

AGGRADER LES SOLS [URBAINS]

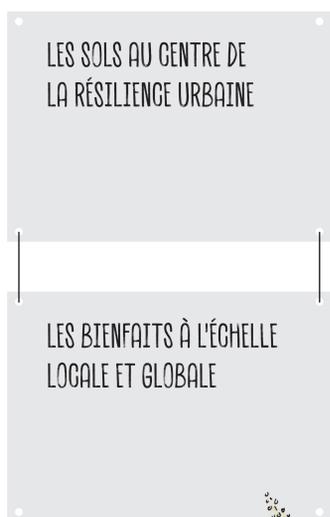
Exposition itinérante

Créée par le Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement du Doubs (CAUE 25) dans le cadre de ses missions de sensibilisation et d'information, cette exposition vous emmène à la découverte des sols dans la dynamique de leur épaisseur. Laissez-vous guider et n'oubliez pas de regarder sur quoi vous marchez !

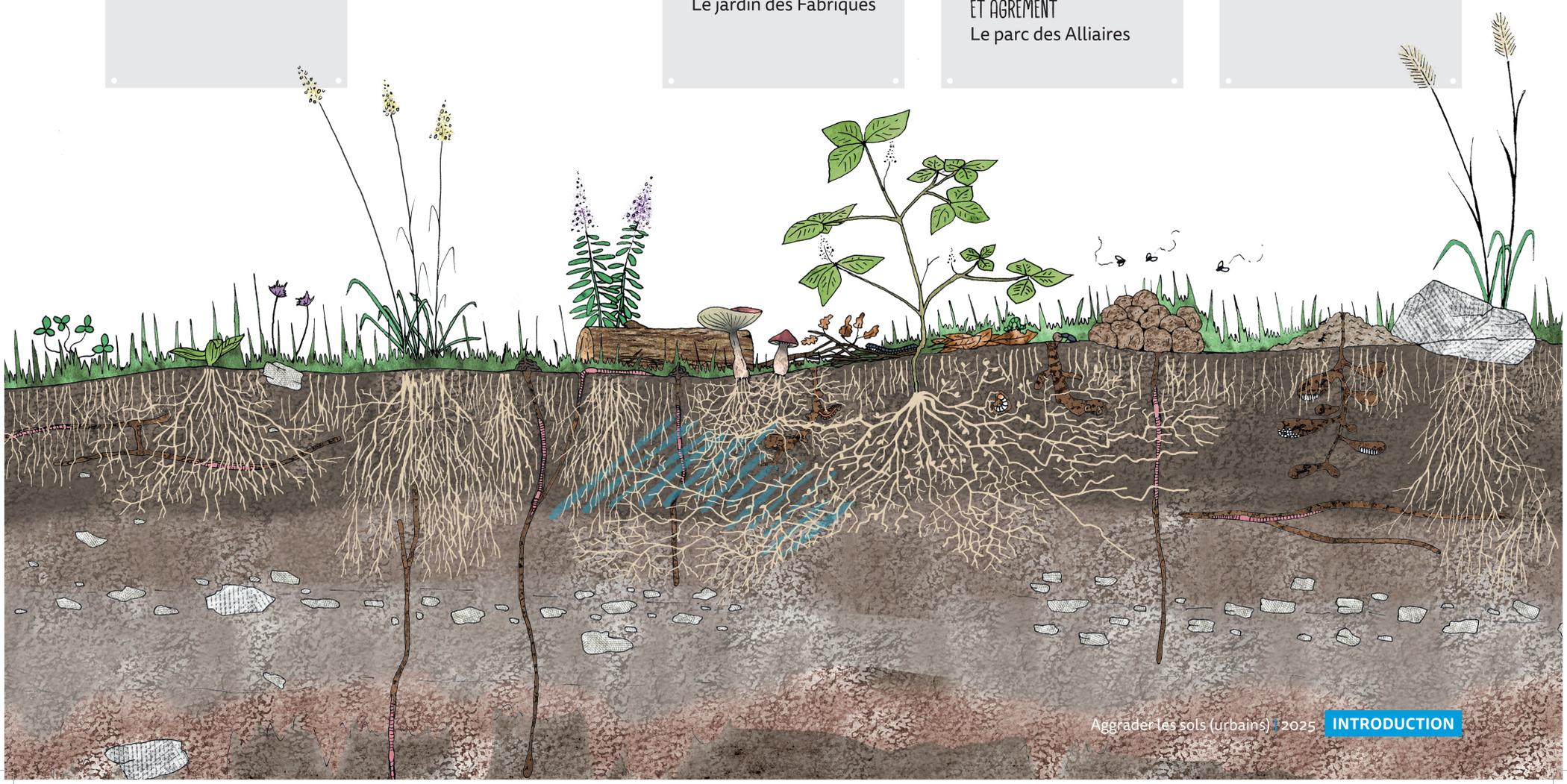
VOUS AVEZ DIT SOL ?



AGGRADER : COMMENT ET POURQUOI ?



RÉFÉRENCES DE PROJETS EXEMPLAIRES ?

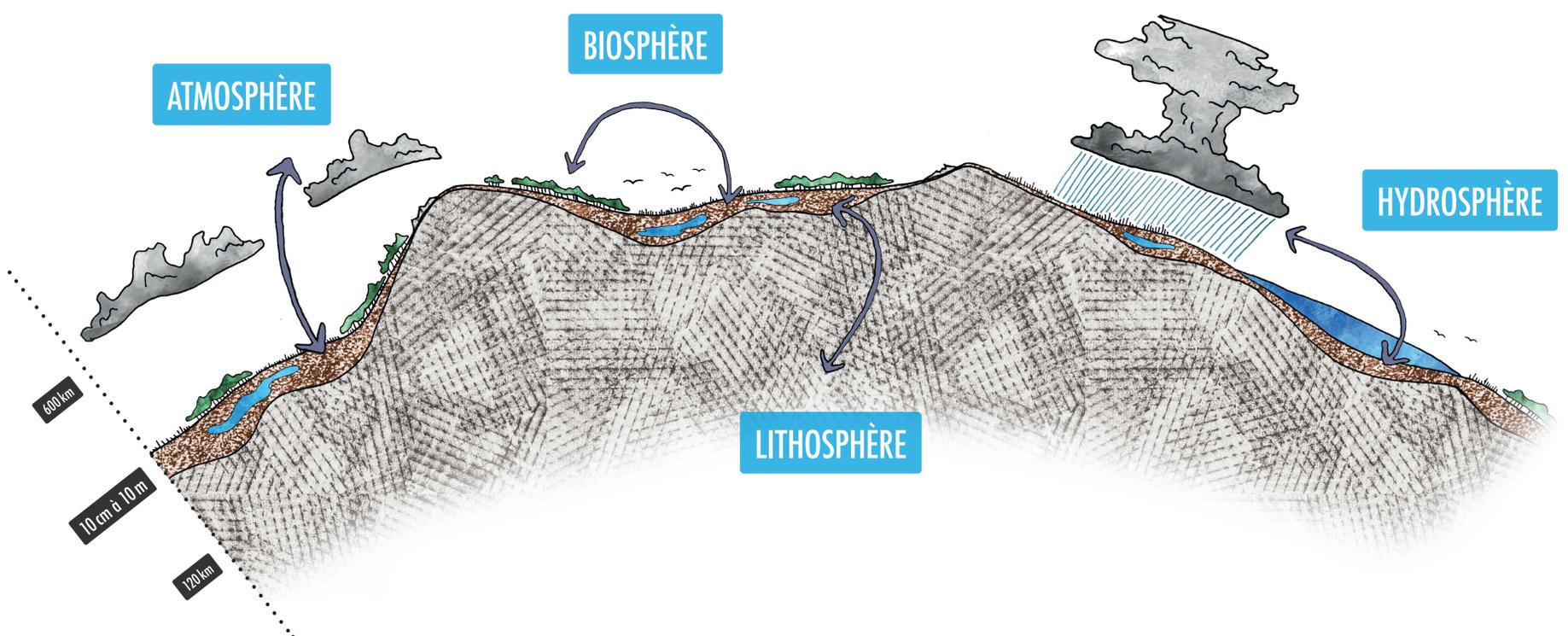


AGGRADER LES SOLS (URBAINS)

Longtemps oubliée des politiques publiques, la prise en compte des qualités et valeurs des sols dans les projets d'aménagement est pourtant indispensable pour envisager l'adaptation des sociétés humaines aux changements climatiques.

Cette exposition souhaite apporter un regard en profondeur sur cette épaisseur méconnue, afin de mieux comprendre les rôles que les sols ont à jouer dans la résilience des aménagements urbains.

Elle présente aussi, par le prisme d'exemples de projets de qualité, des leviers d'actions permettant de tendre vers des sols urbains plus vivants et plus fonctionnels, dans une logique d'aggradation et non plus de dégradation.



25

Doubs

C | a.u.e

Conseil d'architecture, d'urbanisme
et de l'environnement

LES SOLS ?

Les sols composent la couche superficielle de la croûte terrestre, épaisse de quelques centimètres à plusieurs mètres de profondeur. C'est un milieu de vie complexe à l'interface entre l'atmosphère et les sous-sols, indissociable du fonctionnement des écosystèmes, du climat et des conditions d'habitabilité de la Terre.

LES RÔLES DES SOLS

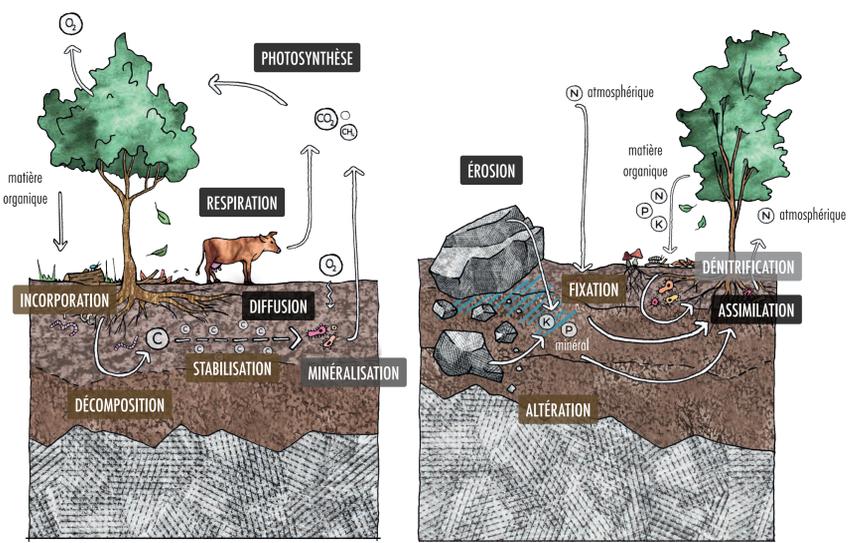
Ce monde invisible est un acteur essentiel de la présence de la vie sur terre. Les sols remplissent de nombreux rôles indispensables à cette dernière.



LES SOLS DANS LES ECOSYSTÈMES

Ces êtres vivants de toute taille et de tout genre, plantes, insectes, mammifères, champignons et bactéries vivent dans les sols et participent tous à maintenir la qualité de leur milieu de vie. Cette biodiversité joue un rôle majeur dans la capacité du sol à stocker du CO₂. À travers l'action des plantes et de la faune du sol, de grandes quantités de carbone d'origine atmosphérique y sont séquestrées. Il y a 5 fois plus de carbone stocké dans les 30 premiers centimètres du sol que dans le bois des forêts (Ademe). La vie du sol participe ainsi à de nombreux cycles d'éléments nutritifs essentiels à la vie sur terre. De nombreuses transformations ont lieu dans les sols permettant de rendre des nutriments comme l'Azote (N), le Phosphore (P) ou le Potassium (K) disponibles pour la vie du sol ainsi que d'en faire bénéficier les végétaux, notamment.

