

# NOTE RAPIDE

DE L'INSTITUT PARIS REGION N°1065



Alya Alexandre / L'Institut Paris Region

ENVIRONNEMENT

Juin 2026 • [www.institutparisregion.fr](http://www.institutparisregion.fr)

## DÉPHASER LA DISPONIBILITÉ DE L'EAU DES PRÉCIPITATIONS EN MILIEU URBAIN: UNE SOLUTION D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

**ENTRE SÉCHERESSES ET PLUIES EXTRÊMES, L'ÎLE-DE-FRANCE NE SERA PAS ÉPARGNÉE PAR LES IMPACTS DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE, QUI SE FONT DÉJÀ SENTIR. LA RÉGION CONNAÎTRA DÈS LE MILIEU DE SIÈCLE DES ALTERNANCES PROBLÉMATIQUES ENTRE DES PÉRIODES AVEC EAU ET DES PÉRIODES SANS EAU. DÈS LORS, LES VILLES DOIVENT TROUVER DES SOLUTIONS POUR S'ADAPTER. L'UNE D'ENTRE ELLES PEUT ÊTRE DE STOCKER L'EAU DES PRÉCIPITATIONS DE FAÇON À PERMETTRE UN « DÉPHASAGE », C'EST-À-DIRE DE DÉCALER L'UTILISATION DE L'EAU STOCKÉE À UNE PÉRIODE OÙ L'ACCÈS À CETTE RESSOURCE EST RESTREINTE À CAUSE DE LA SÉCHERESSE. DANS QUELLES LIMITES ET AVEC QUELS RÉSERVOIRS POUVONS-NOUS STOCKER L'EAU EN MILIEU URBAIN, ET POUR QUELS USAGES ?**

La gestion à la source des eaux pluviales a évolué d'une régulation permettant de diminuer les débits rejetés aux réseaux – et ainsi leurs débordements – à un principe de désimperméabilisation et de déconnexion aux réseaux, *a minima* des pluies courantes, voire plus exceptionnelles. Aujourd'hui, la rétention n'est plus seulement un moyen de déconnexion, mais un objectif. Grâce au sol, à des solutions fondées sur la nature ou à des ouvrages techniques, l'eau peut être retenue dans différents réservoirs. Selon les contextes urbains, ces solutions de stockage peuvent jouer un rôle de « prothèse ». Du fait de contraintes géotechniques, anthropiques ou agronomiques, la plupart des sols urbains ont perdu leur fonction d'éponge et ne peuvent plus retenir d'eau par eux-mêmes. Outre la maîtrise du ruissellement urbain et la valorisation d'une ressource en eau autre que l'eau potable, ces différents réservoirs permettent de déphaser l'utilisation de la ressource en eau et d'adapter les villes aux sécheresses. Le « déphasage » est le fait de décaler l'usage de l'eau par rapport à son recueil, lors de pluies courantes, d'orage ou exceptionnelles. En effet, les événements pluviaux et les périodes de sécheresse surviennent de façon alternée, saisonnière ou interannuelle, et le déphasage permis par un stockage viserait ainsi à recaler la possibilité d'une consommation d'eau au moment de la période de stress hydrique.

**En couverture**

Le parc Martin-Luther -King, aux Batignolles.

**FAVORISER LE RECOURS AUX EAUX NON CONVENTIONNELLES : LES TRAVAUX D'UN GROUPE DE TRAVAIL ANIMÉ PAR L'ASTEE**

Les Assises de l'eau ont identifié le recours aux eaux non conventionnelles comme un enjeu important pour faire face aux futures pénuries de la ressource en eau. Un groupe de travail rassemblant des acteurs de la gestion de l'eau a été formé pour étudier les retours d'expérience de projets afin d'identifier les différents leviers et freins à la valorisation de ces ressources en eau. Il est animé par l'Astee et co-piloté par les ministères de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT), et de la Santé et de la Prévention (MSP). Dix types d'eau et 45 usages possibles ont ainsi pu être identifiés, puis classés en quatre catégories : domestiques et tertiaires, urbains, industriels, et en zone rurale.

**LA GESTION INTÉGRÉE DES EAUX PLUVIALES EN VILLE IMPOSÉE PAR LES PROJECTIONS CLIMATIQUES**

L'eau est au cœur des conséquences du changement climatique. Sécheresses, fortes pluies ou inondations renvoient toutes à une perturbation du cycle de l'eau. L'Île-de-France va de plus en plus devoir faire face aux impacts du changement climatique et à la multiplication des événements extrêmes. Les projections climatiques prévoient une augmentation des sécheresses de tous types<sup>1</sup>, et des pluies intenses et abondantes. Avec un réchauffement de 2 °C, les pluies devraient augmenter en hiver et diminuer en été. Des épisodes pluvieux plus intenses sont annoncés, avec une augmentation de l'intensité de 10 à 30 %. Les espaces urbanisés sont très vulnérables face au changement climatique, tant aux fortes pluies qu'à la chaleur. La minéralisation des villes entraîne des phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU), qui renforcent les problèmes associés aux vagues de chaleur.

