



**HAL**  
open science

## Les terrasses agricoles urbaines et la réduction du ruissellement pluvial : un cas d'étude lyonnais.

Pascal Breil, Wejdane Ben-Salem, Fanny Courapied, Enriqu  Gonzalez-Sosa

### ► To cite this version:

Pascal Breil, Wejdane Ben-Salem, Fanny Courapied, Enriqu  Gonzalez-Sosa. Les terrasses agricoles urbaines et la réduction du ruissellement pluvial : un cas d'étude lyonnais.. Novatech 2023 : 11e Conférence internationale sur l'eau dans la ville, Jul 2023, Lyon, France. hal-04176878

**HAL Id: hal-04176878**

**<https://hal.science/hal-04176878>**

Submitted on 3 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.

## Les terrasses agricoles urbaines et la réduction du ruissellement pluvial : un cas d'étude lyonnais.

Urban cultivated terraces and rainfall runoff reduction: a case study in Lyon.

Breil Pascal<sup>1</sup>, Ben Salem Wejdane<sup>1</sup>, Fanny Courapied<sup>1</sup>, Gonzalez Sosa Enriqu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRAE-centre Auvergne-Rhône-Alpes, UR Riverly, France ; [pascal.breil@inrae.fr](mailto:pascal.breil@inrae.fr)

<sup>2</sup> Université autonome de Qu<sup>er</sup>étaro, Mexique ; [egs@uaq.mx](mailto:egs@uaq.mx)

### RÉSUMÉ

La ville de Lyon présente une topographie variée avec ses deux collines de Fourvière et de la Croix Rousse avec respectivement un dénivelé de 208 et 90 mètres par rapport à la rivière Saône. Ces configurations sont connues pour leur instabilité en cas de fortes pluies ou d'un mauvais drainage. Ainsi 30 mouvements de terrain ont été répertoriés en 1983 suite à un début d'année exceptionnellement pluvieux et orageux. Les pentes urbanisées renforcent le ruissellement pluvial dont le drainage est facilité jusqu'au fleuve mais avec un impact lié aux eaux polluées des réseaux pluvial et unitaire.

Le changement climatique pose aujourd'hui la question de la conservation des eaux pluviales au sein de périodes de sécheresses prolongées entrecoupées de phénomènes orageux intenses. Dans ce contexte, les objectifs de « ville perméable » de la métropole de Lyon visent la « désimperméabilisation » de 400 ha d'ici 2026 et la déconnexion de réseaux d'eaux pluviales, pour amorcer un changement de paradigme dans la gestion du ruissellement urbain. Le fait de développer à la fois la prévention contre les inondations par ruissellement urbain intense et réduire l'impact sur les cours d'eau entre dans le champ de la compétence GEMAPI qui permet de financer ces actions.

Cette étude évalue le rôle des terrasses cultivées en contexte urbain sur la réduction du ruissellement et la conservation de l'eau. Le ruissellement des jardins familiaux du Fort de Loyasse (70 parcelles, 2.8 ha) est comparé par modélisation à une situation sans terrasses avec un couvert herbeux, que l'on trouve dans d'autres parties de la colline, comme l'ancienne piste de ski de la Sarra situé sur le versant Est de la colline de Fourvière. Il est montré pour une pluie centennale une réduction de 75% du volume ruisselé, un retard de 40 minutes du pic de ruissellement, une réduction de 30% de ce pic, et une rémanence de l'humidité dans les terrasses.