Les sols sont le terreau fertile de la majorité de la biodiversité. Il a été estimé qu'il y aurait plus de la moitié de la biodiversité totale de la Terre concentrée dans les 30 premiers centimètre des sols. (Anthony et al., PNAS, 2023)

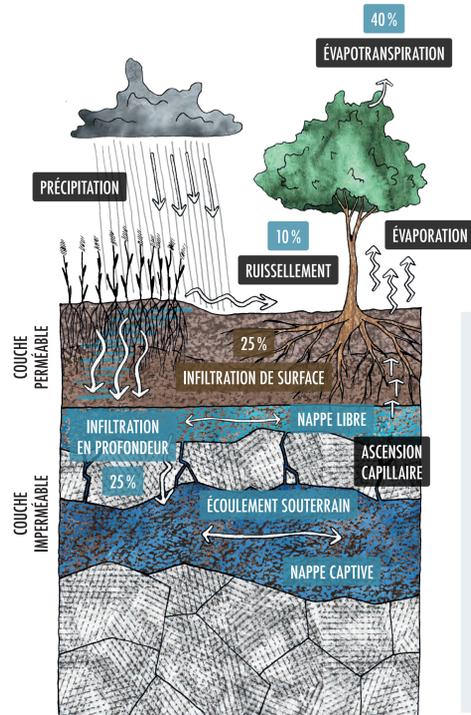


LES RESSOURCES DES SOLS

Les sols sont à l'origine de ressources essentielles au fonctionnement des sociétés humaines. Ils sont le support universel de l'agriculture. Les humains en tirent d'abord de quoi se nourrir, mais aussi de quoi produire des fibres qui servent à fabriquer des vêtements, des cordes ou encore des voiles pour s'habiller et se déplacer.

Les humains ont exploité de nombreux matériaux issus des sols, comme l'argile, pour façonner et bâtir de quoi se protéger et se loger. Les sols sont aussi supports de diverses sources d'énergie telles que la production de bois ou l'exploitation du charbon et du pétrole dans le sous-sol.

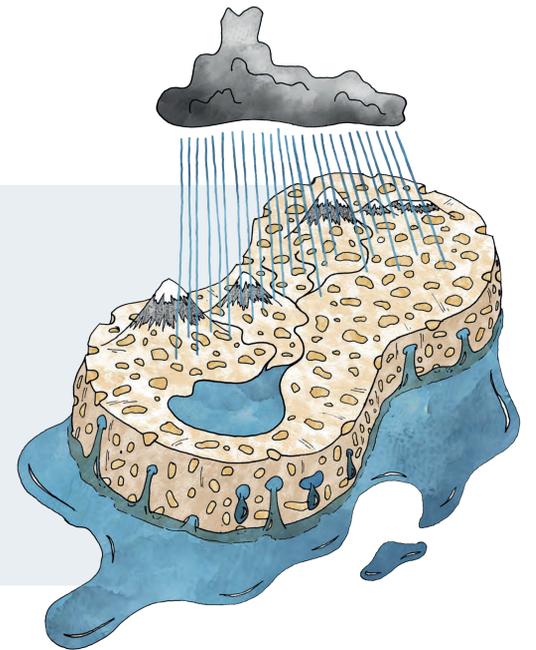
95% de ce que nous mangeons provient des sols. (FAO, 2022)



Ce caractère d'éponge des sols permet de réguler le transfert de l'eau entre l'atmosphère, les nappes phréatiques et les rivières, tout en rendant disponible cette ressource essentielle à la vie sur terre.

LES SOLS DANS LE CYCLE DE L'EAU

Les sols jouent un rôle majeur dans le cycle de l'eau. Grâce à leur structure plus ou moins poreuse, ils infiltrent et stockent les eaux de ruissellement, participent à la filtration et à la séquestration de polluants, et créent ainsi des réserves d'eau facilement disponibles pour les plantes. Par transpiration et évaporation, une partie de cette eau retourne dans l'atmosphère et repart pour un nouveau cycle.



LES SOLS COMME SUPPORT

Ils sont le milieu de développement de nombreuses infrastructures, des réseaux de canalisations, de transports, de communication ou encore d'alimentation en énergie. Les sols servent aussi d'ancrage aux végétaux, leur permettant de résister aux contraintes extérieures et de s'élever au dessus de la surface. Ce sont les bases de la vie terrestre, des socles très diversifiés, produisant l'immense variation des paysages à travers le monde.

Les sols sont le support physique sur lequel reposent les constructions bâties par les sociétés humaines au cours des siècles.



Les sols jouent un rôle dans la conservation des traces de l'histoire humaine, mais aussi à l'échelle de la Terre.

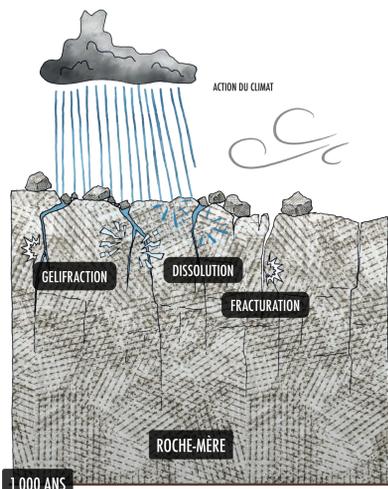
LA MÉMOIRE DES SOLS

Au cours du temps, une stratification s'opère, chaque couche recouvrant la précédente, permettant ainsi la conservation d'objets, de constructions ou d'ossements. Les sols protègent aussi les marques d'événements géologiques importants comme les failles, les émergences, ou encore les séismes. Les sols sont un bien commun, un patrimoine fragile qu'il est nécessaire de préserver et de transmettre aux générations futures.

LA LENTE FORMATION DES SOLS : LA PÉDOGENÈSE

À L'ORIGINE, LA ROCHE À NUE

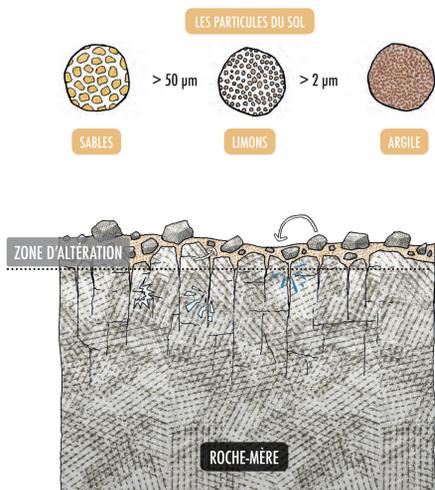
Au départ, il y a le matériau de base de la formation des sols : la **roche-mère**. Des roches granitiques, schisteuses ou calcaires ne vont pas produire le même type de sol.



En fonction du relief, et sous l'action du climat, ces roches vont subir des **fragmentations physiques** (action du gel, fracturation naturelle...) et des **altérations chimiques** (dissolution, oxydation...), produisant l'apparition de particules plus ou moins fines et d'éléments minéraux divers.

FORMATION DE LA TEXTURE

Les particules constituant les éléments de base des sols sont caractérisées par leur taille : **ce sont les sables, les limons et les argiles**.

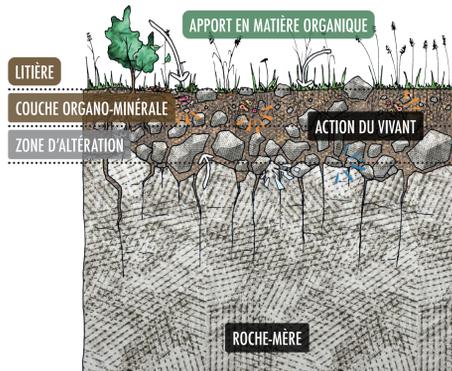


Le mélange et l'agencement de ces particules à la surface vont former des **textures de sol différentes**, qui produisent des **structures plus ou moins poreuses**, permettant l'infiltration d'air et d'eau.



COLONISATION ET FORMATION DE LA STRUCTURE

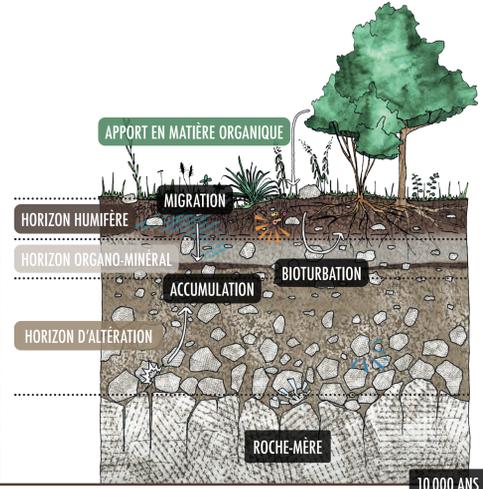
Un squelette minéral constitué d'eau et d'air forme désormais un support. Des êtres vivants peuvent alors s'y implanter. La **matière organique** produite par ces organismes constitue le dernier ingrédient pour obtenir des **sols vivants**.



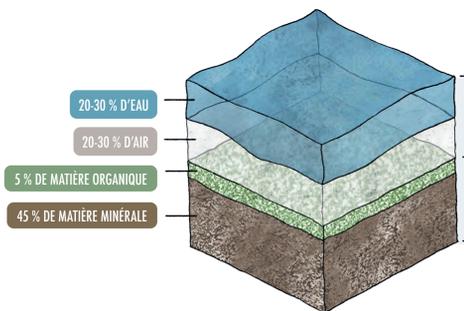
Sous l'action des organismes du sol, cette matière organique va être digérée et incorporée au sol, produisant de l'**humus**.

FORMATION DES HORIZONS

Par l'action de l'eau (**lessivage**) et du vivant (**bioturbation**), des transferts et accumulations de matériaux minéraux et organiques vont s'effectuer dans l'épaisseur du sol. Des couches, de compositions et de couleurs différentes, se forment alors.



Au fur et à mesure de l'évolution des sols, plusieurs couches horizontales vont se superposer : ce sont les **horizons du sol**.



1/2
1/2

Le sol est un milieu composé majoritairement de 3 éléments : **gaz** (O₂, CO₂, N...), **eau liquide** et **minéraux**. La matière organique ne représente en moyenne que 5 % du volume total d'un sol, mais elle est indispensable au bon fonctionnement de celui-ci.

Il faut environ 300 ans pour former 1 cm de sol. Ce lent processus de fabrication peut être stoppé ou renversé par des facteurs anthropiques tels que l'artificialisation ou la pollution des sols.

La restauration de ces emboîtements de structures, de l'agrégat jusqu'aux horizons, est un des objectifs des opérations de renaturation des sols. Retrouver des conditions favorables à la présence et à la santé de la biodiversité dans les sols permet ainsi de restaurer les fonctions amenuisées des sols en milieu urbain.

