



# ASSAINISSEMENT & EAUX SOUTERRAINES

## MESSAGES CLÉS

- toutes les technologies d'assainissement ont une relation étroite (mais souvent méconnue) avec les eaux souterraines.
- les systèmes d'assainissement sur site affectent invariablement la quantité et la qualité des ressources en eaux souterraines, entraînant souvent la pollution des aquifères peu profonds.
- dans les villages, la plus faible densité des unités d'assainissement permet de gérer l'interaction avec les eaux souterraines grâce à des critères de séparation appropriés entre les installations sanitaires et les puits.
- l'interaction des systèmes d'égouts principaux avec les eaux souterraines varie considérablement en fonction de la topographie urbaine.
- dans les zones urbaines plus élevées, les fuites ponctuelles et les infiltrations linéaires des égouts peuvent constituer une source importante de pollution des eaux souterraines.
- dans les zones urbaines plus basses, le mauvais entretien des collecteurs principaux entraîne souvent des infiltrations d'eaux souterraines et une augmentation marquée du volume des eaux usées à traiter, sans compensation financière correspondante.
- la réutilisation des eaux usées insuffisamment traitées pour l'irrigation peut entraîner une pollution importante des eaux souterraines, en particulier dans les régions plus arides.

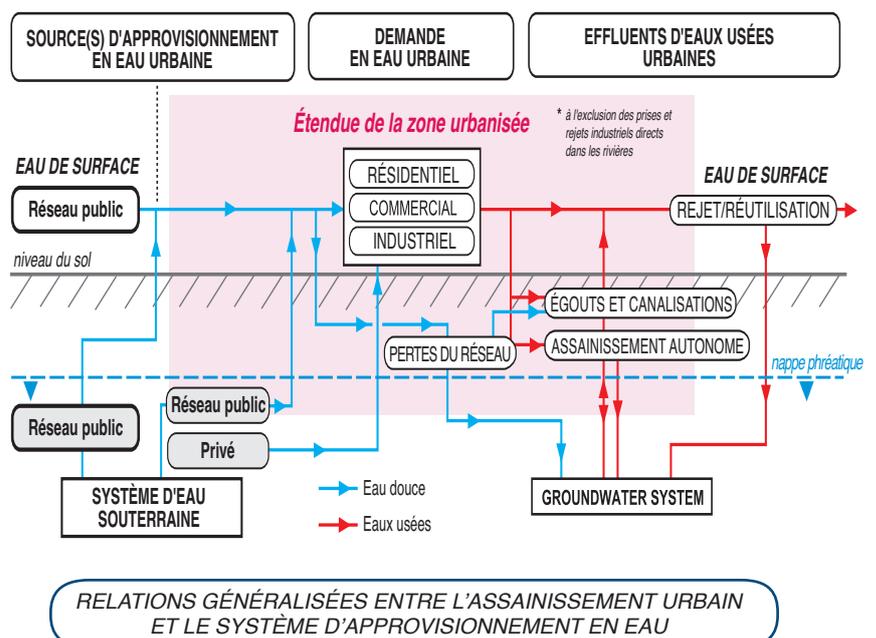
## Quelles sont les options d'assainissement considérées ici ?

L'évacuation, l'élimination et /ou la réutilisation des eaux usées urbaines sont généralement assurées par l'un des deux types de technologies fondamentalement différents : les unités d'assainissement autonome (sur site) ou les systèmes d'évacuation des eaux usées collectifs (beaucoup plus coûteux), incluant un réseau de canalisations et un traitement centralisé.

L'interaction de ces deux technologies avec les eaux souterraines doit être abordée individuellement mais de manière intégrée. Elles entretiennent toutes deux une relation étroite, mais souvent méconnue, avec les eaux souterraines, qui fonctionne dans deux directions différentes :

- les pratiques d'assainissement autonomes qui affectent, à des degrés variables, la quantité et la qualité des ressources en eaux souterraines.
- L'état des eaux souterraines qui influence les systèmes d'assainissement collectif et en augmente le coût.

