

Comparaison pluriannuelle du comportement de jardins de pluie étanches avec ou sans stockage dédié

Multi-year comparison of lined rain gardens behavior with or without dedicated storage

Berthier E.¹, Chin P.¹, Doizelet C.², Fass L.²

1. Equipe TEAM, Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (Cerema) - emmanuel.berthier@cerema.fr

2. Ville de Paris, Direction de la propreté et de l'eau (DPE), Service technique de l'eau et de l'assainissement (STEA), Division des études, de l'hydrologie et de la qualité de l'eau (DEHQE)

RÉSUMÉ

Deux jardins de pluie expérimentaux, étanches et adjacents sont suivis en continu depuis 2021 sur Paris. L'objectif est de mieux comprendre leur fonctionnement hydrologique et d'étudier le rôle d'une couche de stockage au fond qui est activée uniquement sur le jardin 2 (le reste étant identique sur les jardins). L'analyse comparative réalisée sur les variations du stock d'eau dans les sols et sur les bilans hydrologiques indique l'installation au cours des 5 années de comportements contrastés entre les 2 jardins. Sur le jardin 1, le sol limoneux s'assèche fortement lors des périodes estivales, occasionnant la création d'écoulements préférentiels qui ont favorisé le drainage au détriment de la rétention et de l'évapotranspiration. Inversement sur le jardin 2, l'existence d'une frange capillaire importante a permis de conserver une humidité homogène et élevée dans le limon, avec des profils quasi saturés en hiver ; le drainage y a été ralenti et l'évapotranspiration s'est activée à son taux potentiel. Des enseignements de nature météorologique sont ensuite mis en avant, et des recommandations pour une conception optimale de ce type de jardin sont enfin présentées.

ABSTRACT

Two experimental, adjacent, and lined rain gardens have been continuously monitored in Paris since 2021. The aim is to better understand their hydrological functioning and to study the role of a storage layer at the bottom, which is only activated in garden 2 (the rest being identical in both gardens). A comparative analysis of variations in soil water storage and hydrological balances indicates contrasting behaviours between the two gardens over the five-year period. In garden 1, the loamy soil dried out significantly during the summer months, creating preferential flows that fostered drainage at the expense of retention and evapotranspiration. Conversely, in garden 2, the existence of a significant capillary fringe allowed for the maintenance of uniform and high moisture levels in the silt, with profiles that were nearly saturated in winter; drainage was slowed and evapotranspiration was activated at its potential rate. Meteorological findings are then highlighted, and recommendations for the optimal design of this type of garden are finally presented.

MOTS CLÉS

jardin de pluie étanche, comportement hydrologique, sol limoneux, couche de stockage

1 INTRODUCTION

Privilégier la gestion à la source des eaux pluviales urbaines apporte de multiples bénéfices comme la réduction du ruissellement, un support de végétation et de biodiversité, et l'adaptation aux vagues de chaleur, même si sa mise en œuvre dans une mégapole comme Paris (France) est plus complexe du fait d'une forte densité de bâti et d'usages, et des contraintes du sous-sol (Ville de Paris, 2025). Les jardins de pluie, petites cellules de biorétention qui collectent du ruissellement, sont une des solutions qui permettent cette gestion, sachant qu'ils peuvent être rendus étanches (si l'exfiltration profonde est proscrite) et qu'ils peuvent être munis d'une couche de stockage dédié (Huang et al., 2025). Malgré une diffusion effective dans de nombreuses villes à travers le monde, les comportements hydrologiques des jardins de pluie étanches restent affectés par des méconnaissances et semblent très variables en fonction du contexte climatique, de la part du ruissellement collecté, et de la structure de la solution (Huang et al., 2025).

Réduire ces méconnaissances et en déduire des enseignements de conception et de maintenance est l'objectif du suivi des jardins expérimentaux de l'École Du Breuil à Paris (12^e). Deux jardins adjacents étanches de 25m² chacun sont suivis depuis 2021 : les mesures en continu comprennent les conditions météorologiques, dont la pluie, le ruissellement provenant d'un toit voisin (75m² connectés vers chaque jardin), le contenu en eau du sol (3 profils verticaux de 5 capteurs de teneur en eau par jardin), et le drainage en fond de chaque jardin (cf. Berthier et al., 2023 et Berthier et al., 2025 pour les détails). La structure identique des jardins est constituée d'une couche de végétation multi-strates, d'un sol fin naturel sur 1,5m de type limoneux (23% d'argile, 61% de limon, et 16% de sable), et d'une couche de gravier de 50cm ; l'unique différence étant que le jardin 1 est drainé au radier du gravier (pas de stockage) alors que sur le jardin 2, l'évacuation du drain est remontée au sommet du gravier (couche de stockage de 50cm).

