

L'infiltration comme mode de drainage des eaux pluviales (EP) en milieu urbain ou périurbain est aujourd'hui fortement plébiscitée. Mais alors que l'eau a été canalisée pendant des décennies pourquoi ce changement de pratiques seraitil promu aujourd'hui? Quel intérêt et risques potentiels pourraient-elle présenter? C'est un champ que l'OTHU a largement exploré et de manière originale en étudiant la circulation des eaux de pluie alimentant les dispositifs d'infiltration de leur production (eau de ruissellement) jusqu'à leur impact sur les sols et les nappes.

Dans les questions suivantes nous abordons plus en détails les résultats obtenus sur l'OTHU notamment ceux liés au colmatage, à la plus-value de la végétation et à la biodiversité pouvant être associée. Les aspects liés à la pollution sont abordés à la question 7-2, mais les impacts sur la nappe sont disponibles au chapitre 6.

# Pourquoi infiltrer les eaux pluviales?

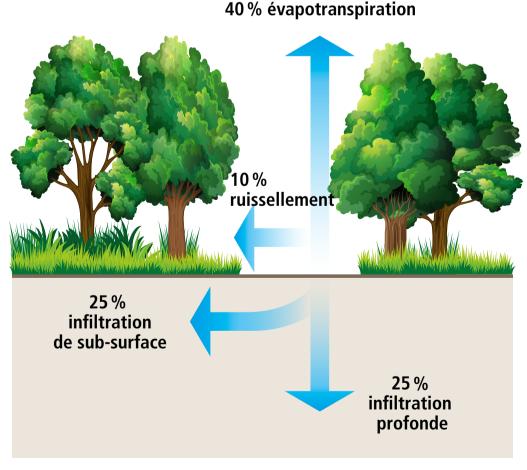
Sylvie Barraud, Hélène Castebrunet, INSA Lyon

Le recours aux techniques d'infiltration est aujourd'hui en plein essor, que ce soit en France ou à l'étranger. Ce regain d'intérêt a vu naître en parallèle une crainte du potentiel de pollution des eaux souterraines, ainsi qu'un risque d'aggravation des inondations en cas d'événements pluvieux très intenses. Pourtant, l'infiltration des eaux pluviales permet de limiter les conséquences négatives de l'urbanisation et de se prémunir des risques bien réels induits par le système de gestion classique "tout tuyau".

## L'urbanisation perturbe les processus naturels de circulation des eaux de pluie

e regain d'intérêt pour l'infiltration vient, en partie, en réaction aux modes d'urbanisation et de gestion des eaux pluviales (EP) traditionnels: imperméabilisation massive, collecte des eaux des surfaces imperméables, canalisation et évacuation rapide de ces eaux vers des réseaux de conduites puis vers les milieux superficiels. Les schémas de la figure 1, largement présents dans toute la littérature, illustrent à grands traits la répartition des flux d'eau avant et après urbanisation. Ils montrent notamment une baisse drastique de l'infiltration dans le sous-sol, aussi bien de l'infiltration profonde qui permet l'alimentation de la nappe phréatique quand elle existe, que l'infiltration de sub-surface contribuant à l'alimentation de la végétation et/ou des eaux de surface (ex.: rivières). Le mode traditionnel de gestion des EP entraîne également une augmentation importante des flux issus du ruissellement qu'il

Figure 1 : Principaux processus quantitatifs liés au cycle de l'eau en milieu urbain entre surface naturelle et urbanisée. Les pourcentages sont donnés à titre indicatif (source : FISRWG (1998) traduite). Les chiffres présents sur la figure donnent des tendances mais ne sont pas à prendre au pied de la lettre.



**Surface naturelle** 

faut alors gérer et évacuer dans un milieu construit et rendu plus vulnérable aux inondations. Enfin, l'urbanisation induit une diminution de l'évapotranspiration, principalement en raison de la réduction du couvert végétal en milieu urbain.

## Infiltrer pour reproduire le cycle naturel des eaux pluviales

Quantitativement, l'idée d'infiltrer les eaux de pluie présente donc l'avantage de reproduire les processus naturels de circulation des eaux de pluie et permet de:

- ▶ limiter ce qui est susceptible de produire des inondations en ville, c'est à dire les débits de pointe (quantité d'eau importante arrivant en des temps très courts) et les volumes de ruissellement à gérer;
- contribuer à la recharge des nappes phréatiques qui sert à d'autres usages (irrigation, alimentation en eau potable, soutien au réseau hydrographique de surface etc.);
- contribuer à infiltrer et stocker les eaux pluviales dans les premiers horizons du sols pour les événements pluvieux les plus fréquents;

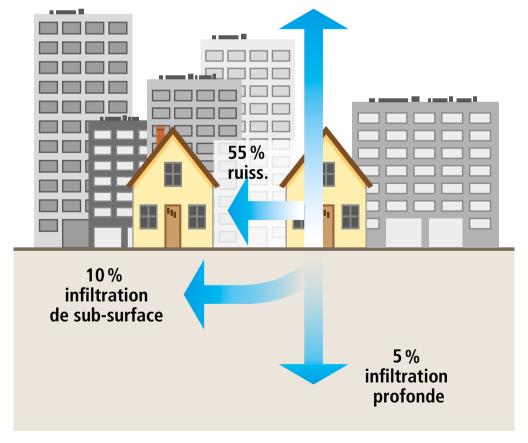
- soulager les systèmes à l'aval, limiter la fréquence des rejets des déversoirs d'orages et la dégradation des eaux de surface;
- créer des conditions favorables à la réintroduction de la végétation en milieu urbain (figure 2). Les dispositifs d'infiltration étant en effet souvent végétalisés, ils permettent de favoriser l'évapotranspiration et de contribuer à produire des îlots de fraîcheur lors d'épisodes de fortes chaleurs ou encore d'accroître ou maintenir la biodiversité.

Les solutions à la source sont généralement dimensionnées pour des événements pluvieux courants. En ralentissant l'écoulement, elles contribuent à rendre l'eau plus souvent lisible dans le paysage urbain; même si leur rôle dans la gestion des événements extrêmes est moindre, elles n'aggravent pas les risques d'inondation par ruissellement ou par débordement de réseaux.

#### Infiltrer pour réduire les flux polluants

En ruisselant sur les surfaces urbaines, les eaux pluviales se chargent en divers polluants. Ainsi, le regain d'intérêt pour l'infiltration a-t-il vu naître en parallèle une crainte

#### 30 % évapotranspiration



75 %-100 % de surface imperméabilisée

Figure 2 : Divers systèmes d'infiltration intégrés à l'aménagement (© Graie – UCBL).













du potentiel de pollution chimique ou de contamination bactérienne des eaux souterraines.

Cependant, nous avons montré dans l'OTHU que, sur le plan de la gestion des polluants, l'idée d'infiltrer les eaux de pluie présente de nombreux avantages. Infiltrer permet:

▶ de limiter le lessivage des surfaces et l'entraînement des polluants: ceci est particulièrement vrai pour les dispositifs d'infiltration des eaux pluviales à la source; de limiter les quantités d'eau issues du ruissellement et donc les quantités de polluants acheminées vers les exutoires (réseaux ou eaux de surface). Les systèmes d'infiltration qui sont souvent végétalisés et composés de terres végétales retiennent particulièrement bien les eaux des petites pluies fréquentes, contribuant ainsi à rejeter de faibles quantités d'eau et de polluants en sortie d'ouvrage. Par exemple, sur le campus Lyontech La Doua, le maître d'ouvrage a mis en place divers dispositifs de gestion des eaux pluviales par infiltration dont une noue végétalisée expérimentale drainant un parking présentant une partie en enrobé classique et une partie en stabilisé 1 partiellement perméable. Ce site, sur 2 ans et demi d'observation, montre que ce système intercepte 98 % des pluies de hauteurs totales précipitées inférieures à 15 mm, sans restitution d'eau par infiltration de fond.

de contribuer à «filtrer» les polluants comme les métaux lourds ou les hydrocarbures, avec un piégeage superficiel détectable et peu dépendant du type de sol et de limiter la propagation des polluants métalliques ou des hydrocarbures vers les nappes phréatiques.