Aujourd'hui, on estime que plus de 3 milliards de personnes dans le monde n'ont toujours pas accès à un assainissement géré en toute sécurité, ce qui entraîne de nombreux problèmes sanitaires et environnementaux.





La manière dont ce déficit est géré exercera une influence majeure sur les eaux souterraines sous-jacentes, qui constituent également une ressource essentielle pour les mêmes populations. En particulier, la forte pollution des puits d'eau peu profonds est une préoccupation majeure, car les populations les plus pauvres dépendent souvent davantage de cette ressource.

Les eaux souterraines sont une ressource essentielle pour la vie humaine, représentant près de 60% de l'approvisionnement mondial en eau potable, avec une dépendance encore plus forte dans les régions au climat plus aride. Elles présentent un coût de développement relativement faible et une qualité généralement élevée, nécessitant seulement un traitement simple, ce qui en fait une excellente source pour l'approvisionnement des petits réseaux de distribution et l'auto-approvisionnement privé à partir de puits. Par exemple, dans les villes brésiliennes, plus de 80% des eaux souterraines extraites sont destinées à l'auto-approvisionnement privé.

### Comment l'assainissement autonome urbain impacte-t-il les systèmes souterrains d'eau sous-jacents et ces interactions peuvent-elles être gérées ?

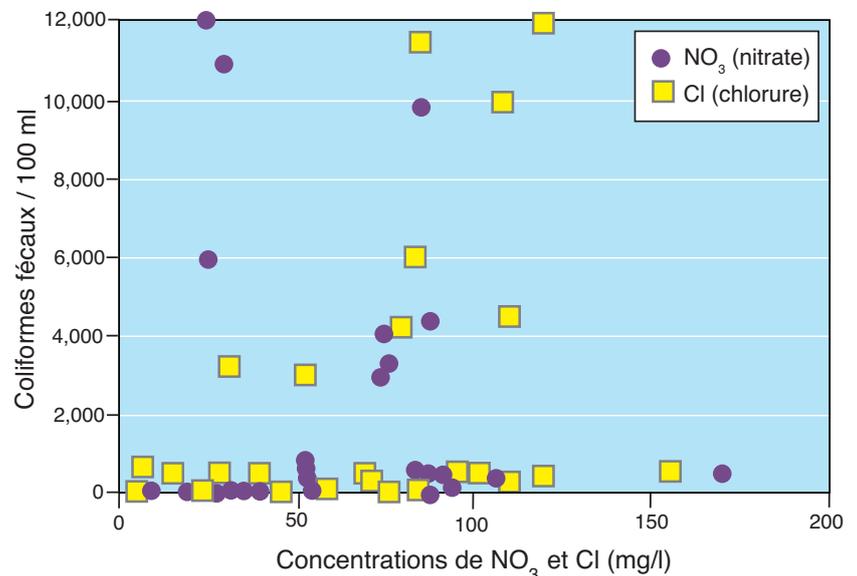
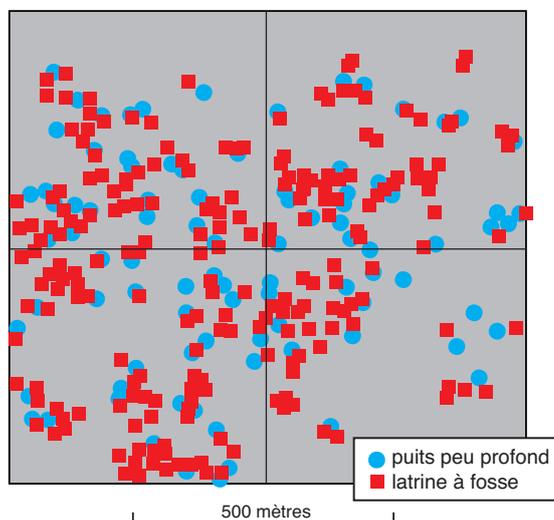
Dans les zones urbaines, l'utilisation de l'assainissement autonome contribue à la recharge des re-

sources en eau souterraine (en restituant l'eau au sol), mais peut également être une source majeure de pollution des nappes phréatiques.

