

Résumé :

Le colmatage est une des préoccupations majeures lorsque l'on décide d'implanter des ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales. Nous présentons dans cette fiche le résultat des recherches menées pour mieux comprendre les facteurs influents de son évolution à partir du suivi fin d'un bassin d'infiltration de la région lyonnaise.

■ **Cadre Général :**

Bien que ces techniques d'infiltration soient largement utilisées en raison de leurs nombreux avantages, elles présentent également des contraintes dont une des principales est le colmatage.

Le colmatage est généralement défini comme la diminution de la conductivité hydraulique ou de la porosité d'un sol. Ce phénomène est lié à plusieurs causes. Il peut être dû aux dépôts de particules en surface et dans les interstices du milieu poreux. Les particules les plus grosses s'accumulent superficiellement ou dans les quelques premiers centimètres. Les particules plus fines peuvent pénétrer un peu plus profondément dans le sol et/ou être adsorbées par la matrice solide du sol lui-même. Elles peuvent également être adsorbées par les sédiments superficiels existants. Enfin, à ces phénomènes physico-chimiques s'ajoutent des phénomènes biologiques liés au développement d'un biofilm de surface constitué principalement d'algues et de bactéries et qui aggrave le phénomène.

Si les causes du colmatage sont identifiées (physiques et biologiques principalement), on connaît peu de chose de la dynamique de son évolution en fonction des apports sur des systèmes opérationnels. Ainsi des bassins présentant un environnement physique similaire ont des temps d'évolution du colmatage différents, certains bassins ayant fonctionné sans se colmater pendant plus de 20 ans, se colmatent en quelques mois après une réhabilitation, etc.

L'objet de la fiche est de contribuer à donner des éléments à trois questions principales :

- Quelle est l'évolution du colmatage dans le temps ?
- Quels sont les facteurs déterminants accélérant ou diminuant l'évolution temporelle du colmatage ?
- Comment ralentir son évolution ?

■ **Contacts :**

Sylvie Barraud : LGCIE - INSA Lyon / UCBL,

Bâtiment Coulomb, 34 Avenue des Arts, 69621 Villeurbanne Cedex, Tel : 04 72 43 83 88, e-mail : sylvie.barraud@insa-lyon.fr

Cécile Delolme, Thierry Winiarski, Jean-Philippe Bedell : L.S.E – ENTPE,
rue M. Audin 69518 Vaulx en Velin. Tel : 04 72 04 70 89,
e-mail : cecile.delolme@entpe.fr, thierry.winiarski@entpe.fr

Les avancées de l'OTHU : Principaux résultats

Pour avancer sur ces questions, nous avons utilisé le site "Django Reinhardt" à Chassieu (69) situé dans la banlieue Est de Lyon. Le système est muni d'un compartiment de rétention suivi d'un compartiment d'infiltration. Il draine un bassin versant de type industriel de 185 ha, plutôt plat (pente moyenne de 4‰ dans le sens Est-Ouest) et de coefficient d'imperméabilisation d'environ 75%. Les eaux du bassin versant sont collectées par un réseau séparatif pluvial recevant en outre et en permanence des eaux de temps sec « théoriquement » propres venant de process industriels de la zone (eaux de refroidissement par exemple). Le bassin d'infiltration présente un volume 61 000 m³ et une surface de fond d'environ 8 000 m². Le rapport entre la taille de l'ouvrage d'infiltration et la surface imperméabilisée du bassin versant est d'environ 0.6 %. Le sol dans lequel s'infiltrer les eaux est de type fluvioglaciaire.

Concernant l'évolution du colmatage dans le temps, la méthode a consisté, à partir de mesures en continu du débit d'entrée au bassin, de la température d'eau et de quatre hauteurs d'eau dans le bassin, à caler la résistance hydraulique globale à l'aide du modèle de Bouwer (1969) ¹. Ce modèle fait l'hypothèse que l'interface a une conductivité hydraulique (K_i) faible et bien inférieure à celle du sol sous-jacent (K_p) supposé non saturé. Si en outre le niveau de nappe est assez éloigné du fond du bassin et de la frange capillaire qui se forme alors on peut supposer que l'écoulement dans le sol sous-jacent a lieu selon un gradient hydraulique de 1. La pression interstitielle du sol P est alors supposée constante entre le fond du bassin et la frange capillaire. En milieu poreux non saturé et pour un milieu granulaire uniforme, P peut être exprimée par P_{cr} valeur centrale de la fonction $P=f(K_p)$ dont Bouwer propose des valeurs guides en fonction du sol. La vitesse d'infiltration q en fonction de la hauteur d'eau h dans le bassin peut alors s'écrire : $q(h) = (h - P_{cr}) / R$, où $R = e_i / K_i$, e_i étant l'épaisseur de la couche colmatée et R la résistance hydraulique du fond du bassin d'infiltration.

