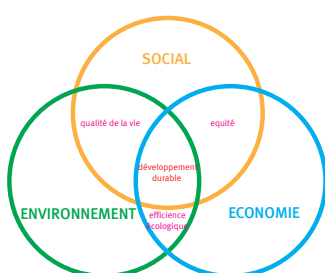


## Développement durable du sous-sol urbain

Plus de la moitié de la population mondiale vit dans les villes et une croissance rapide de ce chiffre est prévue au cours des prochaines décennies, pour atteindre 70% en 2050. Dans le monde entier, les villes modernes doivent gérer cette rapide urbanisation tout en protégeant les importantes concentrations humaines des catastrophes naturelles et des effets du changement climatique.

“Le développement durable est un développement qui satisfait les besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les futures générations de satisfaire leurs propres besoins”.

*Rapport de la Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement (Bruntland, 1987)*



Les trois piliers du développement durable.

La réalisation de zones urbaines durables et capables de résister aux catastrophes naturelles et aux effets du changement climatique grâce à des constructions adaptées sera cruciale pour l'urbanisme et l'ingénierie dans les futures décennies. Ce Livre blanc se propose d'explorer ces thèmes et la contribution de l'utilisation de l'espace souterrain pour la réalisation d'un développement urbain durable et la création de villes résilientes.

### La contribution de l'espace souterrain

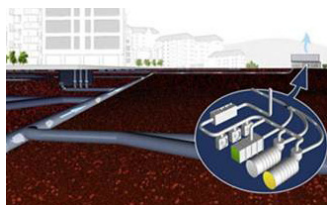
L'utilisation de l'espace souterrain est liée au caractère durable des zones urbanisées car la réalisation d'ouvrages en sous-sol peut réduire l'importance de l'occupation humaine en surface. La préservation des opportunités de développement urbain pour les futures générations constitue le cœur du problème pour une utilisation durable de l'espace souterrain urbain.

Les infrastructures souterraines contribuent à un environnement durable de plusieurs manières : préservation des ressources naturelles, notamment l'espace en surface, l'eau et la biodiversité ; réduction de la pollution (principalement dans le domaine des transports, mais aussi grâce aux usines souterraines de traitement des eaux usées) ; intrusion visuelle et pollution acoustique ; possibilités de réduction de consommation d'énergie et de génération de déchets (ville compacte) ; construction d'ouvrages moins sensibles aux séismes et autres catastrophes ; et mise en valeur des paysages et de la qualité de l'environnement. Une fois construits, les ouvrages souterrains n'impactent pas l'esthétique en surface et permettent de réserver au sol des espaces ainsi que des plantations favorisant les échanges thermiques et la circulation de l'air. Les infrastructures souterraines contribuent à réduire la surface au sol occupée par les ouvrages réalisés par l'homme.

Les ouvrages souterrains ont généralement une longue durée de vie. Cela résulte de l'absence d'exposition à l'environnement, mais aussi de la

résistance des structures qui doivent résister aux pressions du terrain. Ces structures résistantes sont importantes pour la durabilité à long terme. Les ouvrages souterrains offrent notamment une excellente résistance aux catastrophes naturelles telles que séismes, ouragans, tornades, incendies en surface, radiations et autres menaces terroristes.

### Traitement des déchets urbains



Collecte des déchets urbains par un réseau souterrain. Des exemples existent en Suède, aux Pays Bas, en Norvège, Chine et d'autres pays.

La réalisation d'ouvrages souterrains peut influencer sur l'économie d'une zone urbaine grâce à la réalisation de meilleures infrastructures de transport et de services qu'il serait impossible de réaliser en surface. Dans les zones urbaines très développées, les infrastructures souterraines constituent un étage indépendant pour les communications et les services, ainsi que pour les ouvrages sensibles, ce qui améliore la cohérence et la résilience de la ville. De même, les ouvrages souterrains peuvent éviter des impacts préjudiciables sur la communauté en évitant la coupure des quartiers par une infrastructure au sol ou en élévation.

Les infrastructures souterraines peuvent aussi atténuer les effets du changement climatique en offrant des ouvrages économes en énergie et des niveaux de confort supérieurs dans les secteurs urbains denses. Toute zone urbaine insuffisamment dense pour offrir des services accessibles à pied implique des moyens de transport et, dans ce cas, l'usage de l'automobile croît.

