Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 132 (2006)
Heft: 05: Espace souterrain

Artikel: Deep City: ressources du sous-sol urbain
Autor: Blunier, Pascal / Maire, Pierrick / Parriaux, Aurèle
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-99450

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Pascal Blunier, Pierrick Maire, Aurèle Parriaux et Laurent Tacher

Deep City : **ressources du sous-sol** urbain

L'étalement spatial et la croissance démographique qui ont caractérisé le développement urbain des dernières décennies ont souvent produit des villes incompatibles avec les principes du développement durable. L'engorgement routier, les taux élevés de pollution atmosphérique, le manque d'espaces verts ou l'insuffisance des ressources en eau affectent le milieu urbain. Dans ce contexte, l'optimisation de l'usage des ressources souterraines apparaît comme une solution au développement urbain durable[1].

Le sous-sol urbain possède un important potentiel qui peut contribuer au développement durable des villes s'il est utilisé et géré de manière appropriée (fig. 1). L'emploi des quatre principales ressources souterraines - espace, eau, énergie géothermique et géomatériaux - peut être optimisé afin de créer des arrangements qui soient favorables d'un point de vue social, économique et environnemental. L'espace souterrain peut par exemple être utilisé pour concentrer des infrastructures et des services urbains tels que parkings, tunnels de transport ou centres commerciaux ; l'énergie géothermique et la capacité de stockage de chaleur du sous-sol peuvent servir au chauffage et à la climatisation des bâtiments, ce qui réduit les émissions de CO_2 ; l'eau souterraine peut être affectée à l'usage domestique et certains matériaux des excavations peuvent être valorisés comme matériaux de construction, ce qui minimise les transports et le stockage.

En général, ces ressources souterraines sont exploitées séparément, le potentiel global n'étant pas pris en compte. Pourtant, l'exploitation d'une de ces ressources peu avoir des effets sur l'exploitation d'une autre. Le développement classique d'un projet souterrain est représenté par la figure 2. Cette approche est qualifiée de sectorielle, car elle tient uniquement compte d'un besoin spécifique à un instant donné. Les impacts environnementaux, sociaux et économiques sont considérés à une échelle spatiale et temporelle réduite, si bien que des conflits d'utilisation ne sont pas décelés et peuvent prétériter les besoins futurs. Ce phénomène est d'autant plus important que certaines ressources du sous-sol, en particulier l'espace et les géomatériaux, ne sont pas renouvelables : une fois perturbée, la structure d'un sous-sol ne retrouvera jamais sa situation initiale. L'utilisation non mesurée de ces ressources conduit donc à un gaspillage irréversible.

Un espace riche

Jusqu'à maintenant, la planification du sous-sol à long terme et à grande échelle est peu développée.

La Finlande est un des rares pays à avoir développé une législation favorisant la prise en compte du souterrain, l'étude d'impact environnemental ainsi que la réservation d'espace souterrain pour de futurs projets. Cette législation donne une impulsion positive au développement souterrain et permet également une meilleure connaissance de leur sous-sol. Dans les faits, cela se traduit par des réalisations qui peuvent se répartir en quatre catégories :

- les équipements publics (piscine, patinoire, centre sportif, église, salle de spectacle, etc.) ;
- les voies de communications (métro, transversale urbaine, parking, etc.) ;
- les équipements de maintenance technique (approvisionnement en eau, électricité, gaz, etc., mais aussi station de traitement des eaux usées) ;
- les équipements industriels et de production (stockage, processus bruyant, poussiéreux ou malodorant, ou alors processus nécessitant une très faible variation de la température).

Des villes, comme Montréal (fig. 3), Tokyo ou Shanghai, ont élaboré des systèmes de réseaux piétonniers reliant des bâtiments ou des stations de métro. Elles ont profité de ce flux de personnes pour développer des zones commerciales.

Dans d'autres situations, le manque de planification et de prise en compte des ressources souterraines peut se révéler très préjudiciable, comme le prouve le cas de Mexico City. La principale ressource en eau potable de cette ville de 15,6 mil-