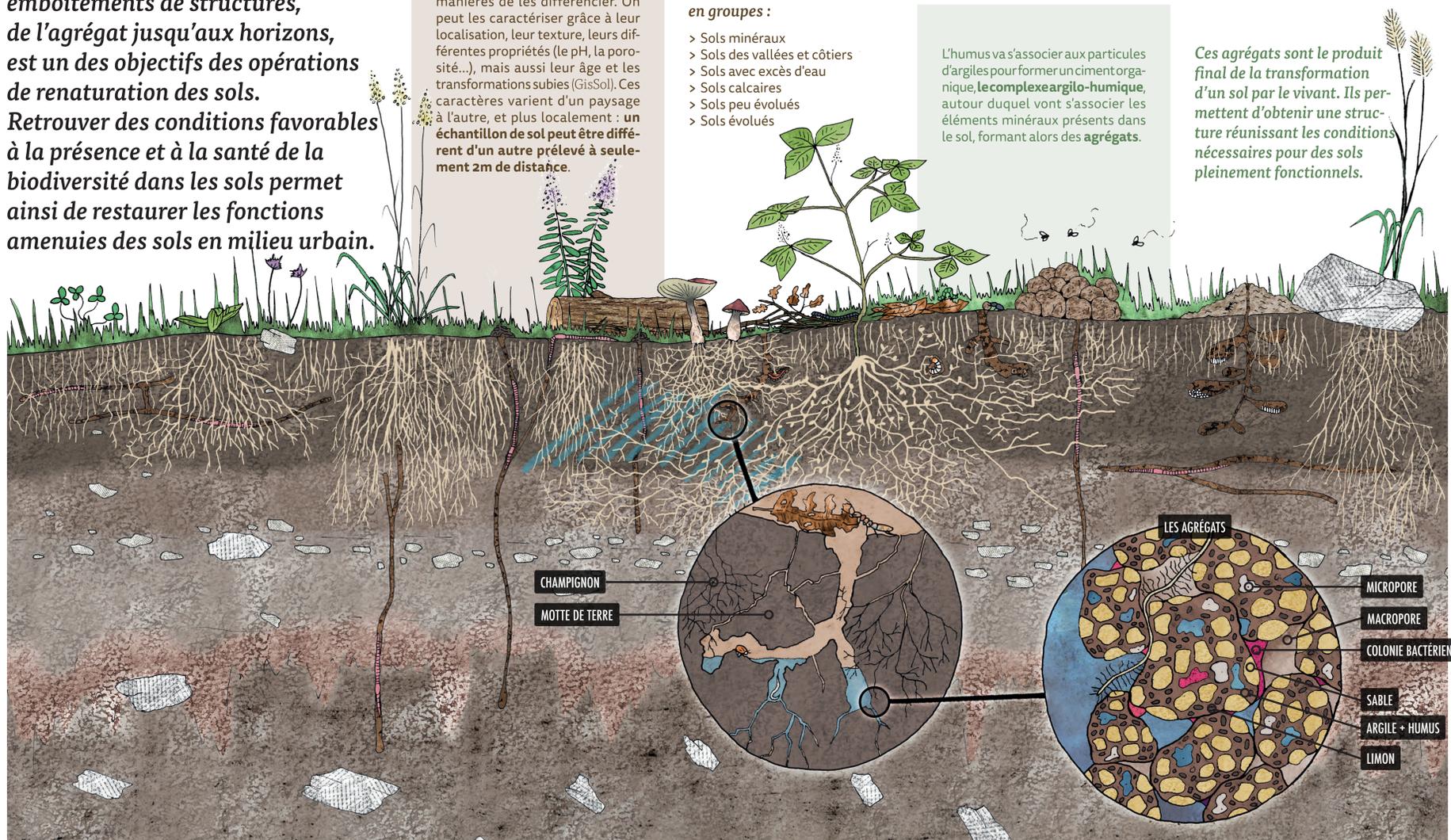
Il existe une grande variété de sols à travers le monde, et de nombreuses manières de les différencier. On peut les caractériser grâce à leur localisation, leur texture, leurs différentes propriétés (le pH, la porosité...), mais aussi leur âge et les transformations subies (GisSol). Ces caractères varient d'un paysage à l'autre, et plus localement : **un échantillon de sol peut être différent d'un autre prélevé à seulement 2m de distance.**

En France, il existe 34 familles de sols rassemblées en groupes :

- > Sols minéraux
- > Sols des vallées et côtiers
- > Sols avec excès d'eau
- > Sols calcaires
- > Sols peu évolués
- > Sols évolués

L'humus va s'associer aux particules d'argiles pour former un ciment organique, le **complexe argilo-humique**, autour duquel vont s'associer les éléments minéraux présents dans le sol, formant alors des **agrégats**.

Ces agrégats sont le produit final de la transformation d'un sol par le vivant. Ils permettent d'obtenir une structure réunissant les conditions nécessaires pour des sols pleinement fonctionnels.



L'ANTHROPISATION DES SOLS :

Des profils et qualités de sols très divers

Il existe une très grande diversité de profils de sols aux propriétés physiques et chimiques différentes. Les services rendus par ces derniers sont donc très variables.

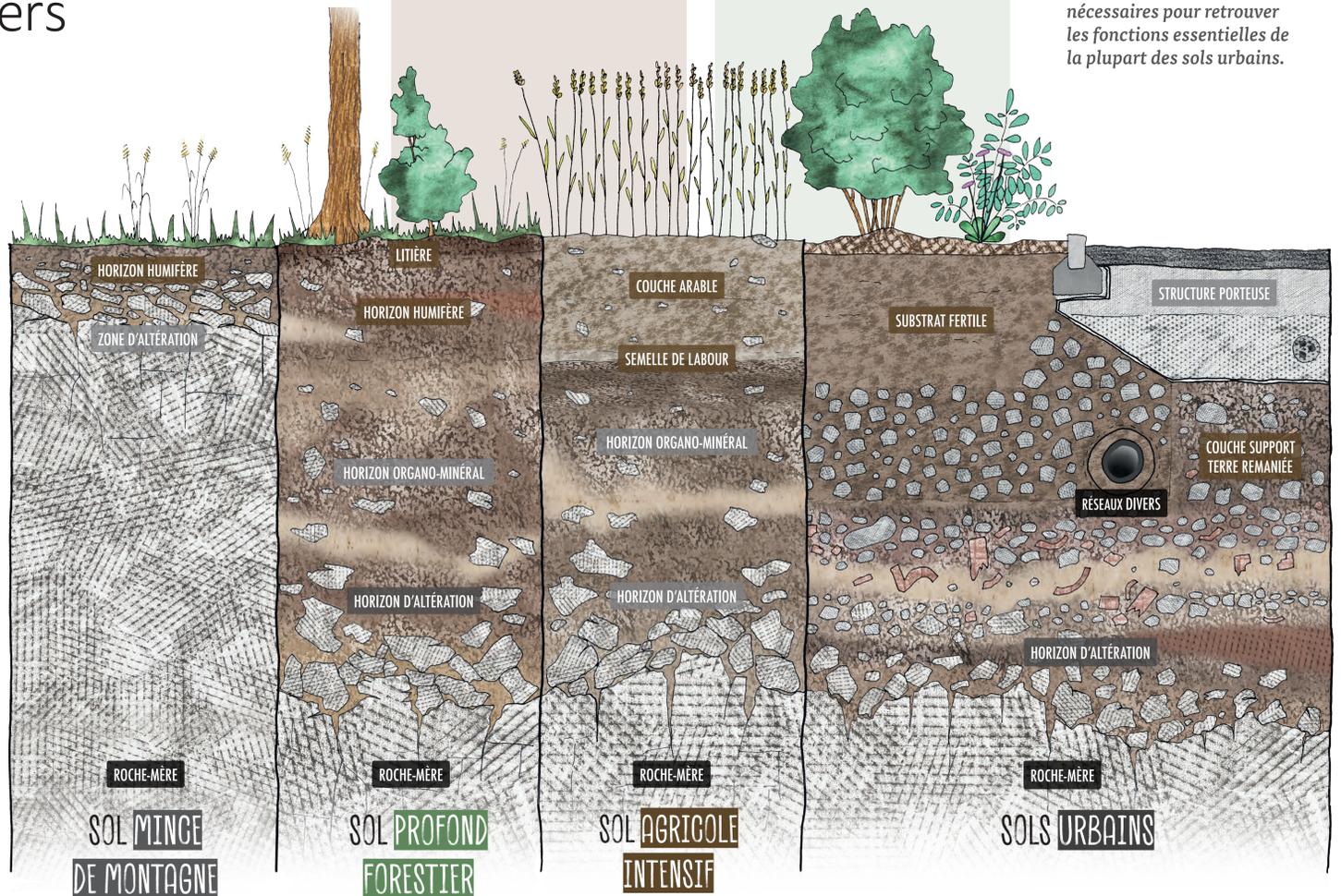
Les anthroposols sont présents dans tout milieu où l'activité humaine exerce une forte pression (agriculture intensive, industries, voies de communication...) et dont elle est le facteur dominant de pédogenèse.

Le travail intensif des terres agricoles provoque une dégradation de la qualité des sols. L'usage de pesticides et d'engrais modifie les dynamiques biologiques et chimiques. Le passage répété d'engins lourds et le recours au labour provoque un tassement des horizons du sol.

La végétalisation d'espaces urbains s'accompagne encore souvent d'amendements en terre végétale issue du décapage de l'horizon humifère d'ENAF*, et d'un mélange terre-pierre. Ces volumes de substrat fertile se retrouvent souvent isolés les uns des autres tout en devant répondre à de fortes contraintes techniques. Cela limite la présence de biodiversité, malgré l'apport de matière organique.

À partir de la 2nd moitié du XX^e siècle, l'occupation des sols en milieu urbain s'est généralement traduit par leur tassement et leur scellement, en réponse à des enjeux techniques ou d'usage. Cela a fabriqué des milieux globalement peu perméables et peu hospitaliers pour la biodiversité du sol.

Sans intervention humaine, plusieurs siècles seront nécessaires pour retrouver les fonctions essentielles de la plupart des sols urbains.

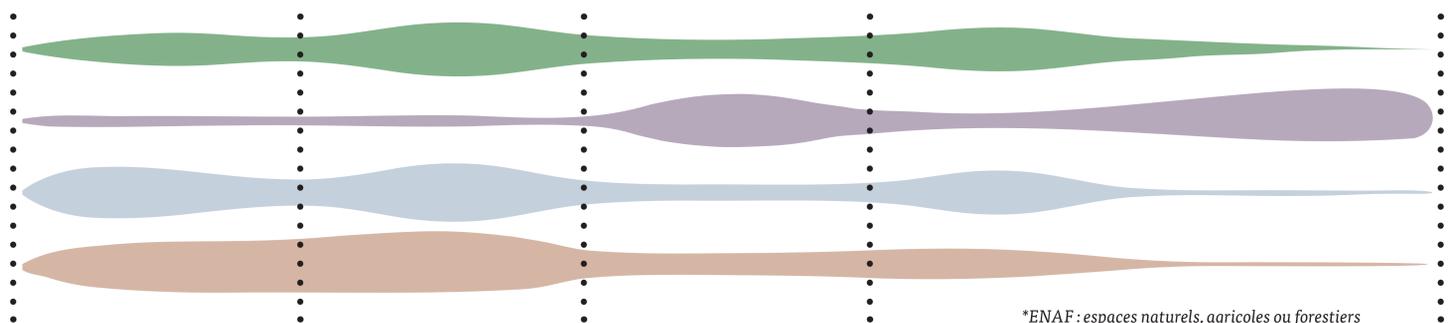


MATIÈRE ORGANIQUE

FACTEURS LIMITANTS**

PERMÉABILITÉ

BIODIVERSITÉ



*ENAF : espaces naturels, agricoles ou forestiers
 **Facteurs limitants : pollution, tassement, labour profond, scellement de la surface...

Des sols sous pression : les sols urbains

Les sols urbains représentent un sous-ensemble des sols anthropisés localisés dans les zones urbaines / bâties. Ils sont considérés comme des sols jeunes à l'échelle du temps pédologique et évoluant rapidement.

Comme les sols naturels, agricoles ou forestiers, les sols urbains sont très hétérogènes. Ils varient selon l'usage et l'occupation du sol, mutants avec l'évolution historique des villes. Il s'agit donc d'un dépôt architecturé ou construit, muni d'une certaine épaisseur, et reflétant un temps d'aménagement préalable à l'occupation de l'espace. (Meyer et al., 1983)

Ils sont souvent massifs ou particuliers (majorité d'argile ou de sable) et présentent très peu d'agrégats. Ils contiennent de nombreux artefacts* agissant dans la modification de leurs caractéristiques physico-chimiques.

