



## **Partage d'expériences Eau en Ville**

### **La fosse de Stockholm... à Genève**

---

**Ce document répond aux questions posées par les participantes et participants au webinaire de partage d'expériences du jeudi 20 octobre 2022, organisé dans le cadre de la démarche Eau en Ville de l'office cantonal de l'eau.**

**Les questions ont été groupées en 6 thématiques : Composition de la fosse – Porosité de la fosse – Revêtement de surface – Infiltration des eaux – Portance – Plantations**

#### **Composition de la fosse**

SUR LA PROVENANCE DES MATERIAUX, POUVEZ-VOUS REALISER VOTRE STRUCTURE PORTEUSE AVEC DES BETONS RECYCLES, QUI PEUVENT PROVENIR D'UNE DEMOLITION SUR SITE DANS LE CADRE D'UNE RENOVATION URBAINE PAR EXEMPLE (SOUS RESERVE DE LA QUALITE DES BETONS) ?

Les bétons recyclés ne peuvent pour l'instant pas être utilisés dans les fosses [1].

QUELLES SONT LES PRINCIPALES DIFFERENCES ENTRE LES FOSSES DE GENEVE ET D'AUTRES EN SUISSE (ZÜRICH PAR EXEMPLE) ? ET ENTRE CELLES DE STOCKHOLM ET CELLES DE GENEVE ?

Nous ne connaissons pas les fosses de Zürich. Nous sommes en contact et partageons nos expériences avec Lausanne. Il n'y a pas de différence majeure, hormis quelques adaptations techniques notamment liées aux pentes plus marquées à Lausanne qu'à Genève. La composition du substrat est similaire entre Genève et Lausanne.

A Stockholm, la roche utilisée est systématiquement du granit tandis qu'à Genève elle varie en fonction des projets. De plus, à Stockholm, il n'y a jamais de terre végétale en surface mais un gravier concassé fin.

QUELLE EST L'ÉPAISSEUR DE L'INTERFACE COMPOST/BIOCHAR ENTRE LES COUCHES DE PIERRES ET SUR LA BASE DE QUEL CRITÈRE ? NOUS AVONS VU L'INJECTION DU COMPOST/BIOCHAR AU BALAIS, QUEL EST VOTRE AVIS SUR LES INJECTIONS À L'EAU ET À L'AIR ?

Il n'y a pas d'interface compost/biochar entre les couches de pierres. Le compost/biochar est injecté ou infiltré dans les espaces vides entre les pierres. Le principe de mise en œuvre est de compacter la pierre par couches successives de 20 cm et d'y injecter ou d'y infiltrer le mélange compost/biochar. Généralement, trois à quatre couches superposées sont mises en œuvre, soit une épaisseur totale de 60 à 80 cm.

La technique d'injection est variable et nous n'avons pas suffisamment de recul sur la question. Elle s'est faite au balai à la rue des Rois, à la souffleuse à Lausanne [2] et à la rue Joseph-Girard à Carouge [3]. A Stockholm, c'est au jet à haute pression [4].

QUELLE EST LA PROVENANCE DU BIOCHAR ?

Actuellement, le biochar utilisé à Genève provient principalement de la région de Zürich. Des filières plus locales sont à l'étude. Le biochar doit être de qualité irréprochable et certifié par Swiss Biochar.

QUELLE EST LA DIFFERENCE ENTRE LE BIOCHAR ET LE BIOCHAR ACTIVE. EST-CE QUE CELA DEMANDE PLUS D'ENERGIE POUR FAIRE DU BIOCHAR ACTIVE ?

Le biochar est du charbon végétal produit à partir de bois pyrolysé. C'est un matériau inerte. Le biochar activé est du biochar mélangé à du compost et composté pendant plusieurs semaines dans le but d'activer les processus biologiques complexes que l'on retrouve dans un sol. L'activation ne demande pas une énergie supplémentaire particulière.