### ABSTRACT

The city of Lyon has a varied topography with its two hills of Fourvière and Croix Rousse with respectively a difference in level of 208 and 90 meters in relation to the river Saône. These configurations are known for their instability in case of heavy rains or poor drainage. Thus, 30 ground movements were recorded in 1983 following an exceptionally rainy and stormy beginning of the year. Climate change now poses the question of stormwater conservation in periods of prolonged drought interspersed with intense storm events. In this context, the "permeable city" objectives of the Lyon metropolis aim to "desoak" 400 ha by 2026 and to disconnect stormwater networks, in order to initiate a paradigm shift in urban runoff management. Developing both the prevention of flooding by intense urban runoff and reducing the impact on watercourses falls within the scope of the GEMAPI competence, which allows the financing of these actions. This study evaluates the role of cultivated terraces in an urban context on the reduction of runoff and water conservation. The runoff of the allotment gardens of the Fort de Loyasse (70 plots, 2.8 ha) is compared by modeling to a situation without terraces with a grassy cover. It is shown for a 100-year rainfall a reduction of 75% of the runoff volume, a delay of 40 minutes of the peak of runoff, a reduction of 30% of this peak, and a remanence of the humidity in the terraces.

### MOTS CLÉS

Changement climatique, pluie intense, ruissellement urbain, sécheresse, terrasses cultivées

---

## 1 LE RUISSELLEMENT PLUVIAL URBAIN

### 1.1 Gestion et adaptation dans un contexte de climat évolutif

Depuis plusieurs décennies la gestion du ruissellement urbain s'est structurée autour du concept hygiéniste d'une évacuation rapide, ceci afin de limiter les inondations et la stagnation des eaux de pluies en zone urbanisée. Cela a conduit à un linéaire de réseau d'assainissement de plus de 400 000 km en France métropolitaine [Salveti, 2022]. Le vieillissement de ce patrimoine n'est pas sans poser la question d'un entretien très coûteux pour la société dans son ensemble. Et le taux de renouvellement annuel reste trop faible pour espérer corriger les conséquences associées que sont les eaux claires parasites qui induisent un dysfonctionnement des stations d'épuration et des surverses d'orage qui impactent les petits cours d'eau urbains [OTHU, 2022]. Les eaux claires parasites de nappe constituent par ailleurs une perte importante de la ressource des cours d'eau de l'ouest lyonnais en période d'étiage [SDAGE-RMC, 2012]. Le changement climatique devrait solliciter encore plus les tuyaux cimentés sous l'effet corrosif du H<sub>2</sub>S produit en plus grande quantité avec l'augmentation de la température du sol et de l'eau et provoquer des cassures par le mouvement des sols sous l'effet des sécheresses. Les pluies plus intenses vont induire des surcharges hydrauliques plus fréquentes des réseaux unitaires et contribuer à dégrader plus encore les petits cours d'eau urbains et périurbains. L'assèchement des sols constitue aussi un facteur de ruissellement du fait du tassement des sols en profondeur [Gimbel *et al.*, 2016; Grzesiak *et al.*, 2016]. Tous ces facteurs conjugués plaident pour un contrôle du ruissellement le plus en amont possible, au plus proche de ses zones de production, avec pour objectif de capter cette ressource avant qu'elle ne rejoigne tout réseau de collecte. La recherche de solutions alternatives à celle du « tout au tuyau » est donc maintenant privilégiée [Chocat *et al.*, 2022].

### 1.2 Rôle des terrasses en culture sur le ruissellement

On rencontre aujourd'hui les terrasses de culture dans les paysages aux reliefs plus ou moins prononcés. Leur vocation initiale était de faciliter le travail du sol mis à l'horizontal par une suite de marche sur un versant pentu. Plutôt limitées par des murs de soutènement en pierre sous nos latitudes, l'aménagement de ces terrasses est réalisé sous forme de talus fixés par des buissons en Afrique sahélienne. Le rôle antiérosif de ces aménagements est largement cité, ainsi que celui d'un rendement agricole plus important que sur un sol en pente, du fait de la rétention de la matière organique du sol et de l'humidité. Dans la ville de Lyon, d'anciens jardins ouvriers persistent sur les pentes de la colline de Fourvière, tout comme des pentes enherbées non aménagées. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de ces terrasses sur le ruissellement ainsi que sur la rétention de cette ressource.