Ce phénomène est connu depuis longtemps, mais les exemples efficaces de contrôle et de gestion des risques associés restent rares. Les puits privés destinés à l'auto-approvisionnement en eau sont particulièrement vulnérables à la pollution due à l'utilisation intensive de l'assainissement autonome en milieu urbain, surtout lorsqu'ils sont très peu profonds.

Le niveau de pollution dépendra de la vulnérabilité relative de l'aquifère sous-jacent, ainsi que de la conception, du fonctionnement et de l'entretien des unités d'assainissement autonome (notamment les pratiques de gestion des boues fécales). Dans des conditions favorables, avec des protocoles de construction clairs et un service fiable d'évacuation des boues fécales, la pollution peut être maîtrisée. Mais dans des conditions défavorables, les impacts peuvent être très graves, entraînant des concentrations élevées de nitrates, de composés organiques dissous (DOC), de micropolluants et de pathogènes dans les eaux souterraines. Cela constitue un risque majeur, notamment lorsque les nappes phréatiques peu profondes sont utilisées pour l'alimentation en eau potable, un problème clairement illustré par les données de l'aquifère karstique dolomitique sous-jacent à Lusaka, en Zambie.

LOCALISATION DES PUIITS PEU PROFONDS PAR RAPPORT AUX UNITÉS D'ASSAINISSEMENT SUR PLACE ET QUALITÉ DE LEUR EAU SOUTERRAINE À LUSAKA (données de Sorensen et al., 2015)



Un défi majeur pour les ingénieurs sanitaires est de trouver comment recycler l'urine humaine (en plus des boues fécales) à partir des unités d'assainissement autonome afin de réduire l'impact sur la qualité des eaux souterraines.

### En quoi la relation entre l'assainissement et les eaux souterraines diffère-t-elle dans les villages ruraux ?

Dans les villages, la densité des unités d'assainissement autonome est beaucoup plus faible et le volume d'effluents générés est moindre. Ces effluents peuvent généralement être traités par percolation à travers la zone non saturée. Il est essentiel d'appliquer des critères de séparation appropriés entre les unités d'assainissement in situ et les puits d'eau potable afin de minimiser le risque de pollution. De plus, la tentation de réduire cette séparation physique pour des raisons de commodité d'utilisation doit être fermement et systématiquement évitée.