Les processus physiques, physicochimiques ou biologiques liés au passage de l'eau dans les matériaux formant le corps des ouvrages (notamment les substrats végétalisés) ou le sol support, peuvent constituer un atout pour le traitement des eaux pluviales, notamment pour une majorité d'hydrocarbures et de métaux lourds (voir Question 7-2 Quel rôle joue le sol dans le piégeage des polluants ?).

Attention cependant aux polluants dissous comme les pesticides qui, pour des systèmes centralisés (bassins d'infiltration par exemple), ne sont pas piégés et peuvent percoler. Il n'y a, pour eux, pas d'autres solutions que de réduire leur usage dans ces situations.

#### Et chez moi, je peux infiltrer?

Lorsqu'on évoque les solutions de gestion à la source des eaux pluviales, il est fréquent d'obtenir comme réponse «mais chez moi, on ne peut pas infiltrer». Même si on se trouve dans des terrains où la nappe est assez superficielle ou avec des sols peu perméables, la solution de l'infiltration ou de la rétention à la source peut néanmoins être considérée pour des pluies courantes, correspondant à des hauteurs précipitées de quelques mm. L'infiltration se fait alors spontanément par les surfaces enherbées et peut être aussi aidée par la mise en place de noues ou petites dépressions. Ces éléments peuvent assurer une double fonction de gestion des eaux de pluies et de qualité paysagère.



#### POUR ALLER PLUS LOIN

▶ Barraud S., De Becdelièvre L., Bedell J.-P.,
Delolme C., Perrodin Y., Winiarski T., Bacot L.,
Brelot E., Soares I., Desjardin-Blanc V.,
Lipeme Kouyi G., Malard F., MermillodBlondin F., Gibert J., Herbreteau B., Clozel B.,
Gaboriau H., Seron A. Come J.-M.,
Kaskassian S., Verjat J.-L., BertrandKrajewski J.-L., Cherqui F., (2009). L'infiltration
en questions — Guide édité dans le cadre du projet
ECOPLUIES — ANR PRECODD - Ic.cx/ecopluies

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Les sols stabilisés sont un mélange de graviers fins, de sables et parfois d'un liant à base cimentaire.

# Quel rôle joue le sol dans le piégeage des polluants ?

Sylvie Barraud, INSA Lyon - Laurent Lassabatère, ENTPE - Florian Mermillod-Blondin, CNRS Université Lyon 1

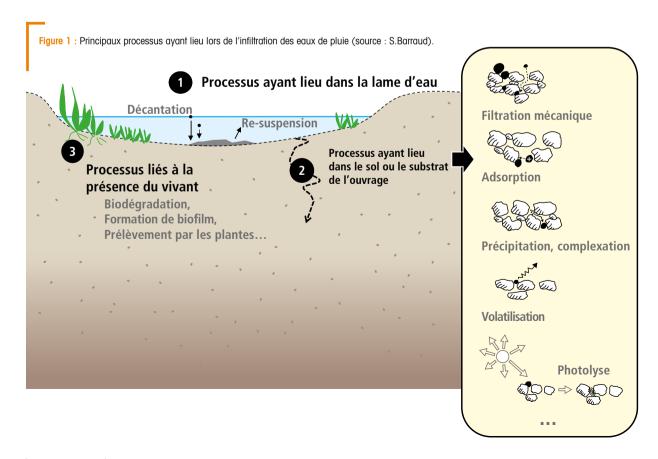
En ruisselant sur les surfaces urbaines, les eaux pluviales se chargent en contaminants tels que des métaux lourds, hydrocarbures ou pesticides... Le regain d'intérêt pour l'infiltration a donc vu naître la crainte de la pollution et d'une contamination en profondeur des sols et des eaux souterraines. Mais, déployer des solutions d'infiltration des eaux pluviales ne signifie pas faire de l'injection d'eaux pluviales dans les nappes. Et le sol joue un rôle certain dans le piégeage des polluants, qui dépasse la seule filtration. Mais qu'en est-il exactement?

#### Quels sont les processus mis en œuvre?

Les principaux processus que rencontre l'eau au cours de son infiltration dans le sol sont résumés sur la figure 1. Le sol peut être constitué du sol naturel en place dans lequel l'ouvrage a été excavé: c'est notamment le cas d'un bassin d'infiltration. Il peut aussi être composé d'un substrat rapporté, comme la terre végétale d'une noue par exemple.

Les processus de rétention, de mobilisation ou de transport des polluants sont de natures complexes et variées (Martinelli, 1999). De manière très schématique, ces processus peuvent se produire (figure 1):

- 1 dans la lame d'eau, pendant et à la suite d'évènements pluvieux. C'est l'objet de la décantation des polluants particulaires avec de possibles remises en suspension des dépôts;
- 2 au sein du sol ou des substrats dans lesquels ont lieu les écoulements. Dans ce cas, les phénomènes mobilisés peuvent être:



- la filtration mécanique: filtration et rétention des particules présentes dans les eaux pluviales dans les pores du sol ou du substrat. Notons que les dépôts décantés peuvent avoir eux-mêmes un rôle de filtre,
- ► l'adsorption: processus de fixation (de nature électrostatique ou chimique) des polluants sur les surfaces des particules de sol ou du substrat,w
- la précipitation et la complexation qui sont issues de modifications d'état des polluants,
- la dégradation par photolyse (dégradation par la lumière) ou par volatilisation qui affecte les substances organiques,
- des transferts dans le sol pour des polluants sous forme dissoute ou colloïdale.

Que ce soit dans la colonne d'eau ou dans les sols/substrats, les organismes vivants (plantes, micro-organismes,...) peuvent agir sur plusieurs processus (biodégradation, bioaccumulation des polluants dans les organismes euxmêmes, mobilité des polluants).

Certains des processus de rétention des polluants dans le sol ou le substrat sont peu actifs. C'est le cas de la photolyse ou de la volatilisation. C'est aussi le cas du prélèvement de polluants (notamment les métaux) et de leur accumulation par les plantes présentes sur les systèmes d'infiltration centralisés (voir l'encadré ci-dessous).

Nous abordons ici les processus d'abattement des concentrations en polluants des eaux pluviales dans le sol. Rappelons que le facteur prédominant des techniques alternatives est la réduction des volumes d'eau ruisselés, et donc des volumes et masses de polluants associés.

# Les polluants particulaires sont principalement retenus dans les couches de surfaces

Une bonne partie des polluants issus du ruissellement sont sous forme particulaire (ex: les métaux lourds, les hydrocarbures). Ces polluants sont clairement stoppés dans les couches de surface ou dans les interfaces ouvrages/sols lorsque les matériaux constitutifs des ouvrages sont très perméables. C'est le cas par exemple des tranchées remplies de granulats grossiers et dont l'infiltration des eaux se fait dans le sol support (Proton, 2008).

Les travaux sur plusieurs bassins d'infiltration dans la plaine de l'Est lyonnais formée de dépôts fluvioglaciaires (Dechesne, 2002; Le Coustumer, 2008) indiquent que seuls les 30 premiers centimètres sont touchés par une pollution significative en métaux lourds et en hydrocarbures après plus de 10 ans de fonctionnement (figure 2).

Pour ces mêmes polluants, Le Coustumer (2008) puis Gonzalez-Merchan (2012) ont montré sur une période de huit ans que les parties polluées avaient tendance à s'homogénéiser sur l'ensemble de la surface du bassin et que les concentrations n'évoluaient plus au cours du temps. En revanche, l'accumulation en masse était clairement visible. La couche de surface semble donc servir à la fois de couche filtrante pour ces polluants et de couche adsorbante pour l'eau.

