



SOUS-SOL



Visibilité, lisibilité
et accessibilité



Rencontre
et sociabilité



Confort
et sécurité



Activité
et temporalité



Confort



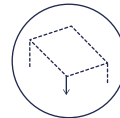
Sécurité
et santé



Efficience
et attractivité



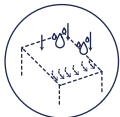
Accessibilité
universelle



**Profondeur
et qualité du substrat**



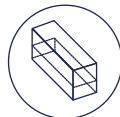
**Coefficient
de biotope**



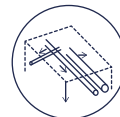
Abattement



Ruissellement



Rétention



Réseau



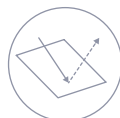
Infiltration



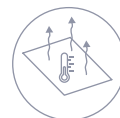
Humidité



Ventilation



Réflexion
de surface



Température
de surface



Ombrage

RÉSEAUX SECS ET HUMIDES

Sobriété et entretien frugal

→ Etat des lieux

Les problèmes liés aux travaux de réseaux incluent :

- la gêne occasionnée pour les citoyens ;
- les coûts importants de ces travaux ;
- la méconnaissance de leur emplacement par les collectivités.

→ Actions

- Réaliser une cartographie numérique des réseaux en *open data*.

❖ Des progrès sont déjà à l'œuvre dans l'entretien : la numérisation est une nouvelle démarche urbaine de cartographie numérique des réseaux, dans un objectif de décarbonation et de maîtrise du budget. Il existe également des cartographies de sols, notamment pour les sols pollués -telles que celles proposées par la [Base de données des analyses de sols urbains](#) (BDSolU)-, des cartographies des friches comme [Cartofriches](#) et des observatoires de l'artificialisation des sols.

❖ Il est nécessaire de valoriser ces nouveaux outils afin d'améliorer la connaissance des emplacements de réseaux à chaque intervention. Cette numérisation du sous-sol permet un entretien ciblé et plus d'intelligence dans la préparation des travaux, notamment grâce à l'optimisation du temps d'intervention.

❖ L'*open data* constitue une ressource clé, rendant ces informations accessibles à tous les acteurs. L'on pourrait imaginer une maquette BIMCIM¹ que chaque entreprise pourrait renseigner à la fin de ses travaux. Cela permettrait de construire, dans des délais resserrés, une vision fine des réseaux. À long terme, un diagnostic réseau, porté par les préventionnistes, peut être partagé en *open data*.

❖ [Avus](#) est une base de données développée par VINCI pour renseigner l'état existant et après-travaux des réseaux sur lesquels le groupe intervient.

- Conserver, si possible, les réseaux existants en envisageant des travaux ciblés pour les optimiser et les rationaliser, sans pour autant suivre une logique rigide qui imposerait des détours constants (comme dans « la logique TRAM » avec dévoiement systématique des réseaux sous l'emprise du tramway)

- Ne pas créer de galeries techniques mais des « four-reautages » pour protéger les câbles, les tuyaux et les conduits en les plaçant dans des gaines ou des tubes, ce qui facilite leur installation, leur remplacement et leur maintenance au droit des fosses d'arbres.

- Maximiser le chemisage pour la réparation des réseaux. Cette technique consiste à insérer un nouveau tuyau ou un revêtement à l'intérieur du tuyau existant pour le renforcer et éviter de devoir remplacer complètement le tuyau endommagé.



→ Réseaux enterrés

Paramètres influents : gestion des eaux pluviales

Source image : [Marie de Chirassimont](#)

¹ Le terme "BIMCIM" est une combinaison des acronymes "BIM" (Building Information Modeling) et "CIM" (City Information Modeling), qui représentent deux approches complémentaires pour la modélisation et la gestion de projets de construction ou d'infrastructures urbaines.

Gestion coordonnée et vertueuse

→ *Etat des lieux*

La gestion des réseaux est aujourd'hui réalisée de manière peu coordonnée, que ce soit entre les gestionnaires de réseaux entre eux ou avec les services responsables des voiries au sein des collectivités locales.