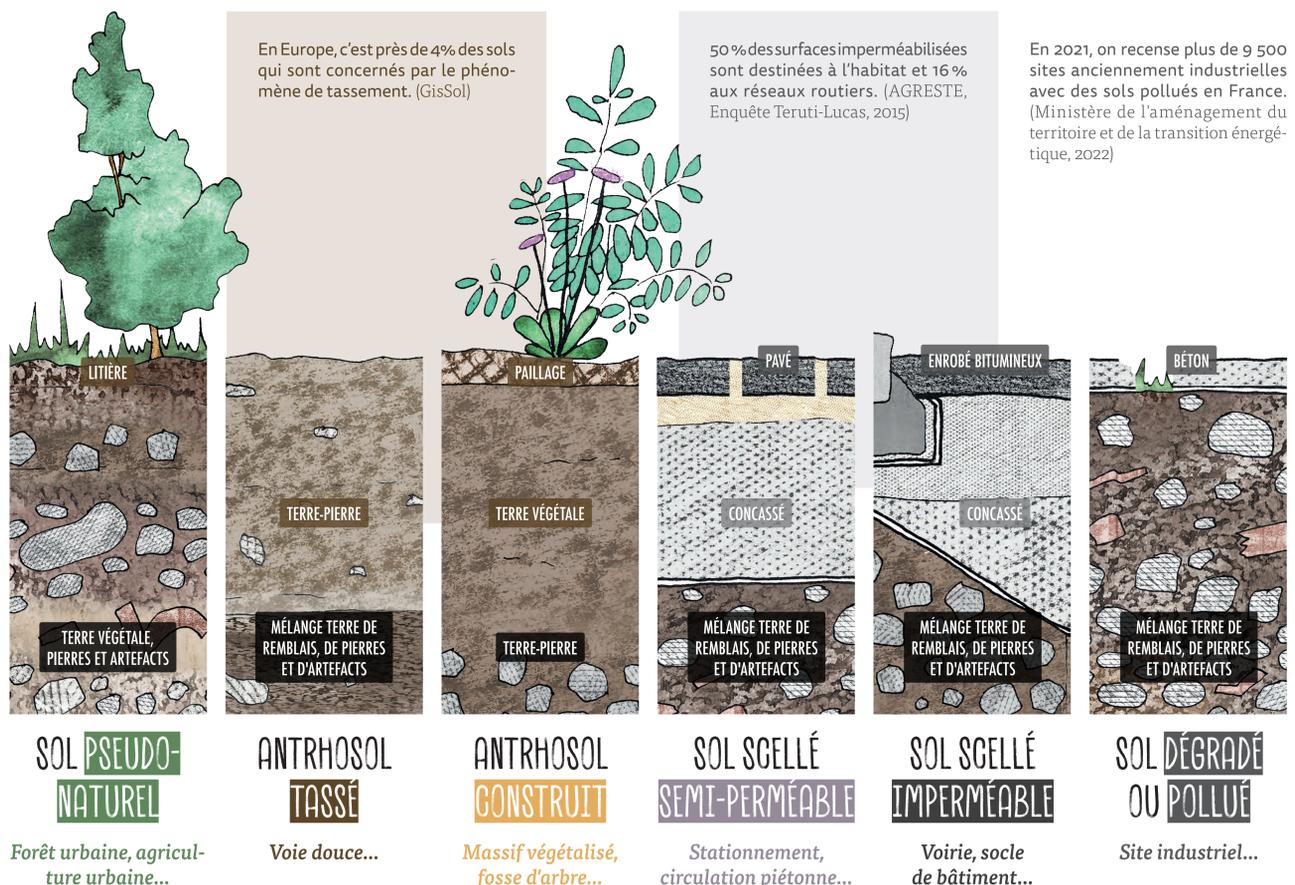
*Artefact : Produit de l'art ou de l'industrie humaine (brique, plastique, verre...).

D'après la WRB (World Reference Base For Soils, ressources 2014), un technosol est défini comme étant un sol technique contenant des quantités d'artefacts supérieures ou égales à 20% sur les 100 premiers centimètres tandis qu'un anthrosol est un sol ayant subi de forts remaniement de ses horizons.

En Europe, c'est près de 4% des sols qui sont concernés par le phénomène de tassement. (GisSol)

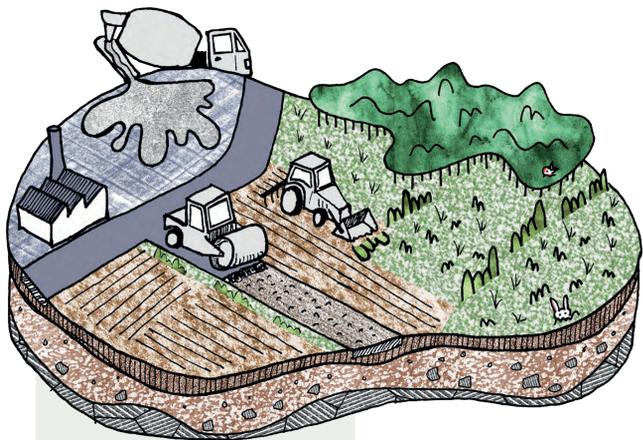
50% des surfaces imperméabilisées sont destinées à l'habitat et 16% aux réseaux routiers. (AGRESTE, Enquête Teruti-Lucas, 2015)

En 2021, on recense plus de 9 500 sites anciennement industriels avec des sols pollués en France. (Ministère de l'aménagement du territoire et de la transition énergétique, 2022)



LES SOLS DU XXI^E SIÈCLE :

Des sols modifiés...



ACTIVITÉS HUMAINES

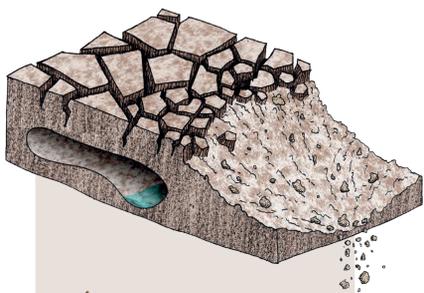
L'artificialisation est motivée par le développement des activités humaines et des infrastructures qui les accompagnent. La construction de zones d'activités commerciales, de zones industrielles ou même l'agriculture intensive participent à la dégradation de la qualité des sols.

L'artificialisation d'un sol est la modification durable de tout ou partie de ses fonctions écologiques par son occupation ou son usage. Cela concerne en particulier ses fonctions biologiques, hydriques, climatiques et son potentiel agronomique. (Loi climat & résilience, 2021)

Les activités humaines (agriculture, industrie, déplacement...) et la fabrique de la ville sont des vecteurs de transformation importante des sols, modifiant leurs qualités chimiques, physiques et biologiques.

...qui impactent l'environnement et les êtres-vivants

Ces sols artificialisés ont perdu une partie de leurs fonctions entraînant des modifications durables ainsi qu'un déséquilibre de notre environnement, augmentant fortement notre vulnérabilité face aux risques naturels.



SÉCHERESSE ÉROSION DES SOLS

L'intensité des activités humaines a modifié les capacités de résilience des sols face au changement climatique. Leur transformation modifie fortement leur potentiel de rétention de l'eau, menant au doublement de la fréquence des sécheresses des sols d'ici 2050. (DRIAS-Eau)
Le modèle agricole intensif est particulièrement impliqué dans l'érosion des sols, à l'origine de catastrophes comme le "Dust Bowl" des années 1930 aux États-Unis.

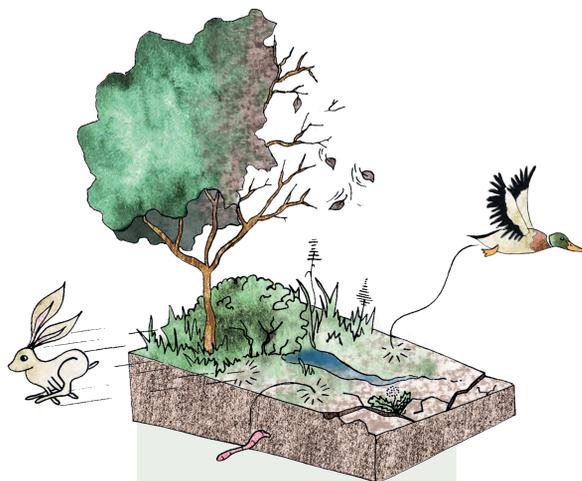
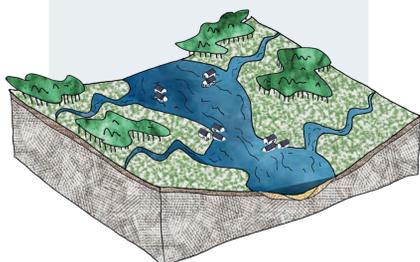
En France, à cause de l'érosion hydrique ou éolienne, environ 1,5 tonnes de sol par hectare sont érodées chaque année. (BRGM, 2019)

*Dust Bowl : série de tempêtes de poussière provoquées par le labour mécanique d'anciennes prairies en zone aride, favorisant ainsi l'érosion éolienne.

Cette évolution des inondations vers un régime plus violent concerne près d'un quart de la population française qui vit en zone inondable. (Ministères de l'aménagement du territoire et de la transition écologique, 2023)

RUISSELLEMENT INONDATION

L'artificialisation des sols est aussi responsable de l'altération des capacités des sols à infiltrer les eaux de ruissellement, ce qui a un effet direct sur les quantités d'eau qui s'accumulent en surface. Les rivières se chargent plus rapidement, augmentant le risque d'avoir des inondations brusques et importantes.



ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ

Qu'il s'agisse d'une perte de surface, de masse, de sols actifs biologiquement, ou de qualité agronomique de ces derniers, les conséquences de l'anthropisation des terres amènent à une importante érosion de la biodiversité des sols, pourtant essentielle au maintien d'un milieu propice à l'accueil de la vie.

Ainsi, cette diminution entrave les multiples fonctions remplies par les sols, impactant la biodiversité planétaire dans son ensemble et tendant vers une diminution globale du nombre et de la diversité d'espèces vivantes.

À l'échelle mondiale :

- > 40 % des insectes sont en déclin (la masse totale des insectes diminue de 2,5 % chaque année)
- > 68 % des populations de vertébrés (mammifères, poissons, oiseaux, reptiles et amphibiens) ont disparu entre 1970 et 2016
- > 41 % des amphibiens et 27 % des crustacés sont menacés de disparition

(Rapport Planète vivante du WWF, Biological Conservation, IPBES, 2020)

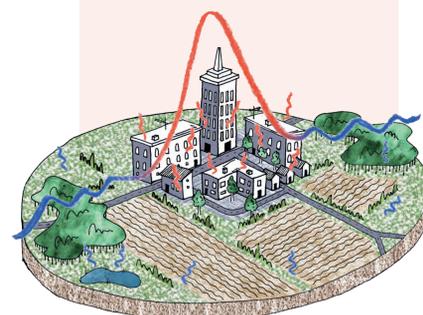
Avec des canicules de plus en plus fréquentes, le milieu urbain devient progressivement inadapté à ces épisodes de chaleur.

CANICULE ICU**

Le phénomène d'îlot de chaleur (ICU)** s'intensifie de plus en plus dans les zones urbaines où la densité du bâti, la pollution atmosphérique et l'imperméabilisation des sols avec des matériaux minéraux à faible albédo*** peuvent générer une hausse des températures allant jusqu'à un différentiel de 10°C avec les zones rurales ou périurbaines environnantes. (Ademe magazine, mai 2023)

** Îlot de chaleur urbain (ICU) : différence de température observée entre un site urbain et un site rural environnant.

***Albédo : capacité d'une surface à réfléchir les rayons lumineux. Ainsi, plus un corps est clair et plus il est réfléchissant, son albédo est donc fort.

