



**HAL**  
open science

## Suivi hydrologique de jardins de pluie expérimentaux à Paris (France)

Emmanuel Berthier, Rémi Val, David Ramier, Brigitte Durand, Laure Fass

### ► To cite this version:

Emmanuel Berthier, Rémi Val, David Ramier, Brigitte Durand, Laure Fass. Suivi hydrologique de jardins de pluie expérimentaux à Paris (France). Novatech 2023 11e Conférence internationale sur l'eau dans la ville, Jul 2023, Lyon, France. hal-04183144

**HAL Id: hal-04183144**

**<https://hal.science/hal-04183144>**

Submitted on 18 Aug 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Suivi hydrologique de jardins de pluie expérimentaux à Paris (France)

### Hydrological behavior of experimental rain garden in Paris (France)

Berthier E.<sup>1</sup>, Val R.<sup>1</sup>, Ramier D.<sup>1</sup>, Durand B.<sup>2</sup>, Fass L.<sup>2</sup>

1. Equipe TEAM, Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (Cerema), 12 rue Teisserenc de Bort, F 78190 Trappes, France.
2. Ville de Paris, Direction de la propreté et de l'eau (DPE), Service technique de l'eau et de l'assainissement (STEA), Division Etude et Ingénierie (DEI), 27 rue du Commandeur, 75014 Paris, France.

\* emmanuel.berthier@cerema.fr

#### RÉSUMÉ

Les jardins de pluie font partie du panel de techniques qui permettent la gestion à la source des eaux pluviales urbaines, tout en rendant d'autres services paysagers et environnementaux. Leurs réelles performances sont conditionnées par une grande diversité de déterminants, et les optimiser nécessite de bien comprendre leur comportement et en particulier la répartition de leur bilan hydrologique. Deux jardins expérimentaux ont ainsi été construits et équipés sur Paris (France) : les structures retenues sont équivalentes à celles rencontrées dans les parcs parisiens, et le suivi est ambitieux avec plus de 100 variables mesurées en continu et pendant plusieurs années. La première exploitation des données présentée ici (janvier 2021 – novembre 2022) a permis de fiabiliser le dispositif expérimental, de développer une méthodologie de critique-validation des données, et d'identifier des processus intéressants (infiltration préférentielle et effet de barrière capillaire). Les premiers résultats obtenus indiquent une part de drainage significative, cette importance est partiellement expliquée par des données validées qui sont plutôt en périodes très humides et reste à confirmer dans les prochaines années.

#### ABSTRACT

Rain gardens are part of the techniques that allow sustainable urban stormwater management, while providing other landscape and environmental services. Their real performances are conditioned by a wide variety of determinants, and optimizing them requires a good understanding of their behavior and in particular the water balance distribution. Two experimental gardens have thus been built and instrumented in Paris (France): the structures selected are equivalent to those encountered in Paris parks, and the monitoring is ambitious with more than 100 variables measured continuously and over several years. The first exploitation of the data presented here (January 2021 – November 2022) made it possible to make the experimental device more reliable, to develop a methodology for validate the data, and to identify interesting processes (preferential infiltration and capillary barrier effect). The first results obtained indicate a significant part of the drainage component, partly explained by the characteristics of the validated data series, and which remains to be confirmed in the coming years.

#### MOTS CLÉS

Bilan hydrologique, Instrumentation, Jardin de pluie

## 1 INTRODUCTION

Les jardins de pluie font partie des techniques disponibles afin de favoriser la gestion à la source des eaux pluviales urbaines : aménagés sur le sol en place, avec des végétaux adaptés, et éventuellement un drain à la base, ils collectent le ruissellement de surfaces imperméables adjacentes et assurent sa rétention et sa diffusion par infiltration et évapotranspiration. La Ville de Paris (France) est intéressée par cette technique afin d'assurer l'abattement des pluies courantes préconisé dans son plan Parispluie (Mairie de Paris, 2018). Le réel comportement hydrologique des jardins de pluie reste pourtant méconnu, en particulier la partition entre infiltration profonde, évapotranspiration et drainage, qui peut être très variable en fonction du cas d'étude (Spraakman et al., 2020). Des jardins expérimentaux représentatifs du contexte parisien ont donc été construits et instrumentés, et cet article présente des premiers résultats sur leur comportement hydrologique.