### Comment les égouts urbains interagissent-ils avec les eaux souterraines et affectent-ils leur fonctionnement ?

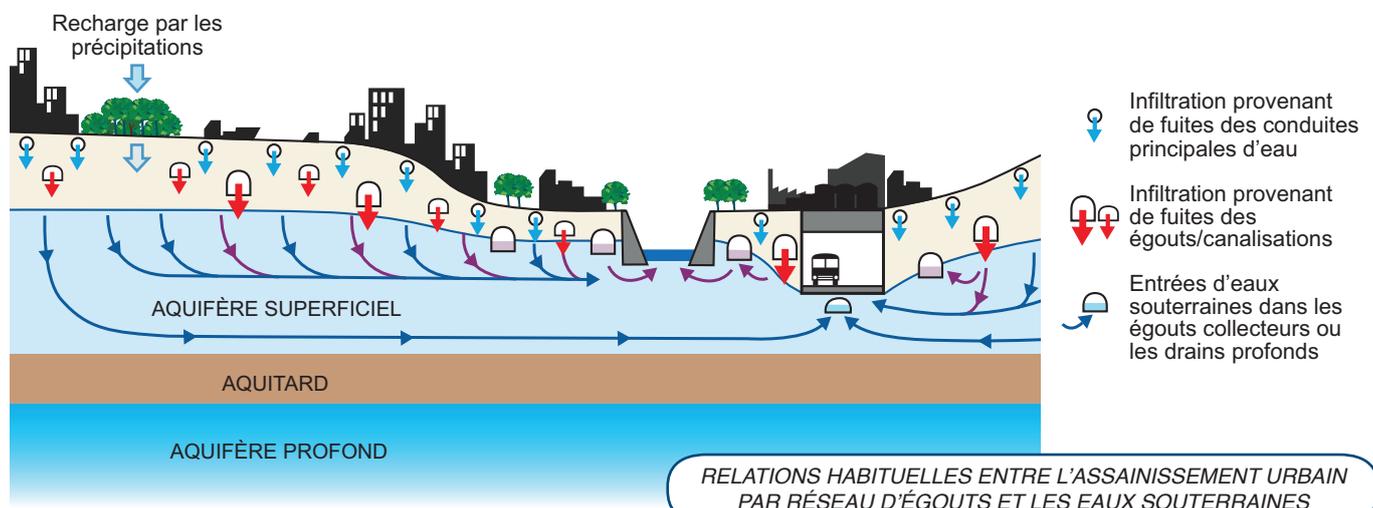
Les compagnies des eaux rencontrent divers défis lorsqu'elles gèrent et étendent les réseaux d'égouts urbains pour faire face à la croissance démographique et à l'augmentation des coûts énergétiques. Ces défis incluent notamment les risques de débordement des égouts, la présence de systèmes mixtes combinant eaux usées et drainage pluvial,

ainsi que l'intensification des précipitations et la gestion des incertitudes climatiques. Mais la conception, la construction et la gestion des systèmes d'assainissement par égouts nécessitent aussi une solide compréhension de l'état des eaux souterraines afin d'éviter une pression excessive sur les canalisations (en plus de la charge du sol, du trafic et des événements sismiques) et de minimiser les fuites pour protéger la qualité des eaux souterraines.

Par le passé, le PVC ou le ciment étaient largement utilisés pour la construction des canalisations d'égouts. Cependant, ces dernières années, l'installation sans tranchée de conduites en polyester renforcé de verre ou en céramique vitrifiée (de 300 à 600 mm de diamètre) est généralement devenue la solution privilégiée, car elle réduit considérablement le besoin d'extraction de sol et limite les risques de fuite des égouts.

Les impacts potentiels des eaux souterraines sur les systèmes d'assainissement par égouts, nécessitant une évaluation attentive, sont :

- la pollution des eaux souterraines peu profondes par des fuites d'égouts dans les zones où ces eaux sont utilisées pour l'approvisionnement en eau potable ;
- des excès de flux importants dans les égouts en raison de l'infiltration des eaux souterraines peu profondes dans les zones basses ;
- la pollution des eaux souterraines peu profondes lorsque des eaux usées partiellement traitées sont utilisées pour l'irrigation agricole.



Dans les zones urbaines plus élevées, les fuites ponctuelles et les infiltrations linéaires provenant des égouts peuvent se comporter comme des sources de pollution pour les eaux souterraines peu profondes. Cela peut constituer un risque lorsque ces eaux sont utilisées comme source d’approvisionnement en eau potable. Ce phénomène doit être étudié et contrôlé au cas par cas et, dans certains cas, peut nécessiter la fermeture des puits d’eau contaminés. Dans certaines villes de l’État de São Paulo, au Brésil, il a été estimé que les fuites d’égouts vers les eaux souterraines représentent plus de 10 % du débit total des égouts.