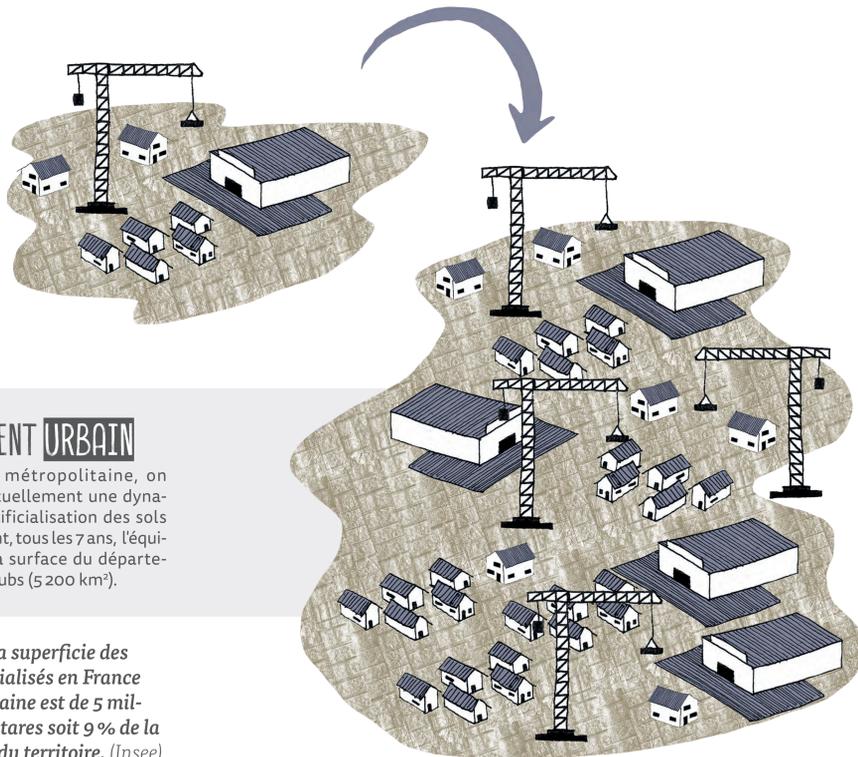


ÉTALEMENT URBAIN

En France métropolitaine, on observe actuellement une dynamique d'artificialisation des sols consommant, tous les 7 ans, l'équivalent de la surface du département du Doubs (5200 km²).

En 2020, la superficie des sols artificialisés en France métropolitaine est de 5 millions d'hectares soit 9 % de la superficie du territoire. (Insee)

L'étalement de notre urbanisation et de nos infrastructures s'est fortement accentué ce dernier siècle, grignotant rapidement les espaces naturels, agricoles et forestiers.



LES SOLS AU CENTRE DE LA RÉSILIANCE URBAINE

Les leviers d'aggradation mobilisables



LA PLANIFICATION TERRITORIALE

La **plannification** est un outil prospectif de préservation et de restauration des sols. Cela peut se traduire, dans le zonage d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU), par la définition de zones urbaines à réhabiliter pour « faire la ville sur la ville » et éviter d'urbaniser des terres agricoles, forestières ou naturelles.

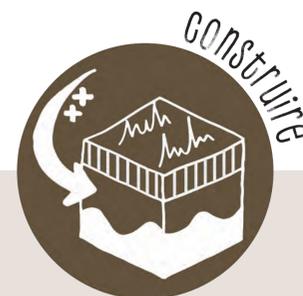
En complément du zonage, d'autres pièces d'un PLU telles que les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) permettent de faire le lien entre planification et projet, en cherchant à optimiser le foncier urbanisable.



LA DÉSIMPERMÉABILISATION

La **désimperméabilisation** consiste à retirer partiellement ou totalement un matériau de revêtement de sol (enrobé, béton, dallage...) de manière à restituer à la surface du sol sa capacité d'infiltration des eaux de pluie.

Une restructuration du profil du sol, par son décompactage et sa reconnexion avec les couches du sous-sol, peut être nécessaire afin de faciliter la colonisation par le vivant de ce sol réouvert et ainsi lui permettre de recouvrer les fonctions essentielles à sa bonne santé.



LA CONSTRUCTION D'UN SOL

La **construction** d'un sol, alors appelé technosol, est une technique issue du génie pédologique. Ce sol artificiel est formé à partir de déchets de démolition inertes et de matière organique permettant de lui attribuer des qualités mécaniques et écosystémique proche d'un sol nature. (Créer des sols fertiles, 2016)

À la fin des années 2000 a émergé un savoir-faire des sols construits par la définition de quatre horizons distincts pouvant être associés de manière variable en fonction des usages projetés (Séré et al. 2007) :

- > **Horizon de croissance** : couche de surface permettant la germination et le développement initial de la végétation ;
- > **Horizon de développement** : couche permettant l'ancrage des racines et l'approvisionnement en nutriments ;
- > **Horizon technique** : couche offrant des fonctionnalités supplémentaires comme la fourniture d'eau ou le drainage ;
- > **Horizon-squelette** : couche présentant des propriétés géomécaniques compatibles avec la circulation d'engins.

Le sol est une ressource non-renouvelable à l'échelle du temps humain ; sa construction artificielle constitue donc une alternative à l'apport de granulats issus de carrière et de terre végétale exogène au site de projet, démarche coûteuse et non-perenne.



LA VÉGÉTALISATION

La **végétalisation** des sols accompagne le phénomène de reconstitution d'un sol en l'« habillant » et le « nourrissant » par la couverture protectrice qu'elle forme (protection solaire, évite la création d'une croûte de battance*...) et l'apport de matière organique qu'elle génère. La santé des sols et celle des végétaux qui s'y implantent est indissociable.

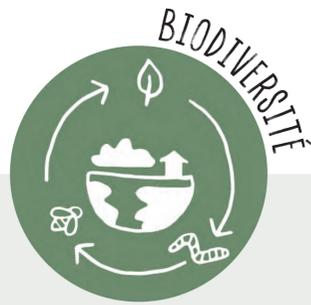
Plusieurs démarches de végétalisation sont possibles :

- > **Le laisser-faire** : gratuite, la colonisation spontanée permet la mise en place d'une palette végétale spécifique et adaptée au contexte local. Elle reste plus longue de mise en place que les autres démarches avec un rendu moins maîtrisé ;
- > **Le semis et bouturage** : économique et moyennement rapide, cette méthode permet de maîtriser la palette végétale installée, tout en facilitant la possibilité d'implanter des essences adaptées au site (ex. : usage de semences issues de la démarche Végétal Local, récolte de boutures à proximité...);
- > **La plantation de sujets préalablement cultivés en pépinière** : plus coûteuse, elle présente l'intérêt de proposer un couvert végétal rapide et maîtrisé en fonction des usages à venir.

De plus en plus d'expérimentations de végétalisation de technosols s'accompagnent d'un ensemencement du substrat par des champignons mycorhiziens, facilitant la mise en place d'un écosystème favorable à la reprise des végétaux.

*Croûte de battance : couche superficielle imperméable formée par l'action de la pluie sur la surface du sol.

Les bienfaits à l'échelle locale et globale



LA BIODIVERSITÉ

Un sol en bonne santé, naturel ou construit, est nécessaire à la présence d'une biodiversité équilibrée à l'échelle locale, mais aussi globale. Il est un réservoir vivant pouvant être composé de **plusieurs milliards d'organismes vivants par mètre carré de sol** œuvrant, notamment, à la transformation de la matière organique en minéraux assimilables par les plantes (minéralisation) qui, elles aussi, serviront de lieu de vie et de nourriture à d'autres êtres vivants.

Dans une cuillère de sol en bonne santé, il y a près d'un millions d'être vivant. (Joimel et al. 2016)



LE CLIMAT ET LES RISQUES NATURELS

Un sol perméable, accueillant une biodiversité riche et variée, possède une forte capacité de capture du carbone grâce à l'accumulation et la dégradation de matière organique. **À l'échelle planétaire, près de 2500 milliards de tonnes de carbone sont présents dans le sol** (Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique, 2022), soit deux à trois fois plus que dans l'atmosphère. Les sols qui contiennent le plus de carbone, et ainsi de matière organique, sont les plus fertiles. Il s'agit donc d'un cycle vertueux favorable à la diminution de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Un sol correctement hydraté et végétalisé recueillera et stockera plus facilement les eaux de pluie, **limitant le ruissellement, la surcharge des cours d'eau et l'érosion des sols** tout en rendant cette eau immédiatement disponible à la biodiversité locale.



LA SANTÉ ET LE CADRE DE VIE

Un couvert végétal dense, lié à un sol fertile, permet de bénéficier de **l'ombrage** et de la « **brumisation naturelle** » des arbres.

De même, plus un sol est perméable, plus il lui est permis de participer à la **régulation de la température locale**: l'énergie solaire est plus facilement absorbée et l'évaporation de l'eau présente dans le sol permet de rafraîchir l'air ambiant, notamment lors de période de canicule et de sécheresse.

La **qualité paysagère et la valeur récréative** d'un espace augmentent fortement en présence d'une végétation en bonne santé.



UNE COUR FERTILE EN COEUR D'ÎLOT Asphalt Jungle

- PRÉSERVER
- RESTAURER
- EXPÉRIMENTER



Localisation - 1 rue carrière Minguet,
11^e arr. Paris

Maitrise d'œuvre - Wagon Landscaping

Maitrise d'ouvrage - Bailleur Elogie-Siemp dans
le cadre du programme FAIRE du Pavillon de
l'Arsenal

Année de livraison - 2020

Coût global - 12 000 €^{HT}

Surface - 12 m² de jardin

LE PROJET

Le projet Asphalt Jungle intervient sur une cour minérale située au cœur d'un îlot de logements à Paris.

Ils'inscrit dans le cadre du programme FAIRE, accélérateur de projets urbains innovants, lancé par le Pavillon de l'Arsenal avec la ville de Paris, la Caisse des Dépôts, Mini et Edf, en partenariat avec le bailleur Elogie-Siemp.

L'objectif est de **réintroduire le vivant dans la ville tout en luttant contre les îlots de chaleur que sont les cours parisiennes.**

Le parti-pris consiste à découper une partie du sol enrobé existant pour y créer une zone végétalisée, perméable et fertile, sans export de matériaux.



ET LE SOL DANS TOUT ÇA ?

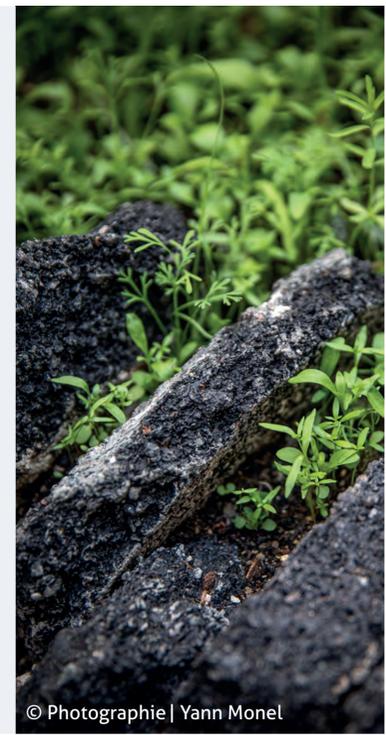


La forme finale du jardin a guidé la découpe de l'enrobé, créant dans la cour un nouvel espace central de 18m².

La croûte d'enrobé est alors concassée et réservée pour être réutilisée dans la construction du substrat fertile et la finition des bordures.

Initialement entièrement scellé et imperméable, **le sol est travaillé de manière à être décompacté en profondeur, lui offrant une nouvelle perméabilité à l'air et à l'eau.**

Cette initiative illustre la nécessité, et la faisabilité, de **désimperabiliser la ville dans toutes ses aspérités, quelles que soient les échelles.**



Le réemploi et la valorisation du "déjà-là" sont au cœur de la démarche de création d'un sol vivant dans la cour.