## 2 LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les jardins de pluie expérimentaux sont situés à l'école du Breuil dans le bois de Vincennes sur la commune de Paris (France). Deux cuves semi-enterrées, carrées de superficie 25m<sup>2</sup>, et totalement imperméables ont été construites à proximité d'un toit dont le ruissellement est collecté (collecte de 75m<sup>2</sup> par jardin). Dans ces 2 cuves, sur une couche de gravier de 50cm déposée au fond et un sol de type limoneux d'épaisseur 150cm, des végétaux ont été plantés (en novembre 2020) formant 3 strates : un arbre (*Pyrus calleryana*), des arbustes, et des vivaces. Ces sols et végétaux sont typiques de ceux rencontrés dans les parcs et jardins récents de la Ville de Paris.

Le dispositif expérimental mis en œuvre à l'été 2020 pour suivre le comportement de ces jardins est important (Figure 1).

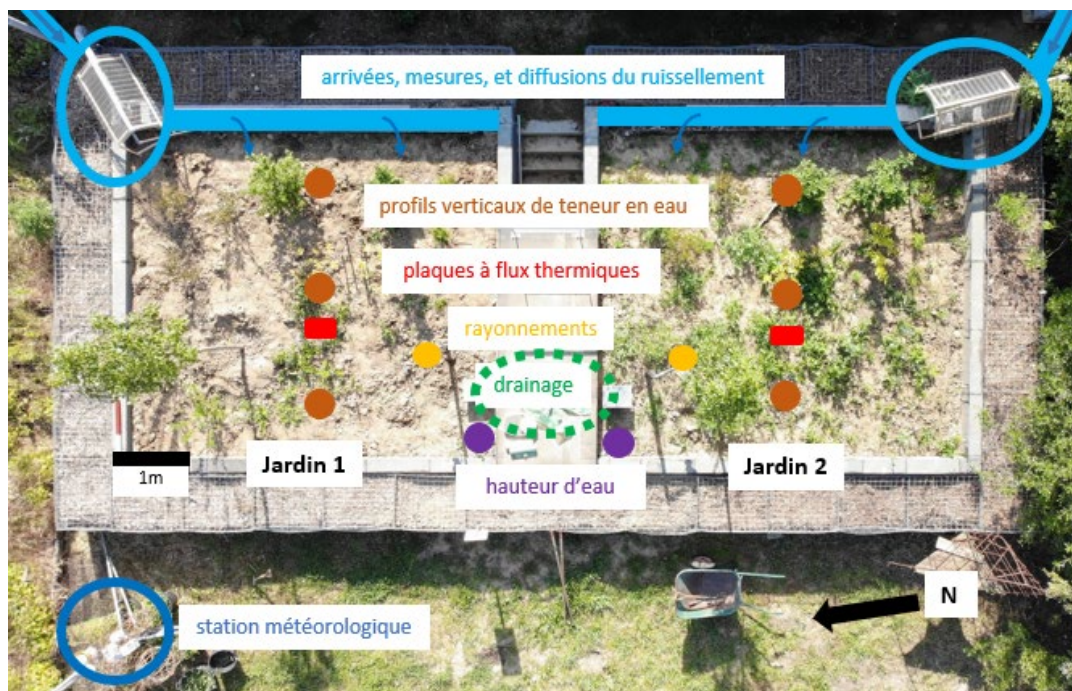


Figure 1: Vue de dessus des 2 jardins et localisation de l'instrumentation en place.