Si l'infiltration est la solution la plus efficace pour gérer à la source les eaux pluviales et régénérer le cycle de l'eau, elle n'est pas toujours possible en milieu urbain. L'artificialisation des sols est bien connue pour imperméabiliser les villes, mais d'autres contraintes viennent s'ajouter et restreignent les possibilités d'infiltration. Des infrastructures souterraines (parking, métro) et des réseaux (eaux usées, eau potable, gaz) occupent les sous-sols urbains. Dans d'autres cas, ces derniers sont pollués et les eaux infiltrées risquent de polluer à leur tour les nappes phréatiques, surtout celles situées à proximité de la surface. Enfin, les sous-sols peuvent présenter des couches géologiques contenant du gypse ou de l'argile. L'infiltration y reste possible, à condition qu'elle soit limitée, diffuse et en surface, pour éviter le retrait-gonflement des argiles (RGA) ou la dissolution du gypse.

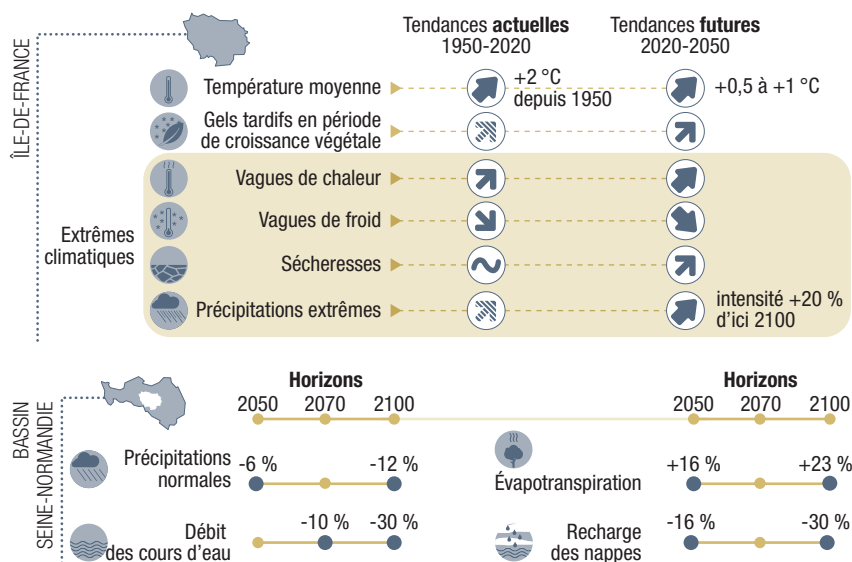
**LA VÉGÉTALISATION DES VILLES AURA BESOIN D'EAU**

Pour lutter contre les îlots de chaleur urbains, végétaliser les villes est le premier levier d'action. En effet, l'eau est à la fois un élément constitutif du tissu végétal, dont le développement participe à l'ombrage, mais elle est également nécessaire à l'évapotranspiration des végétaux, ce qui permet de rafraîchir l'air environnant. L'eau disponible dans le sol, absorbée ou évapotranspirée par les plantes, est appelée « eau verte ». En cas de manque d'eau, notamment pendant les périodes de sécheresse, les végétaux risquent de souffrir de stress hydrique. La végétalisation des villes est aussi encouragée pour maîtriser le ruissellement. Cependant, à partir d'un certain taux de végétalisation, les volumes annuels d'eau de pluie ne suffisent plus à répondre aux besoins estivaux<sup>2</sup>. Les collectivités sont alors contraintes d'arroser avec de l'eau potable, ce qui s'avère coûteux tant en matériels (systèmes de goutte-à-goutte, véhicules d'arrosage, sondes tensiométriques) qu'en moyens humains, et nécessite un accès à une ressource en eau supplémentaire. De plus, l'utilisation d'une eau alternative à l'eau potable est contrainte par des interdictions réglementaires. L'Agence régionale de santé (ARS) interdit d'arroser par aspersion avec de l'eau non potable en présence de public. Par ailleurs, les projets utilisant de l'eau de pluie ou de l'eau pluviale (voir glossaire) sont parfois complexes et difficiles à entretenir pour les services exploitants en raison de dysfonctionnements techniques. Toutefois, si l'augmentation de la végétalisation demande un accès constant à l'eau potable, elle risque d'exercer une pression supplémentaire sur les milieux naturels d'où sont pompées les eaux. En Île-de-France, l'eau potable provient pour un tiers d'eaux de surface (captages dans la Seine, la Marne et l'Oise), et pour deux tiers d'eaux souterraines (nappes aquifères de Beauce, de l'Éocène inférieur et moyen, de l'Oligocène, de l'Éocène supérieur ou nappes de Champigny, de la Craie, voire de l'Albien-Néocomien en secours). Les sécheresses hydrologiques et surtout hydrogéologiques pourraient donc compromettre l'utilisation de cette eau, usage à ne surtout pas intensifier pendant une pénurie.