Plus simplement, les installations souterraines peuvent être considérées comme l'ultime « couverture verte ».

### L'espace souterrain: une ressource

L'espace souterrain est lui-même une partie de l'environnement et une ressource naturelle qui peut être endommagé ou modifié par les activités humaines en souterrain. À cet égard, il convient de souligner que les installations souterraines, bien plus que celles réalisées en surface, sont des ouvrages pour lesquels on ne peut reconstituer les conditions existant avant leur construction. Il en résulte que l'utilisation de l'espace souterrain doit être lui aussi durable.



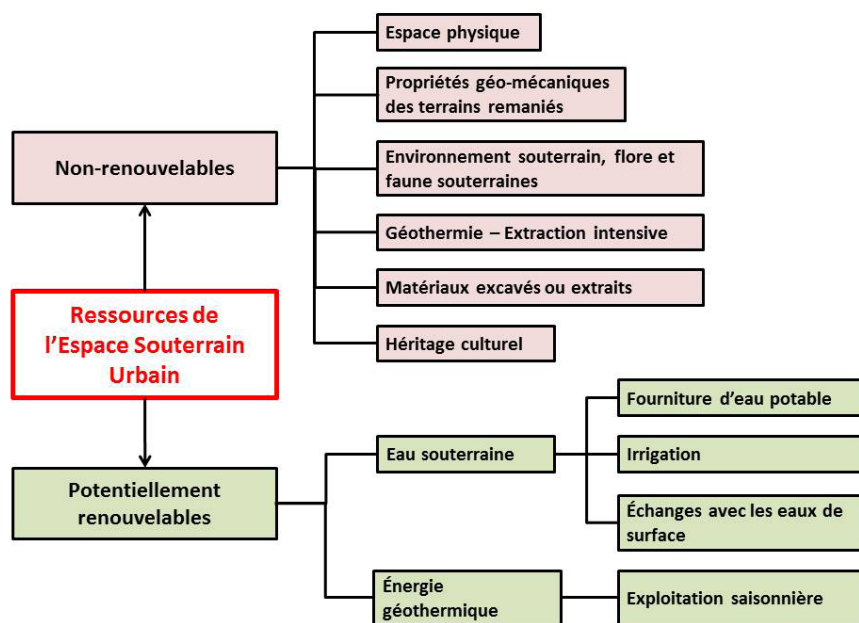
Réutilisation de docks en centre-ville pour l'implantation d'une centrale de traitement des eaux usées en souterrain (Dokhaven, Rotterdam, Pays Bas).

### L'environnement souterrain

L'environnement souterrain comporte quatre ressources principales: l'espace, les matériaux, l'eau et l'énergie. La figure de la page suivante illustre les caractéristiques de ces ressources en matière de durabilité.

En zone urbaine, l'espace prend de plus en plus de valeur au fur et à mesure que la ville grandit. Seules les couches supérieures du sous-sol sont utiles pour les applications urbaines. La plupart des réseaux et des cheminements piétonniers se disputent l'espace dans les 5 à 10m sous la surface. Mais certaines circulations et installations peuvent atteindre une profondeur de 50 à 75m. Concernant les matériaux, le sous-sol comporte le sol ou la roche où sera faite l'excavation, où

l'eau souterraine est contenue et où les ouvrages sont construits ; les minéraux utiles pouvant être extraits, et les matériaux dangereux (naturels ou créés par l'homme) qu'il convient d'isoler. L'eau souterraine constitue une importante ressource naturelle du sous-sol. Elle dépend des conditions hydrogéologiques générales et locales et peut être importante pour l'approvisionnement en eau d'une zone urbaine. Les modifications du régime des eaux souterraines peuvent affecter les constructions de surface. Dans le domaine de l'énergie, le sous-sol offre des ressources géothermiques exploitables grâce à des systèmes d'échanges thermiques avec le sol, mais aussi, pour les installations souterraines, l'avantage de faibles échanges thermiques avec le terrain environnant.