QUELLE EST LA FONCTION DU COMPOST DANS DES SOUS-COUCHES A FAIBLE OXYGENATION ? LE COMPOST EST-IL SYSTEMATIQUE DANS LES FOSSES DE STOCKHOLM ?

A priori, dans une fosse de Stockholm, toutes les couches sont bien oxygénées, même les plus profondes, c'est l'un des principaux avantages de cette technique. Le biochar activé par du compost stimule le développement racinaire, sert à stocker et à rendre disponible l'eau pour la végétation et favorise la vie microbienne et les mycorhizes du sol.

EST-IL NECESSAIRE DE METTRE DU GEOTEXTILE AU BORD DES FOSSES ?

Le géotextile est dans la plupart des cas inutile et son utilisation doit être limitée au maximum.

La pose d'un géotextile se justifie toutefois si une étanchéité en bord ou en fond de fosse est nécessaire afin de protéger des biens-fonds voisins d'une remontée de nappe ou des réseaux situés dans ou à proximité de la fosse d'intrusion de racines.

LES ARBRES TROUVENT-ILS TOUS LES NUTRIMENTS DONT ILS ONT BESOIN DANS LE BIOCHAR ?

Oui, le biochar activé offre suffisamment de nutriments aux arbres, de par la quantité de matière organique qu'il contient et des processus biologiques qu'il permet d'initier.

EST-CE QUE LES MELANGES DE FOSSES DE STOCKHOLM QUI SEMBLENT CONTENIR DES MELANGES ASSEZ GROSSIERS (EN GRANULOMETRIE) SONT COMPATIBLES AVEC LA POSE DE RESEAUX ? DES RESEAUX (EAU, GAZ, ETC.) PEUVENT-T-ILS CROISER UNE FOSSE ? SI OUI, LE SABLE D'ENROBAGE SERVIRA D'EXUTOIRE A L'EAU QUE L'ON SOUHAITE RETENIR ET SERA, A TERME, LESSIVE...

A Stockholm, des réseaux protégés par des géotextiles traversent régulièrement les fosses [4].

À Genève, un groupe de travail réunissant des collaborateurs des offices de la nature, de l'eau et du génie civil, des SIG (Services Industriels de Genève), de Swisscom, de la Ville de Genève et des TPG (Transports Publics Genevois) se penche actuellement sur cette question afin d'élaborer une charte arbres/réseaux proposant des prescriptions techniques pour le passage de réseaux dans les fosses de plantation.

## **Porosité de la fosse**

QUEL EST LE VOLUME DISPONIBLE D'UNE FOSSE DE STOCKHOLM ? ET DANS LA COUCHE D'AERATION ?

Le pourcentage de vide, ou macroporosité, d'un mélange de Stockholm, est compris entre 20 et 30 % [2]. C'est cette valeur qu'il faut utiliser pour le dimensionnement de la rétention en eau d'une fosse.

Le biochar activé apporte une porosité supplémentaire d'environ 10% [2], sous forme de microporosité uniquement, qui bénéficie aux besoins en eau de la végétation, mais pas à la capacité de rétention des eaux pluviales.

La couche d'aération peut compter dans le volume utile de rétention d'une fosse, en s'assurant toutefois qu'elle puisse se vider rapidement après une pluie.

DES VALEURS DE POROSITE/PERMEABILITE DU MELANGE TERRE/PIERRE ONT-ELLES DEJA ETE COMPAREES A CELLES DU MELANGE PIERRE/BIOCHAR+COMPOST ?

Il nous semble que des tests ont été effectués à HEPIA (Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève), dont nous n'avons malheureusement pas les résultats publiés.

Il paraît néanmoins évident que le mélange dit de Stockholm offre une porosité nettement supérieure à celle d'un mélange terre/pierre traditionnel.

LE MELANGE TRADITIONNEL TERRE/PIERRE PERMET-IL DE REpondre AUX OBJECTIFS DE STOCKAGE ET DE MISE A DISPOSITION D'EAU POUR LES ARBRES ?