**UNE RÉGLEMENTATION EN FAVEUR D'USAGES DES EAUX DE PLUIE, MAIS PAS DES EAUX PLUVIALES**

Si elles proviennent de la même source, l'eau de pluie est à différencier de l'eau pluviale (de ruissellement). La distinction est principalement réglementaire puisque l'utilisation des eaux de pluie est autorisée, contrairement à celle des eaux pluviales, non réglementée. Elles font toutes les deux partie des « eaux non conventionnelles » (ENC), dont la valorisation fait l'objet d'une mesure du Plan Eau de 2023. Concernant les usages domestiques, les eaux de pluie ont été pendant longtemps les seules à pouvoir être utilisées pour certains usages et sous certaines conditions. L'arrêté de 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments avait mis fin à un flou réglementaire en rendant possible la récupération de ces eaux à l'aval des toitures autres qu'en

**Évolution du climat liée au changement climatique**



**GLOSSAIRE**

**Eaux impropres à la consommation humaine (EICH) :** elles sont définies et autorisées pour certains usages domestiques (voir illustration). Il s'agit d'eaux de pluie, douces, de puits et de forage, d'eaux grises (issues des douches, baignoires, lavabos et lave-linge) ou issues des piscines à usage collectif.

**Eaux non conventionnelles (ENC) :** autres types d'eau que celles issues directement d'un prélèvement dans la ressource naturelle et faisant éventuellement l'objet d'un traitement approprié par rapport à l'usage. Outre les EICH, il peut s'agir d'eaux recyclées, de process industriels ou d'eaux usées traitées par une station d'épuration. Les ENC peuvent avoir un usage non domestique (en dehors de bâtiments d'habitation collective ou individuelle) tels que l'irrigation agricole, l'arrosage de parcelles publiques, le nettoyage de voiries...

**Eaux de pluie (de toiture) :** eaux de précipitations captées avant qu'elles n'arrivent au sol par un système de récupération d'eaux de pluie.

**Eaux pluviales (de voirie) :** eaux de précipitations après qu'elles ont touché le sol et ruisselé.

Sources : groupe de travail de l'Astee et eaufrance.fr, mars 2026

amiante ou en plomb et inaccessibles au public. Des usages extérieurs et parfois intérieurs de l'eau de pluie ont été autorisés. Cette pratique a connu un essor important, avec l'installation de cuves dans des maisons individuelles, des bâtiments collectifs, des équipements publics ou des bâtiments industriels. Le 12 juillet 2024, un nouvel arrêté a été publié, abrogeant celui de 2008. Il concerne les « eaux impropres à la consommation humaine » (EICH), en opposition aux « eaux destinées à la consommation humaine » (l'eau potable). D'autres eaux brutes peuvent être valorisées, comme les eaux de puits ou de forage, ou les eaux douces, mais également les eaux grises (issues des douches ou de la cuisine et des lave-linge) et celles issues des piscines collectives. L'utilisation de ces deux derniers types d'eau est davantage encadrée et réglementée. L'arrêté de 2024 ouvre la récupération des eaux de pluie aux « surfaces inaccessibles » (ombrières de parking...) et plus seulement aux seules toitures inaccessibles. En revanche, il est toujours strictement interdit d'utiliser ces ressources pour des usages relatifs à l'alimentation et à l'hygiène corporelle. Concernant le stockage, aucune limite de temps n'est précisée pour les eaux brutes, dont les eaux de pluie font partie. Les eaux grises, quant à elles, ne peuvent pas être stockées plus de 12 heures avant traitement, puis 72 heures après traitement. La réglementation autorise donc un déphasage pour les eaux brutes, mais pas pour les eaux grises. Les eaux pluviales (de ruissellement) ne sont régies par aucune réglementation, ce qui ne favorise pas les mêmes usages que l'eau de pluie. Les travaux sur le recours aux eaux non conventionnelles, portés par l'Association des professionnels de l'eau et des déchets (Astee), démontrent pourtant le potentiel de l'utilisation de cette ressource. « Valoriser les [eaux

de pluie] et les [eaux pluviales] est un complément indispensable aux stratégies de désimperméabilisation et de gestion intégrée des eaux pluviales ; il y a cependant des questions sur les stockages à affiner pour une massification des utilisations en dehors des périodes de pluie »<sup>3</sup>. Les auteurs de l'étude rappellent la nécessité d'une clarification réglementaire pour intensifier le recours à ces eaux. L'arrêté du 12 juillet 2024, pris un an après cette étude, n'est pas aussi ambitieux quant à la valorisation des eaux pluviales. La réglementation n'interdisant pas formellement l'utilisation des eaux pluviales, celles-ci peuvent être récupérées pour l'arrosage d'espaces verts ou le nettoyage de la voirie.