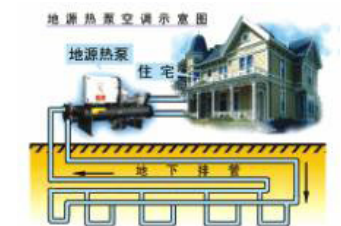
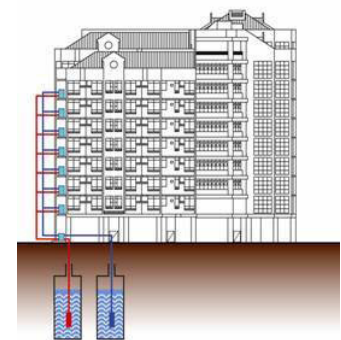
Ressources souterraines renouvelables et non renouvelables (d'après Bobylev 2009)

### Vers une utilisation durable de l'espace souterrain

Les ressources qu'offre le sous-sol ont été généralement sous-estimées par la société. Il en a résulté une absence de planification efficace des utilisations croissantes avec le temps dans les villes en expansion.

Une utilisation efficace et durable du sous-sol est souvent grandement compromise par les utilisations antérieures, faites le plus souvent selon le principe du « premier arrivé, premier servi ». De nombreuses utilisations du sous-sol à faible profondeur se font au fur et à mesure que la ville croît. Il s'agit des fondations et sous-sols d'immeubles, des multiples réseaux de câbles, canalisations et tunnels des services et transports. Les choix étant faits au cas par cas, les décisions de conception affectent les possibilités d'utilisation de l'espace souterrain pour les besoins ultérieurs.

### Application énergétiques



Des stockages de chaleur et de froid sont maintenant largement utilisés en Chine. Ils constituent un tout premier exemple de développement durable en réduisant les émissions de carbone grâce à l'utilisation des caractéristiques intrinsèques du sous-sol.



Par exemple, les applications de géothermie sont de plus en plus répandues sous les climats nordiques. En matière de durabilité, de tels systèmes sont de nature à constituer des obstacles pour de futures réalisations en raison de la création d'importants volumes occupés par des forêts de forages verticaux.

### Exemples de pratiques durables d'utilisation de l'espace souterrain

À Helsinki (Finlande), un projet est en cours pour l'implantation d'un centre de stockage de données sous la cathédrale de la ville. Les besoins de stockage de données augmentent en effet avec l'utilisation d'internet. L'économie d'énergie de climatisation générée par l'implantation souterraine d'un tel centre correspond au chauffage hivernal de 1000 maisons d'Helsinki.

À Kuala Lumpur (Malaisie), a été réalisé un tunnel servant à la fois de collecteur d'orage et de tunnel routier. Ce qui était censé être au départ un vaste collecteur pour éviter les inondations lors des fortes précipitations comporte désormais, sur une partie de son tracé, un tunnel routier permettant de réduire la congestion du trafic en dehors des périodes d'inondation.

Le développement durable de l'espace souterrain ne concerne pas uniquement l'utilisation de cet espace, mais également sa mise à profit pour regrouper des fonctions et ainsi créer de la valeur pour la société.

---

## Peut-on imaginer un développement urbain durable sans l'utilisation de l'espace souterrain?

Développer une ville de façon durable sans recourir à l'espace souterrain paraît inimaginable. L'espace souterrain est un atout appréciable pour la société. Grâce à nos connaissances, les possibilités de son utilisation augmentent rapidement. Des tunnels fournissant de l'énergie à leur voisinage ne sont pas aussi improbables qu'on pourrait le penser. L'espace souterrain est prêt à contribuer à des villes durables. Pourquoi ne pas commencer à l'utiliser dès aujourd'hui ?

---

### A propos d'ITACUS

Le Comité ITACUS considère que sa mission est de faire progresser la prise de conscience et la prise en considération de l'espace souterrain par la création d'un dialogue à l'échelle mondiale. Le Comité remplira sa mission d'une manière proactive, en favorisant la cause de l'utilisation de l'espace souterrain dans le cadre des besoins sociaux, des préoccupations environnementales, du développement durable et du changement climatique.

ITA-AITES  
c/o EPFL, Bât GC, Station 18  
CH 1015 Lausanne, Suisse  
T +41 21 6932310  
F +41 21 6934153  
E [itacus@ita-aites.org](mailto:itacus@ita-aites.org)  
W [itacus.ita-aites.org](http://itacus.ita-aites.org)

