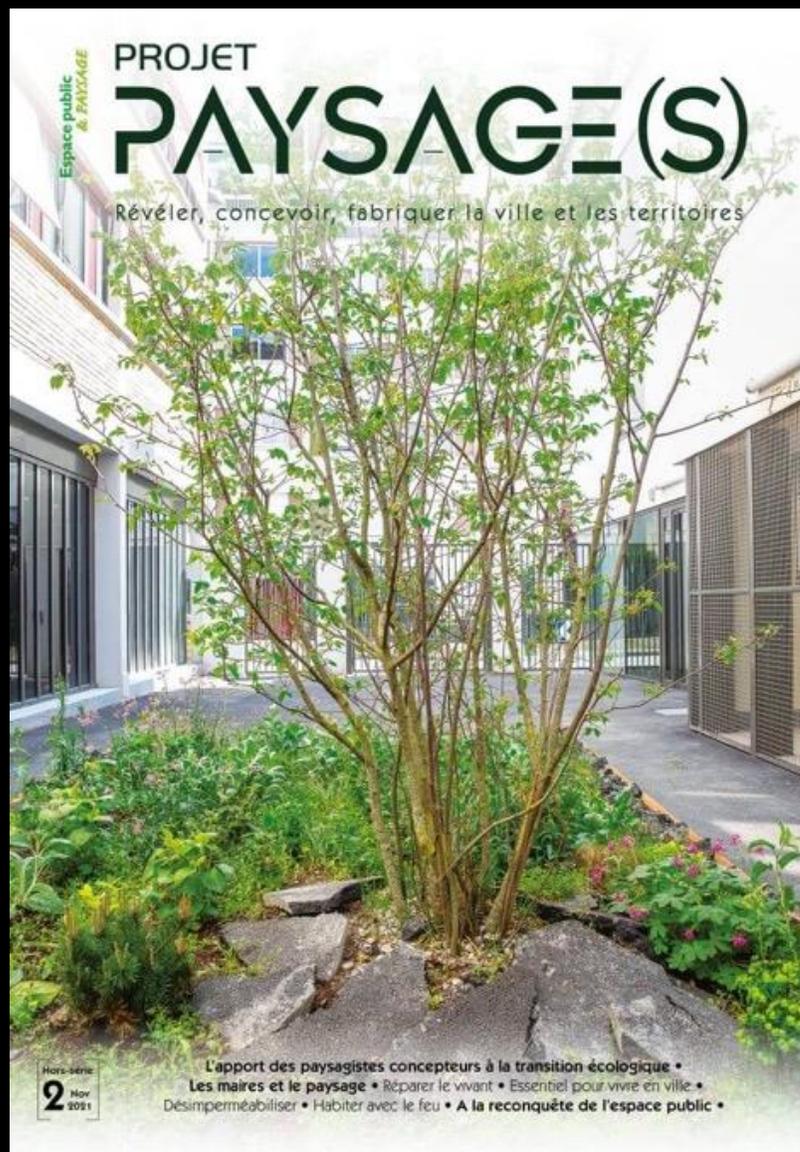
Plante&Cit 



Observil

service national d'observation





C'est possible !



Nous suivre

lab-recherche-environnement.org



lab recherche
environnement
VINCI ParisTech



Disponible en librairie