Si elle est dimensionnée en conséquence, une fosse de Stockholm peut parfaitement répondre à des objectifs ambitieux de rétention d'eaux pluviales, jusqu'à des pluies décennales ou supérieures.

A priori, la porosité du mélange terre/pierre est plus faible que celle du mélange pierre/biochar activé, à fonction équivalente le volume de la fosse sera donc plus grand avec du terre/pierre. L'infiltration dans un mélange terre/pierre traditionnel est plus lent et moins performant que dans un mélange pierre/biochar/compost.

## **Revêtement de surface**

PEUT-ON METTRE DES REVETEMENTS PERMEABLES EN SURFACE ? SI OUI, EST-IL ALORS POSSIBLE DE SE PASSER DES REGARDS D'AERATION ?

Il est évidemment possible de mettre en œuvre des revêtements perméables et nous encourageons à le faire à chaque fois que c'est possible. Si le revêtement de surface est suffisamment perméable, il n'est pas nécessaire de mettre en place des puits d'aération.

L'une des principales caractéristiques de la fosse de Stockholm est qu'elle permet d'avoir un revêtement imperméable en surface, tout en assurant une bonne aération de la fosse par le biais du regard d'aération/injection d'eau.

En ce qui concerne les revêtements perméables, il faut bien veiller à la pérennité de leur perméabilité car ils ont tendance à se colmater avec le temps, notamment du fait d'un entretien inadéquat.

Si de la terre végétale est mise en œuvre en surface, il faut veiller à ne pas la compacter, ni à la mise en œuvre, ni à l'usage, afin qu'elle garde une bonne perméabilité. Plus la terre sera compactée, moins elle sera capable d'absorber des pluies, qui ruisselleront plutôt que de rejoindre la fosse et bénéficier à la végétation.

POUR LE MAITRE D'OUVRAGE, UN SOL EN GRAVE PERMEABLE (RAMASSAGE DES DECHETS DIFFICILE AVEC BALAYEUSE, PROBLEMES DE RAVINEMENT, COUTS PLUS ELEVES) EST-IL PREFERABLE A UN SOL IMPERMEABLE ?

Si la fosse est correctement aérée par le regard d'aération/injection d'eau, un revêtement imperméable peut parfaitement être mis en surface pour des questions liées à l'entretien.

L'entretien est un paramètre à prendre en considération dès que possible dans un projet.

## Infiltration des eaux

NE PEUT-ON PAS INFILTRER SI LE SOUS-SOL EST PERMEABLE AU LIEU DE RENVOYER LE TROP PLEIN VERS LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT ?

Si les conditions pour une bonne infiltration sont satisfaisantes, aucun raccordement au réseau d'eaux pluviales n'est nécessaire. Toutefois, une surverse peut s'avérer utile en cas d'événement exceptionnel, notamment pour ne pas inonder la couche d'aération.

COMMENT RESOUDRE LE PROBLEME DE L'EAU STAGNANTE AU NIVEAU DE L'ESPACE RACINAIRE ?

Si les conditions locales ne permettent pas une infiltration de l'eau du fond de fosse dans un délai raisonnable, un drain peut être posé. Si le sous-sol est complètement étanche, la pose d'un drain est requise. Dans tous les cas il est conseillé de décompacter le fond de fosse afin d'améliorer l'infiltration. La végétation mise en place doit être adaptée aux conditions hydriques particulières des fosses.

EST-CE QUE CE TYPE DE FOSSE POURRAIT RECEVOIR LES EAUX PLUVIALES DE ROUTES CARROSSABLES ? COMMENT L'APPORT DE POLLUANTS DANS LE SOL EST-IL GERE AVEC LES FOSSES DE STOCKHOLM ?

