

Tranchées d'infiltration

Résumé :

Les tranchées d'infiltration font partie des techniques alternatives au réseau d'assainissement pour gérer les eaux pluviales. Elles sont utilisables aussi bien pour les eaux de ruissellement provenant des toitures que pour celles provenant des espaces publics (voirie ou parking). L'une des limites à leur utilisation est la maîtrise de leur colmatage. Une recherche conduite dans le cadre de l'OTHU a permis d'observer, dans des conditions en partie contrôlées, la diminution des capacités d'infiltration d'un ouvrage pour une durée de fonctionnement équivalente à 6 ans. Le modèle de Bouwer a été utilisé pour déterminer le débit d'infiltration de la tranchée à différents stades de colmatage. L'étude a montré que le colmatage du fond de l'ouvrage semblait très rapide, et devenait presque complet après trois années de fonctionnement, mais que les parois conservaient après six ans une capacité d'infiltration voisine de leur capacité initiale. Ces conclusions fournissent des éléments pratiques pour dimensionner les tranchées d'infiltration.

■ **Cadre Général :**

Les tranchées d'infiltration possèdent trois fonctions principales : la collecte des eaux pluviales, leur stockage temporaire dans un matériau poreux et leur restitution par infiltration vers le sol sous-jacent. Ces ouvrages permettent ainsi de gérer les eaux de ruissellement tout en ré-humidifiant les sols urbains et en réalimentant les nappes phréatiques.

La performance hydraulique des ouvrages d'infiltration diminue dans le temps à cause du phénomène de colmatage. Ce phénomène semble essentiellement provoqué par l'apport de fines contenues dans les eaux pluviales. Il s'accompagne d'une amélioration sensible de la qualité des eaux infiltrées, la plupart des polluants spécifiques des eaux pluviales (hydrocarbures, métaux toxiques) étant fortement liés aux matières en suspension.

La compréhension et la maîtrise de ce phénomène constituent donc des éléments importants pour optimiser la conception et l'utilisation de ces ouvrages. Or cette étude est difficile car le colmatage se produit au fond de la tranchée, c'est-à-dire dans un volume où l'observation directe est quasiment impossible. Les connaissances sur les mécanismes de formation du colmatage sont donc faibles et essentiellement obtenues par le suivi d'ouvrages réels instrumentés, c'est-à-dire dans des conditions non reproductibles.

■ **Les objectifs spécifiques de l'étude**

L'objectif de l'étude était, premièrement, de localiser et de quantifier le colmatage des tranchées d'infiltration et deuxièmement, de proposer une méthode de dimensionnement tenant compte de la diminution de la capacité d'infiltration au cours du temps.

Cette étude se situait dans le cadre d'une recherche plus générale visant à mieux comprendre le fonctionnement hydraulique des tranchées de rétention / infiltration. A ce titre, 6 tranchées de rétention et 2 tranchées d'infiltration ont été installées un site expérimental.

■ **Contacts :**

Bernard CHOCAT, LGCIE, INSA, 69621 Villeurbanne Cedex, France

Tel : 04 72 43 81 89, Fax : 04 72 43 85 21, E-mail : Bernard.chocat@insa-lyon.fr

Antoine PROTON SOGEA Rhône-Alpes, 92 rue Alexandre Dumas, 69517 Vaulx en Velin cedex, France

E-mail : antoine.proton@vinci-construction.fr

La méthodologie

Le dispositif expérimental (voir figure 1) recueille une partie des eaux de ruissellement d'un boulevard urbain et les stocke dans un bassin de rétention. L'eau est ensuite injectée dans les tranchées par un système de pompage. Une description complète de ce dispositif peut être trouvée par exemple dans Proton & Chocat, 2008. Sa caractéristique principale est qu'il permet de reconstituer des hydrogrammes artificiels reproductibles pour alimenter les tranchées. La qualité de l'eau (en particulier sa charge en MES) est représentative d'un bassin versant urbain moyen.