Ces polluants ont parfois été détectés très localement à de grandes profondeurs (de l'ordre de 2-3 m, Winiarski, 2006)

#### L'extraction des métaux lourds présents dans les sols par la végétation (ou «phytoextraction») est peu active... mais les sols végétalisés sont bénéfiques

Saulais (2011) a pu établir des bilans massigues de zinc, cadmium et cuivre sur la végétation présente dans différents bassins d'infiltration. Son étude montre clairement que, quelle que soit la zone considérée et la végétation présente, la couche de sol de surface représente le lieu de stockage majeur des métaux, le système racinaire et la partie aérienne captant moins de 4% de la masse de métaux. Ainsi, la végétation des bassins d'infiltration par exemple, prise seule, ne va pas forcément bioaccumuler les métaux présents dans les sols contaminés de bassins d'infiltration. Sa présence associée au sol ou au substrat en place permet en revanche de limiter le transfert des polluants (favorisation de la décantation par exemple ou encore par prélèvement d'eau et des polluants associés - voir question 8-6 : Quelle est l'efficacité des ouvrages alternatifs vis-à-vis des micropolluants?). Elle apporte aussi une réelle plus-value dans la limitation du colmatage (voir question 7-4: Quel est le rôle de la végétation dans le colmatage des systèmes d'infiltration?).

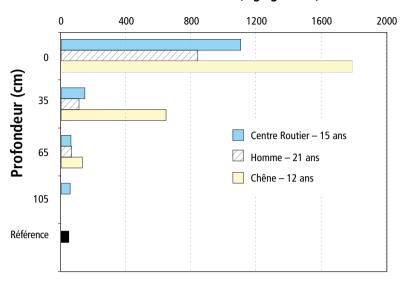
sur le bassin d'infiltration de Django Reinhardt. Néanmoins, il s'agissait de teneurs faibles, légèrement supérieures au fond pédogéochimique local et bien inférieures à celles de sols pollués. Ces migrations particulières ont en outre été observées en certains points spécifiques de bassins. L'analyse fine de ces points a montré que les migrations pouvaient être dues à des chemins préférentiels et/ou à des zones très perméables (conductivité hydraulique > 10-2 m/s). Des préconisations en ont été tirées dans le guide *L'infiltration en questions*, (Barraud *et al.*, 2009).

#### Les métaux et hydrocarbures retenus ne migrent pas dans la nappe et sont peu remobilisables

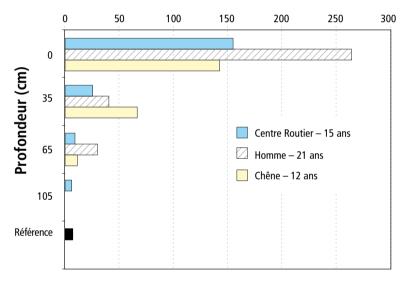
Enfin, afin de «boucler la boucle», des campagnes d'échantillonnage d'eau en amont et en aval d'un bassin d'infiltration présentant une zone non saturée peu épaisse (2-3 m - Datry, 2009) ont permis de constater que les métaux lourds et les hydrocarbures présents dans les rejets des eaux de ruissellement n'atteignaient pas la nappe (voir Question 6-1: Quel est l'impact des bassins d'infiltration d'eaux pluviales dans les nappes phréatiques?).

Figure 2 : Concentrations en métaux lourds mésurées à quatre profondeurs dans le sol de trois bassins d'infiltration de l'est lyonnais avec leur nombre d'années de fonctionnement (d'après Dechesne, 2002).

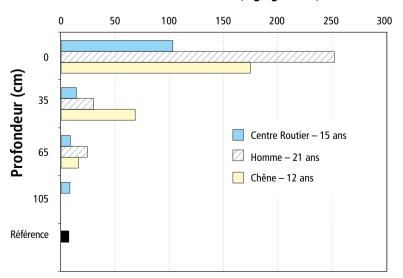




#### Concentration en Pb (mg/kg de MS)



#### Concentration en Cu (mg/kg de MS)



Ces observations sur le terrain ont été complétées par des expérimentations en laboratoire. Des études en colonnes de laboratoire dont la composition est celle des fonds de bassin d'infiltration et de sols sous-jacents (Badin, 2009, Nogaro et Mermillod-Blondin, 2009) indiquent que les polluants présents dans le sol sont faiblement relargués lors du passage de l'eau dans les colonnes, et ce, pour différents types de pluies simulées (courantes ou orageuses). Par conséquent, le risque de remobilisation des polluants semble faible pour des polluants tels que les métaux lourds et les hydrocarbures. Le Coustumer (2008) a également montré une absence de transfert de métaux pour différents types de composition de supports de noues et en présence de différents types de végétation.

Si le sol support joue un rôle primordial dans ces processus, sa capacité de rétention des polluants métalliques et hydrocarbonés semble davantage liée aux capacités d'infiltration qui ne doivent pas être trop élevées (i.e., un sol trop fortement perméable ne permet pas de maximiser les échanges sol-contaminants nécessaires à la rétention des polluants) plutôt qu'au type de sol ou à la conception des systèmes. Les conclusions dressées dans l'OTHU sont aujourd'hui largement corroborées par des études multiples à l'international (voir synthèse Tedoldi et al. 2016). Globalement, les travaux scientifiques ont montré que l'on pouvait faire l'hypothèse que le sol support, par des procédés notamment de filtration et d'adsorption, constituait un bon filtre pour les métaux lourds et les hydrocarbures et plus généralement pour la pollution particulaire.

### Quid des autres polluants et contaminants?

Ces résultats doivent être complétés pour d'autres types de polluants ne faisant l'objet d'investigations que depuis une époque récente, notamment les polluants émergents et nanoparticulaires (cf. Chapitre 5: Contaminants).

Pour les pesticides, qui sont présents sous forme majoritairement dissoute, les processus de transfert dans les sols sont les plus significatifs. Ces composés traversent sans surprise la zone non saturée des systèmes d'infiltration avec un risque de contamination des eaux souterraines pour les ouvrages centralisés (Marmonier et al., 2013; Pinasseau et al., 2020).

Concernant les micro-organismes, Badin (2009) avait montré sur des colonnes de sol composé de fonds de bassin d'infiltration que les bactéries étaient susceptibles de migrer. Les connaissances sur l'OTHU plus récentes montrent que les communautés bactériennes retrouvées dans la nappe à l'aval de bassins d'infiltration sont différentes des communautés bactériennes présentes en amont (Voisin et al. 2018). Ces changements de communautés ne semblent pas liés à un transfert de bactéries présentes dans les eaux de ruissellement pluvial mais plutôt à une modification environnementale des conditions dans la nappe (ex.: enrichissement en matière organique dissoute – Voisin, 2017; Voisin et al. 2020).

#### POUR ALLER PLUS LOIN

- 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 urbaines. Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon – lc.cx/badin2009
- Barraud S, De Becdelièvre L., Bedell J.-P., Delolme C., Perrodin Y., Winiarski T., Bacot L., Brelot E., Soares I., Desjardin-Blanc V., Lipeme Kouyi G., Malard F., Mermillod-Blondin F Gibert J., Herbreteau B., Clozel B., Gaboriau H., Seron A. Come J.-M., Kaskassian S., Verjat J.-L., Bertrand-Krajewski J.-L., Cherqui F., (2009). L'infiltration en questions. Guide édité dans le cadre du projet ECOPLUIES ANR PRECODD Ic.cx/ecopluies
- ▶ Datry T., (2003). Urbanisation et qualité des nappes phréatiques : réponses des écosystèmes aquatiques souterrains aux pratiques d'infiltration d'eau pluviale. Thèse de doctorat de l'Université Lyon 1 lc.cx/datry2003
- ▶ **Dechesne M.,** (2002). Connaissance et modélisation du fonctionnement des bassins d'infiltration d'eaux de ruissellement urbain pour l'évaluation des performances technique et environnementale sur le long terme. Thèse de doctorat INSA Lyon, France, 299 P.

# Comment un système d'infiltration se colmate-t-il ? et en combien de temps ?

Sylvie Barraud, INSA Lyon

Le colmatage est la contrepartie obligatoire de l'efficacité des ouvrages d'infiltration à dépolluer les eaux pluviales. Les particules piégées sont en effet le support des contaminants et le fait qu'elles soient fixées près de la surface permet de ne pas les retrouver plus profondément dans le sol ou dans les nappes. Mais sur le long terme, ce colmatage peut affecter la performance hydraulique des systèmes et représente donc un risque réel à prendre en compte pour le maintien de conditions d'infiltration satisfaisantes.