Le calage de cette résistance a été réalisé pour différents évènements pluvieux importants générant des hauteurs d'eau significatives (> 50 cm au point bas du bassin) et corrigé en fonction de la température de l'eau (Résistance à 20°C) si bien que les valeurs calées sont directement comparables. La période d'acquisition et d'exploitation des données a couvert la période allant d'août 2003 à février 2009 et plus de 30 pluies significatives du point de vue du problème traité ont donné lieu à un calage. Pour chaque calage les incertitudes ont été évaluées. Les résultats de l'évolution des résistances hydrauliques sont donnés à la *figure 1*. Notons enfin qu'en avril 2004 le bassin a été décolmaté.

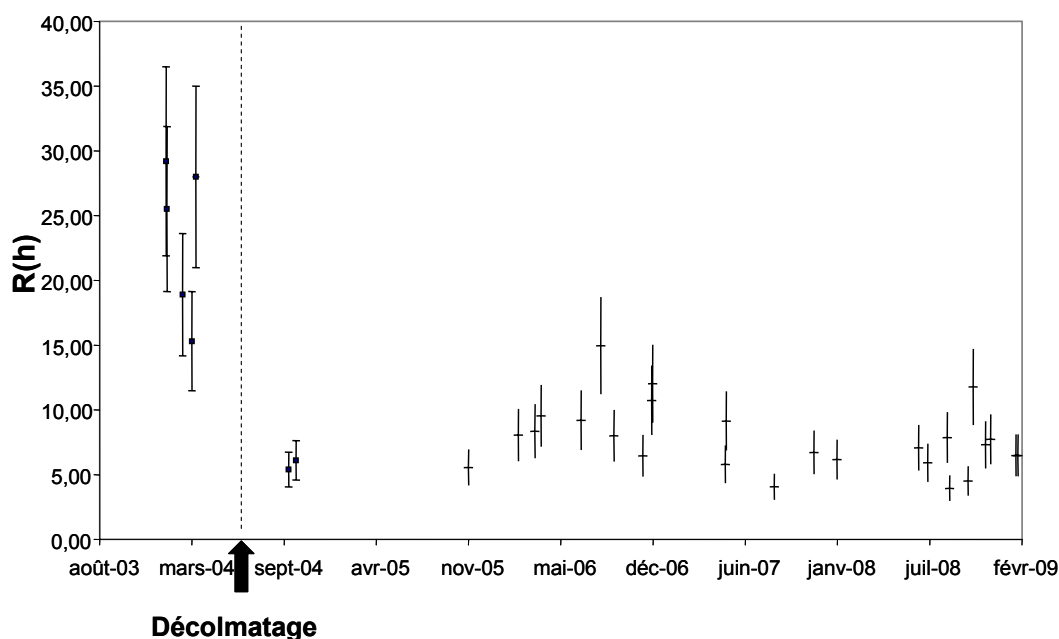


Figure 1- Évolution de la résistance hydraulique en fonction du temps Le Coustumer (2008)² complétée par Gonzalez-Merchan (2008)³

Alors que l'on observait jusqu'en juillet 2006 un accroissement régulier de la résistance hydraulique depuis son décolmatage statistiquement représentatif, la période suivante montre une stagnation de son évolution et même une légère décroissance qui pourrait être imputable en grande partie au développement d'une végétation spontanée importante qui ne s'était pas produite antécédemment. L'observation permettant de suivre les apports d'eau et les concentrations en MES au cours du temps, nous avons pu constater que les quantités d'eau et de MES apportées n'ont pas été proportionnellement très différentes sur les diverses périodes. On peut donc légitimement faire l'hypothèse que la végétation a pu jouer un rôle bénéfique sur l'évolution du colmatage.