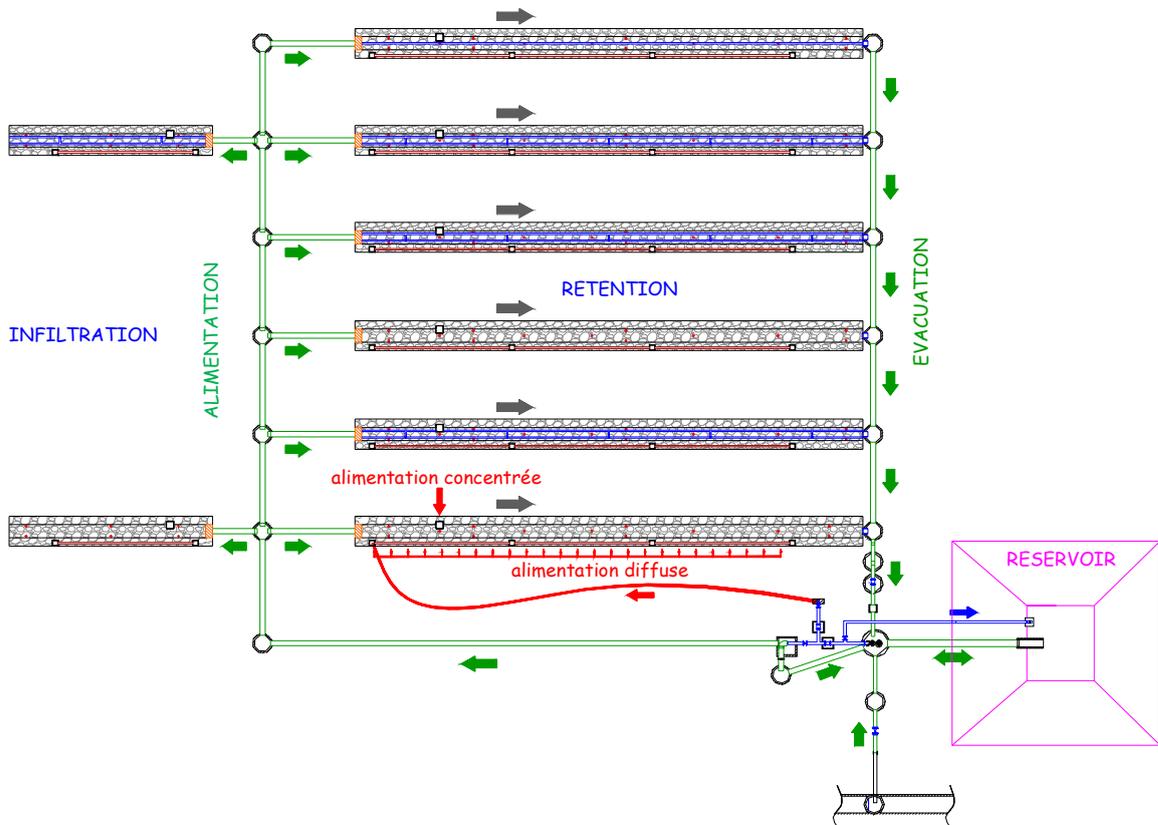


Figure 1- dispositif expérimental

La tranchée d'infiltration étudiée est construite à l'échelle 1. Elle est longue de 12 mètres, la pente du fond est de 1%. Elle est dépourvue de drain et contenue dans un géotextile anticontaminant. Le matériau de remplissage est du gravier roulé lavé de granulométrie 20/80. La section transversale est donnée sur la Figure 2. Le sol sous-jacent est constitué de déblais très hétérogènes sur une profondeur de plusieurs mètres. Sa perméabilité est très variable.

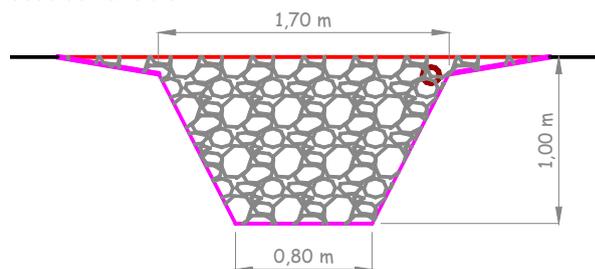


Figure 2- Section transversale de la tranchée d'infiltration étudiée

La tranchée est équipée de 6 points de mesure de hauteur d'eau et d'un débitmètre qui permet la mesure du débit d'alimentation de la tranchée.