→ *Actions*

- Faire évoluer la norme de séparation des réseaux pour faire cohabiter les fonctions lorsque c'est possible.
 - ❖ Optimiser les volumes occupés par les réseaux en faveur de la terre pleine.
- Coordonner les échanges entre les services publics ainsi qu'entre les gestionnaires des réseaux.
 - ❖ Coordonner les échanges entre les services publics des réseaux et ceux des espaces verts pour faciliter les opérations de végétalisation (notamment la mise en place de fosses d'arbres).

Cela implique, par exemple, d'éviter que les réseaux soient implantés à 1,5 m d'un arbre, pour ne pas avoir à l'abattre en cas d'intervention.

- Éloigner le réseau d'infiltration des eaux des façades pour éviter les rentrées d'eau dans les bâtiments.

ÉNERGIE (GÉOTHERMIE, RÉSEAU DE CHALEUR, CAPTAGE)

Stockage d'énergie

→ *Etat des lieux*

- Une logique de réseau de chaleur (voire de froid) urbain est déjà à l'œuvre dans de nombreuses métropoles.
- Une évolution s'opère vers le système de stockage : « boucle d'eau tempérée »². Par exemple, en utilisant une boucle d'eau tempérée pour le stockage d'énergie, il est possible de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, tout en maintenant un confort thermique approprié pour les utilisateurs.
- L'augmentation du gain réalisé par ces solutions en matière d'énergie nécessite un investissement initial important (captage et stockage).

² Ce système fonctionne en utilisant de l'eau à une température modérée pour stocker de l'énergie thermique, qui peut ensuite être utilisée pour chauffer ou refroidir des bâtiments ou des installations.

→ Actions

Utiliser le sous-sol comme une batterie pour le confort et le stockage d'énergie (exemple : [Power Road - VINCI](#)).

- Géothermie :

- ❖ Réaliser des forages à 100 ou 200 m de profondeur pour un stockage important³.
- ❖ Prévoir des lieux de stockage plus réduits en surface.
- ❖ Contextualiser les solutions, la géothermie n'étant pas adaptée à toutes les rues.

- Utiliser d'autres infrastructures souterraines, par exemple en récupérant la chaleur des parkings, des eaux usées, du métro, etc.

- Organiser la coordination des acteurs sur les schémas énergie⁴ (commune, services publics, privés...). Précisément, les zones où l'énergie est produite ou stockée, appelées "zones de captage", ne sont pas nécessairement situées à proximité immédiate des utilisateurs finaux. Par exemple, le stockage d'énergie peut être effectué dans des endroits éloignés des zones de consommation, comme des batteries de stockage situées à la périphérie de la ville.

GESTION À LA SOURCE DES EAUX PLUVIALES

→ Etat des lieux

- Avec le dérèglement climatique, la fréquence des épisodes de pluies extrêmes risque d'augmenter. Les réseaux n'étant pas dimensionnés pour faire face à ce risque, il est nécessaire de diminuer au maximum le volume d'eau qu'ils réceptionneront et donc de déconnecter, autant que faire se peut, les eaux pluviales de la rue.

- Il s'agit donc de gérer les eaux pluviales de manière intégrée et à la source.

- Le thème de la perméabilisation est inédit en zone urbaine. Cette approche peut limiter la nécessité de travaux de drainage et de collecte des eaux de pluie dans des systèmes d'assainissement. En permettant à l'eau de s'infiltrer naturellement dans le sol, elle peut également contribuer à augmenter la place de la nature en ville. Toutefois, il est important de considérer le type de sol et les ouvrages existants pour déterminer la faisabilité de la perméabilisation. Il est également important de noter que perméabiliser ou désimpermeabiliser ne signifie pas que l'eau va directement s'infiltrer dans le sol.

- Par ailleurs, la gestion des eaux pluviales en infiltration directe (c'est-à-dire sans aucune connexion aux réseaux) permet aujourd'hui de réaliser 10 à 15% d'économies sur un projet d'aménagement.

