

CONCOURS EXTERNE / INTERNE D'INGÉNIEUR EN CHEF TERRITORIAL

SESSION 2024

**Note de synthèse et de propositions visant à faire l'analyse
du dossier remis au candidat portant sur un sujet technique**

Option : Ingénierie environnementale

EPREUVES N° 1 & 6

**Durée : 5 h
Coefficient : 5**

SUJET : Préservation des sols vivants

Vous êtes directeur(rice) du service « Nature en Ville et Biodiversité » au sein d'une métropole française de 400 000 habitants qui a connu ces dernières années un fort développement urbanistique.

Les modèles météorologiques prédisent pour cette région une fréquence accrue des périodes caniculaires et sèches pendant l'été mais aussi d'évènements pluvio-orageux de forte intensité.

L'exécutif a été élu sur la base d'un programme politique ambitieux visant à rendre résiliente leur métropole face au dérèglement climatique en la végétalisant et en préservant la biodiversité. Les élus souhaitent que ces volets de leur programme politique se concrétisent au travers des différents projets dont la collectivité assure la maîtrise d'ouvrage, et notamment en matière de préservation des sols.

Vous êtes rattaché(e) à la Directrice générale des services techniques (DGST) de la métropole qui a transmis aux différentes directions et services concernés (direction de l'aménagement urbain, direction de la voirie, direction des bâtiments, direction des mobilités, direction hygiène et prévention des risques environnementaux, direction du cycle de l'eau et le service bureau d'études-SIG) une lettre de mission pour légitimer votre action transversale à venir auprès d'elles.

1^{ère} partie :

La DGST vous demande de lui rédiger une note à partir des documents joints. Elle devra aborder les nouveaux enjeux autour des sols vivants, en mettant en évidence leurs interactions et la nécessité d'une approche globale du sujet.

2^e partie :

La DGST vous demande de lui rédiger une note de propositions sur les nouvelles méthodes de travail au sein de la collectivité qui pourraient être mises en œuvre, dont certaines à court terme (d'ici 1 an), dans le cadre des projets portés à l'échelle de la DGST, pour mieux appréhender ces nouveaux enjeux autour de la préservation des sols vivants en milieu urbain.

Barème de notation :

Synthèse : 10 points

Propositions : 10 points

DOCUMENTS JOINTS

Document n° 1	<i>Luquain Amélie, Renaturation : désimpermeabiliser n'est pas jouer, (22 décembre 2022), Le Moniteur, Extrait</i>	Page 3
Document n° 2	<i>CEREMA, Sol et végétal : au cœur des aménagements urbains : Le renouvellement du quartier Victor Hugo à Bagneux », (mars 2020), extrait de fiches techniques</i>	Page 6
Document n° 3	<i>CEREMA, Végétalisation de places de stationnement à l'amont des passages piétons, (janvier 2024), extrait du guide « Adapter les voiries urbaines »</i>	Page 9
Document n° 4	<i>LPO, L'importance des sols dans la préservation de la biodiversité, (octobre 2022), extrait du guide « Sols vivants - Alternatives à l'artificialisation des sols et réhabilitation des sols dégradés</i>	Page 12
Document n° 5	<i>Michaut Manon, Le sol urbain, pilier de la biodiversité doit devenir vivant, (26 février 2024), Agri City</i>	Page 18
Document n° 6	<i>Métropole Grand Lyon, Concept de l'arbre de pluie, (juin 2023), extrait du livret technique - Les arbres de pluie</i>	Page 21
Document n° 7	<i>Pouvesle Cyril, Pourquoi et comment végétaliser les cours d'école ?, (3 septembre 21), La gazette.fr</i>	Page 24
Document n° 8	<i>Gouty F, Qualité des sols : un nouveau dispositif de science participative pour mieux évaluer la biodiversité, (15 novembre 2022), Actu Environnement</i>	Page 29
Document n° 9	<i>BRGM, Comment fabriquer de nouveaux sols, (19 juin 2017)</i>	Page 30

NOTA :

- 2 points seront retirés au total de la note sur 20 si la copie contient plus de 10 fautes d'orthographe ou de syntaxe.
- **Les candidats ne doivent porter aucun signe distinctif sur les copies** : pas de signature ou nom, grade, même fictifs.
- Les épreuves sont d'une durée limitée. Aucun brouillon ne sera accepté, la gestion du temps faisant partie intégrante des épreuves.
- Lorsque les renvois et annotations en bas d'une page ou à la fin d'un document ne sont pas joints au sujet, c'est qu'ils ne sont pas indispensables.

LE MONITEUR

Renaturation : désimpermeabiliser n'est pas jouer

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

Amélie Luquain, 22 décembre 2022 \ 09h37



© Christophe Schwartz

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

Altération de la biodiversité, îlots de chaleur, inondations... les effets de l'artificialisation des sols sont désormais bien documentés et ne souffrent plus de contestations crédibles. L'objectif de zéro artificialisation nette, qui vise à réduire la consommation d'espaces par des restaurations à l'état naturel ou semi-naturel d'écosystèmes dégradés en compensation des constructions neuves, a ainsi été inscrit dans la loi Climat et résilience du 22 août 2021. Simple à expliquer, le mécanisme s'avère bien plus compliqué à mettre en œuvre. « S'il est crucial de retirer les revêtements imperméables que sont le béton et les enrobés, cela ne suffit pas pour rendre aux sols leurs fonctions essentielles, que ce soit leur capacité d'infiltration des eaux de pluie, de rafraîchissement, de stockage du carbone, d'amélioration de la qualité de l'air ou d'accueil de la biodiversité », prévient Robin Dagois, chargé de mission agronomie, sols et végétalisation urbaine à Plante & Cité.

C'est d'ailleurs pour établir les meilleures recettes de revitalisation que l'association participe au projet de recherche Dessert (1) soutenu par l'Ademe. D'un budget de 478 000 euros, il est coordonné par l'Université de Lorraine / Inrae (Laboratoire Sols et environnement) et s'étend sur la période 2021-2024. « Nous voulons analyser le comportement des sols descellés de façon à leur redonner une nature écosystémique », décrit l'expert, conscient que la qualité des diagnostics de l'état des sols est

un préalable indispensable à tous travaux de renaturation. Et d'ajouter : « Certaines sous-couches artificielles, comme les gravés ou les granulats, peuvent en effet être présentes et potentiellement polluées ou trop argileuses, ce qui empêche la faune et la flore de se réinstaller. »

60 projets passés au crible. Le premier volet de cette initiative a consisté à passer au crible une soixantaine de projets de désimperméabilisation. Il a permis d'analyser leur fonctionnement et leur ambition. « Si ces projets concernent prioritairement la gestion des eaux pluviales, ils sont aussi motivés par la création d'aménités paysagères multifonctionnelles », observe Robin Dagois, qui constate aussi que « près d'un tiers d'entre eux cherche à réutiliser les matériaux sur place ».

Le second temps du projet laisse, lui, place à l'expérimentation. Trois sites pilotes de 150 m² chacun et exposés à trois climats différents, à Angers (Maine-et-Loire), Cannes (Alpes-Maritimes) et Nancy (Meurthe-et-Moselle), sont éprouvés. « Après descellerment des enrobés, nous testons différentes techniques de réutilisation des sols minéraux avec mélange ou non de substrats fertiles, semés d'un couvert végétal identique adaptable aux trois climats », détaille le chargé de mission. Lors du suivi, seront mesurés l'infiltration de l'eau, la température des couches du sol, leur texture, leur pH et teneur en carbone, leur activité microbienne et leur capacité de biodégradation, de développement de la faune et de la flore. « Nous espérons aussi démontrer que la construction de technosols à partir de déchets urbains plutôt que de terres excavées importées est possible », projette-t-il.

Identifier les zones prioritaires. Une fois les bonnes pratiques listées et confirmées, reste à identifier les terrains où elles offriront les gains écologiques les plus importants. Si le déploiement d'une cartographie à l'échelle nationale s'avère complexe, des initiatives locales parviennent à appréhender le sujet. C'est le cas en Ile-de-France où l'agence régionale de la biodiversité (ARB) participe au projet européen Regreen qui s'achèvera en août 2023. Par accumulation de données et superposition de cartographies sur les effets des îlots de chaleur, la pollution de l'air, l'exposition au risque d'inondation ou encore le couvert végétal, elle est en mesure de créer un maillage pour identifier les zones de renaturation prioritaires, puis localiser les sites minéralisés potentiellement renaturables, comme les trottoirs bitumés, les parkings inutilisés ou les terrains de sport bétonnés. Dans la région, le potentiel est ainsi estimé à 30 535 ha, soit 2,54 % de la surface de la région.

Mais plusieurs freins persistent et empêchent de désartificialiser nos villes à grande échelle. Outre le manque d'expérience en la matière, les maîtres d'ouvrage cherchent encore à anticiper et à modéliser le rapport coûts/bénéfices. A ce jour, la seule désimperméabilisation est estimée entre 60 et 270 euros/m² par l'institution gouvernementale France Stratégie. Un montant qu'il faut mettre en balance avec les multiples services rendus par la nature. Sans compter que, si ces opérations engendrent des dépenses d'entretien plus importantes au début, celles-ci décroissent au fil du temps. Tout l'inverse des solutions grises à base de béton ou d'asphalte qui ont tendance à se détériorer. Là encore, le retour sur investissement doit être évalué dans la durée.

« Moduler le rapport entre espaces naturels et artificiels », Olivier Lemoine, directeur biodiversité chez Elan

L'enjeu de la désartificialisation des sols est-il aujourd'hui traité à sa juste mesure ?

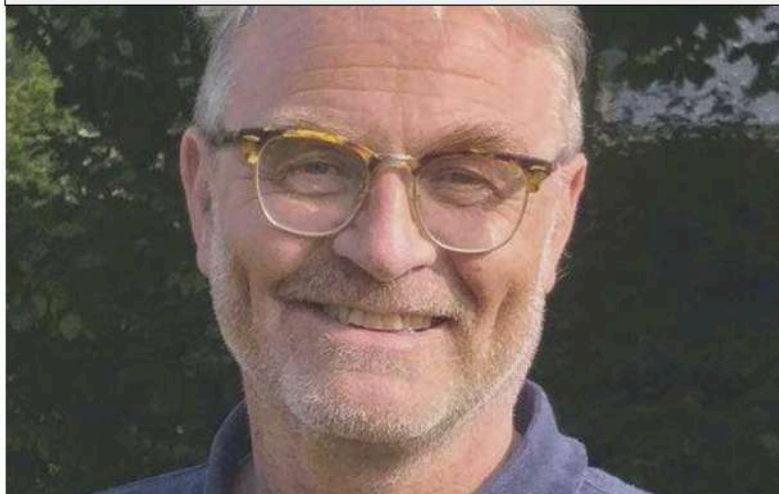
Il est en tout cas porté au niveau international comme lors de la COP biodiversité qui vient de s'achever à Montréal (Canada). Il s'exprime aussi dans la taxonomie européenne qui introduit le concept de « restauration des écosystèmes ». En France, ce sujet prend notamment corps au travers d'un objectif : le zéro artificialisation nette (ZAN) qui implique de recréer des éléments « naturels » en compensation des zones artificialisées. Si ce dernier texte fait l'objet de crispations liées à la définition même des sols artificialisés, il a surtout le mérite de créer un débat de fond sur la fonctionnalité écologique des sols et la mesure de l'artificialisation.