Une station météorologique mesure la pluie et les conditions atmosphériques (vent, T°, pression, humidité, rayonnements). Le ruissellement provenant du toit alimentant chaque jardin est mesuré par 2 capteurs : des augets basculants de volume 1L pour les faibles débits (<0,15 l/s) et des débitmètres électromagnétiques pour les débits plus élevés. Le ruissellement est ensuite diffusé sur un côté de chaque jardin par l'intermédiaire d'une gouttière percée. L'humidité des limons est estimée dans chaque jardin par 3 profils de 5 capteurs verticaux de type Time Domain Reflectivity (soit 15 capteurs par jardin qui mesurent aussi la température). Ces capteurs permettent d'estimer les variations du stock d'eau contenu dans les limons en interpolant spatialement les valeurs mesurées. Des mesures de flux thermique, grâce à des plaques dans le sol, et de rayonnements atmosphériques (dans le visible et l'infra-rouge, incident et réfléchi) sont aussi présents sur chaque jardin. Le stockage dans les couches de drainage est mesuré à partir de capteurs de hauteur d'eau. Enfin un débit dit « drainé » est collecté

en un point de chaque couche de gravier (point accessible par une galerie technique profonde située entre les 2 jardins). Sur le jardin 1, le point de collecte est situé au radier de la couche de gravier (donc pas de stockage dédié) alors que sur le jardin 2, la collecte est réalisée au sommet de la couche de gravier. Les débits de drainage sont mesurés par des augets basculants de volume 1L. L'ensemble des données est acquis à un pas de temps de 2min, et est rigoureusement critiqué et validé afin d'assurer la fiabilité de l'exploitation.

### 3 PREMIERS RESULTATS SUR LE COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DES JARDINS

Pour une première exploitation des données, la période de janvier 2021 à novembre 2022 est considérée. Les conditions météorologiques ont été correctement observées, avec un cumul de pluie de 918mm et des conditions particulièrement chaudes et sèches lors de l'été 2022. Les rayonnements s'avèrent un peu différents entre la station météorologique et chaque jardin, écarts expliqués par des couvertures de surface différentes, qui impactent les rayonnements réfléchis, par un jeu d'ombres assez complexe et évolutif (arbres élevés présents au sud du dispositif et canopée de chaque jardin). Les flux thermiques mesurés avec les plaques à 20cm dans le limon sont finalement assez réduits (de -10 à +10 W/m<sup>2</sup> entre février et novembre 2022) et peuvent être assez bien estimés avec la loi de Fourier et les profils de températures fournis par les capteurs de teneur en eau. Le stockage dans la couche de drainage du jardin 1 est logiquement négligeable, sauf lors de périodes courtes et pluvieuses, mais sans dépasser une dizaine de centimètre. Sur le jardin 2, la couche de gravier est généralement entièrement saturée ; seules quelques périodes de séchage partiel peuvent être identifiées en août 2021 (avec un minimum stocké de 20cm) et durant l'été 2022 (avec un minimum de 40cm stocké). La réserve d'eau proposée dans la couche de drainage du jardin 2 est donc peu sollicitée par le sol et la végétation sur les 2 années de mesures.

Concernant les teneurs en eau volumiques dans les limons, la figure 2 représente leurs variations moyennes à 3 profondeurs au pas de temps journalier. Le sol du jardin 2 est systématiquement plus humide que celui du 1, et ceci pour toutes les profondeurs : les remontées capillaires depuis la couche de gravier saturée mais aussi une alimentation par ruissellement supérieure, du fait de fuites sur le toit du jardin1, peuvent expliquer ce constat. En surface, les teneurs en eau réagissent à la pluie mais atteignent rarement la saturation, jamais sur le jardin 1 ; les valeurs minimales observées en été sont de 0,2 pour le jardin 2 et 0,15 pour le jardin 1. A 50cm de profondeur, le sol du jardin 2 est proche de la saturation presque tout le temps (>0,4), alors que dans le jardin 1, les valeurs sont intermédiaires. En profondeur, la saturation est quasi permanente sur les 2 jardins, sauf lors de l'été 2022 où le sol du jardin 1 sèche fortement et assez rapidement (1 à 2 mois).