## Connaître les dynamiques du colmatage afin de pouvoir le retarder

La gestion des eaux pluviales par infiltration se développe aujourd'hui rapidement via des dispositifs perméables intégrés aux aménagements urbains (bassins, jardins de pluie, noues, tranchées, chaussées réservoirs...). Une question récurrente est leur pérennité dans le temps, ceci notamment par la diminution de leur perméabilité (colmatage progressif) pouvant remettre en cause leur fonctionnement hydraulique.

Le colmatage est en effet un phénomène inhérent à l'infiltration. S'il est inévitable, il est important d'en connaître les dynamiques spatiales (où est-ce que le colmatage se produit le plus?), les dynamiques temporelles (en combien de temps?) et les facteurs prépondérants, de manière à le retarder et à le prendre en compte lors de la conception et/ou de l'entretien.

Les échelles auxquelles se produit l'infiltration et la pression exercée sur les ouvrages, influent directement sur la répartition spatiale et temporelle du colmatage. Une différenciation est ainsi faite entre ouvrages centralisés et à la source.

# Comment évaluer son évolution temporelle et sa répartition spatiale? Les atouts de l'OTHU

Une méthode originale a été développée et utilisée dans différents contextes techniques et climatiques par l'OTHU. Elle présente l'avantage d'évaluer le colmatage global et a bénéficié de mesurages sur de longues périodes. Elle consiste sous certaines hypothèses généralement requises pour infiltrer des EP¹, à caler une résistance hydraulique² à partir d'un principe de fonctionnement (modèle de Bouwer). Le calage est effectué sur la base du suivi en continu des débits d'entrée, des hauteurs et des températures d'eau

dans les dispositifs. La méthode demande également une modélisation tri-dimensionnelle de la géométrie de l'ouvrage assez simple à obtenir par relevé topographique.

L'évolution des résistances hydrauliques au cours du temps <sup>3</sup> est mesurée à partir de l'évolution de la capacité de l'ouvrage à infiltrer des hauteurs d'eau de l'ordre du mètre. Les résistances sont par ailleurs normalisées à 20 °C pour s'affranchir des effets liés à la température qui joue sur la viscosité de l'eau. La méthode permet aussi de faire la distinction entre la résistance de fond et des parois. Elle est bien adaptée aux dispositifs centralisés pouvant présenter des hauteurs d'eau importantes.

D'autres mesurages réalisées dans le cadre de l'observatoire sont également précieuses, il s'agit notamment:

- des mesurages en continu de turbidité (transformée en concentrations de MES) qui permettent, en complément des mesurages des débits d'entrée, d'analyser le comportement des systèmes à la lumière de leurs sollicitations (masses de sédiments apportés et volumes d'eau entrants);
- du suivi de la végétation et des organismes présents dans la couche colmatée, qui permet d'évaluer leur rôle dans le colmatage.

#### Qu'a-t-on appris concrètement?

Le colmatage des ouvrages d'infiltration est très superficiel (photo 1). Il forme une « peau » dont le développement est favorisé par les apports de MES majoritairement composées de matières organiques. Sur les ouvrages de petite taille, la couche est généralement beaucoup moins visible car ces apports sont moins importants.

#### Sur les ouvrages centralisés, un colmatage progressif pouvant être retardé par la végétation

Sur les ouvrages centralisés, le phénomène se développe prioritairement dans les zones les plus sollicitées hydrauliquement. Au cours du temps, la zone d'influence du colmatage s'étend jusqu'à occuper la totalité de la surface de fond. En dernier recours, ce sont les parois qui assurent la part principale de l'infiltration. Comme elles constituent aussi une part non négligeable des surfaces, le colmatage du fond peut ne pas être problématique pour le bon fonctionnement hydraulique du système par temps de pluie. D'après les

¹ Présence d'une couche légèrement colmatée, milieu sous-jacent à forte conductivité hydraulique, zone non saturée éloignée du fond, présence d'une lame d'eau lors d'évènements pluvieux.

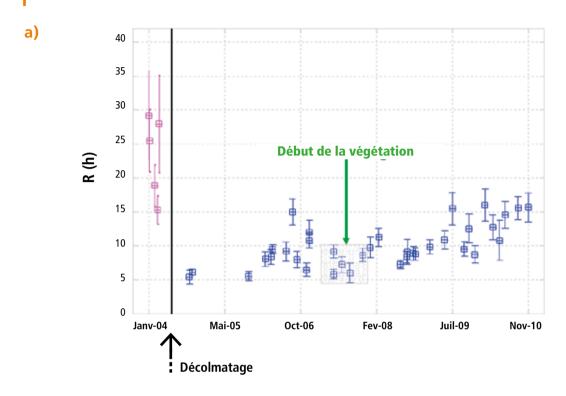
<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> La résistance hydraulique représente la durée nécessaire à une quantité unitaire d'eau pour passer à travers la couche colmatée sous une charge unitaire. Plus la résistance est grande et plus le dispositif est colmaté.

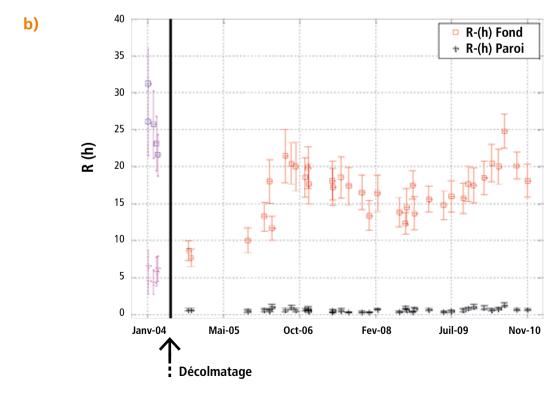
<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Plus la résistance est élevée plus l'ouvrage est colmaté.

observations faites sur des bassins de l'Est Lyonnais assis sur des sols fluvio-glaciaires et munis de dispositifs de décantation en amont, le colmatage est plutôt progressif et généralement assez long (supérieur à 10 ans).

Par exemple, le suivi fin sur 8 ans de la résistance hydraulique du bassin de Django-Reinhardt montre bien que le colmatage est très progressif (figure 1a) et qu'il s'opère principalement sur le fond de l'ouvrage (figure 1b).

Figure 1 : (a) Évolution des résistances hydrauliques R(h) globales avec leur incertitude, (b) Évolution de la résistance du fond et des parois. (Source : Gonzalez-Merchan, 2012).





Photos 1 : (a) État de la végétation dans le bassin Chassieu-Django-Reinhardt entre le décolmatage 2004 (en haut) et (b) en 2007 (en bas), en période d'amorce de la diminution du colmatage. (Source : Gonzalez-Merchan, 2012)





#### D'OÙ VIENT LE COLMATAGE ?



Photo 2 : Couche colmatée sur le bassin de Django-Reinhardt (source : ENTPE).

Trois natures de colmatage peuvent advenir :

- physique (le plus courant) : lié aux apports de particules solides (MES fortement présentes dans les eaux pluviales) et à la compaction (ex : charges d'eau, piétinement);
- biologique: dû au développement de microorganismes (algues, champignons, bactéries, protozoaires) à la surface du système d'infiltration;
- chimique: impliquant la précipitation et la dissolution des minéraux pouvant conduire au développement de bactéries qui réduisent la porosité du milieu. Ce colmatage étant très lié aux précédents, il est difficile de l'étudier isolément.

Cette étude a également révélé que le colmatage peut être ralenti par la présence de végétation. Le suivi sur le long terme nous a permis d'identifier une chute de la résistance hydraulique sur une période d'une année environ (en 2007), pendant laquelle une végétation spontanée a envahi le fond de l'ouvrage (photo 1) sans que cette chute ait pu être imputée à une baisse des apports d'eau ou de MES mesurés en continu.

### Des conclusions similaires sur les ouvrages à la source

Sur les ouvrages à la source, le colmatage dépend fortement du mode de conception. Pour des tranchées remplies de galets par exemple, Proton (2008) montre clairement que le colmatage a lieu seulement au fond de l'ouvrage et que celui-ci se colmate sur une période de six années environ (observation faite sur des sollicitations accélérées). Sur la même période, les flancs verticaux ne sont pas touchés.