³ Référence à la technique de stockage géothermique saisonnier. Cette technique consiste à utiliser la géothermie pour stocker de l'énergie sous forme de chaleur ou de froid dans le sous-sol, en vue d'une utilisation ultérieure pendant les périodes de pointe de la demande énergétique.

⁴ Le but des schémas énergie est de définir une feuille de route pour une utilisation efficace et durable des ressources énergétiques, en prenant en compte les priorités locales, les contraintes environnementales et les opportunités technologiques. Ces schémas peuvent couvrir différents aspects de l'énergie, tels que la production, la distribution, la consommation et la gestion des déchets énergétiques.

→ Actions

- Adapter la solution au contexte hydrogéologique local. Il est important de collecter les données d'entrée sur les 4 à 10 premiers mètres de profondeur. Cela peut être fait en utilisant des réseaux de surveillance existants et en évitant d'imposer des coûts de maintenance ou de déplacement excessifs. Il est également important de s'appuyer sur des études géotechniques récentes et fiables pour s'assurer que les données collectées sont précises et à jour.

- ❖ Lorsqu'il s'agit de désimpermeabiliser une zone, il est important de ne pas tout faire mais plutôt de trouver un équilibre entre la rétention d'eau et la perméabilité du sol. Cela peut être réalisé en permettant à l'eau de s'infiltrer naturellement dans le sol, en particulier dans des zones spécifiques où cela est nécessaire.

- ❖ Certaines techniques peuvent également contribuer à réduire les effets des îlots de chaleur urbains en favorisant l'infiltration de l'eau et en réduisant la température de la surface. Par exemple les revêtements perméables, tels que les pavés poreux ou les dalles en béton poreux, permettent à l'eau de s'infiltrer dans le sol plutôt que de s'écouler dans les égouts pluviaux. Ils peuvent également contribuer à réduire la température de la surface en évaporant l'eau.

- Retenir les volumes d'eau précipités des pluies exceptionnelles (tranchées drainantes, cuves, bassins, etc.).

- Maîtriser le rejet des eaux pluviales dans le réseau afin de diminuer le débit de fuite vers le réseau et éviter de potentiels engorgements lors de fortes pluies.

- Infiltrer l'eau dans de la pleine terre jusqu'aux nappes phréatiques.

- Valoriser les volumes stockés :

- ❖ en les mettant à profit pour d'autres activités au sein de la rue, telles que l'arrosage des surfaces végétalisées, le nettoyage des espaces publics ou encore le rafraîchissement ;

- ❖ en pratiquant la « symbiose industrielle », plusieurs entreprises collaborent en vue de former des symbioses dans la gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets et des échanges de services ou de produits. Les déchets de l'un deviennent alors les matières premières de l'autre ; une même eau, à des températures différentes, peut être utilisée comme eau de refroidissement (ou à l'inverse comme eau de réchauffement ou eau de rinçage) par différentes entreprises ; la biomasse est aussi valorisée comme fertilisant, etc.

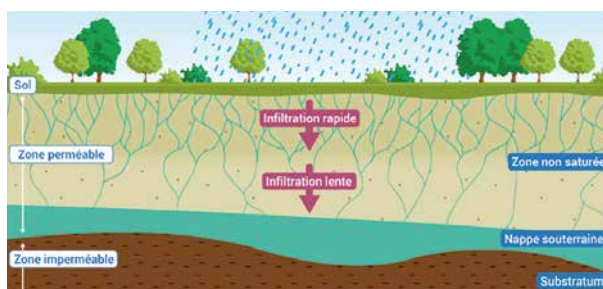
Le transport des ressources est alors limité et l'intérêt économique avéré. Un exemple complet existe à Kalundborg, au Danemark (parc éco-industriel).