Si des études antérieures concernant le rôle de la végétation sur le colmatage des systèmes d'infiltration des eaux pluviales ont montré que toutes les espèces ne permettaient pas une limitation de son évolution (Le Coustumer, 2008 ; Citeau, 2006 ⁴) aucune n'a été réalisée en vraie grandeur sur des systèmes réels. Aussi serait-il particulièrement intéressant d'approfondir son rôle in situ et d'étudier comment optimiser son choix et son emplacement selon les points de vue des gestionnaires (limitation du colmatage, piégeage des polluants, facilité d'entretien et intérêt dans la constitution du paysage,...).

Concernant l'étude des facteurs pouvant limiter ou augmenter le colmatage au cours du temps, nous avons fait les observations suivantes. Outre les commentaires faits précédemment sur le rôle de la végétation, des études de corrélation ont été menées entre la résistance hydraulique globale du bassin au cours du temps et différents facteurs supposés influents. Le premier type de facteurs pris en compte est lié aux apports d'eau (quantités et rythme des apports) et plus précisément i) le volume de l'évènement pendant lequel la résistance a été calée, ii) le volume écoulé entre deux évènements calés, iii) le volume cumulé depuis le décolmatage de l'ouvrage, iv) le nombre d'évènements pluvieux entre chaque résistance et v) le temps écoulé depuis la dernière pluie significative. Le deuxième type de facteurs pris en compte est lié aux apports de sédiments et plus particulièrement à i) la masse de MES apportée à l'ouvrage entre deux évènements, ii) la masse cumulée depuis le décolmatage de l'ouvrage et iii) la turbidité moyenne au cours de l'évènement. Le troisième type de facteurs est lié à la possible part biologique qui a été représentée de manière simpliste par la température d'air et l'examen de la période de l'année. Il apparaît qu'aucune des variables étudiées n'explique, seule, les fluctuations de la résistance, ni les quantités d'eau apportées ni les quantités de sédiments ($R^2 < 0.4$), ni même la température d'air. C'est cependant la quantité cumulée de MES qui est faiblement mais la mieux corrélée au colmatage. On remarque effectivement un comblement progressif de 1 à 3 mm/an. L'étude n'a pas été poussée plus avant car le colmatage de ce type d'ouvrage est plus complexe qu'imaginé initialement. Contrairement à la littérature qui accorde une importance majeure au colmatage physique lié aux apports de sédiments, le colmatage biologique, la vie de l'ouvrage (interventions humaines, développement de la végétation, compactage...) sont sans doute loin d'être négligeables dans ses fluctuations et une recherche plus ciblée a d'ores et déjà été lancée sur ce point.

Pour avancer sur la compréhension de la composante biologique du colmatage, des prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés dans les zones les plus colmatées au cours de 5 périodes de l'année. Ces échantillons ont été caractérisés sur un plan physico-chimique (teneur en eau, pluviométrie antécédente, stabilité des agrégats, COT, teneur en MO, formes de l'azote, phosphates, métaux lourds) et sur un plan biologique (biomasse totale, dénombrements bactériens et fongiques, analyse moléculaire de la diversité microbienne). Les analyses montrent qu'en dépit de fortes concentrations en métaux et polluants organiques, les microorganismes sont nombreux. Les facteurs qui discriminent le mieux la différence de répartition des bactéries en fonction des périodes de l'année sont la teneur en eau, les conditions pluviométriques antécédentes, la quantité de biomasse et la teneur en ammonium. L'augmentation de la teneur en eau favorise la dissolution d'éléments nutritifs eux-mêmes favorables au développement des micro-organismes. De plus une humidité forte conduit à la diminution de la stabilité des agrégats et une tendance plus forte des éléments fins à être dispersés. Cette étude donne donc des pistes pour le suivi de facteurs influents représentatifs de la composante biologique qui pourrait être ultérieurement mis en parallèle avec les fluctuations globales du colmatage et ainsi permettre de mesurer la part réelle du colmatage biologique.

¹ Bouwer, H. (1969). *Theory of seepage from open channels*. *Advances in Hydrosociences*, 5, 212-170.