Concrètement, comment traiter cette problématique ?

Il faut considérer tout sol comme un écosystème vivant. Or, les sols scellés, mis sous cloche dans nos villes, empêchent la vie de s'y installer. D'où la nécessité de rouvrir ces espaces. Retirer la couche de bitume ne suffit pas, il faut aussi renaturer la zone, accueillir à nouveau la biodiversité. Cela suppose de mener une réflexion globale et locale pour recréer des connexions avec les biotopes voisins, regarder les racines, la pédofaune, les champignons afin que le vivant reprenne sa place. Le potentiel de réemploi des matériaux de déconstruction fragmentés mélangés à des déchets verts pour recréer des sols semi-naturels in situ, plutôt que d'importer des terres agricoles, peut aussi être étudié.

Comment accompagnez-vous cette transformation ?

En tant que conseiller en immobilier, nous nous appuyons sur le coefficient de biotope par surface (CBS), qui attribue des scores en fonction des surfaces éco-aménageables, de la nature des espaces (pleine terre, terrasse végétalisée, zone pavée...). Nous comparons ainsi l'avant et l'après pour évaluer la renaturation. Nous incitons ensuite à améliorer ces résultats par la modulation du rapport entre espaces naturels et artificiels, entre minéral et végétal. Avec des outils plus exigeants tels que le label BiodiverCity, nous pouvons enfin nous intéresser à la qualité des habitats créés et à leur fonctionnalité biologique.



© ELAN FRANCE
Olivier Lemoine, directeur biodiversité chez Elan.

*Désimperméabilisation et
renaturation des sols*

Sol et végétal : au cœur des aménagements urbains

Le renouvellement du quartier Victor Hugo à Bagneux

Cette série de fiches vise à faire connaître à travers des retours d'expérience des solutions variées de désimperméabilisation et de renaturation de sols urbains. Ces solutions concernent différentes échelles, de la rue à la ville en passant par le quartier. Elles visent à répondre aux enjeux de la ville de demain en lien avec l'adaptation au changement climatique mais aussi aux besoins exprimés de plus de nature en ville et de développement de la biodiversité.

Cette fiche présente une opération de renouvellement urbain, à l'échelle d'un quartier, réintroduisant la nature en ville. La structuration de l'espace par le végétal et la désimperméabilisation ont permis de densifier le secteur tout en préservant un cadre de vie agréable.

Les différents réaménagements ont eu pour objectifs :

- la réintroduction du végétal et le maillage du quartier par une trame verte ;
- la reconfiguration des espaces de vie pour une mixité des usages ;
- l'amélioration du cadre de vie, la lutte contre les îlots de chaleur ;
- la connexion entre quartiers par modes doux ;
- la gestion des eaux pluviales en surface par le biais de noues.

**LES ENJEUX**

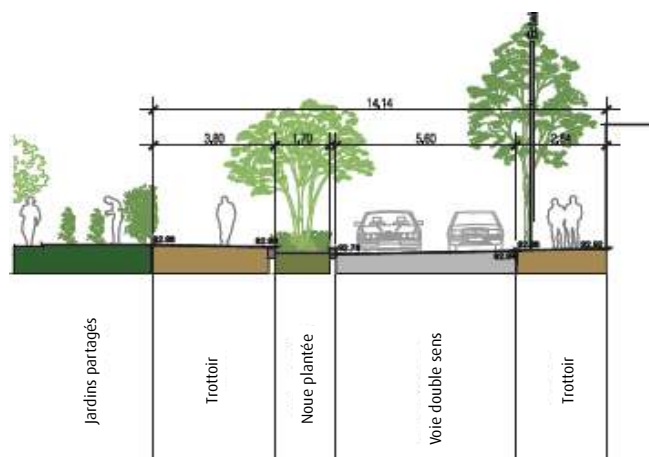
- Gestion en surface des eaux pluviales
- Désimperméabilisation
- Cadre de vie
- Mixité sociale



Des sols désimperméabilisés

De multiples aménagements sont créés, en fonction des usages et des contraintes environnementales, afin de gérer les eaux pluviales en surface en cœur de ville, de permettre leur rétention (au-delà du débit de fuite de 2 l/s/ha dans les secteurs non contraints) et leur récupération/réutilisation (même sur des parcelles privées).

Il s'agit de noues, de bandes plantées, d'un parc public, d'un jardin partagé, d'une aire de jeu et d'un parking perméable qui permettent à la fois au sol de rendre ses services et d'apporter davantage de nature en ville.



Des fosses de plantation communautaires

La faible disponibilité de l'espace public a conduit à planter les arbres dans des fosses de 6m³ contre 12 m³ en moyenne à Paris. Cependant la mise en place de fosses continues, en offrant davantage de place aux racines, assure un meilleur développement de l'arbre.

Une palette végétale étendue et adaptée aux sol/climat

Les espèces végétales ont été choisies pour leur bonne adaptation à la région, limitant les besoins en eau et en entretien, et parmi différentes strates: arbres à hautes tiges structurant la trame paysagère et arbres pour les zones humides en pleine terre, strate intermédiaire (arbres de moyen développement, cépées et arbustes) et strate basse (vivaces, plantes grimpantes, etc.).

Source : Arte Charpentier



Palette d'arbres

Une co-construction/décision des aménagements avec les habitants

La ville a souhaité co-construire le projet de réaménagement du quartier avec les habitants, ce qui a donné lieu à :

- un diagnostic partagé du quartier entre la ville, le MOE et les habitants ;
- des ateliers de concertation, de co-conception et co-décision réalisés à chaque étape du projet (ateliers volontaires organisés pour la rédaction du cahier des prescriptions du MOE, participation d'habitants à des visites de terrain et au jury de désignation des architectes) ;
- une augmentation des surfaces végétalisées à la demande des habitants. Un ancien jardin privé a été revalorisé en parc public. Le choix a été fait de maximiser les surfaces perméables (réduction de la voie pompier aux abords du parc, trottoir...) ;
- la volonté des habitants de réserver le réseau de voies vertes nord/sud aux modes doux ;
- des actions de sensibilisation et formation auprès des jeunes et scolaires.



Source : Brigitte Sombié



Source : Arte Charpentier

Quels bénéfices pour la collectivité ?

Une gestion des eaux pluviales à l'échelle de la parcelle, autant que possible en surface et dès que l'infiltration est suffisante en déconnexion du réseau unitaire.

Une trame verte reliant différents quartiers du nord au sud répondant à l'OAP Trame verte du PLU.

Un cadre de vie rendu plus agréable par la multiplication du végétal au sein des aménagements, la désimperméabilisation des sols. De nouveaux espaces de vie sont créés, véritables îlots de fraîcheur en ville dense, en réponse au besoin de nature et de qualité de vie des habitants.

Une meilleure gestion du quotidien et facilité de projection pour faire des choix d'aménagements grâce à la co-construction du projet avec les habitants.

Enseignements utiles pour d'autres territoires

Facteurs clés du succès

- une AEU à l'origine de la révision du PLU avec intégration des coefficients de pleine terre et de biotope ;
- participation des habitants à la construction du projet urbain souhaitée par la ville et prise en compte de leurs choix dans certaines opérations ;
- MOE par un paysagiste, sensibilisé à la gestion des eaux pluviales par des techniques faisant appel à la végétation, dès le début de l'étude ;
- sensibilité du MOE à la qualité biologique des sols qui conduit à la mise en place d'un programme de recherche sur un mélange allégé en terre végétale avec des composants naturels (cf. projet SITERRE).

Être vigilant

- réalisation des travaux (problème de réalisation des noues et de géotextile) ;
- composition de la terre végétale ;
- communication auprès des habitants et usagers sur les noues (utilité de ces espaces) ;
- prise en compte en amont du coût et du type de l'entretien.

Une action exemplaire

Osons désimperméabiliser les sols !

Retrouver un sol non bâti, vivant et perméable permet de profiter de son pouvoir d'infiltration pour gérer les eaux pluviales et accueillir la végétation, offrant ainsi davantage de nature en ville et une amélioration du cadre de vie.

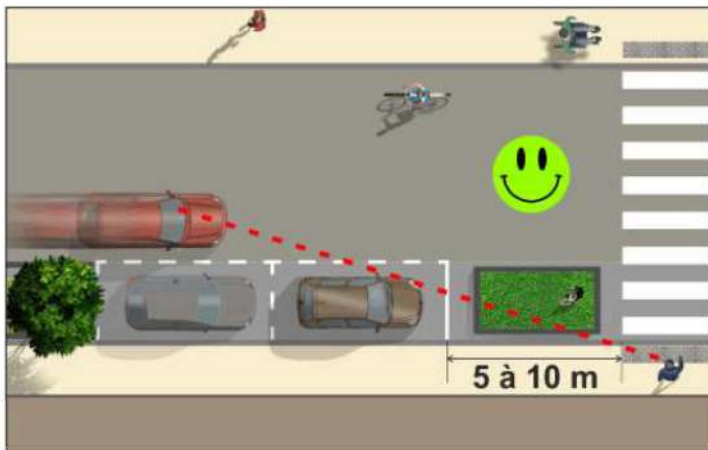
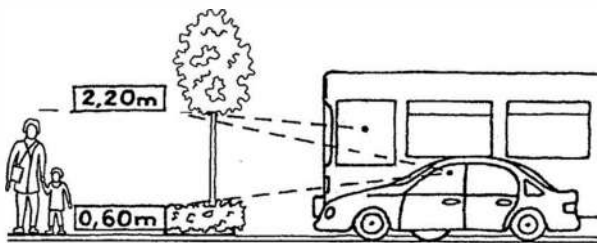
(...)

4.4. Végétalisation de places de stationnement à l'amont des passages piétons

La Loi d'Orientation des Mobilités n°2019-1428 du 24 décembre 2019 renforce la sécurité des piétons en situation de traversée la chaussée, en obligeant les collectivités locales à neutraliser le stationnement motorisé dans les 5 mètres en amont de passage piétons pour des raisons de co-visibilité. Les collectivités doivent s'y conformer d'ici au 31 décembre 2026 (art.52 créant l'article L.118-5-1 du Code de la Voirie Routière).