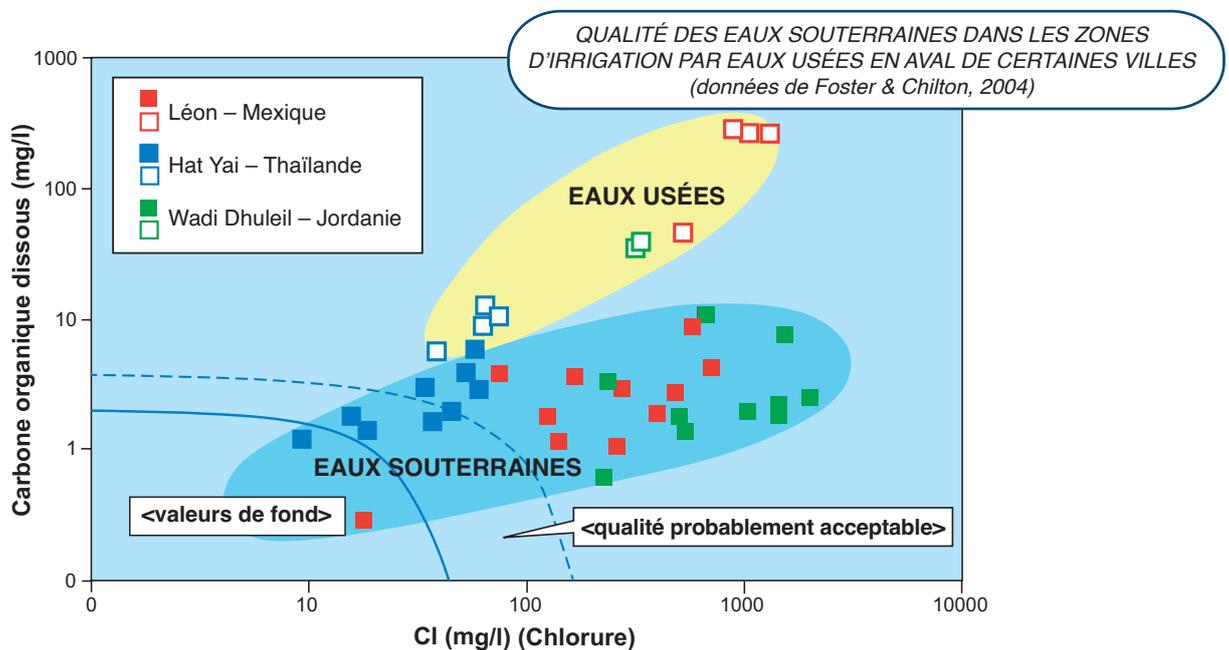
Dans les parties basses des zones urbaines, les principaux collecteurs d’égouts drainent généralement le système des eaux souterraines et, malgré les pertes décrites précédemment dans les zones plus élevées, le bilan global se traduit souvent par un excès considérable de flux vers le réseau d’égouts principal. Cela représente une charge supplémentaire importante pour le traitement des eaux usées, sans qu’aucun revenu ne soit directement perçu auprès des usagers du réseau d’eau potable.

Ce problème est clairement illustré par le cas bien étudié de Bucarest, en Roumanie, où plus de 20% du réseau d’égouts est immergé dans la nappe phréatique. La restauration des canalisations d’égouts entraîne une hausse du niveau des eaux souterraines, avec un gain net mesuré d’environ 1 m<sup>3</sup>/s.

Si certaines sections des collecteurs d’égouts principaux sont renouvelées pour éliminer les infiltrations d’eau souterraine, la nappe phréatique aura tendance à remonter de manière significative, menaçant d’inonder les structures souterraines. Ce problème est courant dans les anciennes villes des Pays-Bas. Il existe également un besoin généralisé d’améliorer la gestion du ruissellement urbain en :

- réduisant progressivement les apports d’eaux pluviales dans le réseau d’égouts.
- améliorant les taux d’infiltration des eaux dans les nappes souterraines pour faire face à l’intensification des précipitations grâce à l’utilisation de revêtements perméables et de (Structures de Drainage Durable).
- augmentant l’efficacité des infrastructures vertes pour réduire la concentration des contaminants dans le ruissellement des eaux pluviales,
- réduisant considérablement la consommation d’eau par habitant en milieu urbain afin de diminuer les volumes d’eaux usées à traiter.