D'autres expériences sur la conductivité hydraulique à saturation de 38 biofiltres de types noues végétalisées d'âge inférieur à 7 ans menées en collaboration entre l'OTHU et le FAWB (Facility for Advancing Water Biofiltration) (Le Coustumer et al., 2009) ont mis en évidence un colmatage superficiel. La conductivité hydraulique diminue d'un facteur 2 pour les ouvrages ayant une forte conductivité initiale (>200 mm/h (~5.10-5 m/s) mais reste tout de même élevée. Pour les ouvrages ayant des conductivités hydrauliques initiales faibles (< 12 mm/h (~3.10-6 m/s) celles-ci semblent rester assez constantes mais faibles malgré la présence de végétation qui joue un rôle de maintien de la perméabilité initiale (voir Question 7.4: Quel est le rôle de la végétation dans le colmatage des systèmes d'infiltration?).



#### POUR ALLER PLUS LOIN

- Barraud S., Le Coustumer S., Perrodin Y., Delolme C., Winiarski T., Bedell J.-P., Gibert J., Malard F., Mermillod Blondin F., Gourdon R., Desjardins V., Brelot E., Bacot L., (2006). Guide Technique: Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain. 62 p. Ic.cx/guideinfiltration
- ▶ **Gonzalez-Merchan C.,** (2012). *Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration d'eaux pluviales.* Thèse de doctorat INSA Lyon. Ic.cx/gonzalez2012
- ▶ **Le Coustumer S.,** (2008). Colmatage et rétention des éléments traces métalliques dans les systèmes d'infiltration des eaux pluviales. Thèse de doctorat INSA Lyon / Monash University Melbourne, Australie. lc.cx/lecoustumer2008

# Quel est le rôle de la végétation face au colmatage des systèmes d'infiltration?

Sylvie Barraud, INSA Lyon - Jean-Philippe Bedell, ENTPE

Qu'elle soit implantée volontairement ou spontanée, la végétation des bassins, noues et autres systèmes d'infiltration peut jouer un rôle bénéfique pour limiter le phénomène de colmatage. Mais toutes les espèces végétales n'ont pas la même efficacité pour optimiser ou maintenir les qualités des sols vis-à-vis de l'infiltration des eaux pluviales.

## Constat majeur: La végétation retarde le colmatage des systèmes d'infiltration

La végétation joue un rôle globalement important pour retarder le colmatage des systèmes d'infiltration, malgré l'apport de matière organique et solides à leur surface. En effet, elle contribue par les systèmes racinaires des plantes et le battement des tiges sous l'effet du vent, à la création de macropores, améliorant la capacité d'infiltration du sol.

# Zoom sur le rôle de la végétation dans les ouvrages centralisés: le cas du bassin de Django-Reinhardt

Le bassin d'infiltration de Django Reinhardt en est une parfaite illustration. En effet, le suivi du colmatage réalisé dans le cadre de l'OTHU entre 2004 et 2010 a permis d'identifier un ralentissement significatif de l'évolution de la résistance hydraulique <sup>1</sup> globale, suite à la végétalisation spontanée du fond (voir Question 7.3: Comment un système d'infiltration se colmate-t-il et en combien de temps?).

#### Importance de la morphologie de la plante

Une analyse approfondie de la nature de la végétation présente et sa co-évolution avec les caractéristiques du sol dans les zones colmatées de l'ouvrage a été réalisée sur deux années et à différentes saisons. Elle montre que toutes les espèces ne donnent pas au sol support les mêmes performances d'infiltration et que la morphologie des racines,

Figure 1 : Phalaris Arundinacea a une capacité d'infiltration très importante, grâce aux caractéristiques de son système racinaire (Gonzalez-Merchan, 2012).





<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> La résistance hydraulique représente la durée nécessaire à une quantité unitaire d'eau pour passer à travers la couche colmatée sous une charge unitaire. Plus la résistance est grande et plus le dispositif est colmaté.

Figure 2 : Rumex Crispus est peu performante en matière d'infiltration, en raison des caractéristiques de son système racinaire (Gonzalez-Merchan, 2012).





des tiges et leur connexion sol/végétal joue un rôle important. Par exemple, sur les trois espèces qui se sont majoritairement développées dans le bassin étudié (Polygonum mite, Phalaris arundinacea et Rumex crispus), c'est Phalaris Arundinacea (figure 1) qui a été la plus performante avec une capacité d'infiltration (à saturation) à travers son horizon végétalisé environ 2 fois supérieure à la capacité d'infiltration du sol nu à proximité. Ses rhizomes et ses stolons (tiges aériennes rampantes) qui se forment à travers la couche de surface permettent effectivement de créer des macropores et de faciliter le transfert de l'eau à travers la couche colmatée (Gonzalez-Merchan et al., 2014).

En revanche, Rumex Crispus a été la moins performante. Elle présente un système racinaire plus grossier, mais surtout caractérisé par le développement d'un collet à la liaison tige/ racine, où les sédiments s'accumulent. Ces caractéristiques la rendent plus «hermétique» à l'eau et à son infiltration, favorisant ainsi la décantation locale (figure 2).

#### La perméabilité évolue au cours de la croissance des plantes et des saisons

L'observation des étapes de croissance des plantes, a révélé que la capacité d'infiltration des zones plantées présentait une évolution significative entre chaque étape de vie de la plante. Le métabolisme de la plante est calqué sur le rythme saisonnier en adéquation avec les ressources nutritives (eau, quantité de lumière, nutriments...). Pendant les périodes de croissance et de reproduction, la conductivité hydraulique 2 à saturation dans les zones végétalisées est significativement supérieure à celle de la période de repos.

Ces études laissent penser que la mise en place de la végétation peut contribuer à améliorer les conditions d'infiltration à certaines périodes, notamment en été (juin à septembre) au moment des fortes pluies orageuses. Cela peut être d'autant plus sensible que l'alternance du temps sec et humide en lien avec le développement de la végétation modifient la structure du sol de surface. Cette alternance crée des conditions favorables à la formation de microfissures qui induisent de l'infiltration préférentielle à travers l'horizon de surface (photo 1).

Photo 1 : Exemple de microfissures du sol pendant la période estivale.



<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> La conductivité hydraulique est un mesurage de l'aptitude d'un milieu poreux à laisser passer un fluide sous l'effet d'un gradient de pression unitaire. Dépendant de la température (viscosité du fluide) et de la teneur en eau existante dans le milieu, cette conductivité hydraulique est souvent utilisée à saturation et à 20 °C, ce qui est le cas ici. Plus la conductivité est élevée, moins le système est colmaté.

Néanmoins, la mise en place de la végétation ne suffit pas pour restaurer complètement les conditions d'infiltration sur une couche déjà très colmatée.

#### Zoom sur le rôle de la végétation dans les systèmes décentralisés de type noues ou biofiltres

#### L'Importance de la morphologie de la plante est aussi perceptible pour les ouvrages à la source

La morphologie, notamment celle des parties racinaires, a également été mise en évidence lors des travaux OTHU/ FAWB (Facility for Advancing Water Biofiltration) réalisés en Australie sur des pilotes de laboratoire (Le Coustumer, 2012). L'étude a montré, par exemple, que la plante Melaleuca ericifolia (figure 3a) comparée à quatre autres types dont Carex apressa (très utilisée pour la végétalisation des noues – figure 3b) était bien meilleure pour pérenniser la conductivité hydraulique initiale du sol. L'explication avancée pour expliquer cette performance plus élevée tient, là encore, à la morphologie. Melaleuca est une plante arbustive aux racines larges et ne formant pas de radicelles comme celles de Carex (photo 2).

#### Planter un substrat est toujours plus efficace pour lutter contre le colmatage quel que soit la végétation que de le laisser nu

En dépit de performances variables des cinq espèces végétales étudiées vis-à-vis du colmatage, aucun des massifs plantés des cing espèces n'a été moins performant qu'un substrat nu soumis aux mêmes sollicitations.