**STOCKER POUR DÉPHASER : AVEC QUELS RÉSERVOIRS ET POUR QUELS USAGES ?**

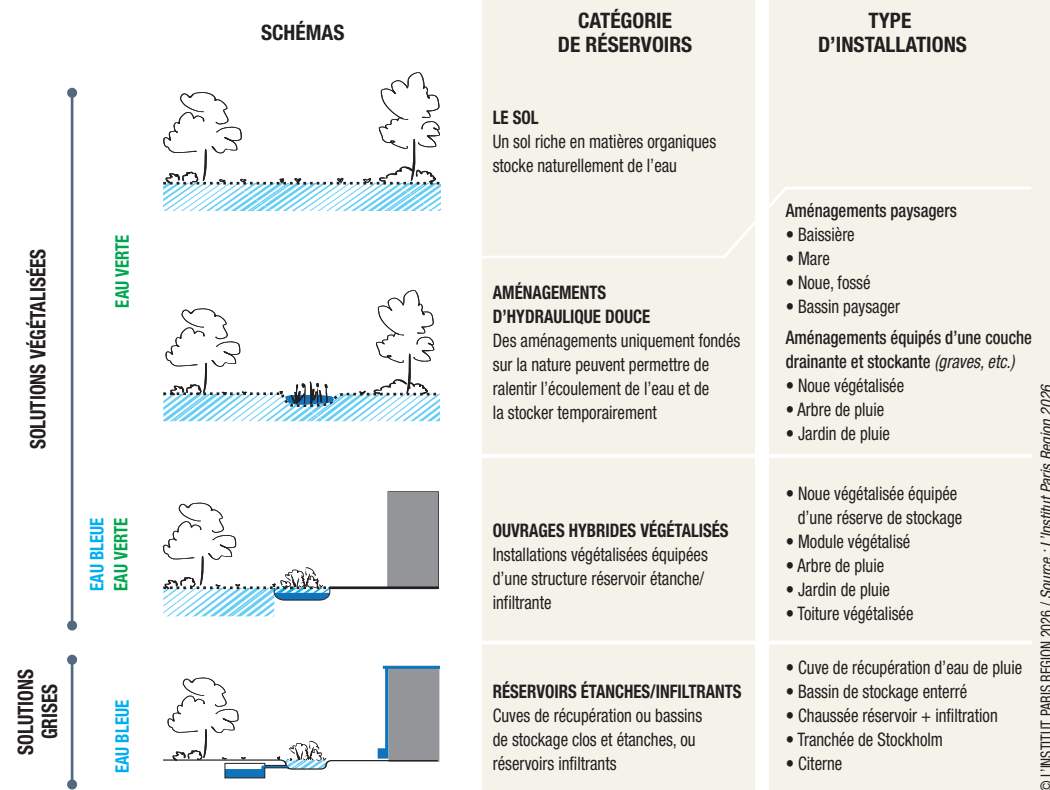
Vouloir retenir et stocker de l'eau en ville va à l'encontre du modèle réticulaire du « tout-à-l'égout », où les eaux pluviales, qualifiées de « nuisibles », devaient circuler et être rapidement évacuées. Ces eaux doivent aujourd'hui être intégrées à la fabrique de la ville et gérées à la source, c'est-à-dire là où elles tombent. L'objectif : considérer ces eaux comme des ressources et limiter leur rejet au réseau. Il existe un éventail de techniques permettant de gérer les eaux pluviales à la source, et toutes permettent de les stocker temporairement. Dans les imaginaires, le stockage d'eau est souvent associé à des réservoirs volumineux, comme des cuves, des barrages, voire des « réserves de substitution », susceptibles de constituer des maladaptations. Il convient de dépasser cette vision technologique du stockage de l'eau. Une cuve de récupération d'eau de pluie stocke de l'eau, tout comme une tranchée de Stockholm<sup>4</sup>, un arbre de pluie<sup>5</sup> ou une noue végétalisée. Si, à l'origine, les objectifs de ces différentes techniques diffèrent (gestion des eaux pluviales, économie en eau...), elles stockent toutes temporairement de l'eau grâce à des dispositifs allant des plus techniques à des solutions fondées sur la nature (SFN)<sup>6</sup>. La typologie suivante propose quatre types de réservoirs urbains. Le premier type, le plus fréquent, concerne les réservoirs étanches (cuves et bassins). De tailles différentes, volumineux ou non, enterrés ou hors-sol, leur caractéristique principale est d'être fermés et étanches. L'exemple le plus connu reste la cuve de récupération d'eau de pluie, dont l'eau stockée peut servir pour plusieurs usages (ceux autorisés par l'arrêté du 12 juillet 2024). Très souvent utilisée chez des particuliers à une échelle individuelle, ainsi que dans des immeubles collectifs ou équipements publics, elle est également installée à une échelle urbaine pour collecter des eaux de ruissellement. Le second type de réservoir est l'ouvrage hybride végétalisé. Il s'agit d'aménagements de gestion des eaux pluviales classiques, équipés d'un réservoir de stockage pour suppléer le substrat et la végétation. Ils jouent un rôle de « prothèse » bénéfique pour le sol quand l'infiltration n'est plus possible. C'est le cas, notamment, des toitures végétalisées, où une structure alvéolaire stocke les eaux de pluie sous le substrat et permet l'alimentation de la végétation

**Réglementation de l'usage et du stockage des eaux impropres à la consommation humaine (EICH)**

	Eaux de pluie, douces, de puits et de forage	Eaux grises (issues des douches, baignoires, lavabos et lave-linge) et eaux issues des piscines à usage collectif
<b>Conditions de stockage</b>	Aucune limite de stockage	Temps de stockage limité pour les eaux grises <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 heures avant traitement</li> <li>• 72 heures après traitement</li> </ul>
<b>Usage domestique</b> (hors établissement recevant du public sensible)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usages liés à l'hygiène corporelle</li> <li>• Usages alimentaires</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavage des sols en intérieur et en extérieur</li> <li>• Nettoyage de surfaces extérieures et de véhicules</li> <li>• Arrosage des jardins potagers</li> <li>• Arrosage des toitures et des murs végétalisés, ainsi que des espaces verts à l'échelle du bâtiment ou du bassin d'ornement</li> <li>• Alimentation des fontaines décoratives non destinées à la consommation</li> <li>• Évacuation des excréments</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavage du linge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usages liés à l'hygiène corporelle</li> <li>• Usages alimentaires</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavage du linge</li> <li>• Lavage des sols en intérieur</li> <li>• Arrosage des jardins potagers</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyage de surfaces extérieures et de véhicules</li> <li>• Arrosage des toitures et des murs végétalisés, ainsi que des espaces verts à l'échelle du bâtiment ou du bassin d'ornement</li> <li>• Alimentation des fontaines décoratives non destinées à la consommation humaine</li> <li>• Évacuation des excréments</li> </ul>