On s’inquiète également des effets du changement climatique sur la performance des réseaux d’assainissement existants, en raison de l’augmentation de l’intensité des précipitations et des variations du niveau des nappes phréatiques. Toutefois, ces impacts potentiels restent encore mal compris. Surtout dans les régions plus arides, il existe une pression croissante pour réutiliser les eaux usées à diverses fins, notamment pour l’irrigation agricole ou paysagère et la recharge artificielle des





aquifères. Le principal risque auquel il faut souvent faire face est l'impact sur la qualité des eaux souterraines peu profondes de la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole, particulièrement grave lorsque le traitement des eaux usées est inadéquat et/ou lorsqu'elles contiennent des effluents industriels fortement contaminés. Ce problème est bien illustré par les données sur la qualité des eaux souterraines en aval de León (Mexique), Hat Yai (Thaïlande) et Amman (Jordanie).

### Quelles sont les principales recommandations pour les décideurs des secteurs de l'assainissement et de l'approvisionnement en eau ?

En conclusion, il est recommandé que les planificateurs des principaux réseaux d'égouts urbains (et de leurs zones d'irrigation par eaux usées) ainsi que des systèmes d'assainissement autonomes prennent en compte les éléments suivants :

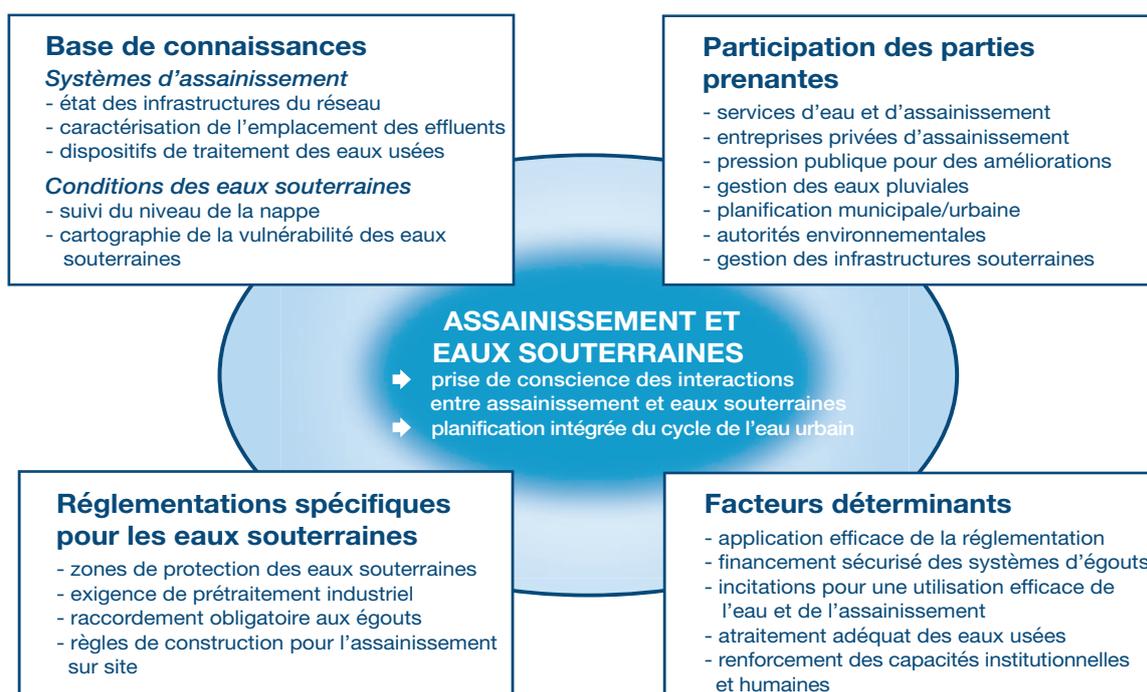
- Localisation des puits d'eau potable : Identifier et surveiller l'emplacement des puits utilisés pour l'approvisionnement en eau potable, y compris les structures privées ou informelles, afin de minimiser les risques de contamination.