La loi ne précise pas l'aménagement pouvant être mis en place sur cet espace devenu stérile, ne mentionnant que le stationnement « réservé aux cycles et cycles à pédalage assisté ou aux engins de déplacement personnel ».

Toutefois, la végétalisation de cet espace peut constituer une possibilité d'aménagement en y implantant de préférence une végétation basse pour dégager la visibilité notamment entre 0,60 m et 2,20 m de hauteur conformément à la [réglementation accessibilité](#).



- espace **utilisable** (végétation pour l'agrément de l'espace public) ;
- physiquement **dissuasif** (prévoir des bordures hautes pour éviter le chevauchement des 4x4) ;
- prévoir une végétation peu consommatrice en eau et demandant peu d'entretien ;
- végétation basse (< 60 cm) pour éviter de masquer la visibilité (enfants en bas âge, animaux...), attention à la croissance naturelle des végétaux.

La plantation d'un arbre serait-elle envisageable sur cet espace neutralisé ?

Certaines essences d'arbres pourraient être plantés sur ces espaces en veillant bien à vérifier à chaque fois :

- La taille du tronc une fois l'arbre mature afin qu'à terme le diamètre du tronc ne constitue pas un obstacle à la visibilité ;
- La hauteur basse de la couronne (feuillage) : > 2,20 m conduisant à privilégier plutôt les arbres à haute tige ;
- La hauteur des plantations basses ou rejets de l'arbre et leur taille régulière (< 60 cm) ;
- D'autres éléments tels que le développement racinaire (pour éviter que les racines ne « soulèvent le sol alentour » ou n'atteignent les réseaux enterrés) ou l'écoulement de l'eau (pas de flaque au droit du passage piéton, récupération possible des eaux pluviales du trottoir dans l'espace végétalisé) ;
- La pérennité de l'arbre, notamment sa résistance au phénomène de surchauffe urbaine s'il y a lieu. Il peut avoir lieu de prévoir des éléments de bordurage pour protéger le tronc de l'arbre des véhicules en stationnement (porte-à-faux des véhicules).

Pour ce dernier critère, il conviendra de limiter dans la mesure du possible la végétalisation hors-sol (en jardinières par exemple) même si cette option peut s'y prêter dans les zones très urbanisées ou certaines rues étroites.

Exemples :

La Ville du Havre (76) a par exemple planté des érables (*Acer Rubrum 'Scanlon'*) à l'amont des passages piétons. Ces derniers devraient mesurer, à l'âge adulte, une dizaine de mètres de haut pour une couronne d'environ 4 mètres de large. Concernant le développement de l'arbre, son service Espaces Verts assure que le tronc ne constituera pas à terme un masque à la co-visibilité piétons – véhicules motorisés.



Illustration 32 : Plantation d'un arbre à haute tige à l'amont d'un passage piéton
Crédit photo : Ville du Havre

« En ville, la voiture a sa place, pas toute la place »

C'est le slogan choisi par la Ville de Villeurbanne (69) pour porter sa politique de mobilité. Dans les secteurs dépourvus de végétation, plus de **100 banquettes plantées ont été réalisées et 6 300 m² d'espaces**

verts ont été créés en remplacement de places de stationnement. Ce travail, associé au développement d'alternatives à la voiture et à une vaste campagne de communication, a permis de baisser de 13 points l'usage de celle-ci en moins de 10 ans, au profit des transports en commun et des modes actifs.



Neutralisation des places de stationnement au moyen de bacs plantés à l'amont des passages piétons de cette rue villeurbanaise



Illustration 33 : L'aménagement de cet alignement d'arbres tend à effacer le caractère routier de cette voirie. La stratégie de végétalisation de la voirie sur les emplacements de stationnement nécessite également d'apporter une attention particulière à la co-visibilité au droit des entrées charretières.

Le saviez-vous ?

Le programme de végétalisation d'une rue ou d'un quartier est à étudier avec les services d'intervention. Tout comme pour l'implantation de mobiliers urbains, les plantations doivent préserver :

- l'accès aux façades pour la mise en place des échelles aériennes des pompiers (pour les bâtiments attenants) ;
- l'accès aux aires de mise en service du matériel des sapeurs-pompiers ;
- l'accès aux points d'eau incendie.

(...)

L'importance des sols dans la préservation de la biodiversité

Souvent perçus comme une surface en deux dimensions sur laquelle nous nous déplaçons, les sols sont en réalité des écosystèmes en trois dimensions. Ils sont peuplés d'une multitude d'organismes vivants souvent méconnus et nous apportent de nombreux services écosystémiques.

Qu'est-ce qu'un sol ?

Définition officielle

La définition officielle du sol a été formulée par l'Association Française pour l'Etude des Sols :

« Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture

pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes). »

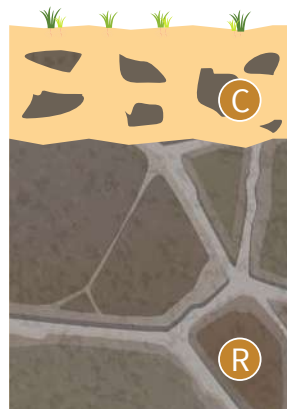
Des sols issus d'un processus long

Les sols sont issus d'un processus de formation appelé la pédogenèse. La roche mère, qui est la couche minérale superficielle de la croûte terrestre, subit des altérations physiques et chimiques. L'action du gel, du vent et des pluies va fractionner la roche-mère. Sur le substrat ainsi formé, vont se développer des végétaux pionniers. Des micro-organismes et une faune du sol, appelée pédofaune, vont également s'installer, permettant la décomposition de la matière organique et la création d'un horizon humifère. C'est le phénomène de lixiviation, lorsque les éléments

chimiques solubles dans l'eau vont être entraînés plus en profondeur, qui va ensuite générer les différents horizons. En France, la profondeur des sols, c'est-à-dire de la surface jusqu'à l'apparition de la roche-mère non altérée, peut varier de quelques mètres à quelques centimètres. Sous nos climats européens, les sols mettent en moyenne 10 000 ans pour se former. Les sols ne se régénèrent pas rapidement une fois décapés, ils constituent une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Il est donc essentiel de les préserver.



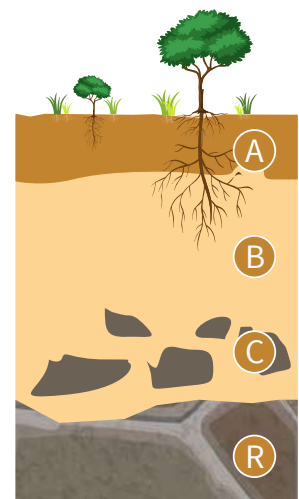
Roche mère (R)
colonisée par des végétaux pionniers



Formation d'un horizon d'altération (C)
et développement de la végétation



Formation d'un horizon humifère (A)
proche de la surface



Formation de nouveaux horizons (B)
et approfondissement

≈ 10 000 ans

A : Horizon Humifère • **B :** Nouveaux horizons • **C :** Horizon d'altération • **R :** Roche mère

Le processus de pédogenèse



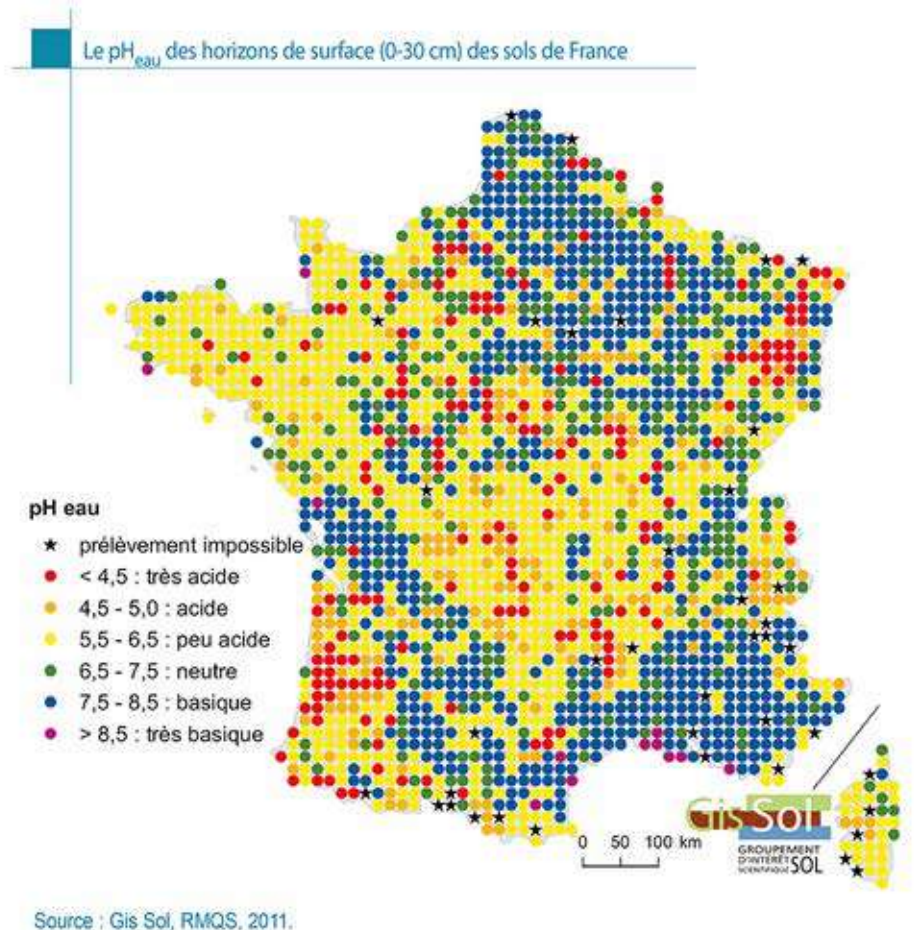
Fosse pédologique permettant de voir les différents horizons du sol

Sols et biodiversité

Caractéristiques des sols et végétation

Le climat est le principal déterminant de la distribution des communautés végétales. Cependant à l'échelle locale, ce sont les sols qui, en fonction de leurs caractéristiques, vont jouer un rôle sur le développement de certaines espèces végétales plutôt que d'autres. Ces caractéristiques peuvent être notamment :

- Le pH : les sols sont plutôt acides, neutres ou basiques, ce qui dépend en premier lieu des caractéristiques de la roche mère (la végétation peut également impacter le pH des sols). Par exemple, les pelouses calcicoles (composées d'espèces telles que le Polygale du calcaire ou l'Ophrys mouche) se développent sur des sols issus d'une roche-mère calcaire et qui sont de fait basiques. Dans les Vosges, la présence de granit génère des sols acides propices aux landes acidiphiles (composées d'espèces telles que la Myrtille ou la Callune vulgaire). Dans le sud de la France, sur le pourtour méditerranéen, deux formations végétales sont observables : le maquis, qui se forme sur sols acides, et la garrigue, qui pousse sur sols calcaires.