## 2 METHODE

### 2.1 Site d'étude

Les terrasses des jardins de l'Eglantier sont d'anciens jardins ouvriers situés sur la pente nord-ouest de la colline de Fourvière. Ils sont gérés par l'Association des Jardins Ouvriers Communaux Lyonnais (AJOCL) et comportent 73 parcelles réparties sur 2.8 hectares qui produisent environ 5 tonnes de légumes et fruits par an. L'entretien est assuré en 2022 par 70 locataires qui ont l'obligation d'entretien et de production répondant à des pratiques respectueuses de l'environnement. A cela s'ajoute d'autres jardins pour atteindre une surface totale de 4.9 ha. Cela crée une zone de biodiversité reconnue au sein d'un milieu très urbanisé. La zone est surplombée par des immeubles, le Fort de Loyasse et le cimetière du même nom. L'aval est constitué par une série d'immeuble et la gare multimodale de Gorge de Loup. Ces terrasses présentent une pente moyenne de 20%. Une zone en pente, couverte d'herbe mais sans terrasses existe sur le flanc Est de la colline de Fourvière. Il s'agit du vallon de la Sarra, ancienne piste de ski de Lyon maintenant en herbe. Elle occupe une surface de 0.9 ha et présente une pente moyenne de 16%. Une zone urbaine sert de référence faiblement végétalisée (parc multimodal de Gorge de Loup, 2.6 ha). Ces trois zones sont figurées par les limites jaunes dans la figure 1A.

### 2.2 Approche expérimentale

Afin d'évaluer le rôle des terrasses sur le ruissellement, une séquence représentative de trois terrasses a été sélectionnée pour suivre la réponse du sol aux pluies et utiliser ces données pour caler un modèle hydrodynamique en milieu poreux associé à un module de ruissellement. Il s'agit du modèle Hydrus© 2/3D et de son « add-on Overland Flow ». L'objectif du modèle, après calage et validation, est d'étendre la simulation du ruissellement à l'ensemble de la surface en terrasses et de comparer ce résultat à une surface équivalente, sans terrasse et de mm pente moyenne. Une pluie centennale observée dans le

sud de la France est simulée sur ces deux configurations pour évaluer le potentiel des terrasses à réduire un ruissellement intense. Pour réaliser cette simulation il est nécessaire de caractériser les propriétés hydrodynamiques des sols, de suivre l'évolution de l'humidité du sol et de la pluviométrie synchrone sur le site. Les murets de pierres sèches sont simulés par des surfaces de suintement.

La parcelle choisie s'étend sur une superficie de 38 m<sup>2</sup> avec une altitude moyenne de 252 m (Fig. 1A & 1B). L'instrumentation du site et son suivi ont été réalisés de mi-février à fin Aout 2022. Le sol a été caractérisé dans chaque terrasse à deux profondeurs après reconnaissance à la tarière à main de deux niveaux distincts en couleur et granulométrie avant d'atteindre la roche mère. Des échantillons ont été prélevés pour analyse au laboratoire afin d'évaluer la densité apparente et la distribution granulométrique. L'établissement au laboratoire des courbes de réponse Psi-Thêta de la pression (succion) en fonction de l'humidité du sol a été nécessaire pour calibrer les capteurs d'humidité (Waterscout SM100). Six capteurs ont été implantés dans les terrasses selon le schéma de la figure 1B. Un pluviomètre a été installé sur le site avec un pas d'enregistrement de 1 minute. Des pièges à ruissellement ont été implantés dans chaque terrasses pour vérifier l'éventuelle création d'une lame d'eau. Un levé à la mire laser a permis de décrire avec précision la topographie des lieux. Des mesures de conductivité hydrauliques ont été réalisées in situ à l'aide de la méthode Beerkan.



Figure 1 : vue aérienne du site d'étude (A) et profil d'instrumentation d'une séquence de terrasses (B).