Figure 3 : Photos de Carex apressa et Melaleuca ericifolia et évolution avec le temps (72 semaines) des conductivités hydrauliques des pilotes plantés avec Carex et Melaleuca (moyenne et intervalle de confiance à 95%) (Le Coustumer, 2008).





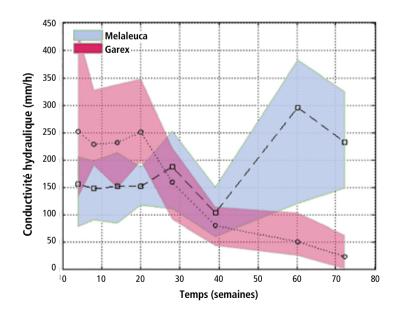


Photo 2: Système racinaire de Carex (gauche) et de Melaleuca (droite) (Le Coustumer, 2008).





#### En Bref...

Si la végétation, qu'elle soit spontanée ou implantée volontairement, ne présente pas les mêmes performances suivant la morphologie des plantes et leur «état» dans le temps. Sa présence ne peut être que bénéfique vis-à-vis du colmatage d'un sol recevant les eaux pluviales.



#### POUR ALLER PLUS LOIN

- ► Gonzalez-Merchan C., (2012). Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration d'eaux pluviales. Thèse de doctorat INSA Lyon. TEL-00943422 - lc.cx/gonzalez2012
- Le Coustumer S., (2008). Colmatage et rétention des éléments traces métalliques dans les systèmes d'infiltration des eaux pluviales. Thèse de doctorat INSA Lyon / Monash University - Melbourne, Australie - Ic.cx/lecoustumer2008

# Quel est le rôle de la faune vis à vis du colmatage des systèmes d'infiltration?

Florian Mermillod-Blondin, CNRS Université Lyon 1 - Géraldine Nogaro, Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement R&D EDF - Jean-Philippe Bedell, ENTPE

Les particules transportées par les eaux de pluie et déposées dans les ouvrages d'infiltration conduisent souvent en un colmatage progressif des systèmes. Tout comme la végétalisation, favoriser la présence d'invertébrés aquatiques tels que les vers oligochètes, peut constituer une approche d'ingénierie écologique permettant de limiter le colmatage des sols.

#### La présence de vers permet de réduire la quantité de matière organique présente dans les systèmes d'infiltration

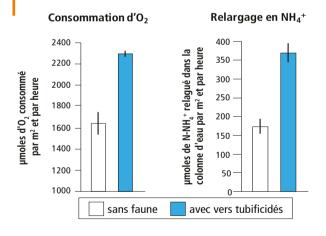
Afin de déterminer l'impact de la faune, des expériences ont été menées en laboratoire avec des vers oligochètes tubificidés (par exemple l'espèce Tubifex tubifex) et des sédiments prélevés sur le bassin d'infiltration de l'IUT sur le

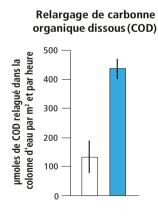
Campus de la Doua à Villeurbanne (Mermillod-Blondin et al., 2005). Les résultats ont montré clairement que la présence de vers tubificidés augmente jusqu'à 35 % la respiration dans le système, indiquant une plus forte minéralisation de la matière organique en présence de vers (figure 1). De plus, la présence de vers tubificidés stimule considérablement les échanges de nutriments des sédiments vers la colonne d'eau, augmentant le relargage d'ammonium (+ 200 %), de phosphates (+ 300 %) et de carbone organique dissous (+ 500 %).

La stimulation de la consommation de la matière organique par les vers est également liée à une stimulation des communautés microbiennes par les invertébrés. En effet, des augmentations significatives du pourcentage de bactéries actives et de l'activité microbienne hydrolytique impliquée dans la dégradation de la matière organique ont été mesurées dans les sédiments en présence de vers (figure 2).

En conclusion, les oligochètes créent des galeries qui vont stimuler les échanges d'eau et de solutés entre l'eau libre et l'eau interstitielle contenue dans les sédiments. L'augmentation de ces échanges entraîne une stimulation des processus de minéralisation de la matière organique. Favoriser

Figure 1 : Flux mesurés dans les systèmes expérimentaux en absence et en présence de vers tubificidés (Mermillod-Blondin et al., 2005).





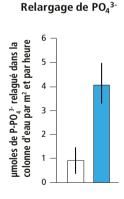
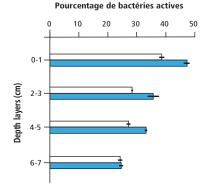


Figure 2 : Pourcentages de bactéries actives et activité hydrolytique mesurées sur 4 horizons sédimentaires dans des systèmes en absence ou présence de vers tubificidés (Mermillod-Blondin et al., 2005).



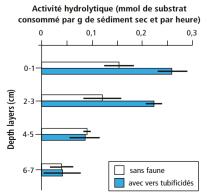


Figure 3: Systèmes expérimentaux obtenus en présence de vers tubificidés (à gauche) et en présence de larves de chironomes (à droite). Source des photos : Géraldine Nogaro, LEHNA.

# galeries produites par les vers

Avec des vers tubificidés

#### Avec des larves de chironomidés

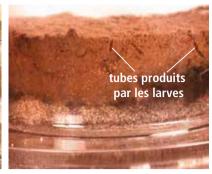


Figure 4 : Systèmes expérimentaux obtenus en présence de vers tubificidés avec les sédiments du bassin de Django-Reinhardt (à gauche) et du bassin de l'IUT (à droite). Source Géraldine Nogaro, LEHNA.





la présence d'invertébrés peut donc constituer une approche écologique permettant de réduire la quantité de matière organique présente dans les systèmes de rétention/infiltration des eaux de ruissellement pluvial. comparaison entre l'activité des vers sur les sédiments de Django-Reinhardt et les sédiments de l'IUT). L'importance des invertébrés sur la réduction du phénomène de colmatage est donc à relativiser en fonction des caractéristiques des sédiments déposés.

# Certains invertébrés aquatiques peuvent augmenter la perméabilité des sédiments urbains

À la suite des travaux menés sur la dégradation de la matière organique par les invertébrés, des expérimentations en colonnes ont visé à évaluer le rôle des invertébrés aquatiques sur la capacité d'infiltration de systèmes colmatés par des sédiments provenant de plusieurs sites. Dans les sédiments de l'IUT, les expérimentations révèlent que l'activité des vers tubificidés permet d'éviter un colmatage des colonnes alors qu'aucun effet n'est mesuré avec les larves chironomes. L'observation de l'activité des invertébrés (figure 3) témoigne d'une action en profondeur des tubificidés qui produisent des galeries verticales (qui traversent la couche de sédiment colmaté) alors que les chironomes (par exemple l'espèce Chironomus riparius) produisent des tubes en U qui ne traversent pas la couche de sédiment colmaté. Ainsi la perméabilité calculée est de 17,7 cm/h avec les vers tubificidés contre 0,33 cm/h en absence de faune. Ces résultats sont très significatifs et témoignent d'un effet positif de certains organismes sur la perméabilité hydraulique en fonction de leur type d'activité de bioturbation.

Ces résultats encourageants restent toutefois à modérer car l'effet des vers sur le colmatage dépend du type de sédiment en place. Des résultats obtenus sur le phénomène de colmatage avec des sédiments collectés sur le bassin d'infiltration de Django Reinhardt indiquent que les vers ne peuvent pas décolmater tous les types de sédiments urbains (Nogaro et Mermillod-Blondin, 2009). La très forte proportion de sédiments très fins (< 10 µm) sur ce bassin crée un colmatage important et la création d'une couche très dure que les vers tubificidés n'arrivent pas à pénétrer (la figure 4 montre une

#### En Bref...

En milieu aquatique, la faune des sédiments, constituée notamment de vers oligochètes ou de larves de chironomes, joue un rôle significatif dans la dégradation de la matière organique à la surface des systèmes d'infiltration.

De plus, elle peut avoir dans certains cas un effet positif sur la capacité d'infiltration du sol par la création de tubes, galeries et terriers dans les sédiments fins, limitant ainsi le colmatage des systèmes.