- L'hydromorphie : elle correspond à la qualité d'un sol qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau. En effet, l'eau peut être présente dans les sols de façon temporaire ou permanente, formant alors des milieux humides avec des espèces végétales hygrophiles comme le Jonc diffus. Au contraire, les sols sont parfois drainants et très secs. Ce sont des espèces dites xérophytes, adaptées au manque d'eau qui se développent, comme par exemple le Nombril de Vénus.



Prairie colonisée par des joncs traduisant la présence d'une zone humide © Maëva Felten



Sol calcaire et sec sur lequel se développe une garrigue comportant des espèces rares comme le Genêt de Villars (*Genista pulchella villarsii*) © Maëva Felten

- La texture : Il s'agit de la répartition granulométrique des constituants d'un sol, soit la proportion entre les petites particules, les argiles, les particules de taille moyenne, les limons et celles de grande taille, les sables. La texture d'un sol (et ce qu'elle implique, sol drainant ou imperméable par exemple) sélectionne également une flore particulière. Par exemple, les dunes sont formées de sols sableux qui sont érosifs. L'ancrage des plantes y est plus difficile. L'Oyat présente un ensemble racinaire pivotant très profond qui lui permet de s'ancrer dans le substrat sableux.

Les sols et leurs communautés végétales spécifiques constituent des habitats. Ils abritent une faune, voire une fonge, qui leur sont associées. Un sol qui paraît peu épais et pauvre peut accueillir des espèces rares caractéristiques de milieux très contraints. **La diversité des sols avec leurs caractéristiques propres est une richesse à préserver.**

Une biodiversité des sols méconnue

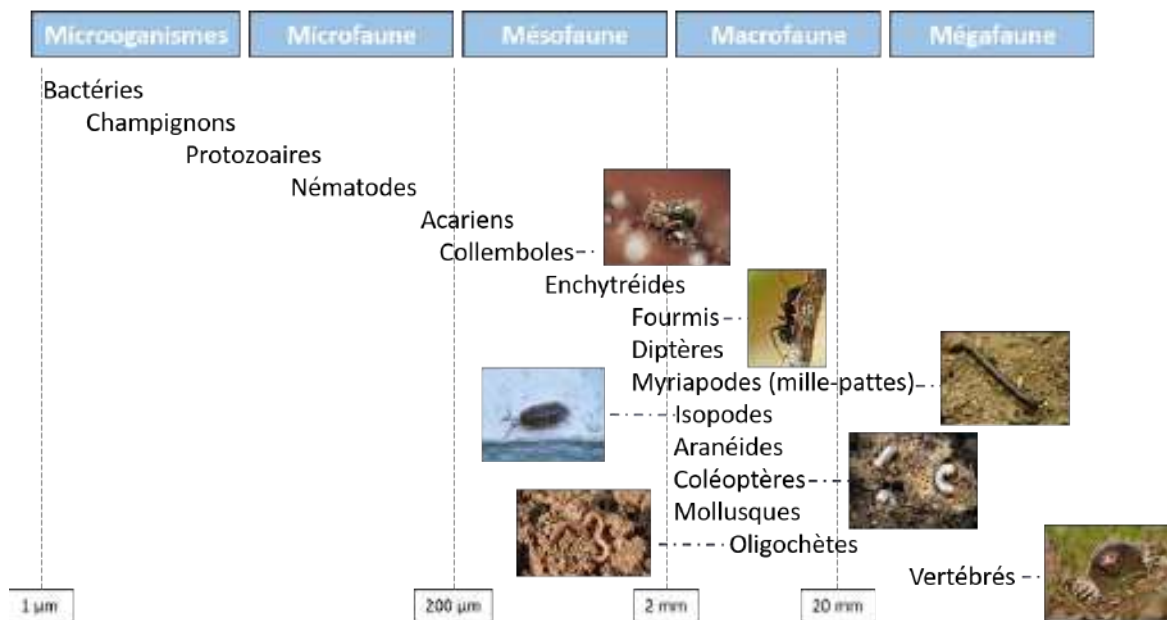
Les sols accueillent une biodiversité bien visible avec la flore, la faune et la fonge terrestres observables à leurs surfaces mais ils abritent également en profondeur (principalement dans les 20 premiers centimètres) des êtres vivants méconnus mais indispensables. La biodiversité des sols représente 26% des espèces vivantes connues (contre 13% pour les océans), sans compter les organismes qui se développent en partie au-dessus, comme les plantes⁴. Les sols et leurs surfaces sont colonisés par des bactéries, des champignons et une faune spécifique appelée pédofaune (des invertébrés mais pas uniquement). Ces êtres vivants peuvent être visibles ou non à l'œil nu, allant de quelques micromètres pour les microorganismes, comme les bactéries, à plusieurs millimètres pour la macrofaune (par exemple : des collemboles, des acariens...) voire plusieurs centimètres pour la mégafaune (par exemple : vers de terre, taupe...).

Certains organismes sont présents à la surface du sol, dans la litière en décomposition, comme les collemboles, le cloporte (un crustacé terrestre) ou bien le carabe qui est un coléoptère. D'autres invertébrés se déplacent entre la surface et les premiers horizons, comme certaines espèces de vers de terre (les anéciques*), quand d'autres restent dans les profondeurs. Des espèces réalisent une partie de leur cycle biologique dans le sol. C'est le cas, par exemple, du Hanneton des jardins, des tipules (les cousins) ou bien de certains papillons comme l'Azuré du serpolet.

⁴Selosse, M.A., *L'origine du monde, une histoire naturelle du sol à l'intention de ceux qui le piétinent*, 2021

Quelques chiffres :

- De 10 millions à 10 milliards de bactéries dans 1 g de sol (source : LAMS)
- 260 millions d'individus par m² en prairie (source : Daniel Cluzeau/CNRS)
- Biomasse des organismes du sol estimée à 1,5 tonne par ha de prairie (source : Daniel Cluzeau/CNRS)

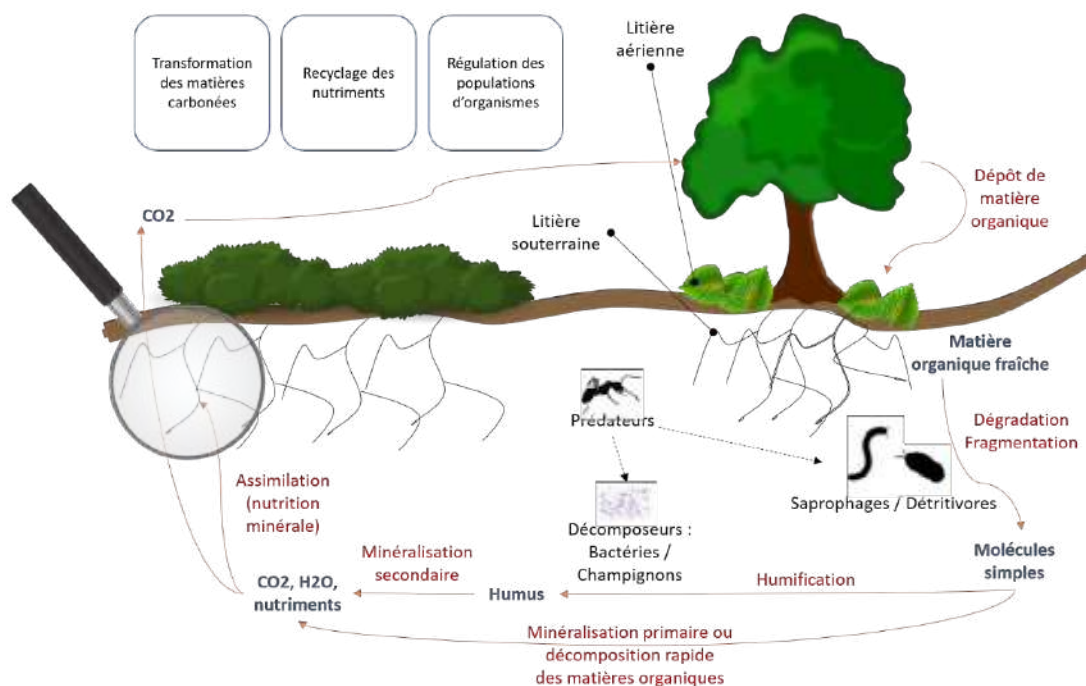


Réalisation de fonctions écologiques essentielles

La biodiversité du sol joue des rôles fondamentaux pour le maintien des écosystèmes. Elle assure notamment 4 fonctions écologiques essentielles⁵ :

- La transformation des matières carbonées : Les organismes des sols sont responsables des différentes étapes de transformation et de l'enfouissement des matières carbonées dans les horizons organo-minéraux et de la formation d'humus⁶ ;
- Le recyclage des nutriments : les organismes des sols jouent un rôle dans le recyclage et la disponibilité des éléments nutritifs. Ce sont les multiples interactions entre les organismes des sols qui favorisent le recyclage des biomasses végétales et animales restituées au sol ;
- La régulation des populations d'organismes, il peut s'agir :
 - > de stimulation : par exemple, la métaphore des belles au bois dormant est utilisée lorsque le ver de terre ingère des bactéries et les active lors de leur passage dans le tube digestif, améliorant la décomposition de la matière organique⁷ ;
 - > de prédation : les carabes régulent les populations d'invertébrés, certains collemboles consomment des bactéries et des champignons...
- Le maintien de la structure des sols : Certains organismes sont de véritables ingénieurs du sol. Par exemple, les vers de terre forment des agrégats* et permettent le transport et la redistribution de la matière organique à travers les horizons minéraux du sol. Ils créent des galeries, décompactent les sols et permettent ainsi la circulation de l'eau.

Les organismes du sol réalisent donc des fonctions écologiques essentielles à la vie sur terre.