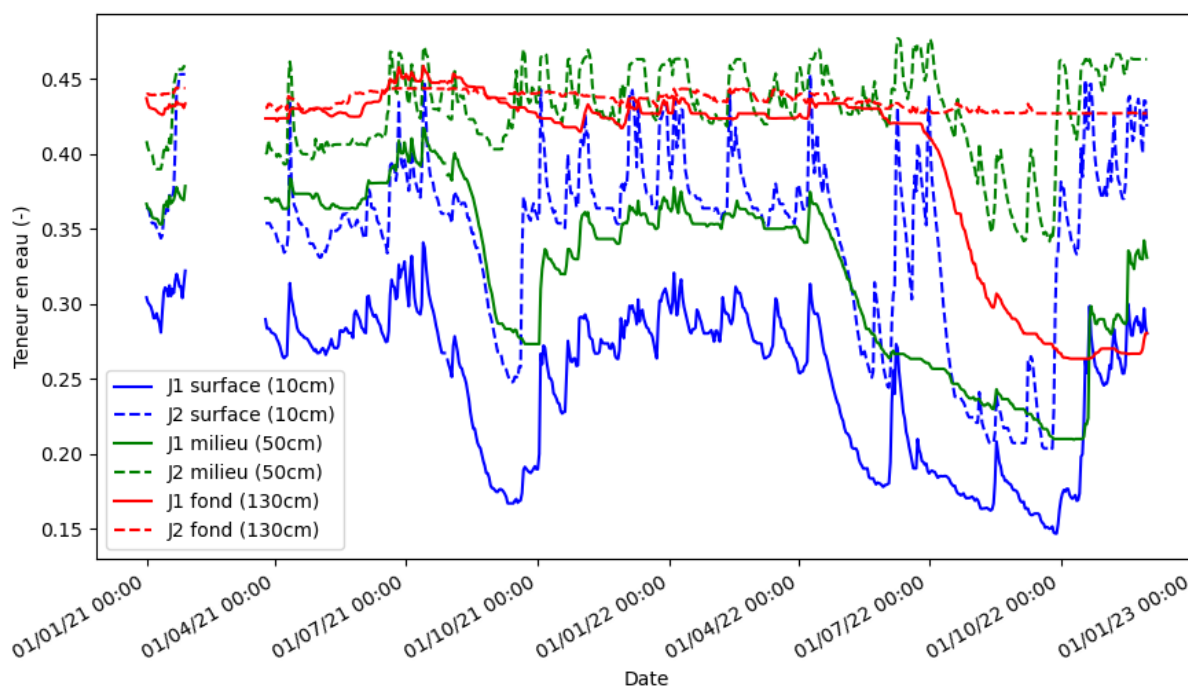


Figure 2: Variations des teneurs en eau moyenne à différentes profondeurs dans les jardins 1 (J1) et 2 (J2).

L'examen plus détaillée des valeurs permet de mettre en valeur 2 processus intéressants :

- le rôle de la barrière capillaire créée par le contraste de caractéristiques entre les limons et les graviers : cette barrière est à l'origine de la saturation du limon en profondeur du jardin 1, alors que le gravier en dessous n'est pas saturé ; elle constitue aussi a priori un frein pour les remontées d'eau par capillarité entre les graviers et les limons ;
- des infiltrations préférentielles localisées pendant les étés : les capteurs en surface ne répondent pas à la pluie alors que les capteurs inférieurs et les débits de drainage indiquent des infiltrations importantes. Ces infiltrations ont lieu dans de larges fentes créées par la dessiccation du limon qui sont bien visibles à la surface des 2 jardins.