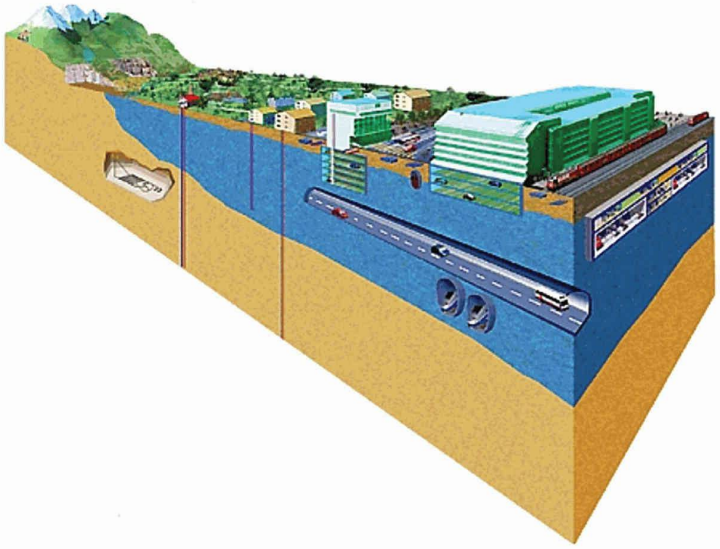
[1] Les auteurs collaborent au Programme national de recherche 54, « Développement durable de l'environnement construit », avec le projet « Ressources du sous-sol et développement durable des zones urbaines » (voir <www.nfp54.ch> et <http://geolepwww.epfl.ch>)

Fig. 1 : Illustration du développement souterrain d'une ville : voies de communication, parkings, magasins, espaces de stockage et pompes à chaleur (Document <http://www.chgeol.ch>)

Fig. 2 : Représentation simplifiée de la démarche sectorielle de développement en souterrain. Les deux projets au temps T1 et T2 ne sont pas compatibles, un développement durable et un usage optimal des ressources ne sont pas atteints.

lions d'habitants est l'eau souterraine. Le pompage dans l'aquifère à un débit plus élevé que celui du renouvellement naturel de l'eau a provoqué un tassement du terrain allant jusqu'à 10 mètres en centre ville (fig. 4). Ce phénomène a causé des dégâts aux structures des bâtiments et nécessite un pompage important afin de maintenir les infrastructures hors de l'eau, ce qui conduit à des dépenses énergétiques considérables. Les tassements peuvent en outre endommager les conduites des eaux usées et entraîner une pollution de l'aquifère.

Comparé à celui de nombreuses grandes métropoles, l'espace souterrain des villes suisses reste peu développé. Toutefois, il connaît récemment d'importants développements, en particulier pour des infrastructures de transport. Ainsi, Lausanne et Genève, respectivement avec la ligne M2 et le CEVA, ont fait le pari d'ouvrages en sous-sol pour désengorger la circulation en surface. L'histoire géologique du plateau suisse a créé de nombreux aquifères dans des zones de moraines et d'alluvions, qui forment des réserves précieuses pour le développement durable des villes. Enfin, ces dernières années, la Suisse a connu un important développement en matière d'énergie géothermique, particulièrement la géothermie à basse énergie, par l'installation de pompes à chaleur. Elle est aujourd'hui la troisième productrice mondiale d'énergie géothermique après l'Islande et la Nouvelle-Zélande.

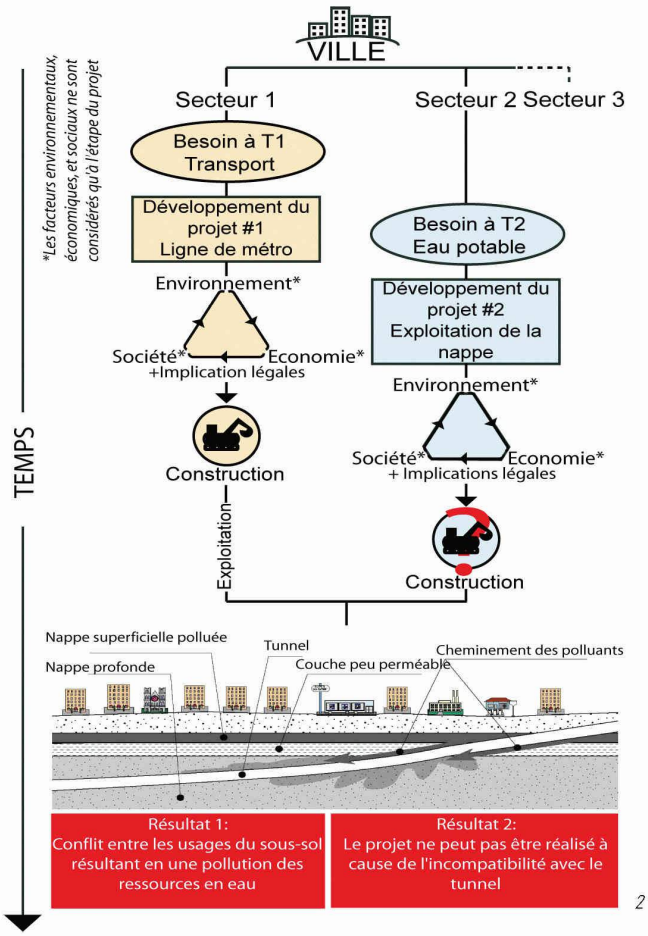


1

Les raisons du manque de gestion

Différentes raisons peuvent être avancées pour expliquer ce défaut de planification globale du développement en souterrain. Tout d'abord, le sous-sol urbain est effectivement mal connu. C'est un espace invisible et complexe dont la compréhension et la représentation sont trop souvent réservées aux spécialistes des géosciences. Une connaissance globale du sous-sol est difficile à acquérir, la plupart des investigations étant réalisées en relation avec les projets de construction. Il en résulte une dispersion des informations et la difficulté de réaliser une extrapolation de l'échelle de l'ouvrage à celle de la ville.