⁵ Kibblewhite M.G., Ritz K., Swift M.J., 2008 - Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 363, pp. 685-701.
⁶ Blanchart E. et Jean Trap J. - 2020 - Intensifier les fonctions écologiques du sol pour fournir durablement des services écosystémiques en agriculture, *Etude et Gestion des Sols*, 27, 121-134, ⁷Lavelle P. (1996) Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International*, 33,3-16

Préserver les sols vivants dans l'aménagement urbain : une nécessité

Des services écosystémiques rendus par les sols vivants

Les écosystèmes, via les organismes et l'environnement qui les composent ainsi que leurs interactions, assurent la réalisation de fonctions écologiques. Celles-ci sont à l'origine de services écosystémiques, c'est-à-dire de bénéfices pour les êtres humains. Les sols vivants participent ainsi :

- Au recyclage des matières organiques ;
- A la régulation du climat par le stockage du carbone ;
- A la régulation de l'effet d'îlot de chaleur urbain en permettant la croissance des plantes et donc les phénomènes d'ombrage et d'évapo-transpiration ;
- A la régulation des inondations en permettant à l'eau de s'infiltrer ou bien d'être stockée ;
- A la production d'eau potable en permettant à l'eau d'alimenter les aquifères* ;
- A l'épuration des eaux par filtration des contaminants et leur traitement par les plantes et les organismes des sols ;
- A la production de biomasse, de nourriture ou de matériaux ;
- A la production de composants pharmaceutiques.

Une artificialisation préjudiciable pour la biodiversité (êtres humains compris)

Les sols vivants sont victimes de l'urbanisation et de l'artificialisation progressive des sols naturels, agricoles et forestiers. Chaque année, ce sont entre 20 000 et 30 000 ha qui sont artificialisés. D'après la Loi Climat et Résilience du 22 août 2021, « l'artificialisation d'un sol correspond à une altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage. » (Article L. 101-2-1 du Code de l'Urbanisme). L'état d'un sol dégradé (minéralisé, constitué de remblais, pollué, etc.), peut être amélioré parfois en apportant simplement un amendement organique. Dans d'autres cas, des actions de génie pédologique et de dépollution seront nécessaires pour que le sol récupère certaines de ces fonctions écologiques. Ces opérations représentent un coût conséquent. Dans le cadre de projets d'aménagement urbain futurs, un sol fonctionnel préservé est un sol qui ne sera pas à réhabiliter pour lutter contre les effets du changement climatique (ruissellement, îlot de chaleur urbain, etc.).

L'urbanisation génère une anthropisation (degré de modifications causées par des actions anthropiques) plus ou moins forte des sols naturels en place. Les sols peuvent par exemple être décapés, remblayés, compactés voire imperméabilisés sur de grandes surfaces, impactant ainsi les habitats et les espèces. L'urbanisation génère également une fragmentation des milieux naturels. Le bâti, les infrastructures de transport, les surfaces minéralisées constituent autant d'obstacles plus ou moins franchissables pour la faune et la flore, isolant plus ou



Des sols fortement modifiés sous les enrobés © Maëva Felten

moins fortement les habitats les uns des autres. Or, les espèces ont besoin de se déplacer pour réaliser l'ensemble de leur cycle de vie, pour trouver des zones d'alimentation et de repos mais aussi pour se reproduire. Le brassage génétique entre populations est nécessaire pour générer de la diversité et assurer la pérennité d'une espèce. Qu'en est-il pour les organismes du sol qui se déplacent uniquement dans cet écosystème, qui ne possèdent pas d'ailes une fois adulte ou bien dont les appendices sont absents ou très réduits ? Deux facteurs sont susceptibles d'impacter la

biodiversité des sols : l'anthropisation et l'isolement des sols. Par exemple, il a été démontré⁸ que les communautés lombriciennes réagissent significativement au degré d'anthropisation causé par les pratiques d'ingénierie pédologique, en interaction avec le degré d'isolement des sols par rapport à un potentiel réservoir (voir fiche 7). Notamment, l'abondance en vers de terre et la richesse spécifique est plus faible au sein de sols fortement anthropisés (Anthroposols* reconstitués sur 1,50 m de profondeur) en situation d'isolement total (entre deux routes) qu'en situation d'isolement partiel (connexion avec un sol naturel réservoir).

En impactant l'écosystème sol, l'artificialisation nuit également aux êtres humains puisque les fonctions écologiques sont altérées et les services écosystémiques ne peuvent plus être rendus correctement, notamment :

- Le carbone ne peut être stocké dans le sol ce qui a un effet sur le bilan des gaz à effet de serre et donc sur le

changement climatique. Par ailleurs, lorsque des sols sont artificialisés, le processus de décapage, soit le fait d'enlever les premières couches du sol, implique un fort déstockage ;

- Les risques d'inondation sont amplifiés : les surfaces imperméables engendrent des phénomènes de ruissellement et d'inondation ;
- Les risques de pollution des eaux sont également amplifiés : les eaux de pluie ruisselant sur les surfaces imperméabilisées peuvent se charger en polluants ;
- Les surfaces minéralisées créent des îlots de chaleur urbain.

La réduction progressive des sols vivants a donc un fort impact négatif sur la biodiversité, sur le climat et sur la vie terrestre.

(...)



Racines et organismes du sol © Adobe Stock

⁸ Maréchal, J. 2022. « Sols fertiles et Trame Brune en milieu urbain : Impacts de l'ingénierie pédologique sur les sols et les communautés lombriciennes ». Thèse CIFRE (Université de Rennes 1 / Sol Paysage) spécialité écologie.

Le sol urbain, pilier de la biodiversité doit devenir vivant

Fév 26 | Posté par Agri-City dans Biodiversité & végétalisation



La renaturation de la pleine terre urbaine est cruciale pour restaurer les sols vivants en ville.

Le sol en ville a longtemps été considéré uniquement comme le support des structures urbaines. Cependant, avec l'augmentation des événements climatiques extrêmes qui nous attendent, accueillir et préserver la biodiversité dans les villes est indispensable afin que ces dernières restent habitables. Il est donc nécessaire d'agir sur trois facteurs : l'eau, le sol et la végétalisation. Explications avec le témoignage d'une urbaniste.

Pour améliorer le confort des humains habitants les villes, le sol a été recouvert de bitume, rendant les villes "propres" aseptisées et surtout minérales*. Or, la gestion et la préservation des écosystèmes urbains sont des enjeux majeurs. Au cœur de ces écosystèmes se trouve le sol vivant, qui abrite 50% de la biomasse terrestre mondiale.

La notion de "sols vivants" désigne les sols qui hébergent une diversité remarquable d'organismes vivants, tels que des microorganismes, des champignons, des végétaux et des invertébrés

C'est donc un écosystème permettant les interactions entre la faune du sol, l'eau et la végétation. De nombreux sols ne peuvent pas être considérés comme "vivants". Par exemple, une simple surface de terre ou un sol non bitumé, compacté qui peut devenir complètement imperméable. De même, un sol pollué dépourvu de vie est aussi "accueillant" pour la végétation qu'un tas de gravats ; ces sols sont dits "inertes".

Les services écosystémiques

Au travers de ces interactions le sol urbain vivant remplit de nombreux services écosystémiques aux humains habitant les villes. Les organismes endogés (qui vivent dans le sol), tels que les lombrics, créent ou empruntent des galeries verticales et horizontales dans le sol, le décompactant et le rendant poreux, favorisant ainsi les échanges d'oxygène, d'eau et de matière organique entre les différentes couches de sol et la surface.

Les sols vivants favorisent la croissance végétale en fournissant des nutriments et de l'eau et un support physique. De plus, ils facilitent l'infiltration des eaux de pluie, réduisent les risques d'érosion et d'inondations, et contribuent à la recharge des nappes phréatiques.

Ainsi, en permettant la croissance végétale et le stockage de l'eau, le sol vivant améliore localement la qualité de l'air en diminuant la température, et donc en atténuant les fameux "îlots de chaleur urbains", en augmentant l'humidité de l'air ambiant et en relâchant de l'oxygène.

Par conséquent, ils offrent aux habitants des villes une meilleure qualité de vie, tant sur le plan physique que psychologique, en améliorant leur cadre de vie (McDougall et al, 2021). Et bien entendu, ils assurent la stabilité physique en soutenant les fondations des bâtiments, les routes et les infrastructures souterraines, garantissant ainsi la sécurité et la pérennité des structures urbaines.

Comment préserver et développer la vie du sol en ville ?

Dans l'état actuel, nous ne savons pas reconstituer un sol vivant qui a mis des millions d'années à se former, c'est pourquoi il est si important de préserver les sols de bonne qualité qu'il nous reste.

Pour préserver la vie du sol en ville, les aménageurs urbains peuvent agir sur trois piliers : l'eau, le sol et la végétation

La gestion durable de l'eau en ville est essentielle pour la pérennité de la vie du sol. Le stockage de l'eau dans le sol des villes peut passer par l'utilisation de systèmes naturels de végétalisation pour traiter les eaux pluviales, comme les jardins de pluie, la création de zones humides artificielles et la collecte des eaux de ruissellement pour l'irrigation.

Au niveau du sol, la désimperméabilisation et la renaturation de la pleine terre urbaine est une approche cruciale pour restaurer les sols vivants en ville. Cela implique de réduire la quantité de surfaces imperméables, telles que le béton et l'asphalte. En France le dispositif *Zéro Artificialisation Nette*** impose de ne pas augmenter les surfaces perméables sur le territoire. Pour cela, plusieurs solutions sont possibles : éviter la perméabilisation des sols fonctionnels en optant par exemple pour la densification verticale des zones d'habitation, réduire la surface des sous-sols à l'emprise terrestre des bâtiments,

limiter l'utilisation de bitume et privilégier les revêtements perméables si la pleine terre n'est pas compatible avec l'usage prévu. Ou alors, compenser en désimperméabilisant et restaurant des espaces verts sur une autre parcelle, ou améliorer la vie dans les zones de pleine terre existantes.

Végétalisation urbaine

Le deuxième axe d'action est la végétalisation, qui consiste à intégrer la végétation dans la conception des zones urbaines, en tenant compte des trois strates de végétation : arbres, haies et couvre-sols. La conservation des résidus de végétaux sur le sol, l'absence d'utilisation de produits phytosanitaires et de fertilisants chimiques, ainsi que la gestion différenciée de certaines zones sont indispensables pour la préservation de la vie du sol. En nourrissant et protégeant la faune du sol, la couverture végétale recycle les nutriments pour les rendre disponibles à la végétation.

Intervenir conjointement sur ces trois piliers peut permettre de restaurer des écosystèmes de sol fonctionnels.

Cependant il ne faut pas négliger l'importance de la connectivité des zones de sol vivant. Plus les surfaces de sol vivant en ville seront connectées, plus la vie du sol sera résiliente et prête à survivre aux événements climatiques extrêmes auxquels elle sera exposée dans les années à venir. Pour cela il faut dans un premier temps définir des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques en ville et en périphérie, il est nécessaire dans un second temps de les connecter pour permettre à la faune du sol et à la flore de circuler librement dans et hors des villes.

L'objectif est ensuite de protéger cette infrastructure écologique dans la planification urbaine. Cette approche porte le nom de "trame brune" qu'il est désormais indispensable d'intégrer dans la planification urbaine pour créer des villes vivables pour l'ensemble de la biodiversité humaine et non humaine.

