

Chaque année, le Comité ITACUS publie un Livre Blanc sur l'utilisation de l'espace souterrain. Après le Livre Blanc n° 1 (T&ES n°223), nous publions ici le Livre Blanc n°2 édité en 2010. Le Livre Blanc n°3 paraîtra dans notre prochaine édition (Sept-Octobre 2011).

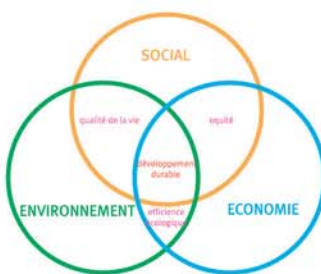
Développement durable du sous-sol urbain

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.

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.

“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 contribution de l'espace souterrain

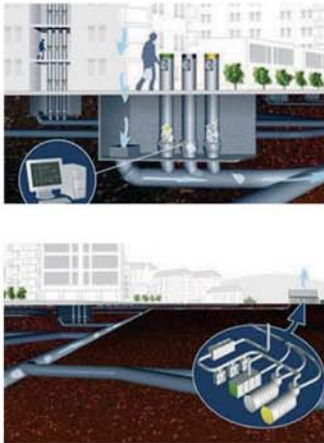
L'utilisation de l'espace souterrain est liée au caractère durable des zones urbanisées car la réalisation d'ouvrages en sous-sol peut réduire l'importance de l'occupation humaine en surface. La préservation des opportunités de développement urbain pour les futures générations constitue le cœur du problème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

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.

L'environnement souterrain

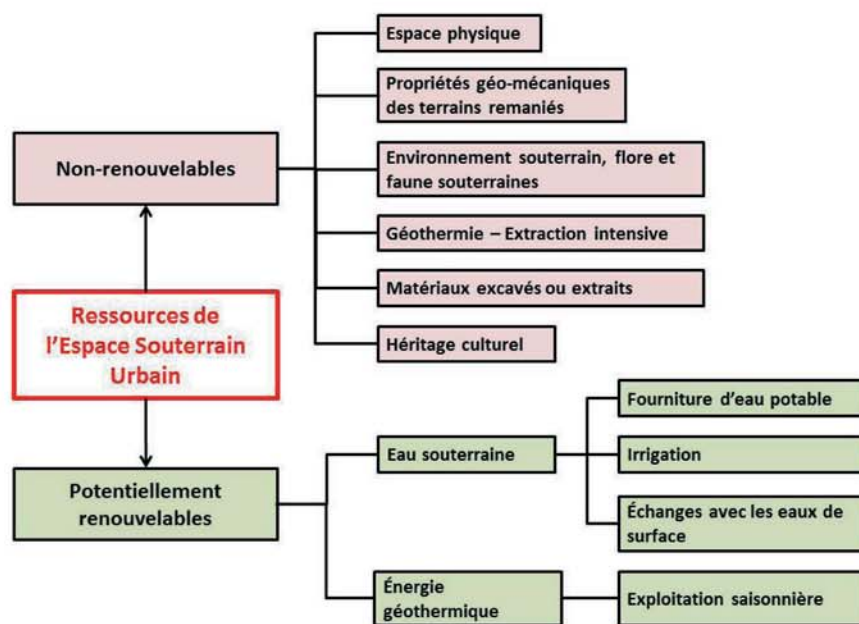
L'environnement souterrain comporte quatre ressources principales: l'espace, les matériaux, l'eau et l'énergie. La figure de la page suivante illustre les caractéristiques de ces ressources en matière de durabilité.



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

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.



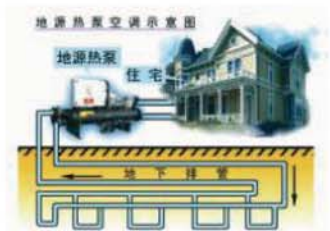
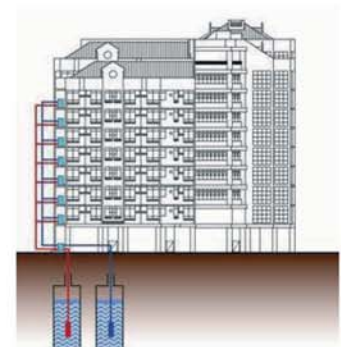
Ressources souterraines renouvelables et non renouvelables (d'après Bobylev 2009)

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.

Applications 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

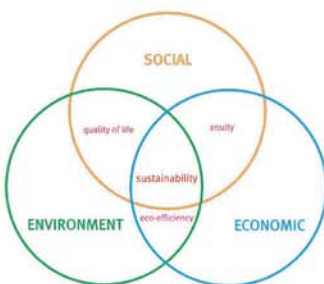
W itacus.ita-aites.org



Every year, ITACUS issues a White Paper on the use of underground space. After the WP n°1 (T&ES n° 223), we herein publish the WP n° 2 edited in 2010. The WP n° 3 (2011) will appear in our next issue dated Sept-October 2011.