■ interdit  
■ autorisé  
■ expérimentation  
■ déclaration  
 (« A », « A+ » et « A+(1) »)\*  
 \* Usages soumis à critères de qualité  
 (cf. arrêté du 12 juillet 2024)

# Typologie des réservoirs urbains d'eaux verte et bleue



## QUATRE TYPES DE DÉPHASAGE

**Un déphasage « court »** est une utilisation presque immédiate de la ressource en eau stockée pour des usages réguliers. C'est le cas de l'alimentation des chasses d'eau par une cuve de récupération d'eau de pluie à l'échelle du bâtiment. Ce déphasage n'est toutefois pas suffisant pour permettre un accès à l'eau en période de sécheresse. Pour ce faire, l'eau stockée devrait être dédiée à un unique usage saisonnier, comme l'arrosage d'espaces verts. Or, cette utilisation des cuves n'est pas recommandée par les spécialistes. Pour économiser l'eau, il est préférable de multiplier les usages associés à une même cuve, car elle pourra être moins dimensionnée et régulièrement se vider pour se remplir de nouveau. De cette façon, des économies pourront être réalisées pendant les mois humides, en hiver, préservant la ressource utilisée pour produire l'eau potable pour la période estivale.

**Un déphasage « ralentissement »** concerne plutôt un stockage temporaire de l'eau grâce à des ouvrages végétalisés qui permettent de ralentir le ruissellement et d'augmenter l'infiltration, de conserver l'humidité du sol et de favoriser l'évaporation ou l'évapotranspiration, comme le réalisent les noues du Trapèze, à Boulogne-Billancourt.

**Un déphasage « saisonnier »** se fait sur une temporalité plus longue : la saison. Il consiste à réaliser un stockage inter-saisonnier ou intra-saisonnier, l'idée étant de stocker de l'eau lors d'un événement pluvieux pour l'utiliser pendant la période de sécheresse qui suit. Il se réalise grâce à des sols vivants ou, en milieu contraint, par des solutions hybrides végétalisées (lire ci-dessous).

**Un déphasage « extrême sécheresse »**, nouveau concept que nous proposons, serait comparable au stockage réalisé actuellement pour les réserves incendie. L'eau serait alors stockée dans l'unique but de répondre aux besoins critiques en eau lors des périodes de forte sécheresse. L'intérêt de ce déphasage résiderait dans la conservation d'arbres qui, sinon, seraient perdus de façon pérenne, contrairement aux strates herbacées et arbustives.

en eau par capillarité. Des noues, jardins de pluie, arbres de pluie ou toitures végétalisées peuvent aussi être équipés d'un réservoir permettant une autonomie lors des périodes sèches.

Le troisième type de réservoir regroupe les aménagements d'hydraulique douce<sup>7</sup>. À l'échelle urbaine, ce type de réservoir concerne les aménagements de gestion des eaux pluviales qui ne s'appuient sur aucun dispositif technique, mais permettent de stocker temporairement de l'eau et de ralentir son infiltration dans le sol : ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales équipés d'une couche drainante et stockante (couche de graves, par exemple) ou aménagements paysagers (noues, baissières<sup>8</sup>, mares et bassins paysagers).

Enfin, le dernier type de réservoir est le sol lui-même – le plus naturel, avec les nappes souterraines (notamment les nappes phréatiques, proches de la surface). Décompactée et enrichie en matières organiques, la réserve utile du sol peut être augmentée pour subvenir aux besoins en eau de la végétation. Conserver l'humidité des sols est essentiel pour répondre aux besoins des plantes et permettre la création d'îlots de fraîcheur urbains. On parle de « ville éponge » pour désigner l'ensemble des sols perméables et des ouvrages de gestion durable et intégrée des eaux pluviales qui permettent l'infiltration. Cette typologie permet d'élargir la définition que l'on a d'une solution de stockage. Toutefois, le choix de la solution adéquate doit être fait à partir d'une étude du contexte local. Par exemple, la capacité à conserver la qualité de l'eau doit être prise en compte. Une erreur fréquemment commise est de répliquer une solution vertueuse sans l'adapter au site sur lequel elle doit être implantée. Ainsi, pour

installer une cuve de récupération, il faut avant tout étudier la surface de collecte et les usages qui seront faits de l'eau pour décider de son dimensionnement. L'Agence de l'eau Seine-Normandie a établi une hiérarchisation des solutions dans sa « Stratégie d'adaptation au changement climatique ». Les solutions de sobriété sont prioritaires et, seulement en dernier recours, il est conseillé d'utiliser des installations techniques. Pour autant, si le sol et les solutions fondées sur la nature sont les plus efficaces pour régénérer le cycle de l'eau, les solutions équipées de dispositifs techniques ne doivent pas être exclues de l'aménagement des villes en tant qu'alternatives nécessaires pour prolonger la gestion intégrée et le stockage de l'eau en contexte contraint. Pour préserver la ressource en eau et restaurer les cycles de l'eau urbains, il faut surtout travailler sur la complémentarité des solutions et leur adaptabilité aux différents contextes et aux événements climatiques à venir.