- les zones urbaines présentant d'épaisses accumulations de sédiments limoneux et argileux, qui offrent une protection supplémentaire aux eaux souterraines sous-jacentes.
- les zones urbaines présentant une forte vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines (par exemple : les aquifères karstiques), qui offrent très peu de protection à leurs eaux souterraines.
- la distance séparant la base de leurs systèmes d'assainissement de la nappe phréatique.
- les données disponibles sur l'utilisation des eaux souterraines et les conditions d'écoulement.

Afin de minimiser l'infiltration des eaux souterraines dans les réseaux d'égouts, les compagnies des eaux doivent avoir une compréhension approfondie de l'état de leur réseau d'assainissement (y compris l'égouttage, la construction, les réparations et les mesures de débit), ainsi qu'un suivi des niveaux locaux des eaux souterraines

Le secteur de l'approvisionnement en eau doit améliorer la construction des puits profonds, en les isolant plus efficacement des systèmes aquifères superficiels afin de réduire ou d'éliminer les risques de pollution.

#### RÉSUMÉ DES PRINCIPALES QUESTIONS À PRENDRE EN COMPTE PAR LES DÉCIDEURS DANS LES SECTEURS DE L'ASSAINISSEMENT ET DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU





# ASSAINISSEMENT & EAUX SOUTERRAINES

En collaboration avec Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA)