Article écrit avec Manon Michaut, urbaniste* spécialisée en politique environnementale**

**Les villes modernes sont très largement enfermées dans une gangue de béton qui a progressivement éliminé presque toute la biodiversité urbaine (Elmqvist et al. 2013)*

*** Le ZAN fixé par la Loi Climat et résilience de 2021, envisage de réduire de moitié l'artificialisation des sols d'ici 2030 et d'atteindre l'objectif de « zéro artificialisation nette » en 2050)*

**** Manon Michaut travaille à la ville de Genève. Passionnée par la création d'écosystèmes pour produire des plantes comestibles et des légumes, elle a travaillé précédemment à la ferme urbaine de Champerché en tant qu'ingénieure R&D et production. Son parcours professionnel a commencé en 2015: elle a obtenu un doctorat en biologie environnementale en 2018. Elle rejoint l'ANSES pour coordonner un projet de recherche européen portant sur le développement de méthodes de détection de bactéries dans les aliments.*

Concept de l'arbre de pluie

Contexte et enjeux



Dans les villes, la gestion de l'eau a, depuis le 19^e siècle, été guidée par le principe du "tout tuyau".

Cependant, ce principe est remis en question avec le changement climatique qui s'intensifie et dont les conséquences se font de plus en plus lourdes.

Les épisodes de pluies extrêmes qui augmentent surchargent les réseaux d'assainissement unitaires et provoquent des déversement d'eaux non traitées directement dans les milieux naturels. Les sécheresses et les canicules plus fréquentes et plus longues perturbent les écosystèmes et les populations humaines.

C'est pourquoi gérer l'eau pluviale là où elle tombe, réduire le volume de ruissellement qui arrive aux réseaux et assurer le rafraîchissement de la ville deviennent nécessaires.

De plus, l'imperméabilisation des sols et la faible place pour les espaces verts poussent à une transformation rapide de la ville pour l'adapter au changement climatique. Ainsi, la Métropole de Lyon a des objectifs ambitieux dans ce domaine. D'une part, la stratégie Ville perméable initiée par la Direction du cycle de l'eau, vise à désimperméabiliser les sols et favoriser l'infiltration des eaux pluviales.

D'autre part, le plan Nature, porté par le service Écologie et mis en œuvre par la Direction adjointe Patrimoine végétal, ambitionne de planter des arbres pour renforcer la canopée urbaine. Les arbres de pluie sont ainsi à la croisée de ces deux stratégies.

Les arbres de pluie montrent qu'en milieu urbain, les solutions fondées sur la nature sont de véritables outils pour s'adapter aux effets du changement climatique en contribuant à réduire les risques d'inondations locales et créer des îlots de fraîcheur.

En effet, **l'eau est une ressource pour augmenter le pouvoir rafraîchissant du végétal grâce à l'évapotranspiration.**

Les arbres de pluie favorisent également la biodiversité urbaine et la qualité des sols tout en participant à l'amélioration des milieux aquatiques.

Ils contribuent également à l'amélioration du cadre de vie urbain et encouragent les démarches de participation citoyenne dans la végétalisation de la ville.

Avec les arbres de pluie, la Métropole de Lyon renforce les services écosystémiques rendus par les espaces végétalisés.

Les recommandations proposées dans ce livret s'appliquent d'abord aux projets de rénovations des fosses d'arbres existantes mais doivent aussi être mises en œuvre pour toutes plantations nouvelles.

Description du concept de l'arbre de pluie

L'arbre de pluie

C'est un arbre dont la fosse de plantation a été pensée et dimensionnée en surface et en dépression pour gérer une partie des eaux de ruissellement, favoriser le développement de l'arbre et la biodiversité y compris celle du sol. Ce concept est utilisable dans les projets de réaménagement urbain afin de bien intégrer la déconnexion des eaux de ruissellement du réseau d'assainissement unitaire ainsi que leur infiltration dans des espaces urbains restreints.



Le sol, meilleur moyen d'infiltration des eaux pluviales

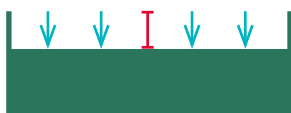
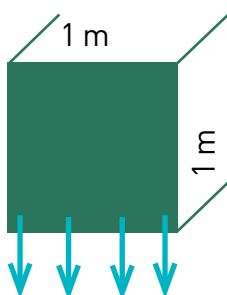
Gérer des eaux pluviales à la source par les espaces verts est une solution simple et adaptable. En effet, tous les sols infiltrent et stockent l'eau. Certains le font plus rapidement en fonction de leur perméabilité (par exemple les sols sableux avec une forte perméabilité infiltrent l'eau plus rapidement que les sols argileux avec une perméabilité faible).

Perméabilité

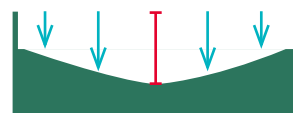
La perméabilité ou capacité d'infiltration correspond à la quantité maximum d'eau qui s'infiltre dans le sol ou substrat dans un temps donné. La perméabilité se caractérise par le coefficient de perméabilité K . Les arbres de pluie cherchent à améliorer l'infiltration en ville et vont permettre que les premières minutes de pluie, calculées en millimètres (hauteur d'eau), soient infiltrées dans le sol en réduisant le ruissellement.

Volume d'eau, surface d'infiltration et sol en dépression

Un volume d'eau sera plus rapidement absorbé si la surface désimperméabilisée est importante. Ainsi, pour les ouvrages de stockage et d'infiltration des eaux, il est recommandé de privilégier la surface d'infiltration à la profondeur pour gérer les événements pluvieux courants. De plus, pour une même surface, un sol en légère dépression augmentera la capacité de stockage et permettra d'infiltrer un volume plus important d'eau.



Plus la surface désimperméabilisée est grande, plus l'infiltration est rapide et importante.



Un sol en légère dépression augmente la capacité de stockage d'eau.

OBJECTIFS DE L'ARBRE DE PLUIE

Intégrer la gestion des eaux pluviales au plan de végétalisation urbain et renforcer les services écosystémiques des arbres en ville.

Les arbres de pluie participent à :



La réduction du ruissellement et de la surcharge des réseaux d'assainissement



La recharge de la nappe phréatique



Le développement des îlots de fraîcheur



L'augmentation de la biodiversité urbaine



L'amélioration du cadre de vie

Pour rendre ces services écosystémiques, les fosses d'arbres doivent être aménagées avec les trois éléments ci-dessous :

1 Tranchée d'infiltration : zone de stockage en gravier concassé

2 Entrée dégagée et en pente :
- sans bordure ou avec des bordures perforées à 2/3
- avec une différence altimétrique

3 Zone en dépression avec apport de terre fertile et végétalisation pour favoriser la biodiversité (aérienne et dans le sol)



Résultat

100 m² de surface sont déconnectés du réseau d'assainissement pour toutes les pluies de faible intensité.

La déconnexion est également efficace pour certains événements estivaux caractérisés par des pluies courtes et intenses. Par exemple, dans le cas des arbres de pluie de la rue Vauban, 3,5 mm de hauteur d'eau ont été infiltrés en 6 minutes sur un sol sec et jusqu'à 7 mm en 6 minutes sur un sol humide.

BÂTI SCOLAIRE

Pourquoi et comment végétaliser les cours d'école

Auteur associé | A la une | actus experts technique | Ingénierie | Publié le 03/09/2021

Végétalisation, désimperméabilisation, cours d'école résilientes... Sous des dénominations différentes, les projets de réaménagement se multiplient. Comment se mettent-ils en place ? À quels enjeux répondent-ils ? Quelle place pour les usagers ?



La commune de Saint-Cloud ^[1] (92) a réaménagé la cour de l'école maternelle du Centre en 2020 avec plus de place pour la nature

Par Cyril Pouvesle, chef de projet aménagement et transitions écologiques, Cerema ^[2] Territoires et ville

La cour d'école est un lieu de respiration indispensable à la vie scolaire. Comme le disent nos amis québécois : « pour bien réussir à l'école, mieux vaut ne pas manquer la récréation » ^[3]. Or ces cours de récréation, parfois en mauvais état, sont souvent des lieux peu amènes, très minéraux, supports d'usages et d'activités peu diversifiés et cantonnés aux jeux de ballon. Certaines n'ont pas été repensées depuis leur conception qui peut dater de plusieurs dizaines d'années, alors que dans le même temps, les modalités pédagogiques et les modes de vie ont considérablement évolué.

Végétalisation ou désimperméabilisation

Si les projets de réaménagement de cours d'école mettent beaucoup l'accent sur le résultat (la végétalisation ou la désimperméabilisation), ce type de projet est au centre d'un ensemble d'enjeux bien plus vastes. Il s'agit notamment de replacer le bien-être et la santé des enfants au cœur du projet pour permettre l'épanouissement personnel, le développement moteur, psychologique et social. Les temps en extérieur peuvent en effet participer à favoriser l'autonomie, la sociabilité et la créativité, et apaiser le climat scolaire : jeux diversifiés, défoulement, découverte (faire des trous, ramasser des petites branches, des feuilles), détente, coopération...

Sur des aspects plus techniques, dans un contexte d'augmentation et de précocité des vagues de chaleur ou de lutte contre les inondations, ce sont bien sûr les questions d'adaptation aux changements climatiques et de gestion des eaux pluviales qui sont les moteurs de tels projets : favoriser l'effet d'ombrage dans la cour et une

infiltration ^[4] des eaux pluviales à la parcelle pour éviter au maximum les rejets au réseau. Dans certains environnements denses, il peut s'agir également de favoriser la création d'un ensemble d'îlots de fraîcheur. Enfin, les cours d'école, lieux de proximité et du quotidien, propriété de la commune, peuvent être des terrains d'actions idéaux et visibles pour certaines stratégies communales : développement de la nature en ville, sensibilisation à la biodiversité ou à l'alimentation, adaptation au changement climatique.