Si tous ces « réservoirs » permettent de stocker de l'eau, leurs temporalités de déphasage diffèrent. Elles peuvent être plus ou moins longues en fonction des usages de l'eau (quotidiens, réguliers, saisonniers ou exceptionnels), du dimensionnement du réservoir, ou encore de l'exposition aux conditions météorologiques (ombrage, plein soleil...). Aussi, il est possible de distinguer quatre types de déphasage (lire ci-contre).

## DES ÎLOTS DE FRAÎCHEUR INNOVANTS, AUTONOMES EN EAU

Pour garantir une autonomie en eau et un faible entretien, deux rues franciliennes ont été aménagées avec des solutions végétalisées équipées d'un



réservoir de stockage d'eau. Rue Lescot, à Versailles, deux « jardins de pluie urbains », de l'entreprise Source urbaine, ont été installés. La Ville souhaitait piétonner cette rue, mais était confrontée à la présence de réseaux souterrains. Deux espaces ont donc été végétalisés en pleine terre, et deux jardins de pluie ont permis de planter au-dessus des réseaux. Un cas similaire, à Aubervilliers : l'opérateur immobilier Icade souhaite végétaliser et rafraîchir la rue du Coton, mais la présence de réseaux et de gypse en sous-sol contraignait la désimperméabilisation du site. Les modules plantés « Bocage urbain », de l'entreprise Vertuo, ont été utilisés pour récupérer les eaux pluviales de la rue et des eaux de pluie de 2 000 m<sup>2</sup> de toiture. Le réservoir du « jardin de pluie urbain » est une structure alvéolaire située sous le substrat végétal. L'arrosage de la partie plantée se fait par capillarité grâce à de la laine de roche. Les modules végétalisés sont composés d'une partie végétalisée et d'une partie stockante, séparées par un filtre qui dépollue les eaux et tamponne le transfert de l'eau d'une partie à l'autre. La différence est que Vertuo propose un module unique, préfabriqué, tandis que le « jardin de pluie urbain » de Source urbaine est une « recette » adaptant la capacité de stockage en fonction du contexte et des besoins des plantes. Le stockage de l'eau assure une autonomie de l'installation pouvant aller jusqu'à trois mois. À ce jour, aucun arrosage n'a été nécessaire et la demande d'entretien est limitée à de la taille ou du désherbage. Ces solutions permettent donc de faire des économies.

Deux expérimentations réfléchissent également à la question du stockage de l'eau. C'est le cas du projet Lisière d'une tierce forêt, à Aubervilliers, porté par l'association Alteralia et conçu par Fieldwork. L'ancien parking d'une résidence de jeunes travailleurs a été transformé en un espace reprenant les caractéristiques et les atouts d'un écosystème forestier. Les eaux pluviales ruissellent sur un revêtement perméable pour rejoindre une chaussée-réservoir composée de gravas. Des drains en terre cuite relient le réservoir aux racines des arbres plantés dans une unique fosse. Des études pédologiques ont montré que l'ancien sol était anthropisé et composé de remblais. Il a été enrichi avec du compost de déchets verts local et des mycorhizes. L'espace est entièrement déconnecté des réseaux et la « forêt » est autonome en eau grâce à l'effet « prothèse » qu'offre la chaussée-réservoir. À l'École du Breuil, dans le bois de Vincennes, la Ville de Paris étudie le comportement hydraulique de deux jardins de pluie expérimentaux. Dans l'un d'eux, une couche de gravas joue le rôle de réservoir. Ce stockage permet

de conserver l'humidité du substrat végétal même en période sèche, selon les premiers résultats. Les solutions présentées et l'exemple du projet Lisière d'une tierce forêt s'adaptent au contexte urbain contraint. Grâce aux différents réservoirs, un déphasage « saisonnier » est possible, puisque les installations sont autonomes en eau et rendent les espaces urbains résilients aux sécheresses. Toutefois, l'enjeu du déphasage est encore peu pris en compte en milieu urbain. Hormis ces trois exemples, le stockage de l'eau sert principalement à gérer les eaux pluviales à la source, ou à économiser de l'eau grâce à la récupération d'eau de pluie. Les besoins en eau pour les périodes de sécheresse sont encore peu anticipés.