Un substrat fertile, support des plantations, est construit d'après **la composition de différents horizons**, issus du mélange de matériaux extraits du site, préalablement triés et amendés par du terreau et/ou du compost.

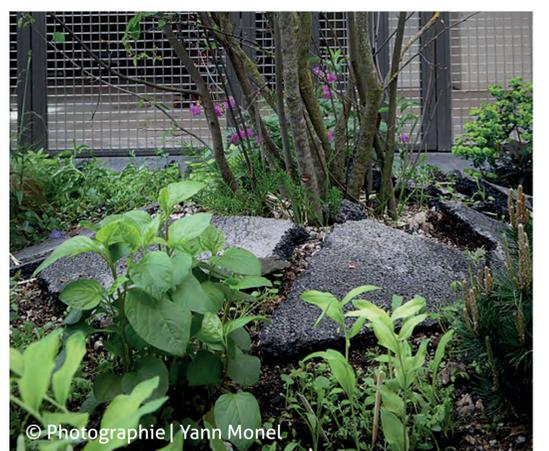
Un **technosol** aussi appelé **néo-sol** peut alors prendre place.

L'incorporation de fragments d'enrobé à du terreau permet de créer un substrat riche en carbone, idéal à la croissance des végétaux.

Cette technique peut-être facilement utilisée à toutes les échelles de projet, autant pour de petites que pour de grandes surfaces, ne nécessitant pas l'usage d'engin particulier.



La végétalisation du site s'est concrétisée par la mise en œuvre d'une palette végétale composée d'une quarantaine **d'espèces ornementales et régionales, adaptée aux changements climatiques et à la diminution des ressources en eau tout en se voulant facile d'entretien et accueillante pour la biodiversité** (Euphorbe, Pin nain des montagnes, Géranium rozanne, Lychnis, Coquelicot, Amélanche...).



UN JARDIN D'EXPÉRIMENTATION

Le jardin des Fabriques

- PRÉSERVER
- RESTAURER
- EXPÉRIMENTER



Localisation - Nord du Quartier Des Fabriques, Marseille

Maitrise d'œuvre - Ilex paysage + urbanisme (paysagistes concepteurs, conception lumière), Egis (VRD, aménagement urbain, hydraulique, structure, coordination d'acteurs, développement durable, BIM Manager), Strates (Architecture)

Maitrise d'ouvrage - Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée (EPAEM)

Période - 2018 - 2025

Coût global - 20 700 000 €^{HT} (toute l'opération)

Surface - 2000 m² de jardin (opération de 14 ha)

LE PROJET



Le jardin d'expérimentation des Fabriques s'inscrit dans le cadre de l'aménagement du quartier du même nom, à Marseille. Ce nouveau quartier résidentiel d'environ 14 ha, situé sur la friche industrielle de l'hinterland portuaire, vient en extension du centre-ville, accueillant logements, bureaux, activités productives, résidence étudiante, commerces de proximité, école, crèche et bibliothèque.

Afin de répondre au mieux aux enjeux sociaux, économiques et environnementaux du quartier, le site devient un véritable laboratoire en plein air.



Pendant 3 ans et demi, ce jardin temporaire devient le support de nombreux tests en conditions, mesures, études et observations des utilisateurs, visant ensuite à dupliquer les expériences concluantes sur l'ensemble du quartier.

Quatre expérimentations complémentaires ont été menées, avec pour objectif commun de travailler sur la résilience des espaces publics :

- > La régénération des sols par l'insertion d'un fragment de terre naturelle avec son cortège mycorhizien (champignons) ;
- > Les associations végétales méditerranéennes ;
- > Les techniques alternatives d'arrosage ;
- > Les sols drainants.

Accessible au public, le jardin des Fabriques est aussi un support de sensibilisation à l'aggradation des sols urbains.

Les différentes expérimentations sont menées dans le cadre de la thèse Cifre de Louise Authier (convention entre Euroméditerranée, Ilex et le CNRS de Montpellier) sur l'écologie des interactions ectomycorhiziennes dans les sols urbains dégradés. Ce travail s'intéresse aux communautés de champignons qui favorisent la croissance et la survie des végétaux en milieu urbain par des échanges d'éléments nutritifs et d'eau via les mycorhizes.



Le réemploi des matériaux du site guide les expérimentations de régénération des sols urbains.

Ainsi, 36 planches d'essai sont réalisées à partir d'un mélange de matériaux inertes de démolition et d'une petite quantité de terre végétale riche en micro-organismes (bactéries et champignons). Les résultats montrent que ces sols, bien que scellés sous le béton, conservent une forme de vie fongique en dormance. Ils sont ainsi réactivés par cet apport, principalement issu des garrigues et des maquis alentours, même avec de faibles quantités.



© Photographie | ILEX



© Photographie | ILEX



Afin de végétaliser durablement le site, des recherches sont menées sur différentes associations de végétaux qui peuvent « coopérer » et supporter le climat méditerranéen, notamment grâce aux sols reconstitués et enrichis. Malgré une croissance lente au départ et une certaine mortalité (surtout chez les arbres hauts comme les chênes pubescents), les résultats restent globalement positifs, apportant une qualité esthétique non négligeable.



© Photographie | ILEX



© Photographie | ILEX



© Photographie | ILEX



© Photographie | ILEX

ET LE SOL DANS TOUT ÇA ?



Pour limiter au maximum les besoins en eau et de manière à s'adapter aux cycles secs/humides des végétaux méditerranéens, deux modes d'arrosages alternatifs au goutte-à-goutte sont mis-en-oeuvre : par le biais de caniveaux pour une répartition en surface, et via des regards alimentant directement les fosses de plantation.

En parallèle, 56 planches d'essai permettent de tester près de 40 types de matériaux drainants (bétons, enrobés, pavages...) selon des critères environnementaux, techniques, qualitatifs et de gestion de l'espace public. Ainsi, les matériaux testés dépassent le seuil minimal de perméabilité et sont déployés sur plus de 4000 m² dans le quartier.



© Photographie | ILEX



En savoir + sur le projet

UN PARC URBAIN POST-INDUSTRIEL

Le parc des Prés de Vaux

- PRÉSERVER
- RESTAURER
- EXPÉRIMENTER



Localisation - Site des Prés de Vaux, Besançon

Maitrise d'œuvre - Agence M.A.P. (Métropole Architecture Paysage), Cabinet Merlin BET, Collectif PAR'ICI, SYNAPSE, PHA. CONCEPTEURS

Maitrise d'ouvrage - Ville de Besançon

Année de livraison - 2019

Coût global - 2 100 000 € HT

Surface - 5 ha de Parc

LE PROJET

Le site de l'ancienne usine de textile de la Rhodiacéta, icône industrielle de Besançon au XX^e siècle, devient dès 2015, le support de nombreux enjeux.



Le projet d'un parc urbain s'inscrit dans une démarche de planification urbaine globale, s'intégrant dans la continuité de la ceinture verte et bleue de la boucle du Doubs.

Il vise à rendre le site perméable sur le quartier par la suppression du mur d'enceinte et par l'installation d'éléments paysagers forts tels que la création de buttes paysagères dessinées grâce à un jeu de déblais-remblais des terres du site. Le parc s'ouvre sur le Doubs et le grand paysage en libérant des vues et en reconstituant une grève pouvant servir aux activités nautiques.



© Photographie | Agence M.A.P.



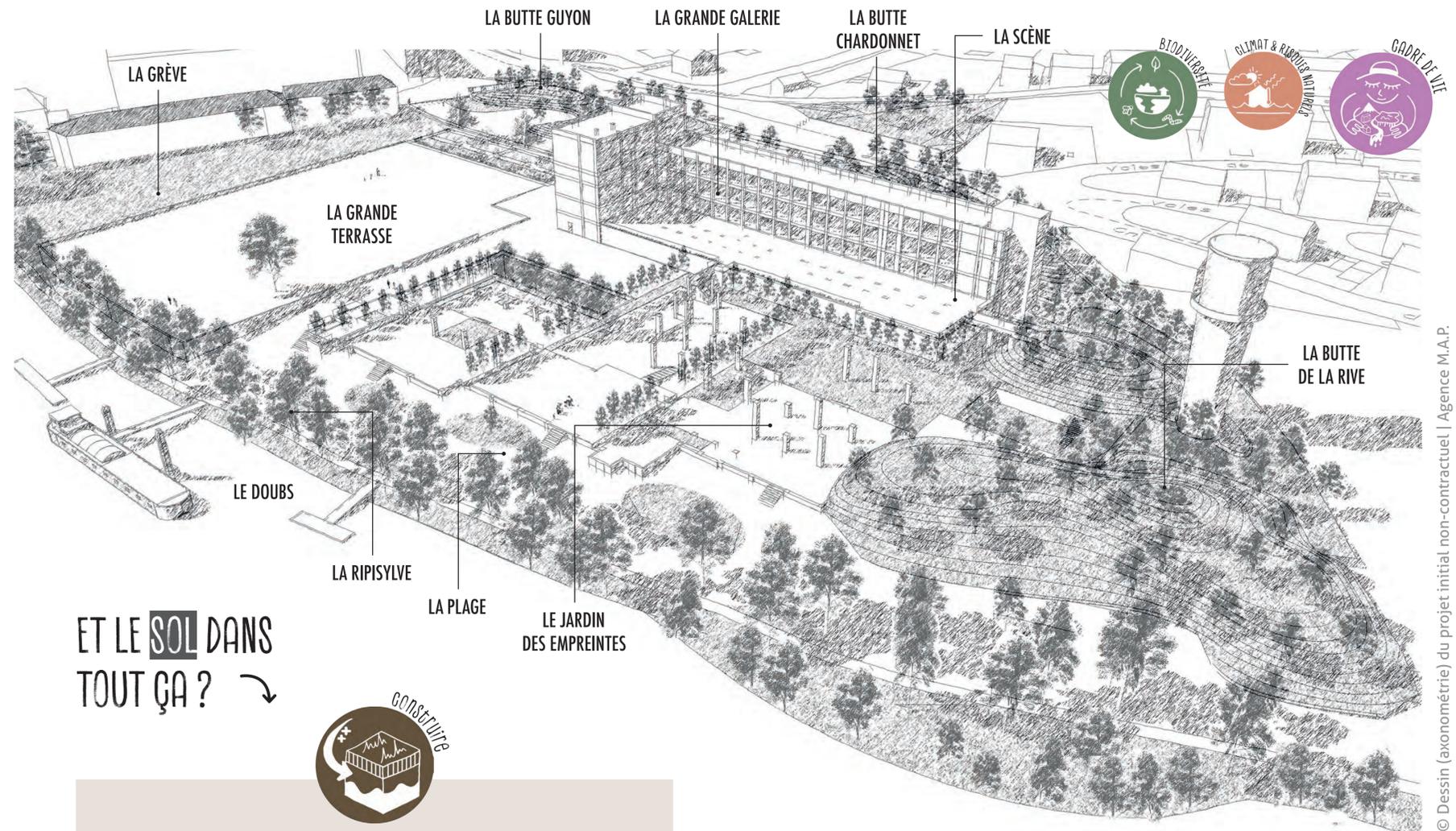
© Photographie | Agence M.A.P.

Comprenant une importante phase de démolition, le projet valorise l'histoire du site par la conservation d'éléments construits tels que l'arase des murs des anciens bâtiments. Ces « traces » servent notamment de trame à la création des jardins « empreintes » qui se déclinent au sein du parc, portant une valeur mémorielle forte. La gestion des pollutions, très hétérogènes tant sur leur localisation que sur leur nature (hydrocarbures, polychlorobiphényles, métaux lourds, amiante...), a guidé le dessin des espaces, s'adaptant fortement en phase chantier au gré des découvertes, invisibles jusqu'alors.