² Le Coustumer S. (2008). *Colmatage et rétention des éléments traces métalliques dans les systèmes d'infiltration des eaux pluviales*. Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon (France) / PhD Monash University (Australia), 427 p.

³ Gonzalez-Merchan (2008). *Etude de l'évolution du colmatage de bassin d'infiltration/rétention en relation avec la qualité des flux de polluants apportés par les bassins versants urbains*. Master Recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain. INSA Lyon, 61 p

⁴ Citeau L. (2006). *Transfert sols-eaux-plantes de micropolluants : état des connaissances et application aux eaux de ruissellement urbaines*. Rapport pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, Nanterre, 132p.

■ Cadre d'utilisation et Développement futur

Les recherches n'ont pas encore permis de développer des modèles prédictifs de l'évolution du colmatage. Cependant elles nous informent sur le fait que les apports cumulés de MES, s'ils ne permettent pas d'expliquer seuls les variations du colmatage, peuvent tout de même en expliquer une partie (R^2 approximativement de 0,4). Le colmatage physique est malgré tout un facteur à prendre en compte même s'il n'est pas prépondérant et seul en cause. Ainsi, un compartiment de décantation efficace préalable à un compartiment d'infiltration s'avère dans tous les cas judicieux. L'étude nous informe également qu'il faut chercher d'autres variables explicatives parmi lesquelles des facteurs humains (interventions sur les sites, mode de gestion, ...) et des facteurs biologiques. La recherche a montré dans ce domaine l'importance des conditions hydriques (teneurs en eau, pluie antécédente) qui pilotent en grande partie avec les conditions climatiques le développement de biofilm. En attendant l'issue des recherches à venir, et par précaution, il est donc souhaitable de créer les conditions permettant aux biofilms de ne pas s'installer. On peut penser par exemple à améliorer les conditions de drainage des couches superficielles de manière à réduire au maximum leur humidité en couvrant le fond des bassins de matériaux granulaires (e.g. gravier) ou en protégeant la surface des effets du soleil par un couvert végétal. Notons qu'une étude a été menée par le BRGM dans le cadre de cette recherche sur le choix de matériaux granulaires aptes à retarder le colmatage physique et biologique qui mériterait d'être poursuivie par des tests in situ (Seron et al., 2008)⁵. Rappelons enfin que selon une étude récente (Arambourou, 2007)⁶ la majorité des villes françaises sont érigées en zone alluvionnaire (74% d'entre elles sur le bassin Rhône Méditerranée et Corse par exemple) et présente donc des caractéristiques proches de celui de Django Reinhardt. Cela nous incite à penser que la portée des observations faites dépasse le simple cas du bassin Django Reinhardt.

■ Remerciements

Cette recherche a été réalisée dans le cadre de l'OTHU avec le soutien de la DRAST du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables et du programme ANR-PRECODD (Ecopluies), de la direction de l'Eau du Grand Lyon.

■ Quelques documents publiés sur le thème

Badin A.-L. (2009). Répartition et influence de la matière organique et des microorganismes sur l'agrégation et le relargage de polluants dans des sédiments issus de l'infiltration d'eaux pluviales, Thèse de doctorat INSA de Lyon / ENTPE, France, 231 p.

Barraud S., Moura P., Gonzalez-Merchan C., Bedell J.-P., Delolme C., Badin A.-L., Clozel B. (2009). Analyse des dynamiques d'évolution du colmatage d'ouvrages d'infiltration des eaux de ruissellement pluvial en relation avec les apports. Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement Durables – DRAST, 53 p.

Gonzalez-Merchan (2008). Etude de l'évolution du colmatage de bassin d'infiltration/rétention en relation avec la qualité des flux de polluants apportés par les bassins versants urbains. Master recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain. INSA Lyon. 61 p.

⁵ Seron A., Dictor M.C., Clozel B., Mermillod-Blondin F. (2008) : Prévention et réduction des phénomènes de colmatage par modification de l'interface, Délivrable DA12, projet Ecopluies, programme PRECODD, 53 p. http://www.graie.org/ecopluies/delivrables/D-A12_brgmhbes.pdf.

⁶ Arambourou H. (2007). Hydrogéochimie des métaux lourds en milieu hétérogène non saturé. Rapport de de travail de fin d'étude de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, 83 p.