2 DES COMPORTEMENTS HYDROLOGIQUES CONTRASTES ENTRE LES 2 JARDINS

2.1 Variations du stock d'eau dans les sols

La figure 1 présente les variations du stock d'eau dans les sols des 2 jardins, vu par les 30 capteurs de teneur en eau et pendant les presque 5 années de mesure. Il est à noter que la couche de stockage du jardin 2 est restée quasi pleine pendant toute cette période (la base du limon est ainsi restée saturée) alors que le stock dans le gravier du jardin 1 est négligeable du fait de son drainage au radier.

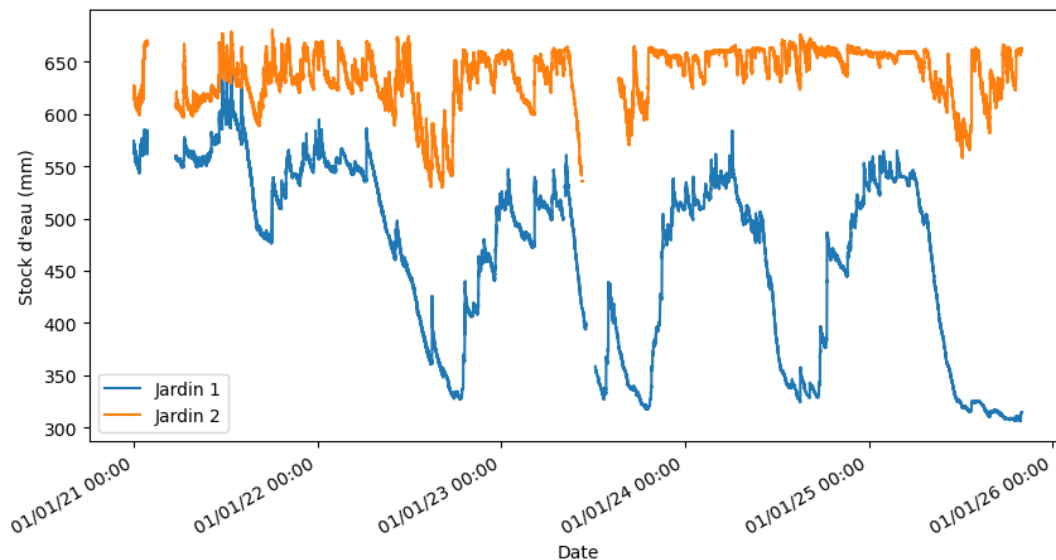


Figure 1 : évolution du stock d'eau dans les limons des jardins au cours des 5 années de mesure

Il s'est installé au cours des années un comportement contrasté entre les 2 jardins, le sol du jardin 2 étant beaucoup plus humide que celui du jardin 1. Il s'assèche lors des étés peu pluvieux et chauds (2022, 2025, 2023 par ordre décroissant d'importance) mais ce séchage reste limité (teneur en eau moyenne minimale autour de 0.37). Sur le jardin 1, le séchage estival est important à partir de 2022 (teneur en eau moyenne minimale de 0.22) et avec des ré-humidifications très réduites lors des événements pluvieux (au contraire du jardin 2). Les ré-

humidifications en fin d'automne sont importantes sur le jardin 1 mais réduites sur le 2 car il est déjà très humide ; le stock hivernal sur le jardin 1 reste à partir de 2022 significativement inférieur à celui du jardin 2 (teneur en eau moyenne de 0.37 contre 0.44 soit la quasi saturation de tout le profil sur le jardin 2). Pendant les 5 années de mesure, la couche de stockage toujours quasi pleine du jardin 2 permet donc de conserver une humidification importante du limon qui est en contact avec ce stockage et qui a une frange capillaire importante, au contraire de la situation du jardin 1.

2.2 Bilans hydrologiques

Le bilan semestriel des 2 jardins est indiqué dans le tableau I, en distinguant les semestres estivaux et hivernaux (depuis mai 2024 car les données précédentes ne sont pas complètes ou trop incertaines, en particulier les mesures des ruissellements du toit) ; les variations du stock dans le sol ne sont pas indiquées car elles représentent quelques pourcents des apports, et les variations des couches de gravier sont négligeables.