“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

Report of the World Commission on Environment and Development (Brundtland 1987)



The three pillars of sustainable development.

Sustainable Urban Underground Development

More than half the population of the world now lives in urban areas and the expectation is that this figure will grow rapidly in the next decades – reaching 70% in 2050. Modern cities worldwide need to cope with this rapid urbanization while at the same time protecting these large concentrations of people from natural disasters and the effects of climate change.

The creation of sustainable urban areas with the resilience to survive natural disasters and the effects of climate change through urban resilience-building, will be critical for urban planning and engineering in the coming decades. This White Paper will explore these themes and the contribution and impact of underground space use to achieving sustainable urban development and creating resilient cities.

The contribution of underground space

Underground space use is tied to the sustainability of an urban area because the use of underground facilities can positively impact the extent to which human occupancy of a land area affects the surface environment. At the core of concern for a sustainable use of the urban underground is the maintenance of opportunity for urban development by future generations.

Underground infrastructure contributes to sustainability of the environment in many ways: saving natural resources, including land, water, and biodiversity; reducing air pollution (mainly in the transport sector, though also for others, such as underground sewage treatment facilities) and unnecessary visual and noise intrusion; creating opportunities for less energy use and waste generation (compact city); creating structures less impacted by earthquakes and other catastrophic events; and enhancing of overall landscape and environmental quality. Facilities placed fully underground (once constructed) do not impact the surface aesthetic and can allow natural ground surfaces and flora that maintain the natural ecological exchanges of thermal radiation, convection and moisture exchange between the ground and the air. Underground infrastructure allows a reduction of land area covered by manmade structures.

Underground structures generally have long expected lives. This due in part to the removal of many environmental exposures, but also due to the heavy

structures that may be necessary to support ground pressures. These resilient structures are important for long-term sustainability. Underground structures typically provide excellent resistance to catastrophic events such as earthquakes, hurricanes, tornados, external fires, external blasts, radiation and other terroristic threats.

Coping with urban waste



Urban waste collection through an underground vacuum network. Examples exist in Sweden, the Netherlands, Norway, China, and other countries.

The use of underground facilities can alter the basis for economic growth in an urban area by providing better transportation and utility infrastructure that would be impossible to construct on the surface. In urban areas extensively developed underground infrastructure creates an independent spatial layer of communication and services, including critical facilities that enhance a city’s coherence and resilience. Likewise, the use of underground facilities can avoid detrimental impacts to the social structure of an urban area when a major surface or elevated infrastructure project dissects existing neighbourhoods.

Underground infrastructure development can also positively contribute to climate change mitigation by providing energy efficient facilities and enabling higher living standards in compact urban areas. If a certain area of a city is not compact enough to provide different services within walking distance then transportation needs and, usually, automobile usage rises.

In simple terms, underground facilities can be thought of as providing the ultimate “green roof.”

The impact of underground space

Underground space is an environmental entity and a natural resource in its own right and can be damaged or changed by human activities within the underground. In this respect, it must be stressed that underground facilities, to a much greater extent than surface facilities, represent structures that cannot be returned to their pre-construction condition. Therefore, underground space use must be planned in a sustainable manner also.



The underground environment

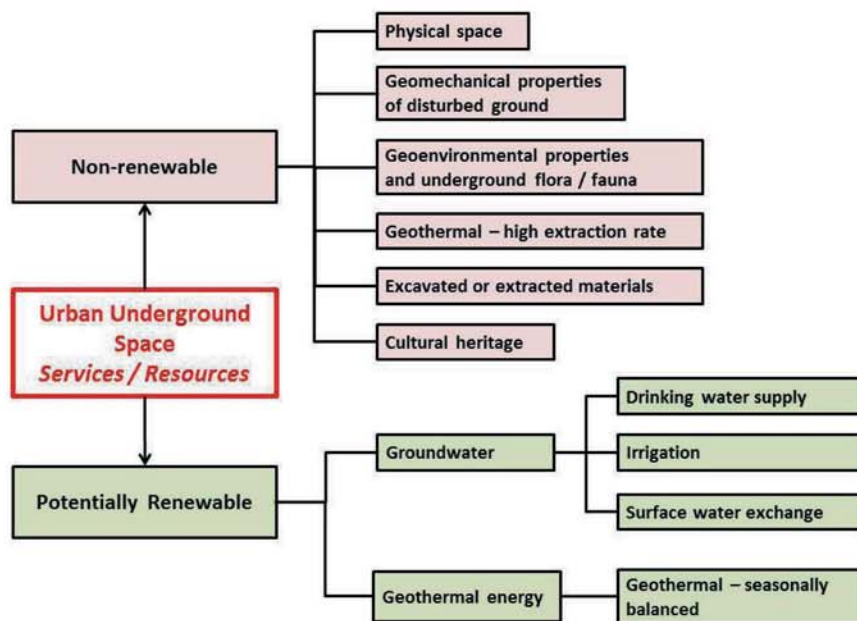
Four basic elements constitute the underground environment as a resource: space, materials, water, and energy. The figure on the next page, illustrates the sustainable implications of the underground resources.