Il est ensuite possible d'étudier le bilan hydrologique des jardins, en utilisant les données communes validées regroupant une durée cumulée équivalente à 378 jours (sur les 699 jours d'acquisition). Le ruissellement apporté au jardin 2 est bien supérieur à celui sur le jardin 1 (+15%) alors que son drainage reste lui légèrement inférieur (-2%). La capacité de rétention du jardin 2 est donc plus élevée sur les périodes validées grâce au volume de stockage de la couche de drainage et bien que son sol soit en moyenne plus humide. Malgré ces rétentions, le drainage reste important : 88% des apports (pluie plus ruissellement) sur le jardin 1 et 78% sur le jardin 2, le complément étant la part de l'évapotranspiration (aux variations des stocks prêts). Ces fortes valeurs peuvent s'expliquer par différents facteurs : une alimentation en ruissellement localisée sur un unique côté des jardins, des infiltrations préférentielles potentiellement importantes, et des périodes estivales avec des données non-validées alors qu'elles sont favorables à l'évapotranspiration.

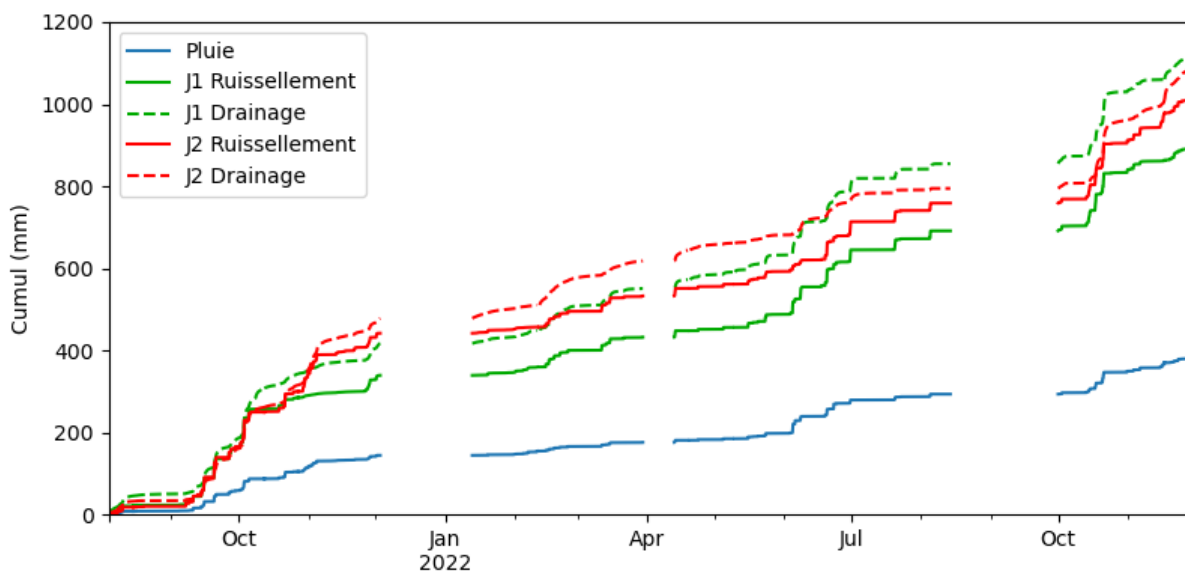


Figure 3: Cumul des bilans sur les jardins 1 (J1) et 2 (J2).

## 4 CONCLUSION

Pouvoir diffuser et massifier des techniques comme les jardins de pluie nécessite de bien les concevoir et donc de bien connaître leurs réelles performances. Le dispositif expérimental présenté est ambitieux avec plus d'une centaine de variables hydrologiques suivies en continu et sur plusieurs années. Les premières mesures obtenues ont d'abord permis de fiabiliser l'instrumentation et de développer une méthodologie de critique-validation des données. Les premiers résultats hydrologiques sont intéressants, avec une part de drainage significative, mais doivent être confirmés dans les années à venir.

## BIBLIOGRAPHIE

- Mairie de Paris (2018). Le Paris Pluie: guide d'accompagnement pour la mise en oeuvre du zonage pluvial à Paris, 85p.
- Spraakman, S., Rodgers, T.F.M., Monri-Fung, H., Nowicki, A., Diamond, M.L., Passeport, E., Thuna, M., Drake, J (2020). A Need for Standardized Reporting: A Scoping Review of Bioretention Research 2000–2019. Water 12, 3122. <https://doi.org/10.3390/w12113122>