## POUR ALLER PLUS LOIN ► Mermillod-Blondin F., Nogaro G., Gibert J., (2006).

Quantification du rôle du compartiment biologique dans le devenir des sédiments liés aux rejets pluviaux urbains en bassin d'infiltration. Rapport final d'activité scientifique pour la Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques (DRAST), 26 p. – lc.cx/mermillod2006

# Que trouve-t-on comme biodiversité dans les systèmes d'infiltration urbains et que révèle-t-elle?

Laëtitia Bacot, Graie - Pierre Marmonier, Florian Mermillod-Blondin, CNRS Université Lyon 1 - Jean-Philippe Bedell, ENTPE

Les ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source sont souvent des solutions fondées sur la nature et, dans tous les cas, des espaces et ouvrages qui, constituent de véritables îlots urbains de biodiversité. En effet, en regard des autres espaces urbains, elles présentent des particularités en termes de configurations physiques, d'usages (ou non-usages) et de présence de l'eau, et elles hébergent des communautés faunistiques et floristiques différentes de celles présentes dans le tissu urbain traditionnel.

#### Les bassins de gestion des eaux pluviales sont favorables au développement de la biodiversité

La structure technique des bassins d'infiltration/rétention a été particulièrement étudiée dans l'OTHU. Elle présente toujours deux caractéristiques physiques favorables à l'installation de communautés d'organismes:

- un fond plat, potentiellement inondable une partie de l'année ou par périodes brèves, où peuvent se déposer des sédiments fins et organiques;
- des bords en pentes douces à fortes, contrastant avec le fond par une composition plus minérale à faible humidité.

Ces deux compartiments des ouvrages sont souvent végétalisés, que ce soit volontairement dans une approche paysagère ou que ce soit de façon spontanée, et hébergent une large gamme d'espèces animales, notamment des insectes. Ce sont donc des habitats hétérogènes et originaux car peu fréquents dans les zones urbaines et périurbaines. Cependant, la biodiversité qui s'y développe n'est pas toujours souhaitée et peut générer des nuisances pour les riverains et des conflits entre habitants et gestionnaires de l'eau. Sa description et l'étude de sa dynamique sont donc essentielles à sa gestion et son acceptation. La première question qui se pose à nous est donc de décrire les organismes présents: que trouve-t-on comme biodiversité dans ces systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales urbaines ?

Au sein de l'OTHU sur le territoire de la Métropole de Lyon, de nombreuses études ont été menées sur la biodiversité, son évolution et sa dynamique. Elles ont porté en particulier sur la végétation, les invertébrés terrestres et du sol, ainsi que les moustiques. Les vertébrés sont également présents dans les ouvrages (canards, rats...) et seront étudiés dans les années à venir.

## La biodiversité floristique des bassins d'infiltration

La dynamique de la végétation a été étudiée pendant 2 années sur 18 bassins de rétention/infiltration (Saulais M., 2011), du point de vue des espèces végétales dominantes mais aussi de la qualité des sols, en considérant les teneurs en contaminants métalliques bio-accumulés dans leur tissu (Programme GESSOL).

### La composition de la communauté floristique est multifactorielle.

Les observations révèlent tout d'abord qu'une majorité de bassins présente une végétation typique de milieux particulièrement pauvre en éléments nutritifs, caractéristique d'un sol d'origine anthropique qui s'est formé très rapidement au fond du système.

Le premier facteur explicatif est la disponibilité en eau, qui dépend notamment des modalités de fonctionnement et d'alimentation du bassin.

La profondeur du sol et des sédiments joue également un rôle clé dans l'installation et la diversification de la communauté végétale. Ainsi, certaines plantes récoltées dans un seul bassin, comme l'*Iris pseudacorus*, ont des exigences fortes, avec le besoin d'un minimum de 21 centimètres de sédiments et d'eau pour son développement. D'autres ne montrent pas de telles exigences pour l'épaisseur du sol, elles sont plus répandues dans les bassins étudiés, comme les *Rumex* de la famille des *Polygonaceae* présents dans 88 % des bassins.

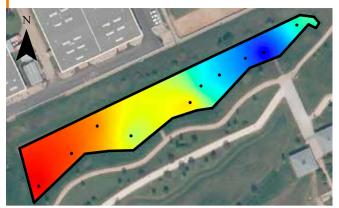
Le troisième facteur est le type de tissu urbain où se situe l'ouvrage. En effet, l'occupation des sols et les activités développées au sein du bassin versant ont une influence sur la présence ou l'absence des espèces. Ainsi, la concentration en polluants dans les eaux de ruissellement des zones industrielles explique sans doute, pour partie, que les *Rosaceae* ne se développent pas dans ces zones.

Enfin la gestion et l'entretien des ouvrages (curage, tonte...) a aussi un effet significatif sur la biodiversité végétale en place.

### Il existe une dynamique spatio-temporelle de la végétation

Au-delà de la composition des communautés, nous avons pu étudier la dynamique de la flore sur plus de 10 ans, du point de vue de sa richesse et de l'abondance des espèces dominantes dans deux types contrastés de bassins végétalisés: Minerve où

Figure 1: Distribution des teneurs en eau sur le bassin d'infiltration de Minerve et visualisation du developpement de cette flore sur le bassin de Minerve.





la végétation a été plantée volontairement et Django-Reinhardt qui a été naturellement colonisé par la végétation.

Pour Minerve, le bassin planté, nous avons observé un gradient spatial marqué entre l'amont (près de l'entrée de l'eau pluviale) et l'aval (où s'infiltre cette eau dans les noues d'infiltration). En effet, les teneurs en matière organique, les épaisseurs de sédiment déposé, tout comme les teneurs en éléments traces apportés par la pluie diminuent d'amont en aval, ce qui influence directement la composition floristique. Les 10 années de suivi mettent également en lumière une évolution de la communauté végétale, avec une régression des «hélophytes» (plantes recherchant les sols gorgés d'eau) au profit d'espèces typiques des prairies de sols plus secs, souvent considérées comme des espèces pionnières (premiers organismes colonisant un milieu après son apparition). Cette dynamique n'est pas anecdotique: depuis 1999, plus de 93 % des espèces implantées au départ ont disparu! Toutefois, une stabilisation est observée depuis 2008, avec une diversité en hélophytes qui varie peu (seulement 12,5% de la variation du nombre de ces espèces).

Pour Django-Reinhardt, le bassin non végétalisé au départ, la structuration spatiale de la qualité du sol est moins claire, mais nous avons aussi mis en évidence des zones avec des teneurs variables en matière organique et en métaux lourds. La communauté végétale qui a colonisé ce bassin montre une forte hétérogénéité des stratégies écologiques. On trouve dans cette communauté à la fois:

- des espèces « euryéces » (espèce à large spectre écologique) pouvant coloniser de nombreux habitats;
- des espèces pseudo-métallophytes (supportant des teneurs élevées en éléments traces métalliques dans le sol);
- des macrophytes vivant dans des sols humides (Typha latifolia, Phragmites australis, Iris pseudacorus, Phalaris arundinacea) ou même des zones humides (Rumex sp.);
- mais aussi des espèces pionnières typiques des prairies sèches (de la famille des Asteraceae, Poaceae, Brassicacées) lorsqu'on s'éloigne de la zone d'arrivée d'eau pluviale.

Le nombre d'espèces est resté assez stable depuis 2008, mais on assiste à une diminution de près de 50 % du taux de recouvrement des macrophytes, qui sont aujourd'hui réduits à 3 espèces: *Phalaris arundinacea, Typha latifolia* et *Schoenoplectus tabernamontanii*.

Ces changements s'expliquent notamment par la modification des débits d'eau entrants. En effet, la stratégie de contrôle de la métropole de Lyon pour la réduction des rejets d'eau de process des entreprises présentes sur la zone, a fait décroître les arrivées de temps sec dans le bassin: celles-ci contribuaient auparavant à une certaine humidification récurrente des sols et des sédiments à certains endroits du bassin, et donc au développement des macrophytes.