Reusing inner city docks to bring a waste water treatment plant underground (Dokhaven, Rotterdam, the Netherlands).

Space in an urban area becomes an increasingly valuable commodity as a city grows. Only the uppermost layers of the underground can be considered as useful for urban space applications. Most utility and pedestrian functions compete for space in the upper 5-10 m below surface. But some transit and deep utilities may extend to the 50-75 m depth range. Important aspects of materials in the underground environment include the soil/rock fabric within

which excavation must occur, groundwater is held, and structures are constructed; useful resources/minerals that can be extracted; and hazardous materials (natural or manmade) that need to remain isolated. **Groundwater** is an important natural resource of the underground that is connected to the local and global hydrological cycle and may be important within an urban area as a water supply resource. Changes in groundwater conditions may also affect surface structures. **Energy** as an underground resource category includes geothermal resources that can be accessed by active heat exchange with the ground using mechanical systems, as well as the naturally low heat exchange of an underground facility with the surrounding ground.



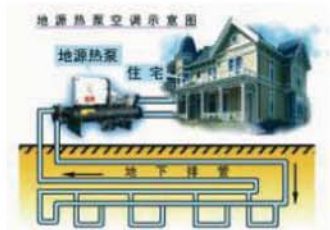
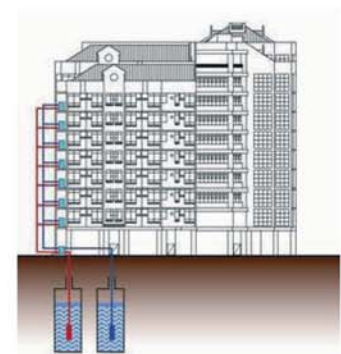
Renewable and non-renewable underground resources (after Bobylev 2009)

Towards sustainable use of underground space

The resource represented by the underground has generally been undervalued by society and the result has led to a lack of effective planning for the increasing uses that develop over time in growing cities.

Efficient and sustainable use of the underground is often significantly hampered by the first-come, first-served nature of prior underground uses. Many uses of the shallow underground develop over time as a city grows. Such uses include building foundations and basements and the extensive network of cables, pipes and tunnels that carry utility and transportation services. While normally treated as individual project choices, the design decisions for these facilities affect the ability to use underground space for future needs.

Energy applications



Heat and cold storage schemes are now extensively being used in China. They are a prime example of sustainable development by reducing the carbon footprint through using the inherent qualities of the underground.



For example, geothermal heat exchange systems are becoming popular in many northern climates. The sustainability issues associated with such systems include the creation of large volumes of the underground beneath urban areas containing a “forest” of deep vertical boreholes that may constitute an obstacle to other future important uses.

Examples of sustainable practices in using underground space

In Helsinki, Finland a project is underway to use the underground space under the city’s cathedral to locate a data storage centre. As the use of the internet and “cloud” computing grows, the need for storage centres also grows. Locating this centre underground saves in terms of energy needed for cooling and allows the recovered energy to heat 1,000 Helsinki homes during winter.

In Kuala Lumpur, Malaysia a Storm Water Management and Road Tunnel was constructed. What in first instance was meant to be a large storm sewer to prevent the city from flooding during excessive rainfall now includes a road tunnel along part of the alignment which is available to ease traffic congestion except during the major flood events.

Sustainable development of underground space not just calls for using underground space, but using it to combine functions and to create value in doing so for society.

Can you imagine sustainable urban development without the use of underground space?

Developing a city in a sustainable way without including underground space seems unthinkable. Underground space is a worthwhile societal asset and with our understanding of it, the possibilities of use are rapidly increasing. Tunnels which provide energy for surrounding neighbourhoods are not as farfetched as they may sound. Underground space is set to contribute to sustainable cities. Why not start using it today?

About ITACUS

ITACUS sees it as its mission to advance the awareness and thinking on the use of underground space through the creation of a worldwide dialogue. The committee will fulfil its mission in a pro-active manner, furthering the cause of underground space use within the context of societal needs, environmental concerns, sustainable development and climate change

ITA-AITES c/o EPFL
Bât GC, Station 18
CH 1015 Lausanne
Switzerland

T +41 21 6932310

F +41 21 6934153

E itacus@ita-aites.org