L'objectif des expérimentations est d'observer la décroissance de la performance hydraulique de la tranchée au cours du temps, décroissance associée en particulier au phénomène de colmatage. La stratégie consiste donc à reproduire les apports en eau de ruissellement d'une longue chronique réelle de pluies pour un bassin versant artificiel, puis à mesurer, à différents stades de vieillissement, les capacités d'infiltration de la tranchée. Les données utilisées proviennent d'un pluviomètre du Grand Lyon pour la période 1986-1991. L'évaluation du fonctionnement de la tranchée est effectuée en réalisant de façon périodique un test avec un événement pluvieux de référence. Cette évaluation est réalisée à la fin de chaque année virtuelle de la chronique de pluies. L'événement pluvieux de référence est très court et très intense, sa période de retour est d'environ 1 an. Il permet de remplir très rapidement la tranchée d'infiltration et d'observer ensuite son comportement en vidange pure. La vidange est en effet la fonction la plus affectée par le colmatage, donc celle qui nous intéresse le plus.

■ Les avancées de l'OTHU : principaux résultats

Du fait de la méthode utilisée, il a été possible de réduire les périodes de temps sec entre les pluies. Cette méthode a permis de faire fonctionner la tranchée pendant une durée équivalente de 6 ans pour une durée réelle de manipulations d'un an et demi. Différents paramètres ont été utilisés, le plus représentatif est la durée de vidange de la tranchée. La figure 3 illustre l'évolution de cette durée au cours du temps.

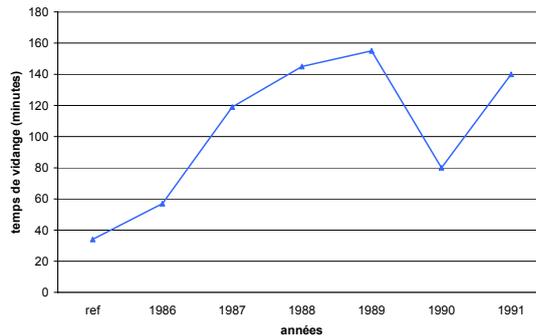


Figure 3- Évolution des temps de vidange

Le temps de vidange de la tranchée d'infiltration augmente généralement avec la durée de fonctionnement de l'ouvrage et donc le niveau de colmatage. La diminution observée pour l'année virtuelle 1990 correspond à un arrêt de longue durée de l'expérimentation (6 mois) pour des raisons techniques et semble indiquer que le phénomène de colmatage est réversible dans une certaine mesure si la tranchée n'est plus alimentée pendant quelques mois.

Pour analyser cette évolution, nous avons utilisé le modèle de Bouwer qui relie le débit infiltré par unité de surface (q) à la résistance hydraulique de la couche colmatée (R) ; h est la hauteur d'eau et P_{cr} représente la pression critique dans le sol sous-jacent ; cette valeur peut-être considérée comme un paramètre de calage.

$$q = \frac{h - P_{cr}}{R}$$

Nous avons ensuite supposé que les surfaces de fond et de paroi se comportaient différemment vis-à-vis du phénomène de colmatage. La résistance hydraulique R est alors scindée en deux sous-paramètres : R_f , résistance du fond et R_p , résistance de paroi. Le débit d'infiltration de la tranchée est la somme du débit d'infiltration par le fond - Q_f - et du débit d'infiltration par les parois - Q_p (Figure 4).

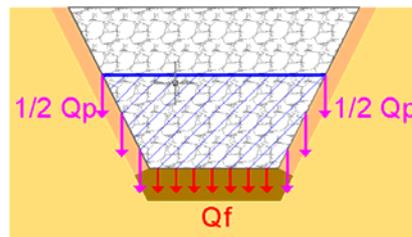


Figure 4- Répartition des débits d'infiltration

La connaissance de la géométrie de la tranchée (pente, pente de talus, dimensions), associée à une hypothèse d'horizontalité de la ligne d'eau permettent alors d'exprimer le débit total infiltré pour une valeur donnée de hauteur d'eau, et donc de simuler simplement la vidange de la tranchée. Les paramètres R_f et R_p sont calés à partir des mesures. La figure 5 illustre la qualité des calages obtenus pour les essais 1986 (colmatage faible) et 1991 (colmatage fort).