Projet unique

Chaque projet sera différent en fonction de la taille de la cour, de l'environnement, de la motivation des parties prenantes, du budget, etc. Parmi les différents projets déjà réalisés, voici les types d'aménagements qui reviennent souvent :

- aménagement favorable à la gestion des eaux pluviales : dans beaucoup de cas, tout ou partie de la couche de revêtement minéral existante sera enlevé pour retrouver de la pleine terre, du BRF ^[5] (bois raméal fragmenté ^[6]) ou de la végétation. Des solutions d'infiltration, de rétention ou de stockage des eaux pluviales seront proposées, via une noue ^[7], un bassin paysager ou un revêtement drainant (en cas d'usage nécessitant un revêtement minéral). Les agences de l'eau peuvent accompagner ce type de projet sous réserve de cette réflexion ;
- plantations, coins nature et potagers : il s'agit de planter les trois strates de végétation et/ou de valoriser l'existant. Les arbres seront notamment les alliés d'un réaménagement favorisant l'ombrage. La mise en place de pelouses, de prairies fleuries notamment dans des espaces moins fréquentés sera aussi privilégiée, de même que des coins nature (favorables à la biodiversité) ou de petits jardins potagers (ou vergers), supports de sensibilisation et de temps éducatif ;
- modelés de terrain, jeux naturels et écoles du dehors : la création de buttes propices aux jeux et à la motricité ou des jeux plus naturels (beaucoup mis en place dans le cadre du projet Oasis à Paris) vont permettre de créer un paysage agréable et bien identifiable. Des espaces plus calmes peuvent être aussi créés. Par ailleurs, faire classe à l'extérieur peut nécessiter certains aménagements spécifiques et du mobilier adapté ;
- protections solaires et équipements rafraîchissants : pergolas, ombrières, auvents, voilage, extension de préau... Au-delà de la végétation, d'autres solutions pour créer de l'ombrage peuvent être expérimentées. Elles peuvent être couplées à des projets de végétation grimpante par exemple (y compris pour venir faire de l'ombre aux salles de cours). Il peut s'agir également de créer des points d'eau ou des jeux d'eau adaptés.

Une gouvernance aux petits oignons

Pour se lancer dans un tel projet, la concertation avec l'ensemble des parties prenantes est un point fondamental. Il s'agit en effet de faire avec les enfants, les parents d'élèves, les enseignants, les différents services de la collectivité intervenant dans le cadre scolaire et périscolaire (les Atsem, les services d'entretien et de gestion, etc.) pour construire un projet partagé.

Cette concertation peut inclure des temps spécifiques d'implication des élèves. La mise en place d'ateliers sur du temps scolaire ou périscolaire, animés par une association, un cabinet spécialisé ou en interne à la collectivité peut permettre d'aider à définir le projet. Faire un état partagé des usages actuels de la cour peut être très utile par exemple pour que chaque enfant puisse exprimer ses pratiques et besoins mais aussi pour qu'il comprenne les besoins des autres. Il s'agit aussi bien sûr d'imaginer les futurs possibles et rêvés. Une fois le projet réalisé, la définition des règles d'usages peut également faire l'objet de temps dédiés et permettre une appropriation ad hoc de la cour et de sa gestion.

Les enseignants et les personnels éducatifs seront également associés pour identifier les besoins, les contraintes, les pratiques dans un premier temps puis pour confronter les idées de projets avec les modalités d'usages et de gestion dans la cour mais aussi dans le bâtiment. Pour cela, plusieurs modalités sont possibles : réunions d'échanges, entretiens préalables avec les parties prenantes, avis sur plan...

Au-delà de la concertation avec les usagers, c'est un projet qui va mobiliser potentiellement beaucoup de compétences de la collectivité (service technique et élus) voire au-delà : éducation, espaces verts et construction

notamment. Un pilotage associant l'ensemble des services et parties prenantes est alors nécessaire. Ces différentes spécificités font que pour les collectivités qui se lancent dans ce type de projet, un temps de maturation est nécessaire. Dix-huit mois paraît être un bon ordre de grandeur de l'idée à la livraison.

Défis à relever

Ne nous y trompons pas : la végétalisation des cours d'école est un sujet clivant. Il est nécessaire de veiller à prévenir les réticences via la pédagogie et la recherche collective de solutions. Trois points sont particulièrement soumis à controverse.

« La nature c'est sale » arrive sans doute en première place dans les difficultés à prendre en compte. Parents, enseignants et auxiliaires, personnels d'entretien peuvent en effet voir d'un mauvais œil la mise en place de surfaces enherbées dans les cours d'école. Il s'agit donc de veiller à expliquer la démarche, ses bienfaits pour les enfants dans un sens mais aussi de définir des règles de gestion et d'usages de la cour pour éviter « la gadoue » dans la classe. Des solutions existent. En matière d'aménagement, la mise en place de « zones propres » autour du potager ou de coins nature sera probablement souhaitable. Les endroits potentiellement boueux ou terreux peuvent être protégés par du paillage (broyat d'élagage, de la paille ou du BRF) ou de la végétation. Cela permet par ailleurs de conserver l'humidité de la terre et de réduire l'arrosage. On peut aussi, dans le potager, installer des planches de circulation – ce système est ancien mais a fait ses preuves. L'installation d'espaces de « décrottage » (avec paillasons et autres grilles de décrottage) est également possible, permettant un espace tampon entre l'extérieur et l'intérieur. Enfin, en matière d'habillement, les stratégies de type prêt de bottes ou surpantalon peuvent être efficaces. Reste à trouver un endroit où les stocker facilement. En primaire, il peut également être possible de faire se déchausser les enfants en rentrant dans l'école ou de changer de chaussures. Le cas échéant, les espaces peuvent être interdits lors d'épisodes pluvieux via un marquage ou un système de drapeau à mettre en place avec les élèves.

« La nature c'est dangereux » est bon deuxième, voire parfois premier dans les points d'opposition à gérer. Allergies, piqûres diverses, chutes de branche ou racines émergentes... De nombreuses nuisances peuvent être invoquées, oubliant du même coup les effets positifs sur la santé. De manière générale, il y a lieu de contrebalancer les risques avec l'ensemble des avantages dus à la présence de nature. Effet sur le stress, effet cognitif, ombrage (protection UV et chaleur), un ensemble d'avantages sur la santé des enfants est apporté par la présence de nature. Par ailleurs, selon Ben Walschaerts, conseiller sécurité pour les cours d'école de la municipalité d'Anvers, « Augmenter la "compétence de risque" chez les enfants est un défi énorme. Le fait de proposer un environnement surprotégé fait que les enfants ne savent plus gérer les risques. [...] La plupart des accidents surviennent avec des enfants qui se laissent simplement chuter. On grimpe quelque part et puis on se laisse tomber, on lâche prise » (1) [8].

Enfin, la gestion des coins potagers ou des coins nature pendant les vacances scolaires est à prendre en compte très en amont du projet. Ces espaces peuvent présenter des difficultés d'entretien et de récolte l'été quand le bâtiment scolaire n'accueille plus les classes.

Plusieurs modalités sont possibles : plantes aromatiques qui résistent à la période estivale et offrent une plage de récolte plus importante qu'une fructification, petits arbustes fruitiers (framboisiers, groseilliers, etc.), vergers qui demandent moins d'entretien de la part des élèves/des équipes pédagogiques que les potagers, plantation de vivaces dans la mesure du possible, qui restent en place plusieurs années demandant moins de gestion et d'entretien. Dans tous les cas, il s'agit de faire le lien avec les acteurs qui sont susceptibles d'utiliser les locaux en été ou d'y venir pour y réaliser une activité de jardinage (centre de loisirs par exemple), ou d'associer d'autres acteurs (parents d'élèves, associations) qui pourrait être intéressés pour gérer les espaces l'été.



@ Phytolab – ville de Dunkerque

Le Cerema s'implique dans l'émergence, l'accompagnement et le suivi de certains projets de cours d'école car ces types de projets sont particulièrement emblématiques en matière de transition écologique. Ce sont des projets très globaux, à la gouvernance complexe, qui demandent de prendre en compte une multitude de paramètres. Et pourtant, ils participent à créer des environnements quotidiens plus confortables, plus naturels et plus partagés. Ne doutons pas qu'ils en recueilleront les fruits.

Alain Lefebvre, directeur du cadre de vie de la ville de Dunkerque : « On passe d'une cour à surveiller à une cour à « animer » »

Quelles sont les caractéristiques de votre projet de rénovation de la cour de l'école de la Porte-d'Eau ?

Ce premier projet de rénovation de cour d'école, d'une surface d'environ 3 000 m², a été mené tambour battant sur une année, de l'idée à la livraison (hors plantations). On peut mettre en avant deux points essentiels : le volet écologique avec une large place à la nature (trois fois plus qu'avant, d'un sixième à la moitié de la surface), à la biodiversité et à une gestion intégrée des eaux pluviales (désimperméabilisation et infiltration), et le volet usages avec une cour mieux partagée et qui devient un outil éducatif en soi (école du dehors, sensibilisation au développement durable). Une des originalités est le fort accent mis sur le développement créatif et artistique pour les enfants qui ont la possibilité de s'exprimer sur les murs et au sol. Pour les équipes éducatives, on passe d'une cour à surveiller à une cour à « animer », dans le dialogue avec les enfants. À noter également que l'entrée des élèves se fera désormais par la façade adossée à un parc urbain de manière à en éloigner la circulation.

Comment avez-vous été accompagné ?

Le Cerema était présent dès le départ pour accompagner la ville dans la définition des objectifs, sur quelques points de diagnostic technique (eaux pluviales notamment) ou sur le diagnostic d'usages avec l'agence d'urbanisme qui accompagnait

également la concertation avec les enfants, les équipes éducatives et les enseignants. Sur la base de ces travaux, Phytolab a pris le relais pour la maîtrise d'œuvre avec une approche intégrée en matière de paysage, design et architecture. Un marché à bons de commande avec ce cabinet permettra le cas échéant des interventions dans d'autres écoles de la ville. La partie maîtrise d'œuvre d'exécution est prise en charge par la ville. Les coûts d'ingénierie sont de 50 000 euros et les travaux de 225 000 euros HT pour le volet VRD, espaces verts, et 100 000 euros HT pour la partie auvent, ossature et cabane. Soit un coût total de 120 à 130 euros/m² HT.

Y a-t-il des éléments sur lesquels vous êtes particulièrement attentifs ?

Nous sommes vigilants à ce que les enfants et l'équipe éducative s'approprient la cour. Pour cela, la concertation est fondamentale. Il s'agit de bien expliquer le projet et ses bienfaits pour les enfants. En matière de gestion, un des enjeux est l'intervention minimale des services de la ville. De nombreuses tâches d'entretien doivent pouvoir se faire avec les enfants dans une perspective pédagogique. Concernant l'ouverture au public, l'objectif sera de faire en sorte que la cour puisse être utilisée, en dehors du temps scolaire ou périscolaire, sous la responsabilité d'une association ou d'une structure identifiable.

REFERENCES

- Cahier de recommandations Oasis pour la transformation des cours d'écoles.
- Un dossier thématique proposé par le ministère en charge de l'éducation (Archiclasse).
- À paraître en 2021 : des retours d'expériences sur le site du Cerema.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Bâti scolaire : « Nous structurons un réseau d'acteurs pour rénover les écoles »
- Réglementation environnementale 2020 : quels changements pour les bâtiments scolaires ?