En Suisse, la publication de référence concernant l'admissibilité de l'infiltration des eaux pluviales est la directive du VSA (Association suisse des professionnels de la protection des eaux) sur la gestion des eaux urbaines par temps de pluie [5]. La possibilité d'infiltrer des eaux de chaussées est déterminée par la charge de trafic et par le contexte géologique et hydrogéologique local (zones de protection, présence de sites pollués, etc.).

Concrètement, à Genève, si le trafic journalier moyen d'une axe routier est inférieur à 5000 véhicules par jour, les eaux pluviales peuvent être directement envoyées dans une fosse, sans aucune restriction. Au-delà de cette charge de trafic, un prétraitement est exigé (passage de l'eau au travers d'un sol biologiquement actif ou d'un filtre).

Des expérimentations vont être menées en collaboration avec des instituts de recherche pour savoir si le mélange pierre/biochar activé pourrait assurer le rôle de prétraitement d'eaux de chaussées polluées.

EST CE QU'IL Y A UN SYSTEME DE DEPOTOIR DANS LES GRILLES DE RECUPERATION POUR LES MATIERES POLLUANTES ? EST-IL PERTINENT DE PREVOIR UNE DECANTATION DES PARTICULES EN AMONT DE L'ALIMENTATION EN EAU DE LA FOSSE ?

Un système de dépotoir ou de décantation est tout à fait envisageable et est même conseillé.

COMMENT SE COMPORTE LE SEL DANS UNE TELLE FOSSE? EST-CE QUE LE BIOCHAR LE BLOQUE ?

Nous reprenons pour répondre à cette question un extrait d'une publication de Bruxelles Environnement [6].

*Aucune de nos espèces indigènes n'est particulièrement tolérante à des apports réguliers et importants de sels de déneigement. Les groupes d'espèces référencées comme tolérantes à ce stress salin varient selon les sources. Il est donc difficile d'établir une liste valide. Néanmoins, un arbre en bonne santé est généralement capable de résister à un contact occasionnel avec des sels de déneigement, véhiculés par les eaux pluviales. Il est donc primordial, dans une optique de limitation des impacts des sels de s'assurer que l'arbre évolue dans des conditions de croissance adéquates.*

Nous pouvons ajouter que le salage intervient en période d'activité réduite de l'arbre.

*Par ailleurs, l'impact environnemental de l'épandage de sels de déneigement est important, qu'il soit géré au niveau de zones plantées (impacts sur la végétation) ou envoyé vers le réseau d'égouttage (impact sur les milieux récepteurs car non traité en station). Il est donc primordial de s'attaquer à la cause en établissant une stratégie de diminution des quantités épandues (plan hivernal, principe de précaution, utilisation de balayuses pour les zones piétonnes, utilisation de saumure, etc.).*

*Un sol bien drainé, comme c'est le cas dans les systèmes de Stockholm, est préférable en cas de sels de déneigement afin de limiter le contact entre les racines et d'éviter une stagnation de l'eau salée dans la fosse de plantation.*

Les eaux de pluie arrivant dans une fosse de Stockholm ne proviennent en général pas uniquement de surfaces devant faire l'objet d'un salage en hiver, comme par exemple les eaux de toitures. Il y a donc un phénomène de dilution du sel. De plus, durant les longues périodes sans salage, les sels accumulés dans la fosse sont lessivés.

## **Portance**

QUELLE EST LA PORTANCE SUR LES STRUCTURES DES FOSSES ? AVONS-NOUS DÉJÀ UN RETOUR SUR LA STABILITÉ DES INFRASTRUCTURES (ROUTES, TROTTOIRS, ...) EN DESSUS DES FOSSES ?

N'étant pas spécialistes en génie civil, nous ne pouvons que vous inviter à consulter la littérature existante sur le sujet.

Des essais menés par le VTI (Institut national suédois de recherche sur les routes et les transports) à Stockholm, Malmö et Kristianstad montrent que la portance correspond à celle d'une route de classe 2 [7].