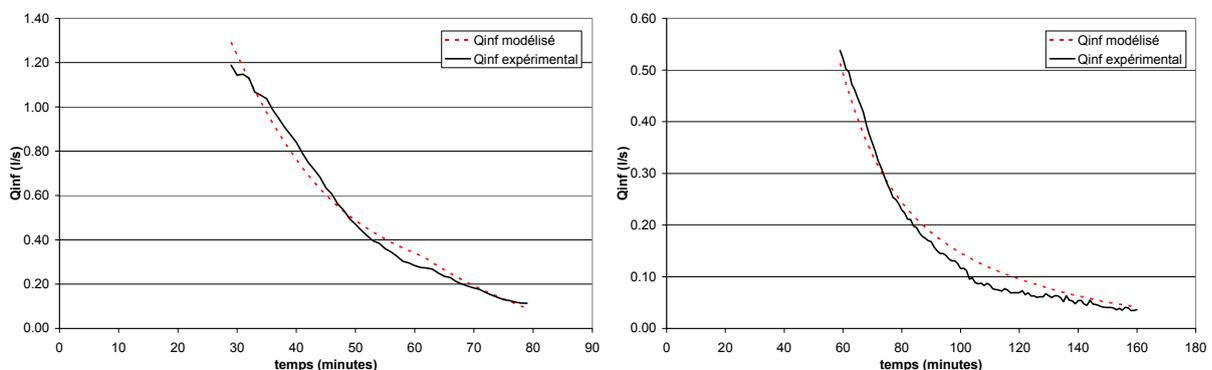


Figure 5 Calage du modèle de Bouwer - essai 1986 et 1991

Les valeurs de résistances hydrauliques R_f et R_p sont données dans le tableau 1

	ref.	1986	1987	1988	1989	1990	1991
R_p (s)	7 838	7 000	8 000	6 900	4 900	12 000	5 800
R_f (s)	7 838	10 489	30 579	50 000	20 000	12 930	5.1012

Tableau 1 - Évolution des résistances hydrauliques

Globalement, la résistance hydraulique de paroi reste sensiblement constante et voisine de la résistance initiale (référence) alors que la résistance du fond augmente avec le temps. A partir de cette observation, nous avons supposé que la résistance hydraulique des parois restait égale à sa valeur initiale et que la résistance hydraulique du fond augmentait linéairement au cours des 3 premières années jusqu'à une valeur très grande (12 fois la valeur initiale) à laquelle elle se stabilisait. Formulé de cette façon le modèle permet de très bien reproduire les vidanges observées, comme le montre la figure 6 qui compare les évolutions mesurées et calculées de la hauteur d'eau dans la tranchée en 1986 (état non colmaté) et 1991 (état colmaté).

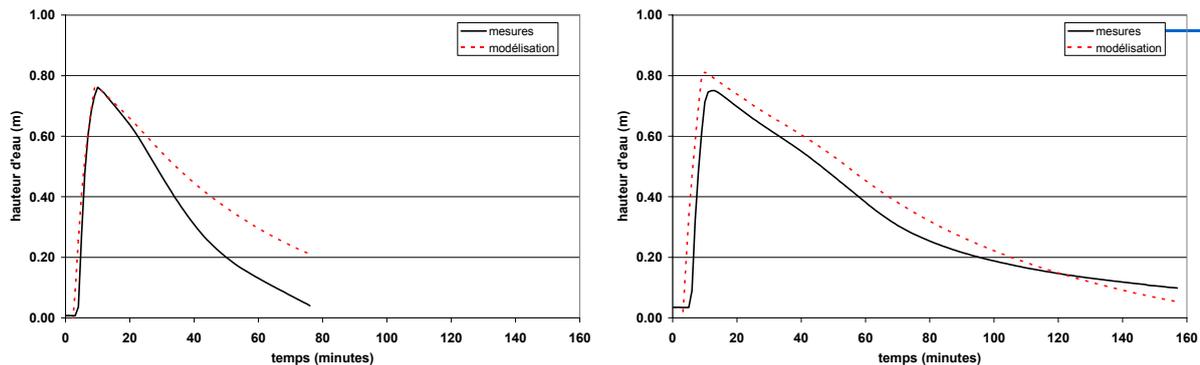


Figure 6 : Evolution mesurée et calculée de la hauteur d'eau dans la tranchée – état non colmaté (1986) et colmaté (1991)

Cadre d'utilisation

Les résultats obtenus peuvent être utilisés de plusieurs façons :

En dimensionnement, ils confirment que seules les surfaces latérales doivent être prises en compte du fait du colmatage rapide du fond (moins de 3 ans). Ils montrent également que la résistance hydraulique des parois ne semble pas diminuer avec le temps. Cette résistance peut être évaluée, avant la construction de la tranchée, par un essai simple de perméabilité (Proton, 2008).