Semestre	Apports (mm)	Drainage (% des apports)	ET (% des apports)
Mai 2024 - Octobre 2024	1614 ; 1600	66 ; <u>30</u>	36 ; <u>68</u> ; (25)
Novembre 2024 -Avril 2025	1056 ; 1036	85 ; <u>38</u>	13 ; <u>63</u> ; (19)
Mai 2025 - Octobre 2025	775 ; 787	23 ; 32	81 ; 66 ; (75)
Complet (Mai 2024 - Octobre 2025)	3445 ; 3422	62 ; <u>33</u>	39 ; <u>66</u> ; (35)

Tableau I : bilans hydrologiques semestriels des 2 jardins. Le 1^{er} chiffre correspond au jardin 1 et le 2nd au jardin 2 ; dans la colonne évapotranspiration (ET), les 3^{èmes} chiffres correspondent aux valeurs pour l'ET potentielle (ETP) ; les résultats soulignés sont douteux du fait de fuites sur l'étanchéité du jardin 2.

Les apports mesurés (sommés des pluies et ruissellements) sont logiquement cohérents entre les 2 jardins et proches de 4 fois les précipitations.

Sur le jardin 1, le drainage est la composante largement majoritaire du bilan (62% au global), sauf lors du semestre estival de 2025 où il ne représente que 23% des faibles apports. Sur le jardin 2, le drainage est étrangement très faible, même lors du semestre hivernal, ce qui est anormal. Dans un sol limoneux-argileux, la frange capillaire (zone où le sol est à saturation mais sous une légère succion) peut atteindre 2 à 4m ; il est donc possible que le sol du jardin soit quasi saturé sur tout son profil et qu'en même temps, le drainage ne s'active pas. Dans ces conditions de saturation, il y a une forte suspicion de fuite dans l'étanchéité autour du sol du jardin, expliquant ainsi des pertes d'eau importantes.

L'ET est estimée comme le résidu du bilan ; elle est logiquement irréaliste sur le jardin 2 lors des deux premiers semestres du fait des probables fuites. Une ET potentielle (ETP) a été estimée à partir des données de la station météorologique du site et calée en cumul sur quelques périodes d'ET observées sur le jardin 1. Sur le jardin 1, la part de l'ET est très variable en fonction de la saison (13% des apports en hiver contre 58% en moyenne en été) et, plus surprenant, en fonction aussi de la sévérité de l'été. En 2024, la période estivale a été très pluvieuse (414mm) et peu évaporante (ETP = 402mm), et la part d'ET sur le jardin s'est limitée à 36% des apports. Inversement, la période estivale de 2025 a été très sèche et chaude (pluie de 212mm et ETP de 583mm), amenant un taux d'évaporation de plus de 80% des apports. Sur le jardin 2, lors de cette même période estivale de 2025, l'ET a aussi été importante bien que plus réduite que sur le jardin 1 : cela peut s'expliquer par une exposition au soleil moins favorable (ombrage causé par un eucalyptus adjacent) et aussi par l'état physiologique de certains végétaux qui avaient souffert de la période de saturation hivernale. Les valeurs d'ET estimées s'avèrent assez cohérentes avec les valeurs d'ETP, indiquant que le processus n'est pas trop limité par un stress hydrique de sécheresse. En été, le jardin 2 indique même des ET supérieures aux valeurs potentielles, ce qui peut s'expliquer par les incertitudes de mesure mais aussi par un calage imparfait des paramètres de la formule d'ETP.

3 ENSEIGNEMENTS DE 5 ANS DE SUIVIS

Les premiers enseignements qui peuvent être mis en avant sont de nature métrologique :

- la méthode pour dégriller les ruissellements du toit, et ainsi éviter les colmatages des entonnoirs surplombant les augets de mesure, a été difficile à fiabiliser : la combinaison d'une crapaudine conçue à la main et d'une grille sur toute la gouttière a donné satisfaction ; ces éléments doivent toutefois être nettoyés 2 fois par mois ;

-
- malgré le nombre important de capteurs de teneur en eau dans les sols (15 par jardin, soit 1 capteur pour 2,5 m³), le dispositif ne permet pas de capter les humidifications, infiltrations, et séchages très localisés liés à des écoulements dans des lieux préférentiels, créés par des retraits du sol limoneux en périodes sèches. Cela entraîne par exemple des difficultés pour estimer l'ET à un pas de temps journalier. Il semble difficile de palier à cette limite : une densification de capteurs n'assurerait pas une capture de ces écoulements très locaux, et peut-être même que la nature des sondes (avec des broches) empêche la formation de retrait dans le volume de mesure.

