

MESURE ET MODÉLISATION DE LA CONTAMINATION DU SOL
DANS LES OUVRAGES DE GESTION À LA SOURCE
DU RUISSELLEMENT URBAIN

Damien TEDOLDI

Encadrement : Marie-Christine GROMAIRE et Ghassan CHEBBO, LEESU
Daniel PIERLOT et Yves KOVACS, SEPIA

L'essor que connaît aujourd'hui la *gestion intégrée des eaux pluviales* s'accompagne d'un recours croissant à des techniques favorisant l'infiltration de l'eau « à la source », disséminées sur des bassins versants urbains. Néanmoins, de telles pratiques suscitent des interrogations sur la capacité du sol à jouer le rôle de « filtre » vis-à-vis des polluants présents dans le ruissellement. Ces travaux de thèse s'intéressent à la *contamination du sol* par les métaux et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans ces dispositifs, avec trois objectifs : (i) évaluer les niveaux et l'étendue spatiale de la contamination, (ii) mieux comprendre les mécanismes qui gouvernent le devenir de ces contaminants dans le sol des ouvrages, et (iii) proposer des recommandations sur la conception et la maintenance de ces installations, afin de leur assurer un fonctionnement épuratoire durable.

La première partie du travail consiste en une série d'investigations expérimentales sur dix sites d'étude aux caractéristiques contrastées, en service depuis plus de dix ans. Cette phase donne lieu à des cartographies de la contamination superficielle en éléments traces métalliques, puis à des profils verticaux de métaux et HAP, accompagnés de différentes variables explicatives. La distribution spatiale des métaux en surface, qui est toujours structurée autour de la zone d'arrivée de l'eau, porte la signature du fonctionnement hydraulique *réel* des dispositifs, et révèle le caractère non-uniforme de l'infiltration lors des événements pluvieux courants, qui représentent la plus grande partie du flux polluant à l'échelle annuelle. Dans la zone la plus contaminée des ouvrages, métaux et HAP présentent un enrichissement significatif sur 10 à 40 centimètres de profondeur. La rétention des contaminants résulte de la combinaison de processus physico-chimiques (adsorption) et mécaniques (sédimentation et filtration) ; leur importance relative a pu être quantifiée grâce au déficit de zirconium dans le sédiment urbain par rapport au bruit de fond géochimique local. La variabilité inter-sites des niveaux de contamination s'explique à la fois par la variabilité des capacités de rétention du sol et par les flux de polluants issus du bassin versant d'apport. Bien que les teneurs de surface excèdent, sur certains sites, les seuils internationaux de remédiation du sol pour des espaces « multifonctionnels », la zone concernée représente — latéralement et verticalement — une région assez limitée dans les ouvrages.

La seconde partie de la thèse consiste en une approche de modélisation, dont la finalité est de décrire l'évolution à long terme de la contamination du sol, et d'évaluer l'incidence de différentes pratiques de conception ou de gestion. Une analyse de sensibilité est d'abord mise en œuvre afin d'identifier les « éléments-clés » dans la description du système, et d'orienter le choix du modèle. Les résultats montrent qu'une mauvaise estimation de la dispersivité ou de l'isotherme d'adsorption du sol est susceptible de biaiser significativement la prévision des profils de contamination. Dans la suite du travail, on propose une méthode visant à décrire l'infiltration non-uniforme et la filtration des polluants particuliers. Le modèle ainsi construit est validé *via* une comparaison entre mesures et simulations sur l'un des sites d'étude faisant l'objet d'une nouvelle caractérisation approfondie. Enfin, une analyse de scénarios illustre les bénéfices d'un amendement de l'horizon superficiel par un matériau adsorbant, ainsi que d'une répartition homogène des flux d'eau en surface, en matière de durée de vie des installations et de fréquence d'intervention.