### 2.3 Evaluation de la rémanence de l'humidité végétale

L'objectif est d'évaluer la rémanence de l'humidité dans une zone urbaine « verte » avec et sans terrasse. Pour cela il est utilisé les images satellites Sentinel2(10m) et LandSat8(30m) d'avril à octobre 2022 qui donnent accès aux indices NDVI, NDMI et à la température du sol (LST). Ces indices renseignent respectivement sur le taux de couverture végétale et sa teneur en eau. La différence relative de température entre zones vertes et urbaine (DeltaTr) indique le rôle d'îlot de fraîcheur. Le NDVI est situé entre 0.4 et 0.7 pour une surface en végétation. Pour le NDMI le stress hydrique est situé entre -0.2 et +0.4, et sans stress au-delà. Une fois les images satellites disponibles sélectionnées, les indices sont moyennés dans chacune des trois zones d'étude et pour chaque mois. Cela permet de comparer les distributions des moyennes (Fig.2B).

## 3 RESULTATS

### 3.1 Calage du modèle Hydrus 2/3D sur le site expérimental

Le calage est réalisé par méthode inverse sur plusieurs pluies. Il est ensuite évalué pour validation sur la plus forte pluie observée n'ayant pas servi au calage. Le résultat indique que la prédiction du modèle se trouve dans une enveloppe de plus ou moins 20 % des mesures réalisées sur les trois terrasses et à deux profondeurs. Le modèle est validé avec cette marge d'incertitude.

### 3.2 Simulation du ruissellement pour une pluie centennale méditerranéenne

La pluie retenue est celle mesurée du 30 septembre au 4 octobre 2015 à Nice avec un cumul de précipitations de 74 mm en 3 heures. La teneur en eau initiale est celle observée 2 jours après la plus forte pluie mesurée. Le résultat comparé pour la situation avec et sans terrasses (figure 2A) montre que la présence des terrasses provoque un retard de 40 minutes du pic du ruissellement, une réduction de

30% de sa pointe et la rétention de 75% du volume d'eau ruisselé. Pour cet événement, la totalité de la surface en terrasse simulée avec Hydrus© produit un volume ruisselé de 583 m<sup>3</sup> contre 2453 m<sup>3</sup> pour une surface équivalente sans terrasse, de même pente moyenne, mais en herbe.

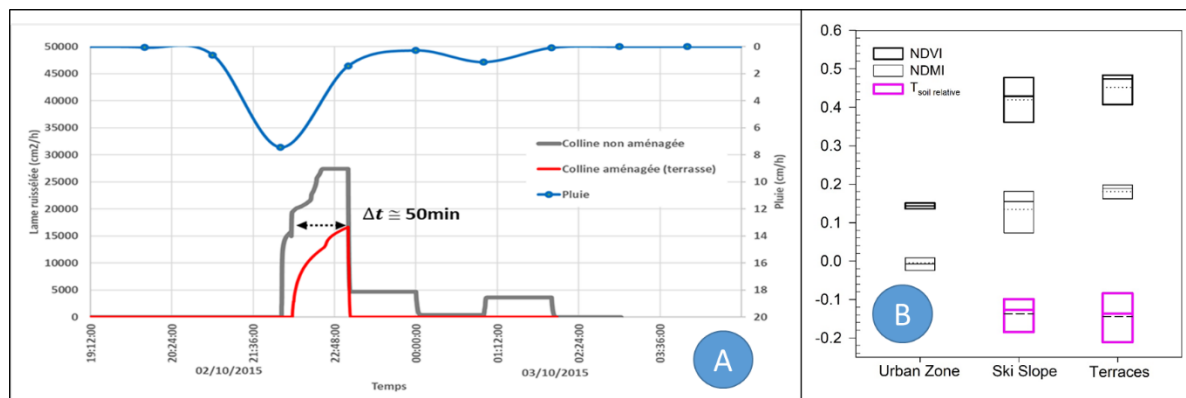


Figure 2 : (A) Évolutions des lames ruisselées simulées par Hydrus 2D sur une colline avec (en rouge) et sans (en gris) terrasses cultivées. (B) Evolution comparée des indices NDVI et NDMI entre les trois zones d'étude.