Des enseignements plus opérationnels peuvent aussi être tirés de ces années d'expérimentation, en particulier en termes de conception des jardins de pluie :

- l'étanchéité bitumineuse par plaques des jardins s'est avérée imparfaite, ce qui a provoqué des pertes significatives d'eau sur le jardin 2 en période de saturation (bien que l'étanchéité ait été initialement testée et renforcée, mais uniquement sur la hauteur du gravier stockant). Obtenir une étanchéité entière, durable, résistante aux développements de la végétation, et si possible avec un impact environnemental réduit, demande une attention toute particulière et s'avère un réel challenge (Adhikari et McPhillips, 2025) ;
- la conception du drainage peut être discutée, avec un unique orifice dans un coin de chaque jardin plutôt qu'un réseau de drains. C'est à priori non dommageable si le stockage est ensuite assuré par un siphon aval qui permet de maintenir la charge nécessaire au stockage (c'est le cas sur notre jardin 2) mais plus risqué si l'orifice est en haut de la couche de drainage (colmatage possible si l'orifice est proche, voir dans l'interface avec le limon). Il est à noter qu'un drainage « lent » peut aussi être un atout pour réduire et décaler les débits de pointe ;
- l'installation des comportements contrastés entre les 2 jardins s'explique par la différence de stockage, mais aussi et surtout par la nature du sol des jardins. Le limon est à l'origine des écoulements préférentiels importants sur le jardin 1, et sur le jardin 2 de l'importante frange capillaire qui limite sa capacité de rétention. Ce type de sol fin n'est pas recommandé lors de la construction d'un jardin de pluie (il est recommandé un substrat plutôt drainant, éventuellement enrichi de quelques fines ; Huang et al., 2025) mais cela interroge dans le cas d'un jardin existant vers lequel on souhaiterait diriger du ruissellement : dans ce cas, une solution serait de bien distribuer l'apport de ruissellement à la surface (actuellement, l'alimentation est latérale sur un unique coté) ;
- concernant les végétaux, il est à noter qu'ils ont plus souffert des saturations fréquentes et longues du jardin 2, liées au faible drainage, que des sécheresses assez marquées sur le jardin 1 (Flandi, 2025) : une solution à tester pour réduire cet impact consisterait à fixer l'évacuation du drain en dessous du niveau supérieur du gravier stockant, la partie restante non-saturée jouant alors le rôle de barrière capillaire.

4 PERSPECTIVES

Les 5 années de suivis des 2 jardins de pluie expérimentaux de l'École Du Breuil ont été riches en enseignements et il est maintenant en réflexion de faire évoluer le dispositif afin d'étudier des hypothèses et processus nouveaux : afin de limiter les écoulements préférentiels sur le jardin 1, une meilleure distribution de l'apport en ruissellement pourrait être testée, via par exemple un réseau de drains en surface ; sur le jardin 2, l'évacuation du drainage pourrait être fixée à mi-hauteur de la couche de stockage, afin d'étudier l'effet d'une barrière capillaire entre le limon et le stockage d'eau.

Remerciements : à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie qui finance l'étude, à l'École Du Breuil qui accueille les jardins expérimentaux et assure la maintenance des végétaux, au bureau Semeru qui gère l'instrumentation et l'acquisition des données, et à la Direction des Espaces Verts et de l'Environnement de la Ville de Paris qui contribue activement à l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Adhikari, B., McPhillips, L., (2025). *Analysis of the Hydrologic Performance in a Lined Bioretention Basin and Implications for Monitoring and Design*. J. Sustainable Water Built Environ. 11, 05024004. <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.SWENG-564>
- Berthier, E., Chin, P., Doizelet, C., (2025). *Thirteen months of hydrological data from the experimental urban Breuil rain garden (Paris, France)*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.17207331>
- Berthier, E., Val, R., Ramier, D., Durand, B., Fass, L., (2023). *Suivi hydrologique de jardins de pluie expérimentaux à Paris (France)*. Presented at the Novatech 2023, Lyon, France.
- Flandi, E., (2025). *Caractérisation de l'évolution du couvert végétal et de ses relations avec les flux thermohydrauliques au sein de jardins de pluie*. Master Biodiversité, Ecologie et Evolution ; MNHN - Sorbonne université - Université Paris-Saclay.
- Huang, T., Sage, J., Técher, D., Gromaire, M.-C., (2025). *Hydrological performance of bioretention in field experiments and models: A review from the perspective of design characteristics and local contexts*. Science of The Total Environment 965, 178684. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178684>
- Ville de Paris (2025). *Zonage d'assainissement des eaux usées et zonage pluvial de la Ville de Paris, Règlement*. 20 pages