Qualité des sols : un nouveau dispositif de science participative pour mieux évaluer la biodiversité

Biodiversité | 15.11.2022 | F. Gouty
Envoyer par e-mail



© QFSW

« La qualité biologique d'un sol dépend de la diversité et de l'abondance des différents organismes qui le composent, rappelle le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Dès lors que la biodiversité s'érode, les sols perdent leur capacité à remplir certaines de leurs fonctions : production de biomasse, recyclage de la matière, stockage de carbone, régulation d'espèces ravageuses, filtration de l'eau, etc. » Pour mieux suivre la qualité biologique des sols français, l'établissement de recherche a lancé, le 10 novembre, un nouveau dispositif de suivi participatif : Qubs (1) .

Dans la lignée d'outils comme Vigie-Nature (2) ou Jardibiodiv (3) , Qubs invite les citoyens intéressés à renseigner une base de données en photographiant et en identifiant des spécimens vivants (notamment en s'appuyant sur une liste de 400 espèces préalablement caractérisées). Les participants peuvent suivre deux protocoles. Le premier, appelé Noctambules, vise à dresser un inventaire d'espèces nocturnes, en les piégeant dans un petit gobelet muni d'un coton humide et déposé le temps d'une nuit dans un petit trou creusé dans la terre. Le second, Aspifaune, doit permettre de capturer lombrics et autres petits organismes du sol, en confectionnant un aspirateur à bouche (à l'instar d'un mouche-bébé).

« Les données récoltées par les participantes et participants permettront une meilleure évaluation et compréhension des déterminants de la qualité biologique de ces sols, à de larges échelles spatiales et temporelles », par exemple pour évaluer le potentiel de dégradation de la matière organique d'un sol. Qubs contribuera ainsi au projet de recherche « Biodiversité des sols urbains et services écosystémiques » (ou Bises), financé par l'Agence nationale de recherche (ANR) et mené par l'université de Montpellier. Le dispositif lui-même est porté, quant à lui, par le MNHN, Sorbonne Université, l'université de Lorraine (déjà à l'origine de Jardibiodiv), l'université Paul-Valéry Montpellier-3, l'Institut national de recherche agronomique (Inrae) et l'association Plante & Cité.

Article publié le 15 novembre 2022

Accueil / Référence, projet achevé /
Comment fabriquer de nouveaux sols

RÉFÉRENCE, PROJET ACHEVÉ

Comment fabriquer de nouveaux sols



Redonner au sol sa fonction première, ne plus le considérer seulement comme un simple support pour les bâtiments... Voici venue l'ère des "technosols". Une nouvelle façon d'aborder le sujet dans laquelle le BRGM est fortement impliqué, avec des projets comme SITERRE et BioTUBES.

19 juin 2017



Prélèvement de l'horizon de surface d'un technosol vieux de 100 ans développé sur des scories métallurgiques (Nord-Pas-de-Calais, France)

© BRGM

Les "technosols"... Sous ce néologisme technologique se cache rien moins qu'une véritable révolution des sols urbains. Plusieurs projets de recherche ont vu le jour, dans lesquels le BRGM est fortement impliqué. À la clé, entre autres : de nouvelles perspectives pour la création de sols fertiles à partir de matériaux recyclés ou des innovations en génie

écologique. Le BRGM participe littéralement à "fabriquer du sol", à lui redonner ses fonctions premières et à les évaluer.

Une façon récente d'aborder le sol urbain

Dans un contexte de développement durable et favorable à l'économie circulaire, le sol urbain n'est plus considéré pour sa fonction de support pour le bâtiment, mais également pour sa capacité à accueillir des cultures, à filtrer les eaux de pluies, à constituer un habitat pour la biodiversité, etc. Les gestionnaires de territoires vont pouvoir s'appuyer sur toutes ces fonctions pour exploiter les services retrouvés et continuer leur développement.

Cette façon d'aborder les sols est récente. Elle ouvre le champ des possibles pour "reconstruire la ville sur la ville" en réhabilitant les friches, et donc ne pas urbaniser de sol agricole. Avec le souci croissant d'avoir une ville plus agréable, souvent plus végétale. Bref, le sol est l'objet de toutes les attentions de la part des scientifiques. Les recherches qui en découlent associent des pédologues, des biologistes, des écologues, des agronomes, et, en plus, pour les thématiques liées aux déchets, des sociologues et des économistes, car il y a dans ces études une dimension liée à l'acceptabilité du public et à la rentabilité de ces nouveaux sols.

Recréer des sols fertiles à partir de matériaux recyclés de la ville

Le projet SITERRE propose de recréer du sol sur des supports totalement stériles en milieu urbain. Impliqué dans le GISFI (groupement d'intérêt scientifique sur les friches industrielles), aux côtés du CNRS, de l'université de Lorraine, de l'INRA et de l'INERIS, le BRGM a travaillé de 2010 à 2015 à la construction de sols fertiles à partir de matériaux de recyclage issus de la ville. Également entouré de professionnels du secteur, dont l'entreprise VALTERRA, il s'agissait concrètement de développer une démarche de génie pédologique pour construire des sols possédant les fonctions de fertilité agronomique et de portance recherchées. Ces "anthroposols construits" ou "technosols" peuvent être élaborés à partir de matières premières secondaires (composts, boues de papeteries, terres excavées, boues de dragage, granulats de béton, autres inertes concassés, etc.), tout en garantissant la pérennité des ouvrages, l'innocuité sanitaire et environnementale et son acceptabilité par le public.

Devant aussi assurer le transfert technologique de ce procédé de construction de sol vers les professionnels, SITERRE a donné naissance à un ouvrage à destination des ingénieurs, architectes, paysagistes, urbanistes, programmistes et promoteurs.

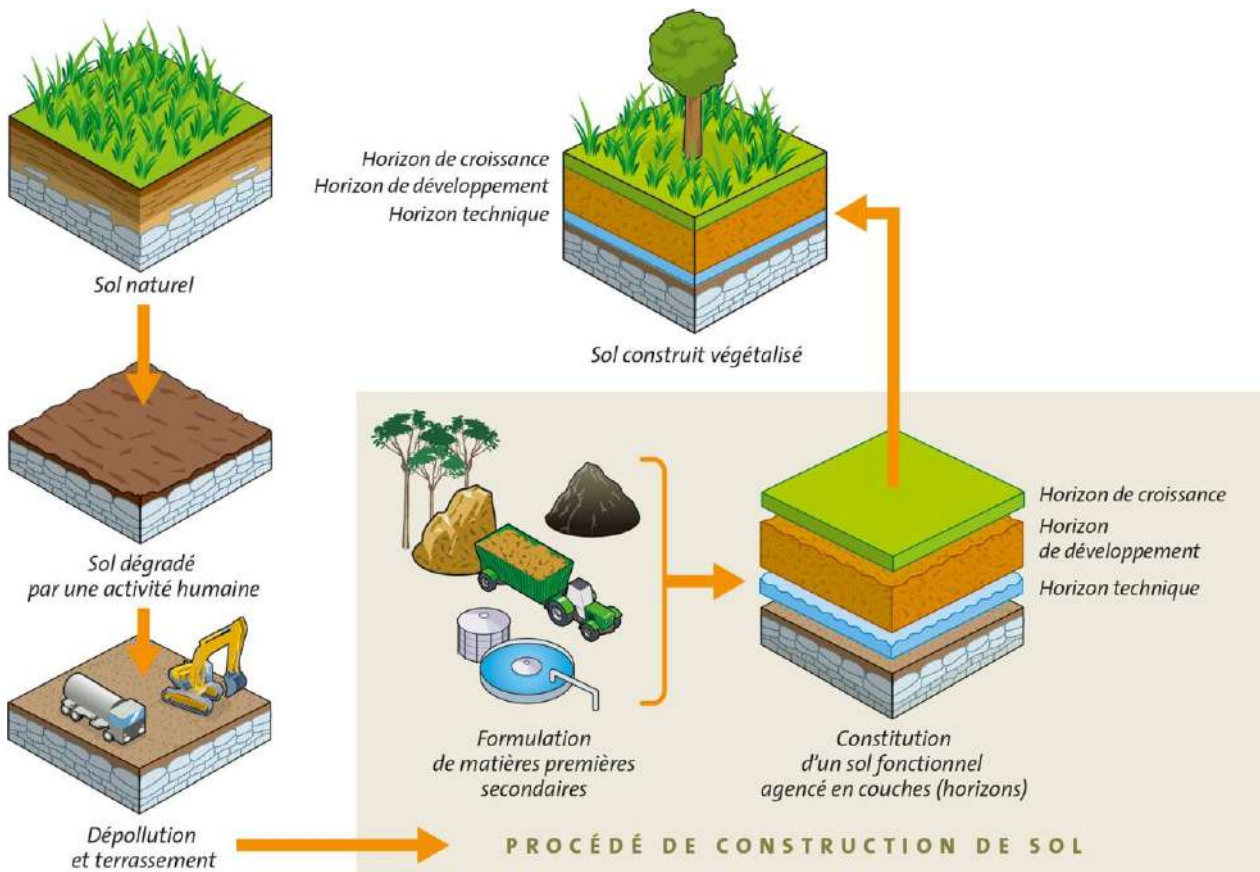


Schéma de synthèse illustrant l'intégration du procédé de construction de sol (Brevet INRA/INPL/TVD) pour la reconquête des milieux dégradés.

© BRGM

Recréer des écosystèmes fonctionnels à partir de sol dégradé

Actuellement en cours (2016-2019), le projet BioTUBES quant à lui (Bio Technosols Urbains en faveur de la Biodiversité Et des Services écosystémiques) est piloté par l'entreprise Valorhiz qui associe la reconstruction de sols au génie écologique pour rétablir les fonctions des sols. En outre, le partenariat formé avec Elisol Environnement et le BRGM permet d'évaluer cette restauration par le suivi d'indicateurs biologiques (nématodes, microorganismes), dans une approche globale incluant une évaluation économique, sociétale et réglementaire.

Mieux caractériser le transfert des polluants dans les sols

Nous ne serions pas complets sans citer, enfin, le projet LABBIO, sur le transfert de polluants inorganiques dans des "technosols" contaminés. La gestion de la pollution reste effectivement un enjeu majeur de la refunctionalisation du sol des friches industrielles. En tout, une panoplie d'études et d'outils pour véritablement fabriquer de nouveaux sols "à valeur ajoutée" en recyclant la ville...

Ouvrage

Créer des sols fertiles : du déchet à la végétalisation urbaine. Olivier Damas (coord.), Anaïs Coulon (coord.), 2016. Éditions Le Moniteur, Antony, 336 p. (EAN : 9782281140965). Préfacé par Nicolas Hulot et Claire Chenu.