### 3.3 Comparaison des indices NDVI et NDMI pour les trois zones

La figure 2B montre que la signature moyenne de l'indice NDMI est significativement différente entre les trois zones (max.  $P\{\text{pop.id.}\} < 3.2\%$ ). Les précipitations mensuelles de cette période varient entre 28 et 99 mm. Le NDMI est proche de zéro en zone urbaine, moyen et variable sur la pente en herbe, plus fort et stable dans les terrasses. Le NDVI est faible en zone urbaine et significativement différent ( $P\{\text{pop.id.}\} < 0.1\%$ ), de celui des terrasses. Le DeltaTr est en moyenne négatif de 12%.

## 4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces premiers résultats montrent, par mesure et modélisation, que les terrasses cultivées réduisent fortement le ruissellement courant et rare au sein d'un milieu urbain. Cela évite la saturation du réseau d'assainissement urbain situé en aval. Les indices NDVI, NDMI et DeltaTr montrent, dans cette année sèche 2022, le rôle de la végétation et celui des terrasses en particulier pour stocker assez durablement une partie de l'eau infiltrée et maintenir une température au sol de 12% inférieure à celle de la zone urbaine. Ces travaux vont être poursuivis pour évaluer les services multiples apportés.

## 5 REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement les partenaires des jardins de l'Eglantier (MM LEJEUNE et GERBET) qui nous ont donné accès au site et ont montré un intérêt réel à nos travaux de recherche. Cette étude fait partie des travaux de recherche financés par la DGPR/SRNH du MTECT autour des inondations par ruissellement intense (subvention n°2103680778).

## BIBLIOGRAPHIE

- Chocat B., Cherqui F., Afrit B., *et al.* (2022) Contribution à une meilleure explicitation du vocabulaire dans le domaine des solutions dites « alternatives » de gestion des eaux pluviales urbaines. TSM numéro 5 - 2022 - 117e année – 103-119. <https://astee-tsm.fr/numeros/tsm-5-2022/chocat/>
- Gimbel, K. F., Puhlmann, H., and Weiler, M. (2016). Does drought alter hydrological functions in forest soils?, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20, 1301–1317, <https://doi.org/10.5194/hess-20-1301-2016>, 2016.
- Grzesiak, M.T., Janowiak, F., Szczyrek, P. *et al.* (2016). Impact of soil compaction stress combined with drought or waterlogging on physiological and biochemical markers in two maize hybrids. *Acta Physiol Plant* 38, 109 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2128-4>
- GRAIE (2022) Gestion des eaux pluviales en ville. Ouvrage collectif. 6.2 : Quels sont les impacts des rejets urbains de temps de pluie sur les petits cours d'eau ? <https://asso.graie.org/portail/gestion-des-eaux-pluviales-en-ville-20-ans-de-recherche-au-service-de-l'action/>
- Salveti M. (2022). Patrimoine eau potable, assainissement collectif, eaux pluviales en France. Une approche des enjeux financiers de la sécurité hydrique. UIE. 40p. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-40418-etude-ue-2022-patrimoine-eau-potable-assainissement-eaux-pluviales-deficit-investissement-maria-salveti.pdf>
- SDAGE RMC (2012). Etudes d'estimation des volumes prélevables globaux. Sous bassin versant de l'YZERON : Phase 5 : Expertise hydrogéologique : compléments d'étude sur les eaux claires parasites. Rapport d'étude AE-RMC, SAGYRC, BRL. 52p. [https://www.rhonemediterranee.eaufrance.fr/sites/sierrm/files/content/migrate\\_documents/EVP\\_Yzeron\\_Ph\\_hydrogeol\\_dec2012.pdf](https://www.rhonemediterranee.eaufrance.fr/sites/sierrm/files/content/migrate_documents/EVP_Yzeron_Ph_hydrogeol_dec2012.pdf)