### DES STRATÉGIES RÉGÉNÉRATIVES POUR ADAPTER LES VILLES AUX FUTURES SÉCHERESSES

Si l'eau de pluie et l'eau pluviale restent des ressources importantes à valoriser, il est nécessaire aujourd'hui de compter sur tous les types d'eau. C'est d'ailleurs ce qu'encourage le Plan Eau de 2023 pour « optimiser la disponibilité de la ressource ». Les travaux du groupe de travail animé par l'Astee soulignent le potentiel de la valorisation des eaux non conventionnelles (ENC) comme les eaux issues de stations d'épuration urbaines (REUT)<sup>9</sup>, les eaux grises ou encore celles issues de la vidange quotidienne des piscines collectives. Ces ressources sont permanentes et dépendent moins d'événements météorologiques soudains, difficiles à anticiper. Ainsi, l'accès à la ressource pourrait être maintenu pendant les périodes de sécheresse. Recourir à ces types d'eau en hiver permet d'économiser la ressource pour la période estivale. Toutefois, si le recours aux ENC est fortement encouragé, la réglementation encadre leur utilisation et limite les usages. Il serait aussi intéressant de réaliser des mélanges d'eaux – l'idée étant de pouvoir compter sur l'ensemble des ressources à disposition. Mais la réglementation actuelle étant précautionneuse sur l'utilisation des ENC, les mélanges n'apportent aucun avantage. Imaginons que des eaux de pluie soient mélangées à des eaux grises, c'est la réglementation des eaux grises qui devrait s'appliquer, car elle est plus stricte.

L'hydrologie régénérative vise à stocker l'eau dans le paysage, notamment dans les sols et les végétaux. Un sol vivant, enrichi en matière organique et décompacté stocke davantage d'eau, utile à la végétation, qui la restitue ensuite par évapotranspiration. Pour rafraîchir la ville, il est donc pertinent de privilégier des essences qui maximisent l'ombre

1. L'un des deux « jardins de pluie urbains » de Source urbaine aménagés rue Lescot, à Versailles (78)
2. Modules végétalisés « Bocage urbain » de Vertuo, rue du Coton, à Aubervilliers (93)
3. Projet Lisière d'une tierce forêt, à Aubervilliers (93)

### RALENTIR, INFILTRER, STOCKER ET ÉVAPOTRANSPIRER

L'hydrologie régénérative est la science de la régénération des cycles de l'eau douce par l'aménagement du territoire. Cette discipline a été fondée par l'Australien Perceval Alfred Yeomans dans les années 1950, alors qu'il prend conscience de la nécessité de régénérer les cycles de l'eau à la suite des importantes sécheresses et des incendies qui ont touché ses exploitations. Il définit alors les quatre principes de l'hydrologie régénérative : ralentir, infiltrer, stocker et évapotranspirer. Quand il pleut, l'eau ne doit pas ruisseler. Il faut pouvoir la ralentir, favoriser son infiltration dans le sol, la stocker dans le paysage et, enfin, encourager l'évapotranspiration, c'est-à-dire la transformation de l'eau bleue (coulant dans les milieux aquatiques) en eau verte (stockée par le sol, les zones humides et la biomasse). Une eau gérée à la source, dans et par les écosystèmes, permet la régénération des cycles de l'eau, jusqu'à participer à la prochaine pluie.

En France, l'Association pour une hydrologie régénérative diffuse les savoirs sur cette science et sensibilise à l'enjeu de la régénération des cycles de l'eau douce. Elle formalise également le principe de répartir l'eau dans le paysage, qui vise à déconcentrer et à diversifier les chemins de l'eau. Dans *Cultiver l'eau douce. Du jardin de pluie à l'hydrologie régénérative, des solutions concrètes pour régénérer nos écosystèmes* (Ulmer, 2025), véritable guide, Samuel Bonvoisin, François Goldin et Antoine Talin partagent leurs connaissances, techniques, méthodes et expérimentations.

et l'évapotranspiration, malgré leurs besoins en eau. Ce choix peut paraître paradoxal face aux sécheresses. Les solutions hybrides végétalisées apportent une réponse en intégrant un réservoir qui maintient l'humidité du substrat et permet d'accueillir des plantes plus exigeantes, voire semi-aquatiques. Ainsi, le choix des essences est aussi déterminant que le dispositif de stockage, bien qu'il reste encore majoritairement guidé par des critères esthétiques et de résistance à la sécheresse. En milieu urbain, les sols sont généralement pauvres, compactés et stérilisés. Encore peu d'études pédologiques sont menées avant un projet urbain pour étudier leurs caractéristiques et chercher à les enrichir en matières organiques. Une première étape consisterait à valoriser des matières organiques produites en ville (résidus de taille ou de tonte, feuilles mortes ou déchets alimentaires des riverains) grâce à du compostage de proximité. Au lieu de produire des terres végétales ou du compost à l'extérieur des villes, un retour des matières organiques urbaines dans les sols urbains pourrait être privilégié. Pour permettre un déphasage, il faut compter sur le triptyque végétation-sol-eau et, si ce n'est pas suffisant, recourir à des prothèses techniques de stockage de l'eau.