L'hypothèse d'une surface libre sensiblement horizontale de l'eau dans la tranchée lors de son maximum de remplissage semble également validée et des considérations géométriques simples permettent de calculer facilement le temps nécessaire à la vidange.

Un autre résultat important, non présenté ici, est que le couplage du modèle de Bouwer avec un modèle hydraulique basé sur le concept de stock permet de représenter simplement l'évolution de la ligne d'eau dans la tranchée au cours du temps pendant un événement pluvieux. La prise en considération d'une résistance hydraulique décroissante du fond permet de représenter le fonctionnement de la tranchée pendant les premières années, avant que le colmatage du fond ne soit complet.

L'arrêt de l'alimentation de la tranchée pendant 6 mois pourrait permettre de restaurer en partie la perméabilité du fond d'une tranchée colmatée. Ce résultat doit cependant être confirmé.

Développements futurs

Les recherches devraient maintenant s'orienter dans trois voies complémentaires :

-La tranchée étudiée présentait une pente de talus de 45% et nous avons considéré que la surface infiltrante était égale à la projection horizontale de la surface latérale mobilisée. Rien n'impose que les lignes de courant soient verticales, et il est possible que la surface réelle d'infiltration soit plus grande que la projection horizontale, surtout pour les parois plus proches de la verticale. Une étude spécifique devrait être menée pour évaluer l'influence de la pente des parois et la meilleure façon de la représenter.

-La recherche n'a porté que sur l'hydraulique des écoulements. Or, comme déjà indiqué, la plupart des polluants sont fixés sur les particules. Le colmatage s'accompagne donc d'une dépollution des flux d'eau. Deux questions complémentaires méritent d'être traitées : Quelle est l'efficacité épuratoire réelle d'une tranchée d'infiltration et comment cette efficacité évolue-t-elle avec le temps ?

-Enfin, pour relier les deux questions précédentes, il est intéressant de savoir pourquoi les parois latérales ne se colmatent pas. Est-ce parce les dépôts s'effectuent très rapidement sur le fond et que l'eau qui s'infiltré par les parois est de l'eau déjà décantée ? Est-ce parce que les dépôts qui se forment sur les parois ont davantage le temps de sécher pendant les périodes entre les pluies et que ce phénomène limite le colmatage ? Ou est-ce pour une autre raison ? La réponse à cette question aiderait à optimiser les tranchées en tenant compte à la fois de leur fonctionnement hydraulique et leur efficacité épuratoire. Malheureusement le site expérimental utilisé pour conduire cette étude, gracieusement mis à disposition par la Communauté urbaine de Lyon, était situé sur le terrain de la Feyssine et a dû être démantelé pour permettre la construction de la nouvelle station d'épuration. Pour poursuivre ces recherches il va donc falloir, soit équiper un autre site, soit instrumenter des ouvrages réels.

Quelques documents publiés

Proton A., Chocat B. (2005). Experimental study of detention/infiltration trenches; Proceedings of the 10th International conference on urban drainage; Copenhagen (Denmark). August 22-26; 2005

Chadoin, P., Proton, A., Chocat, B., Chappier J. (2007) : A voluntary step for the promotion of detention / infiltration trenches. In: Proceedings NOVATECH 2007 6th International Conference, Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. 381-388. GRAIE, Lyon, France; 2007

Proton, A., Chocat, B. (2007). Long term behaviour of an infiltration trench. In: Proceedings NOVATECH 2007 6th International Conference, Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. 1015-1022. GRAIE, Lyon, France; 2007.

Proton, A. (2008). Etude hydraulique des tranchées de rétention / infiltration. Thèse de Doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 300p.

Proton A., Chocat B. (2008). Comportement à long terme d'une tranchée d'infiltration. Techniques Sciences Méthodes, 5, 41-50.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un programme de recherche industrielle mandaté et financé par SOGEA Rhône-Alpes avec la collaboration du Grand Lyon, de l'ANRT (Association Nationale de la Recherche Technique) et de l'OTHU