Ensuite, les interactions entre les usages du sous-sol sont peu prises en compte. La gestion des différentes ressources souterraines est réalisée par des métiers différents (ingénieurs civils, géologues, spécialistes en environnement, gestionnaires urbains, etc.), souvent des services séparés. Le lien entre les ressources reste peu investigué et le manque de coordination mène à leur dilapidation ou à des conflits d'utilisation. Par ailleurs, des potentialités pour le développement durable (comme l'exploitation du flux géothermique par les ouvrages souterrains) ne sont pas mises en valeur.



2

Fig. 3 : La Grande-Place, partie intégrante du réseau souterrain de Montréal

Fig. 4 : La cathédrale de Mexico-City s'est affaissée d'une dizaine de mètres. Une des extrémités, construite sur les vestiges d'une ancienne église, est moins enfoncée : le tassement différentiel (3,5 m) disloque la construction qui est maintenue par des câbles précontraints qui parcourent l'édifice dans tous les sens. (Photo GEOLEP, G. Franciosi)

3

4

Du point de vue économique, les coûts de construction sont souvent plus élevés en souterrain qu'en surface, si bien que la différence d'investissement rend les projets souterrains moins compétitifs.

Finalement, la perception du public envers les infrastructures souterraines est généralement mauvaise. Le sous-sol est souvent considéré comme un espace sombre, humide, froid et peu sécurisé. Il est important de remarquer que cette perception biaisée du sous-sol est aussi le fruit du manque d'une véritable architecture souterraine.

Mise en valeur du potentiel

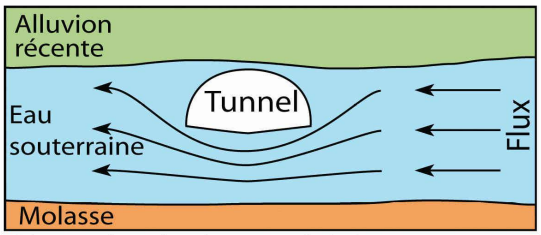
Pour gérer les ressources urbaines de manière durable, il faut bien sûr développer de nouvelles connaissances sur le plan géologique et environnemental, mais également dans le domaine des sciences humaines. Selon une de nos thèses principales, il faut remplacer l'approche sectorielle du développement souterrain par une approche globale, qui implique une prise en compte du potentiel du sous-sol dans son ensemble : elle permet de minimiser les conflits d'utilisation (fig. 5), voire de valoriser les possibilités de synergies (fig. 6). Pour développer cette approche combinée, il est nécessaire de répondre à un certain nombre de questions :

- Comment évaluer les ressources du sous-sol urbain ?
  Une représentation de l'espace souterrain à l'échelle de la ville sera favorisée par une meilleure gestion des informations spatiales relatives au souterrain. Il s'agit de proposer des concepts d'intégration de données de plusieurs types (géologie, milieu construit, impacts environnementaux), à l'aide notamment des outils de modélisation géologique 3D et de systèmes d'information géographiques, lesquels sont malheureusement encore peu compatibles aujourd'hui.
- Quels sont les usages possibles du souterrain ?
  Les ressources du sous-sol sont utilisées de manière différente de par le monde. Ces utilisations ne sont pas toutes développées avec la même ampleur, pour des raisons géologiques, économiques, socioculturelles, etc. Il est donc particulièrement important de définir quelles sont les conditions d'utilisation du sous-sol, afin d'évaluer les potentialités pour les situations spécifiques aux villes suisses.
- Quels synergies et conflits apparaissent entre les différentes utilisations du sous-sol ?
  Les interactions entre les usages doivent être investiguées par des études de cas dans des villes ayant déjà expérimenté un développement de l'espace souterrain. Des modèles d'interactions seront développés afin de décrire les para-

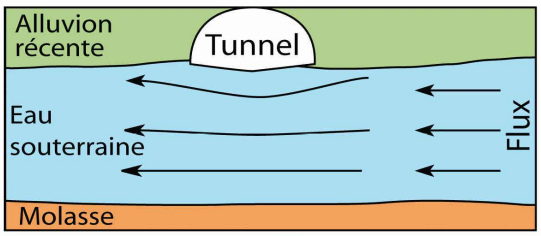
Fig. 5 : Conflit entre l'utilisation de l'espace et des eaux souterraine. Si le tunnel est construit dans la nappe (a), l'utilisation de cette dernière pour l'eau potable est prétéritée.