À Lausanne, les essais de plaque ME sur la fosse mise en place rue de Montoie montrent une portance satisfaisante pour une classe de trafic T1 [2].

NOUS AVONS PARLÉ DE LA COMPOSITION DES FOSSES, MAIS NOUS N'AVONS PAS ABORDÉ LA QUESTION DES RACINES ET DE L'IMPACT DU PIÉTINEMENT AU PIED DES ARBRES PLANTÉS DANS CES MÉLANGES. IL Y A-T-IL DE MEILLEURS RÉSULTATS QUE DANS UN MÉLANGE TERRE/PIERRE OU FAUT-IL PRÉVOIR UN SYSTÈME DE PROTECTION RACINAIRE ?

À Stockholm, la mise en place d'un coffre en béton autour de la motte, rempli de terre végétale, permet, entre autre, de protéger le pied d'arbre. Ce coffre, non seulement facilite la plantation, mais agit aussi comme déflecteur pour les racines, en les obligeant à aller en profondeur en sortie de motte. Dans le reste de la fosse, aucune protection supplémentaire n'est nécessaire.

## **Plantations**

LA CONSTITUTION D'UN MÉLANGE PIERRES/COMPOST/BIOCHAR NE PERMET PAS A PRIORI UNE RETENTION DES EAUX EN PÉRIODE SÈCHE. LA MISE EN ŒUVRE DE CE TYPE DE MÉLANGE SUR UN SUBSTRAT GÉOLOGIQUE PERMEABLE NE RISQUE-T-IL PAS D'ABOUTIR À UN EXCÈS DE DRAINAGE ET UN ASSÈCHEMENT PRÉCOCE DE LA FOSSE ? EN PÉRIODE DE SÈCHÈRESSE, EST-CE QUE LE SYSTÈME DE STOCKHOLM N'AUGMENTE PAS LE STRESS HYDRIQUE DE L'ARBRE DE PAR SA COMPOSITION TRÈS DRAINANTE ? EN CAS DE LONGUE PÉRIODE SANS PLUIE (PLUSIEURS SEMAINES) : QUELLES SOLUTIONS PROPOSEZ-VOUS POUR APPORTER DE L'EAU DE MANIÈRE HOMOGENE DANS LA FOSSE ?

Le substrat des fosses de Stockholm permet un enracinement rapide en profondeur. Plus les racines sont situées loin de la motte, plus l'arbre a de chance de trouver de l'eau. De plus, plus le sol et le sous-sol seront alimentés en eau plus ils pourront remplir leur rôle de réservoir en période de sécheresse. Rappelons que la présence de regards d'injection d'eau évite les pertes d'eau par ruissellement lors des orages estivaux, en facilitant l'infiltration dans le substrat.

Enfin, l'un des avantages du biochar activé est sa très grande microporosité qui permet de retenir plus d'eau disponible pour les arbres. Dit autrement, elle augmente la capacité au champ du substrat. Les études de la fosse de la rue de Montoie à Lausanne [2] indiquent une augmentation de la microporosité de l'ordre de 10%, du fait de la présence de biochar activé, ce qui offre à l'arbre une réserve d'eau disponible de 9 jours.

Y A-T-IL UN PROTOCOLE DE SUIVI PARTICULIER DE LA REPRISE ET DE LA CROISSANCE DES ARBRES ? QUELLES MESURES REALISEES, SUR COMBIEN DE TEMPS, ETC. ?

Pour un arbre en milieu urbain, l'objectif visé est qu'il devienne autonome en 3 à 4 ans. Etant donné la grande porosité du mélange de Stockholm, il est possible que les arrosages soient être plus fréquents les premières années, comme c'est également le cas pour un mélange terre/pierre.

Un suivi classique de la croissance des arbres est suffisant.