## LECTURES COMPLÉMENTAIRES

- Alam M F & Foster S 2019 Policy priorities for the boom in urban private wells. *IWA the Source* : 16 : 54-57.
- Bain R, Cronk R, Hossain R, Bonjour S, Onda K, Wright J, Yang H, Slaymaker T, Hunter P, Pruss-Ustun A & Bartram J 2014 Global assessment of faecal contamination through drinking-water based on a systematic review. *Tropical Medicine & International Health* 19 : 917-927.
- Banerjee G 2010 Underground pollution travel from leach pits of on-site sanitation facilities : a case study. *Clean Technologies & Environmental Policy* 13 : 489-497.
- Cassivi A, Tilley E, Waygood E O D & Dorea C 2021 Household practices in accessing drinking water and post collection contamination : a seasonal cohort study in Malawi. *Water Research* 189 : 116607.
- Clemens M, Khuralbaatar G, Merz R, Siebert C, Afferden M van & Rodiger T 2020 Groundwater protection under water scarcity : from regional risk assessment to local wastewater treatment solutions in Jordan. *Science of Total Environment* 706 : 136066.
- Do Q T, Otaki M, Otaki Y, Tushara C & Sanjeeva I 2022 Pharmaceutical contaminants in shallow groundwater and their implication for poor sanitation facilities in low-income countries. *Environmental Toxicology & Chemistry* 41 : 266-274.
- Foster S S D & Chilton P J 2004 Downstream of downtown : urban wastewater as groundwater recharge. *Hydrogeology Journal* 12 : 115-120.
- Foster S, Hirata R, Eichholz M & Alam M F 2022 Urban self-supply from groundwater — an analysis of management aspects and policy needs. *Water* 14:575
- Graham J P & Polizzotto M L 2013 Pit latrines and their impact on groundwater quality : a systematic review. *Environmental Health Perspectives* 121 : 521-530.
- Hirata R, Cagnon F, Bernice A, Maldaner C, Galvao P, Marques C, Terada R Vernier C, Ryan C & Bartolo R 2010 Nitrate contamination in Brazilian urban aquifers : a tenacious problem. *Water* 12 : 1-20.
- Krekeler T 2008 Decentralised sanitation and wastewater treatment. *BGR Brochure (Hannover)* 65 pp [www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)
- Lawrence A R, Goody D C, Kanatharana P, Meeslip W & Ramnarong V 2000 Groundwater evolution beneath Hat Yai, a rapidly developing Thai city. *Hydrogeology Journal* 8 : 564-575.
- Lewis W, Farr J & Foster S 1980 The pollution hazard to village water supplies in eastern Botswana. *Proceedings Institution of Civil Engineers* 69 : 281-293.
- Lewis W J, Foster S S D & Drasar B S 1982 The risk of groundwater pollution by on-site sanitation in developing countries : a literature review. *IRCWD Report 01/82 (Dubendorf)*.
- Nick A F, Foppen J L, Kulabako R, Lo D, Samwel M, Wagner f & Wolf L 2012 Sustainable sanitation and groundwater protection. *SuSanA Fact Sheet-Working Group 11 : Sustainable Sanitation Alliance* 8pp.
- Rao S M, Sekhar M & Raghuvveer-Rao P 2012 Impact of pit-toilet leachate on groundwater chemistry and vadose zone role in removal of nitrate and E coli pollutants in Kolar, Karnataka, India. *Environmental Earth Sciences* 68 : 927-938.
- Ravenscroft P, Mahmud Z H, Islam M S, Hossain A, Zahid A, Saha G C, Zulfi qar-Ali A H M, Islam K, Cairncross S, Clemens J D & Islam M S 2017 The public health significance of latrines discharging to groundwater used for drinking water. *Water Research* 124 : 192 201.
- Siepmann S 2022 Recognising the connection between groundwater and sanitation. *International Groundwater Resources Assessment Centre Information Note* <http://www.un-igrac.org>
- Sorensen J P R, Lapworth D J, Read D S, Nkhuwa D C W, Bell R A, Chibesa M, Chirwa M, Kabika J, Liemisa M & Pedley S 2015 Tracing enteric pathogen contamination in Sub-Saharan African groundwater. *Science of Total Environment* 538: 888-895
- Wolf L, Nick A F & Cronin A 2015 How to keep your groundwater drinkable : safer siting of sanitation systems. *SuSanA Document : Sustainable Sanitation Alliance* 7pp.
- WHO 2017 Water safety planning – a roadmap to supporting resources. *World Health Organization (Geneva)* 4pp [www.who.org](http://www.who.org) .
- Wright J A, Cronin A, Okotto-Okotto J, Yang H, Pedley S & Gundry S W 2013 A spatial analysis of pit latrine density and groundwater source contamination. *Environmental Monitoring & Assessment* 185 : 4261-4272.

## ACTIONS PRIORITAIRES

- les urbanistes utilisant à la fois des dispositifs d'assainissement autonomes et des réseaux d'égouts collectifs doivent être davantage sensibilisés à la vulnérabilité des eaux souterraines et aux interactions potentielles, et les intégrer dans leur travail.
- Un effort majeur est nécessaire pour recueillir toutes les données pertinentes concernant les interactions entre l'assainissement et les eaux souterraines, notamment la cartographie et le suivi des niveaux, de la qualité et des prélèvements des eaux souterraines, ainsi que des informations détaillées sur les infrastructures d'assainissement.
- Le principal défi auquel sont confrontés les ingénieurs sanitaires est de déterminer comment recycler et réutiliser l'urine humaine ainsi que les boues fécales afin de minimiser l'impact sur les ressources en eaux souterraines.
- Les compagnies des eaux urbaines doivent avoir une compréhension approfondie de l'état de leur réseau d'égouts et de sa relation potentielle (perte ou gain) avec les eaux souterraines sous-jacentes.
- Le secteur urbain de l'approvisionnement en eau doit améliorer la construction des puits d'eau, de manière à ce qu'ils soient situés de manière appropriée ou bien étanchés efficacement afin d'empêcher l'infiltration des eaux souterraines superficielles polluées
- Les dynamiques des interactions entre l'assainissement et les eaux souterraines doivent être communiquées de manière plus efficace à l'ensemble des parties-prenantes et des secteurs concernés.