Fig. 6 : Synergie entre construction et usage de chaleur. Le besoin de réaliser des fondations sur pieux au travers de la zone saturée de l'aquifère crée une opportunité pour l'extraction de chaleur par des structures énergétiques.

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs)

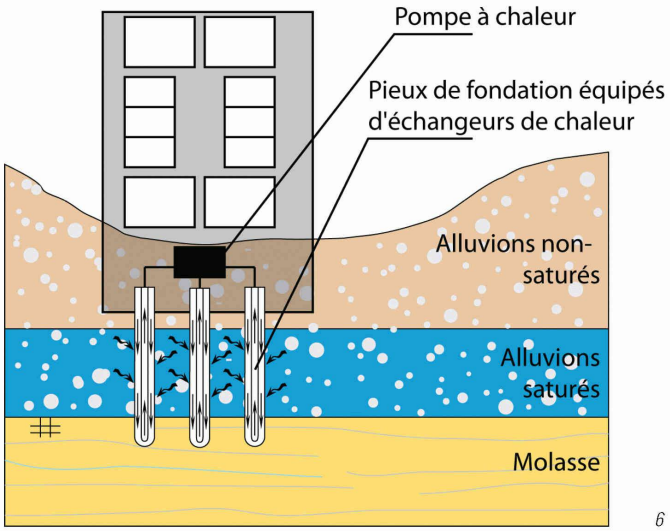


a) le tunnel est dans la nappe phréatique



b) le tunnel est au-dessus de la nappe phréatique

5



6

mètres qui les gouvernent. Elles seront considérées à différentes échelles spatiales, de l'échelle de la construction à celle de l'aquifère et de la ville, et aux différentes échelles temporelles du cycle de vie des infrastructures : construction, utilisation, désaffectation, réhabilitation.

Acceptabilité et validation

Par ailleurs, il serait illusoire de vouloir développer une méthodologie de planification qui favorise une meilleure utilisation des ressources souterraines si un emploi plus important de cet espace n'est pas acceptable humainement ou économiquement. Il s'agira donc de tester l'acceptabilité et d'identifier toutes les opportunités, les limites ou les contraintes économiques, sociales, juridiques, politiques ou urbanistiques. Cela permettra de savoir quels leviers d'action utiliser, et quelles propositions élaborer pour favoriser un développement souterrain plus important.

Dans ce cadre, l'analyse sera d'abord basée sur une étude de l'expérience de certaines villes dans le domaine du souterrain, afin de tirer les enseignements du passé. Puis, pour avoir une meilleure compréhension de la manière de comparer les coûts entre la construction en surface et en souterrain, des notions telles que la réduction de la pression sur le prix foncier, les coûts de maintenance, les coûts d'utilisation, l'évaluation des coûts sur l'environnement ou le paysage seront traités. D'un point de vue sociologique, l'intérêt est de déterminer si l'être humain est prêt à passer plus de temps en souterrain, quels types d'activités il est prêt à y effectuer et d'identifier les avantages et les inconvénients pour les utilisateurs, mais également de déterminer quelles conditions architecturales favorisent une meilleure perception du monde souterrain par le public[2].

Les résultats de cette recherche seront intégrés dans une méthodologie de planification de l'espace souterrain, selon une approche transdisciplinaire. Cette méthodologie sera développée dans le contexte de la Suisse et validée en réalisant, modélisant et évaluant des scénarios de développement urbains à l'échelle de la ville, notamment grâce à une étude de cas sur la ville de Genève.

Pascal Blunier, ing. en environnement EPF
Pierrick Maire, lic. en sciences économiques, mention management
Aurèle Parriaux, prof., dr es sc., géologue
Laurent Tacher, dr es sc., géologue et hydrogéologue
GEOLEP - ENAC - EPFL
Station 18
CH - 1015 Lausanne

Autres partenaires du projet :

Prof. V. Kaufmann	Laboratoire de Sociologie Urbaine (EPFL)
Prof. P. Thalmann	Laboratoire de Recherche en Economie et Management de l'Environnement (EPFL)
Prof. F. Golay	Laboratoire de Système d'Information Géographique (EPFL)
Prof. J. L. Scartezzini	Laboratoire d'Energie Solaire et Physique du Bâtiment (EPFL)
Dr V. Labiouse	Laboratoire de Mécanique des Roches (EPFL)
Prof. W. Schmid et Dr M. Keiner	Landscape and Environmental Planning (ETHZ)
Claude Risch	Emch + Berger AG Berne

[2] Voir par exemple : P. Von Meiss, F. Radu : « Vingt mille lieux sous les terres - Espaces publics souterrains », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2004