JUSTE UNE PETITE REMARQUE CONCERNANT LE CHOIX DES ESPECES, LE FAIT D'AVOIR DE L'EAU A DISPOSITION POUR LES ARBRES DE MANIERE PLUS REGULIERE GRACE A LA STRUCTURE DE LA FOSSE ET AU BIOCHAR, IL N'EST PEUT-ETRE PAS NECESSAIRE DE CHERCHER DES ESSENCES D'ARBRES TROP ELOIGNEES GEOGRAPHIQUEMENT ET AINSI TRAVAILLER AVEC DES ARBRES INDIGENES PLUS PROPICES A FAVORISER LA BIODIVERSITE EN VILLE.

Tout à fait. Il faut néanmoins prendre en considération la sécheresse de l'air qui peut être problématique en milieu urbain et qui augmente fortement l'évapotranspiration.

A-T-ON DU REcul SUR LA QUALITE ET LA QUANTITE DE LA PROSPECTION RACINAIRE DES ARBRES ?

Stockholm a vingt ans de recul sur les plantations dans ses fosses. La prospection racinaire est très bonne et rapide. Les parties aériennes présentent une croissance optimale et un feuillage sain.

ALORS QU'ON NOUS A TOUJOURS MIS EN AVANT L'IMPORTANCE DU SOL DANS LE CHOIX DES PLANTES, ICI NOUS DISONS QUE LA COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE ET LA VIE DU SOL N'EST PAS LE PLUS IMPORTANT, ET QUE TOUTES LES ESSENCES D'ARBRES CONVIENNENT ?

En se basant sur ce qui a été fait à Stockholm, où ils ont testé avec succès la plantation d'une grande diversité d'espèces comme les magnolias, ginkgos, chênes et metasequoias en avenue, on peut effectivement penser qu'un grand nombre d'essences prospèrent dans ces fosses.

Pour s'en assurer, il faut toutefois continuer de tester des nouveaux végétaux dans les conditions locales.

EST-CE QUE LES VALEURS TENSIOMETRIQUES ONT UN SENS DANS CE SYSTEME ?

C'est à développer, on cherche encore comment faire pour adapter des sondes tensiométriques de type Watermark. Des essais sont menés par la Ville de Lausanne, par HEPIA et par UrbaSense.

## Bibliographie

[1] Office fédéral de l'environnement. « Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux ». OFEV, 2006.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dechets/publications-etudes/publications/valorisation-dechets-chantier-mineraux.html>.

[2] Marie Palman, Téo Lemaitre, Pascal Boivin, et Emmanuel Graz. « Fosse à impluvium. Des arbres pour gérer l'eau : retour d'expérience sur la fosse test à l'avenue de Montoie, Lausanne ». *Aqua & Gas*, n° 10-2022 (2022): 6.

[3] apaar et Robert Perroulaz. « Plantation d'arbres rue Joseph-Girard, Carouge dans une fosse intégrant la gestion des eaux de pluie. Rapport de mise en œuvre. », 21 octobre 2021. <https://www.ge.ch/document/eau-ville-tranchee-stockholm-rue-joseph-girard>.

[4] Britt-Marie Alvem et Björn Embrén. « Plant beds in Stockholm City - a manual. 3rd edition 2017 », 2017. [http://www.biochar.info/docs/urban/Planting\\_beds\\_in\\_Stockholm\\_2017.pdf](http://www.biochar.info/docs/urban/Planting_beds_in_Stockholm_2017.pdf).

[5] VSA. « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie ». Association suisse des professionnels de la protection des eaux, 2019.

[6] Bruxelles Environnement. « Arbres de pluie ». Guide bâtiment durable. Consulté le 18 novembre 2022. <https://www.guidebatimentdurable.brussels/arbres-pluie>.

[7] Björn Embrén. « Rendre l'eau au sol et à l'arbre de la cité ». Présenté à Journée Plante & Cité, Genève, 3 octobre 2020. <https://plante-et-cite.ch/wp-content/uploads/2020/10/03-BJO%CC%88RN-EMBREN-2020-ESC-.pdf>.