Une partie des matériaux issus de la démolition sont réemployés dans le dallage ou le « paillage » tandis que les objets industriels de l'ancienne friche sont réutilisés et recyclés en mobiliers par exemple.

Le projet fait appel à la participation habitationnelle dès la démolition du site. Une démarche d'intégration des matériaux recyclés dans le sol a été menée dans le cadre d'ateliers participatifs : dallage à partir de blocs de béton déconstruits, « paillage » à partir de briques concassées...

Acteurs locaux, artistes et créateurs font ainsi partie intégrante du projet.



ET LE SOL DANS TOUT ÇA ?



Pour éviter le lessivage* de sous-sols réputés pollués, certaines zones existantes « étanches » ont été conservées en l'état, créant de belles esplanades sur les traces de l'usine tels que les jardins empreintes ou le parvis Guyon.

Les sols remaniés ou bétons issus de la démolition ont été classifiés selon leur niveau de pollution afin de pouvoir être valorisés le mieux possible à partir de ce critère :

- > Ceux considérés sans pollution ou inertes, ont pu servir à la constitution des buttes accessibles au public (butte Guyon, butte de la rive),
- > Ceux faiblement pollués ont pu être mis en butte sans contact direct avec le substrat planté et en tenant compte d'une gestion des eaux pluviales permettant leur dépollution en aval (butte Chardonnet), ou utilisés en terrassement sous surface étanche (en fondation de chaussées par exemple),
- > Enfin, ceux présentant un niveau de pollution important ont été confinés par « encapsulation »* la plupart du temps par souci d'économie, l'export étant plus coûteux : 1700 tonnes de béton ont été confinés dans une enveloppe 100% étanche, placée au cœur de la butte Guyon. Plus de 1,5m de déblai inerte protègent cette enveloppe. Un suivi physico-chimique des effluents de ces buttes est mis en oeuvre par la Ville.

*Lessivage : Migration par l'eau de substances fixées sur des particules fines à travers les sols.

**Le procédé d'encapsulation consiste à enfermer physiquement sur site les sols par un dispositif de parois, couverture et fonds très peu perméables. (SelecDEPOL, 2025)

Des jardins filtrants s'égrainent dans tout le site, permettent de gérer les eaux pluviales in-situ.



Une attention particulière a été apportée au « déjà-là végétal ». La place laissée à la reconquête spontanée du site par une végétation pionnière indigène a guidé la composition du parc. La taille de la végétation est contrôlée pour éviter une dispersion éventuelle des pollutions.

Les concepteurs avaient également imaginés créer une pépinière sur site grâce à la récupération de plantules installées sur les ouvrages à démolir, les bouleaux verruqueux notamment, mais la démarche, trop coûteuse, n'a pas pu être mise en oeuvre.



© Photographie | Agence M.A.P.



En savoir + sur le projet

UN PARC MÊLANT RECHERCHE, MÉDIATION ET AGRÈMENT

Le parc des Alliaires

PRÉSERVER

RESTAURER

EXPÉRIMENTER



Localisation - Rue des Gravieres, Vieux-Charmont, 25600

Maitrise d'œuvre - Pays de Montbéliard Agglomération

Maitrise d'ouvrage - Pays de Montbéliard Agglomération

Partenaires - Université Marie et Louis Pasteur, Franche-Comté, CCSTI Pavillon des Sciences

Financeurs - Banque des Territoires, Région, Fonds FEDER, PMA, État, Europe

Année de livraison - 2023

Coût global - 1 300 000 € TTC

Surface - 2 ha

LE PROJET

Inauguré en 2023 et situé à Vieux-Charmont (25), le parc des Alliaires s'inscrit dans le projet « Transformation d'un Territoire Industriel » porté par Pays de Montbéliard Agglomération (PMA) et le Grand Belfort.

Il est lauréat de l'appel à projet national « Territoires d'Innovation » de France 2030. Ce programme accompagne le Nord Franche-Comté dans sa nécessaire mutation pour faire face aux défis de la révolution industrielle en cours.

Planifier

À l'issue d'une étude des sites pollués du territoire menée par les agences d'urbanisme locales (AUTB et ADU), ce site de 2 hectares a été choisi comme pilote pour y conduire des travaux de recherche et de dépollution des sols afin d'envisager une gestion innovante de l'héritage de la pollution dans un territoire particulièrement marqué par l'industrie. Il avait la particularité d'être d'un seul tenant, comportant différents polluants à des niveaux élevés



© Time Prod

Implanté en lieu et place de la friche des anciennes usines Burgess Norton, spécialisées dans la fabrication d'axes de pistons, sur le site de l'étang des Gravieres de la commune de Vieux-Charmont, le projet de parc des Alliaires prend la forme d'un **living lab*** accueillant de nouveaux usages qui succèdent et héritent du passé industriel :

- > Un **site de recherche et un démonstrateur des technologies de phytomanagement** des sols pollués animé par le laboratoire Chrono-Environnement de l'Université Bourgogne Franche-Comté,
- > Un **espace de médiation scientifique** piloté par le Pavillon des sciences (CCSTI1 de Bourgogne Franche-Comté) et le laboratoire Chrono-Environnement,
- > Un **lieu de loisirs** ouvert en permanence au grand public sous forme d'un parc urbain accessible à tous, en lien avec la commune grâce à des liaisons douces et aux transports en commun.

ET LE SOL DANS TOUT ÇA ?



Le principe de **phytomanagement** est mis en œuvre sur le site afin de **gérer la pollution du sol par les végétaux** de différentes manières et à moindre coût : **la stabiliser, l'extraire ou la dégrader.**



© Time Prod



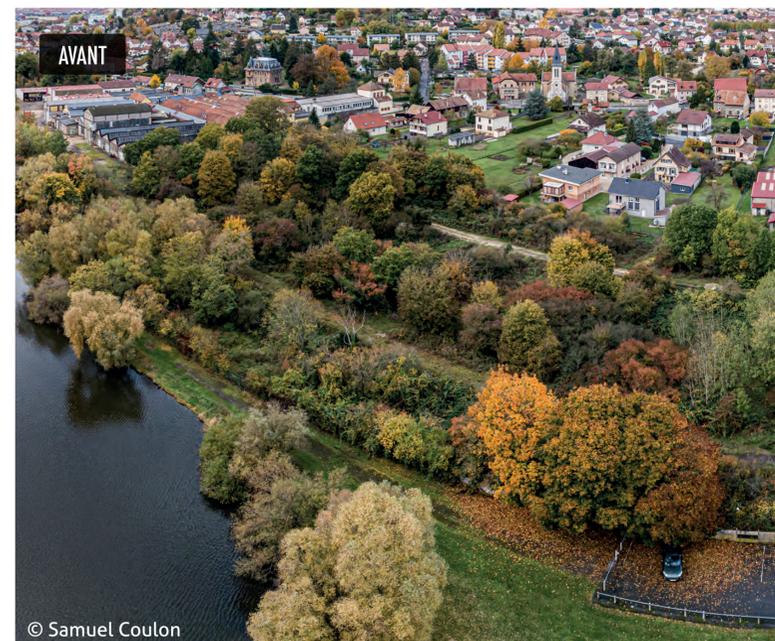
© Time Prod

L'objectif n'est pas d'atteindre la dépollution complète du site mais plutôt de mettre en place un mode de gestion visant à **diminuer les risques sanitaires et environnementaux par des formes et des seuils de pollution acceptables.** Cela passe également par le maintien sur place des contaminants qui peuvent l'être.

La diminution des contaminants présents dans le sol se fait sur un temps très long et seulement dans les parties accessibles aux racines des plantes.

Clin d'œil à cette démarche directrice dans le projet de réhabilitation du site, le nom du parc fait honneur à l'**Alliaire**, plante présente spontanément sur le site du living-lab capable de capter et stocker dans ses organes aériens certains métaux tels que le zinc et le cadmium accumulés dans le sol (plante phytoextractrice).

Les résultats obtenus sur ce site expérimental permettent de **définir une méthodologie répliquable** sur les autres sites pollués identifiés sur le territoire de PMA, dans un souci de **résilience des sites post-industriels.**



© Samuel Coulon



© Time Prod



En savoir + sur le projet

VERS UNE REGONQUÊTE DE LA MAINE

Le parc Saint-Serge

PRÉSERVER

RESTAURER

EXPÉRIMENTER



Localisation - Quartier Saint-Serge, Angers

Maitrise d'œuvre - Phytolab (paysagiste concepteur), Atelier Grether (urbaniste mandataire), SCE (Infra), Contrepoint (stratégie urbaine), MRS (mobilité transport)

Maitrise d'ouvrage - Ville d'Angers et Alter Public

Année de livraison - 2019

Coût global - 10 300 000 €^{HT}

Surface - 5,5 ha de Parc

LE PROJET

Situé à la limite du centre-ville d'Angers, le long de la Maine, le parc Saint-Serge prend place sur un ancien site industriel occupé par la SNCF et Enedis, au centre du Quai Saint-Serge.



Le parc fait partie des éléments de programme du projet **Cœur de Maine** porté par la Ville d'Angers. Considérée comme une opportunité de développement urbain pour renforcer la dynamique du centre d'Angers, le parc Saint-Serge permet de **recréer un lien entre la ville et la rivière la Maine**.



© Photographie | Philippe Noisette

Ainsi, le grand parc public central Saint-Serge participe à :

- > **la continuité de la trame verte et bleue** de l'agglomération et du corridor de biodiversité de la Maine et de ces alentours,
- > **la renaturation et la désimperméabilisation** des espaces remblayés et industrialisés,
- > **la dépollution** des sols industriels,
- > **l'aménité** du quartier et de la ville d'Angers.

Prenant en compte la création d'une nouvelle patinoire, il est composé d'espaces d'agrément variés tels que des jardins, des espaces de détente, de sport, un skatepark et un espace scénique. Des promenades permettent de rejoindre le réseau de voies vertes des quartiers alentours.

Situé sur une zone inondable, le parc Saint-Serge est constitué principalement en creux afin de gérer les crues de la Maine.

ET LE SOL DANS TOUT ÇA ?



Devant faire face à des épisodes de crues importantes, le projet du parc Saint-Serge place la gestion de l'eau au cœur de la conception. **La création de trois bassins permet la récolte des eaux pluviales de la ZAC à proximité.** Ils permettent de collecter, stocker l'eau de pluie, tout en régulant le débit de son écoulement vers la Maine. Cela permet de limiter les aléas sur les quartiers riverains et de désimperméabiliser largement le sol. Un skatepark est intégré aux bassins afin de leur donner un usage en dehors des périodes de pluies. **Les aménagements mettent en valeur le cycle de l'eau**, rappelant sa présence et jouant le rôle de sensibilisation auprès des utilisateurs.



Afin de **retrouver un sol fertile**, la couche supérieure imperméable inerte est concassée et remplacée par de la terre végétale, notamment sur les berges. La **dépollution** des sols de l'ancien site industriel est assurée par le recyclage d'anciens remblais dégradés par des hydrocarbures.



Afin d'accueillir la biodiversité, de nouveaux espaces végétalisés sont créés. On retrouve ainsi des jardins humides, des terrasses alluviales, des cirques végétaux, des prairies rustiques, le tout s'appuyant sur la palette végétale des milieux qui composent le secteur. Cette diversité offre différents habitats reliés pour la flore et la faune terrestre et aquatique, dessinant **un véritable corridor écologique à l'échelle du grand territoire**. Environ 500 arbres aux essences variées sont plantés comme des saules, des frênes, des chênes, des aulnes, des tilleuls, des érables, des charmes... et s'installent au-delà du parc.