Photos 1: A: Iris pseudacorus, Iris des marais - B: Typha Iatifolia, Massette a larges feuilles (source: GRAIE et ENTPE).





Photos 2 : Quadra d'extraction des vers de terre grâce au test dit de la moutarde.





#### En Bref...

Les invertébrés sont nombreux au sein des ouvrages de gestion des eaux pluviales. Grâce à la composition des communautés et à leur richesse, ils peuvent constituer de bons indicateurs du fonctionnement des ouvrages: qualité des sols, modalité d'entretien des écoulements ou de stagnation de l'eau.

#### Pourquoi s'intéresser à la biodiversité dans les systèmes d'infiltration urbains?

La biodiversité présente dans les systèmes d'infiltration (floristique et faunistique) est riche et diversifiée. Elle peut être un indicateur pertinent du fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales, et ceci grâce à des observations et des inventaires saisonniers réguliers et à leur interprétation.

Il est également intéressant de retenir que cette biodiversité peut être considérée comme positive ou adverse selon les publics et écosystèmes considérés. Souvent, il s'agit de trouver le meilleur compromis entre ce qui est souhaitable pour la biodiversité, ce qui est techniquement, économiquement possible et ce qui est compatible avec le mode de vie et la perception des citadins.

#### La biodiversité faunistique: zoom sur la richesse des invertébrés

#### Les invertébrés terrestres sont particulièrement abondants sur les bords des bassins

La communauté d'invertébrés terrestres, principalement les arthropodes (invertébrés caractérisés par un corps segmenté), a été décrite sur 7 bassins pendant une période estivale. Ceuxci ont été échantillonnés par des tubes-pièges disposés à la fois au fond du bassin (372 tubes) et sur les bords (343 tubes). Les résultats les plus frappants sont la plus forte abondance d'organismes sur les bords (6083 individus au total) que sur le fond (seulement 4474 individus collectés). Les bords en pente des bassins d'infiltration constituent donc des habitats très favorables à la faune vivant à la surface du sol. Il faut aussi noter que les fourmis et les araignées constituent les groupes les plus abondants des communautés d'invertébrés terrestres, aussi bien sur le fond que sur les bords des ouvrages. Ces organismes, dont certains sont des prédateurs, participent au contrôle des communautés se développant dans les bassins. Ils assurent donc un rôle écologique complexe.

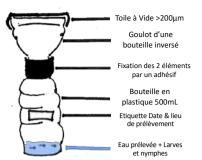
#### La composition en vers de terre est révélatrice de la qualité du sol et de ses caractéristiques

Les invertébrés du sol, principalement les vers de terre, ont également été étudiés lors d'une campagne de dénombrement et d'identification menée sur deux bassins d'infiltration: Django-Reinhardt et Le Carreau.

Les abondances totales récoltées en vers de terre par quadra d'échantillonnage (1 m² – illustration 3) présentent de fortes variations avec des valeurs allant de 1 à 300 individus. Cette variabilité est observée dans les deux bassins d'infiltration étudiés et peut être corrélée avec l'épaisseur de sédiment déposé à chaque point. La composition en espèces est assez similaire d'un quadra à l'autre au sein d'un même bassin, mais varie fortement entre les bassins.

Du point de vue de sa composition, la communauté de vers de terre est tout d'abord caractérisée par l'absence de vers anéciques (qui prospectent le sol par des galeries verticales), mais limitée aux endogés et aux épigés (qui font des galeries horizontales en surface ou sub-surface du sol). La proportion de ces deux groupes varie entre les deux bassins : la communauté de Django-Reinhardt est caractérisée par 60% d'endogés contre 40% d'épigés, alors que dans le bassin Le Carreau, une répartition inverse est observée entre les deux groupes

Figure 2 : Émergeoire pour larves de moustiques "Home made" – pour permettre ensuite une identification des adultes





écologiques avec 80 % d'épigés et seulement 20 % d'endogés. La présence de nombreux vers de terre "juvéniles" dans les deux bassins illustre aussi que la reproduction a bien lieu dans ces systèmes artificiels.

La faune vivant dans le sol, comme les vers de terre, est donc intéressante à analyser car outre le rôle d'ingénieur du sol (galerie, aération...) et de réacteur chimique (recyclage de la matière organique, sur les oligo-éléments, sur le phosphore...), elle est aussi un bio-indicateur de la qualité du sol et renseigne sur les caractéristiques du sol lui-même.

#### Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales ne contribuent pas au développement du moustique Tigre

La faune vivant dans les eaux retenues dans les bassins est souvent peu diversifiée, mais elle comporte parfois des insectes connus et redoutés, comme les moustigues.

Cette question est sensible, car les techniques de gestion alternative des eaux pluviales en zone urbaine sont parfois suspectées de contribuer au développement de ces populations de moustiques qui constituent une véritable gêne, voir un risque sanitaire potentiel pour les riverains.

Au sein de l'observatoire, nous avons échantillonné les larves de moustiques sur plusieurs saisons dans les zones restées en eau sur 15 ouvrages: des bassins de retenue, des bassins d'infiltration, des toitures végétalisées et des noues.

La première conclusion importante de cette étude est que les noues et les toitures végétalisées, si elles sont bien conçues et entretenues, ne sont pas des gîtes favorables aux moustiques Tigre car l'eau s'infiltre ou s'évapore en moins de 24 heures alors qu'il faut plusieurs jours pour qu'une larve se développe. De ce fait, dans les bassins, seules les zones qui restent en eau en permanence, grâce à leur fonction spécifique (fosse de décantation) ou par manque d'entretien (sédiments qui font obstacle à l'évacuation de l'eau), ont révélé la présence de moustiques. Au total 4 espèces autochtones ont été échantillonnées (ex: Culex pipiens) mais aucune n'est vecteur d'agents pathogènes. Aucun moustique tigre (Aedes albopictus) n'a été retrouvé dans les techniques alternatives.

Un autre résultat important est que les zones propices au développement de moustiques sont les zones les plus artificielles, principalement celles à fond et berges bétonnés, qui constituent les gîtes les plus productifs car dépourvus de prédateurs.

Les deux conclusions les plus importantes de cette étude sont donc que: (1) les noues et les toitures végétalisées, si elles sont bien entretenues, ne sont pas des gîtes favorables à ces organismes et que (2) le temps de vidange des ouvrages, généralement de moins de 24 heures, et dans tous les cas de moins de 5 jours, y compris sur des points bas avec des eaux résiduelles, ne permet pas le développement d'espèces de moustiques vecteurs d'agents pathogènes.

### En Bref...

Les plantes sont principalement distribuées dans les bassins en fonction de facteurs hydrologiques, à savoir la disponibilité de l'eau. La hauteur de sédiment, la typologie du bassin versant de l'ouvrage (typologie, types d'activités...) sont des facteurs influencant aussi la présence ou la distribution de certaines familles ou espèces végétales. La gestion des ouvrages (curage, tonte...) a aussi un effet significatif sur la biodiversité végétale.

#### POUR ALLER PLUS LOIN

- Bedell J.-P., Mourier B., Provot J., Winiarski T., (2013) Influences on the establishment and dominance of vegetation in stormwater infiltration basins. Water Sciences and Technology 68(12): 2576-2583. DOI: 10.2166/wst.2013.526
- Gonzalez-Merchan C., Barraud S., Bedell J.-P., (2013). Influence of spontaneous vegetation in stormwater infiltration system clogging. Environmental Science and Pollution Research DOI: 10.1007/s11356-013-2398-y
- Valdelfener M., Barraud S., Sibeud E., Bacot L., Perrin Y., Jourdain F., Marmonier P., (2018). Do Sustainable Drainage Systems favor mosquito proliferation in cities compared to stormwater networks? Urban Water Journal, 1-8. DOI: DOI: 10.1080/1573062X.2018.1523442
- Valdelfener M., Bacot L., Barraud S., Marmonier M., (2017). Les moustiques dans les ouvrages de gestion alternative des eaux pluviales en ville ? Retour sur l'Étude exploratoire OTHU – Les synthèses de l'OTHU – Fiche n° 1-septembre 2017, 8 p. lc.cx/othu-Moustigues-2017