→ Rétention enterrée

Paramètres influents : gestion des eaux pluviales

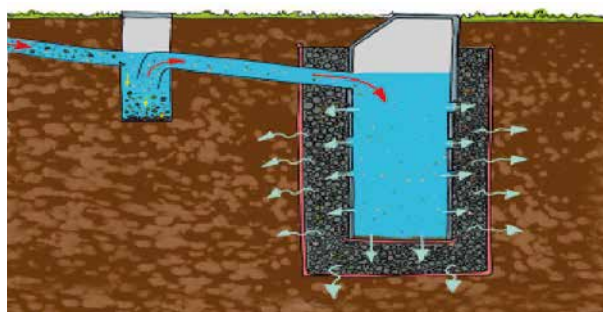
Source image : [BigMat](#)



→ Pleine terre

Paramètres influents : gestion des eaux pluviales

Source image : [EauFrance - eaux souterraines](#)



→ Accélérateur d'infiltration

Paramètres influents : gestion des eaux pluviales

Source image : [Sophie Anfray](#)

BIODIVERSITÉ ET CONFORT THERMIQUE (Lutte contre les ICU)

→ Actions

- Favoriser la continuité des trames brune, verte et bleue.
- Augmenter la profondeur de substrat de pleine terre, le sous-sol déterminant en effet la possibilité de faire pousser de la végétation.
- Identifier les surfaces végétalisables suivant les profondeurs de terre existante et les contraintes liées aux ouvrages souterrains.
- Adapter les profondeurs de substrat à la strate végétale choisie (le sous-sol abritant un écosystème multi-strates) :
 - ❖ Strates arborées : profondeur d'au moins 2 m ;
 - ❖ Strates arbustives : profondeur d'au moins 80 m ;
 - ❖ Strates herbacées : profondeur d'au moins 40 cm.
- Enfouir une partie des granulats sous terre et permettre aux différentes couches de se communiquer horizontalement et verticalement.
- Reconstruire des sols fertiles pour recréer des sols vivants.
 - ❖ Désimperméabilisation de zones stratégiques : peut également constituer la première étape de la restauration des sols ; prioriser la végétalisation sur les points bas de la rue canalisant les eaux pluviales ruisselantes.
 - ❖ Reconstitution du sol : apport d'amendements⁵, travail du sol (labour, mélange), dépollution.
 - ❖ Construction du sol : excavation, apport ou réutilisation de matériaux, création d'horizons⁶.

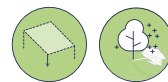
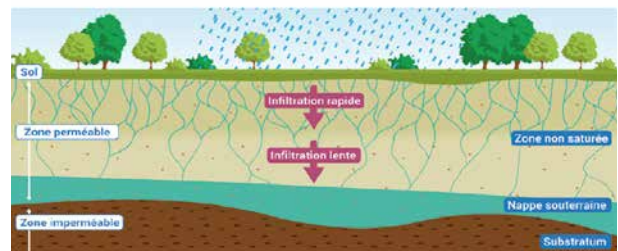
⁵ Pour améliorer la qualité du sol, il est possible d'y ajouter des substances telles que des engrais, du compost, de la chaux, du fumier, des minéraux, etc.

⁶ Mise en place de différentes couches dans le sol. La création artificielle de ces horizons peut améliorer la structure du sol ou augmenter sa capacité à retenir l'eau, etc.

Types de matériaux de réemploi pour la construction de sols fertiles :

- matériaux minéraux et inertes (écarts de fabrication de briques, béton concassé, ballasts usagés de chemins de fer, déchets de déconstruction de bâtiments en mélange, terres de déblais excavées non contaminées acides, terres de déblais excavées non contaminées alcalines)
- matériaux organiques ou organominéraux (déchets verts broyés, déchets de balayage des rues, boues papetières, boues de station d'épuration, compost de déchets verts et boues de STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées)).

- Réutiliser les terres déblayées, mettre en dépôt les terres dans un rayon géographique limité et garantir une intégration paysagère efficace.



→ Sol végétalisé sur pleine terre

Paramètres influents : biodiversité

Source image : [EauFrance - eaux souterraines](#)



→ Sol végétalisé sur dalle

Paramètres influents : biodiversité