© Photographie | Philippe Noisette



© Photographie | Philippe Noisette



© Photographie | Philippe Noisette



© Photographie | Philippe Noisette



En savoir +
sur le projet

RETROUVER LA RIVIÈRE

Le parc Rive Gauche

PRÉSERVER

RESTAURER

EXPÉRIMENTER



Localisation - Dole

Maitrise d'œuvre - Territoires, Fanny Cassani, EVI, Eaux Continentales, Hekladonia, Le Point Lumineux, La poétique de l'autruche, Catherine Bouhand, InOut Concept

Maitrise d'ouvrage - Ville de Dole

Année de livraison - Prévues pour 2026

Coût global - 4 000 000 € HT

Surface - 9,4 ha de Parc

LE PROJET

Au début des années 90, les alluvions, issues du dragage du Doubs, permettent de remblayer une vaste plateforme destinée à devenir une zone portuaire et commerciale dans le cadre du projet du Grand Canal. Le projet ne verra jamais le jour et la berge, disciplinée, aplanie, rehaussée, n'offre alors plus qu'une prairie asséchée et une ripisylve déperissante.

Le projet de parc Rive Gauche retisse un lien fertile entre la terre et l'eau. La rivière dialogue à nouveau avec ses rives pour remplacer des sols anthropisés en écotones* revivifiés.

La topographie se met au service de la nature. Excavations, comblements, nivellements deviennent enfin les alliés des écosystèmes existants et à venir : pelleteuses, chargeuses et dumpers redonnent vie aux « Mortes** » historiques et offrent la possibilité aux castors, couleuvres vipérines et autres chauves-souris d'agrandir leur territoire.



© Photographie | Territoires

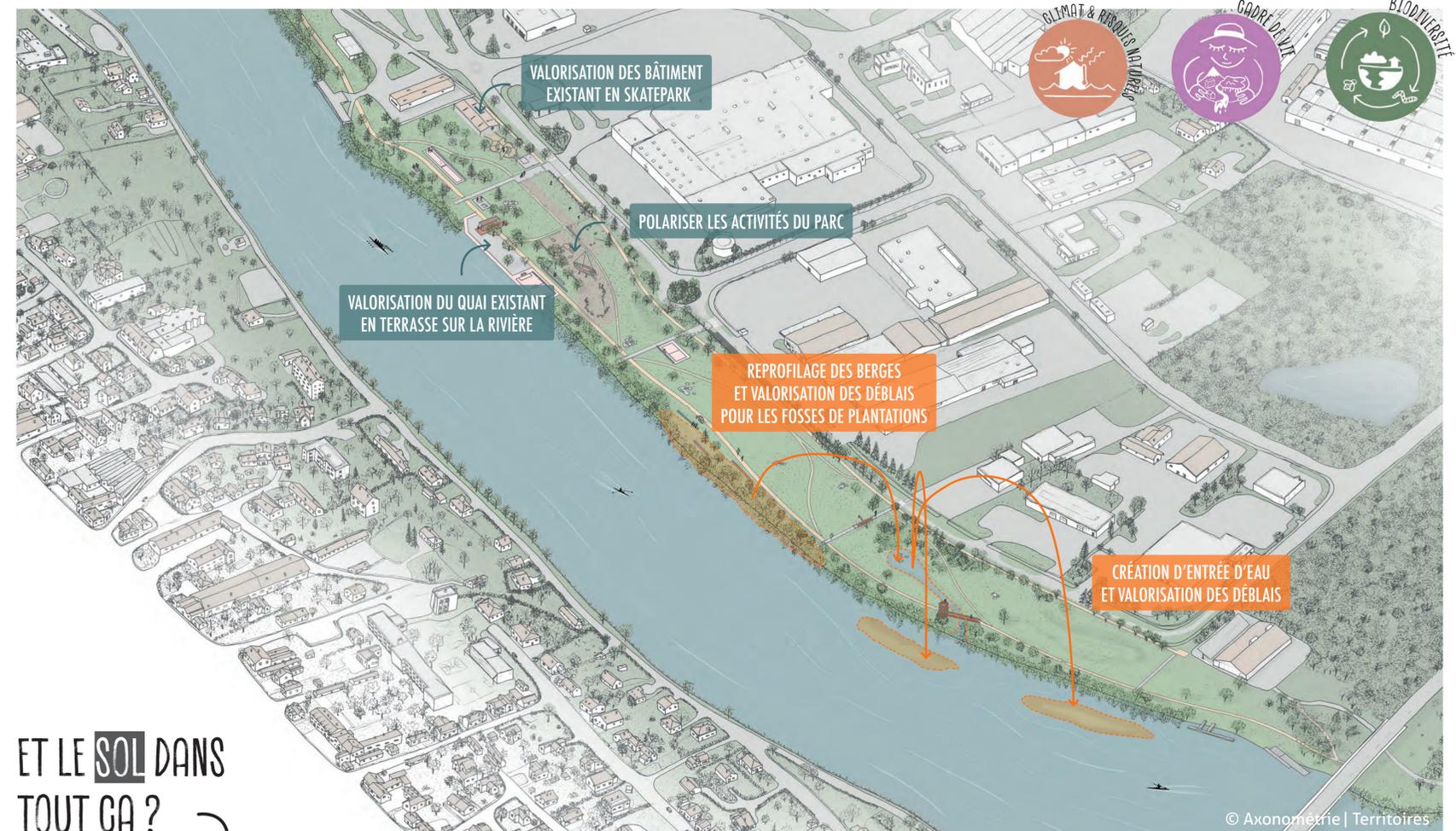


© Photographie | Territoires

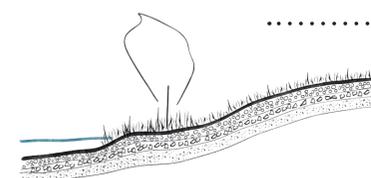
Les terres extraites sont triées, séparées et réutilisées selon leur qualité (gravillons, matières organiques, alluvions, etc.) et rendues au site : soit à la rivière pour former de nouvelles grèves, soit au pied de la berge pour créer de nouveaux milieux naturels, soit aux futurs arbres du parc pour remplir leurs fosses de plantation, soit encore aux jeux d'enfants pour amortir les chutes.

*Écotone : Zone de transition entre 2 écosystèmes.

**Morte : Ancien lit ou ancien bras de rivière dans lequel l'eau est stagnante et qui accueille une biodiversité riche.



ET LE SOL DANS TOUT ÇA ?



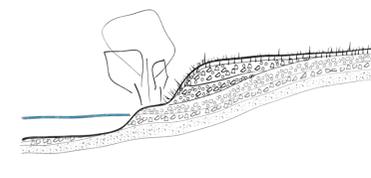
AVANT 1990

Une berge naturelle, offrant une pente douce, laisse libre cours aux aléas de la rivière.



DÉBUT 1990

Création de la plateforme portuaire par le dragage du Doubs.



APRÈS 1990

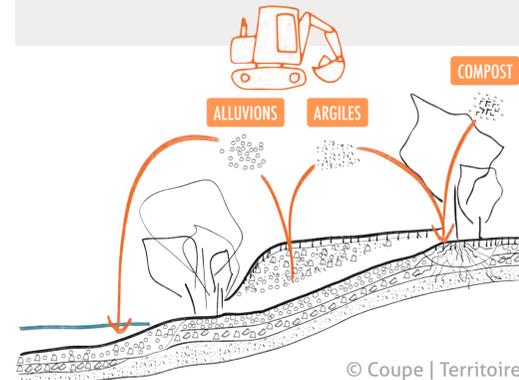
Au fil des années, le sol constitué des matériaux alluvionnaires s'est peu à peu enrichi de matière organique provenant d'une flore pionnière. Le sol reste pauvre et les talus accidentés empêchent le développement d'une flore de ripisylve riche.

© Coupes | Territoires



2025

Le projet excave le talus créé dans les années 1990. **Les matériaux sont triés : les alluvions sont rendues à la rivière tandis que les argiles et les matières organiques sont réutilisées** dans les fosses de plantation et complétées par l'apport de compost de la ville de Dole.



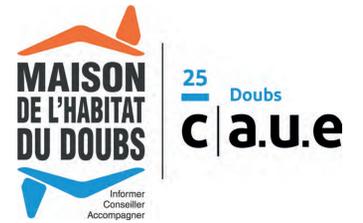
© Coupe | Territoires



Le projet s'engage à **préserver la végétation déjà en place en maintenant certains milieux tels qu'ils l'étaient avant les travaux**. C'est notamment le cas de la prairie sèche existante qui abrite un cortège végétal riche et constitue un nichoir intéressant pour la faune du parc déjà installée. **Concernant les plantations, le choix se tourne vers une pluristratification des espaces plantés.** Les végétaux sont jeunes, de tailles et de forces différentes garantissant un meilleur enracinement à la plantation et offrant un paysage installé dès les premières années du parc.

MERCI POUR VOTRE VISITE

et de votre intérêt pour la qualité de notre cadre de vie !



Cette exposition a été réalisée par le CAUE 25, association engagée dans une mission de service public, visant à conseiller, sensibiliser et informer les élus, professionnels, particuliers et enseignants du département dans les domaines de l'habitat, de l'architecture, de l'urbanisme, du paysage et de l'environnement.

Nous vous invitons à prolonger cette réflexion en découvrant notre centre de documentation, dédié à la qualité du cadre de vie. Ouvert sur rendez-vous, ce centre met à votre disposition une riche collection de livres, revues et documents spécialisés pour enrichir vos connaissances. Les ressources du CAUE sont également disponibles en ligne sur www.ressources-caue.fr.

BIBLIOGRAPHIE ↘

DISPONIBLE AU CENTRE DE DOCUMENTATION DU CAUE 25

- > *Désimperméabiliser les villes. Guide opérationnel pour (re)découvrir les sols urbains / Collectif. Plante & Cité. 2024.*
- > *Sols vivants : mieux prendre en compte les sols dans l'aménagement / Butlen, Jean-Baptiste ; Sirot, Pauline ; Basile, Mathurin. Parenthèses. 2024*
- > *Agir pour les sols urbains : des sols fonctionnels pour la nature en ville / Collectif. Plante & Cité. 2023*
- > *Terres Fertiles / Base. Backland Editions. 2023*
- > *Sous Terre / Burniat, Mathieu ; Sélosse Marc-André. Dargaud. 2021*
- > *Créer des sols fertiles : du déchet à la végétalisation urbaine / Damas, Olivier ; Coulon, Anaïs. Le Moniteur. 2016*

REMERCIEMENTS ↘

Nous tenons à remercier :

La Direction régionale des affaires culturelles (DRAC) - Bourgogne-Franche-Comté pour son soutien financier, qui a rendu cette exposition possible.

Les agences Wagon Landscaping, Ilex Paysage + urbanisme, M.A.P. (Métropole Architecture Paysage), Phytolab, Territoires paysagistes ainsi que le Pays de Montbéliard Agglomération, pour avoir accepté de participer à cette aventure en mettant à disposition les informations et images ayant permis la réalisation des panneaux de références de projets.

La Ville de Besançon pour sa collaboration et l'accueil de cette exposition sur le site des Près de Vaux à l'occasion de sa première apparition.

VENEZ NOUS RENDRE VISITE ↘

Maison de l'habitat du Doubs — CAUE
1 Chemin du Fort Griffon | Entrée D
25000 Besançon
03 81 68 37 68
www.maisonhabitatdoubbs.fr

Les petites mains du CAUE 25 qui ont œuvré à la création de cette exposition :

Clémence Galliot (Paysagiste conseillère) pour la coordination de l'exposition. Gaspard Vermeil (Paysagiste en stage), Clara Bordy (Conseillère en architecture) et Clémence Galliot (Paysagiste conseillère) pour les textes et illustrations. Maryline Breniquet (en charge des ressources et de la communication) et Séverine Pégeot (Chargée de communication) pour le travail d'information et de communication. Marco Procaccino pour le graphisme.