### UNE HIÉRARCHIE DES USAGES POUR PLUS DE SOBRIÉTÉ

Vouloir encourager un déphasage n'appelle pas uniquement à substituer l'eau du réseau potable consommée aujourd'hui pour nos usages par des ENC. Une réflexion doit être menée pour définir les usages prioritaires de l'eau en période de sécheresse. L'eau stockée et déphasée doit pouvoir être utilisée pour des besoins prioritaires. Citons par exemple la réhydratation contrôlée des sols argileux pour lutter contre les phénomènes de RGA, qui peut s'appuyer sur de la récupération d'eau de pluie<sup>10</sup>. Finalement, penser un stockage de l'eau pour un déphasage doit s'appuyer sur le principe de subsidiarité multiscalaire : l'eau doit être gérée au plus près de là où elle tombe, tout en intégrant une gestion saisonnière des usages de l'eau. Enfin, il y a également lieu de réfléchir à la possibilité d'une modulation temporelle d'autres usages de l'eau (industries, etc.) afin de rechercher des moyens de les mettre le plus possible en phase avec une relative abondance hivernale, et de mieux faire face à la saison sèche. ■

Alya Alexandre, urbaniste,

Manuel Pruvost-Bouvattier, ingénieur agronome Eau et milieux naturels, avec la collaboration d'Erwan Cordeau, chargé d'études Climat-air-énergie département Environnement urbain et rural (Thomas Hemmerdinger, directeur)

1. On distingue différents types de sécheresse. On parle de « sécheresse météorologique » lorsque se creuse un déficit anormal des précipitations, et de « sécheresse atmosphérique » lorsque ce déficit est aggravé par des masses d'air sec ou des vents desséchants. On parle de « sécheresse agricole » ou « agroécologique » quand la pénurie des précipitations finit par réduire le stock en eau des sols, affectant l'eau disponible pour les plantes, avec un niveau de sécheresse des sols superficielle ou profonde. On parle de « sécheresse hydrologique » quand les niveaux des cours d'eau sont bas et de « sécheresse hydrogéologique » lorsque le niveau des nappes est bas. Ces sécheresses interviennent dans cet ordre chronologique jusqu'à la « sécheresse totale », affectant tous les milieux (air, sols et masses d'eau), avec toutefois des réhumidifications possibles des couches superficielles du sol lors de nouvelles pluies.
2. Cécile de Munck, Aude Lemonsu, Erwan Cordeau, Laurence Nologues, « Les stratégies de végétalisation pour aider la ville à faire face à la canicule », *Note rapide* n° 662, L'Institut Paris Region, 2014.
3. Synthèse du sous-groupe sur les usages urbains, Astee, 2023.
4. « La tranchée de Stockholm est une solution qui associe désimperméabilisation et alimentation de la végétation en ville. Inspirée des techniques de remblai des voies ferrées, cette approche repose sur un mélange terre-pierre favorisant à la fois l'aération et la fertilisation du sol. Concrètement, une tranchée de Stockholm combine des roches concassées de différentes tailles avec de la matière carbonée telle que le biochar ou la terra preta. », in « Ouvrage paysager de gestion des eaux pluviales », sur la plateforme « Plus fraîche ma ville ».
5. Arbre de pluie : « Arbre dont la fosse de plantation a été pensée et dimensionnée en surface et en dépression pour gérer une partie des eaux de ruissellement, favoriser le développement de l'arbre et la biodiversité, y compris celle du sol », in livret technique « Les arbres de pluie » de la Métropole du Grand Lyon.
6. D'après l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), les SFN sont « des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les enjeux de société, de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité ».
7. L'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) définit l'hydraulique douce comme « les constructions légères locales permettant de compenser les effets des pratiques culturales, d'artificialisation des sols et des écoulements dans les cours d'eau afin de retrouver une dynamique de propagation des écoulements, d'infiltration et de ruissellement naturel sur le bassin versant en favorisant les solutions données par la nature ».
8. Une baissière (swale, en anglais) est un fossé suivi d'une butte plantée. Les baissières sont utilisées en suivant les courbes de niveau, en permaculture et en hydrologie régénérative.
9. Cependant, la pertinence du déploiement de la REUT est discutable en Île-de-France, car les rivières ont de faibles débits et peu de stations peuvent « soustraire » une partie de leur rejet sans affecter les étiages.
10. Le Cerema a travaillé en 2022 sur la solution MACH (maison confortée par humidification). Lamine Ighil-Ameur, « Les maisons et les routes exposées au RGA à l'épreuve de l'adaptation au changement climatique », 11<sup>es</sup> journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur, Insa Lyon, CFMS, CFMR, CFGI, 2022.

#### DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Nicolas Bauquet, DG  
**COORDINATION DES ÉTUDES**  
 Sébastien Alavoine, DGA  
**RÉDACTION EN CHEF**  
 Laurène Champalle  
**MAQUETTE**  
 Jean-Eudes Tilloy  
**INFOGRAPHIE/CARTOGRAPHIE**  
 Laetitia Pigato

#### MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE

Julie Sarris  
**FABRICATION**  
 Sylvie Coulomb  
**RELATIONS PRESSE**  
 Sandrine Kocki  
 33 (0)6 07 05 92 20

#### L'Institut Paris Region

Campus Pleyad - Pleyad 4  
 66-68 rue Pleyad  
 93200 Saint-Denis  
 33 (0)1 77 49 77 49  
 ISSN 2724-928X  
 ISSN ressource en ligne  
 2725-6839



institutparisregion.fr



## RESSOURCES

- Agence de l'eau Seine-Normandie, Stratégie d'adaptation au changement climatique sur le bassin Seine-Normandie, 2023.
- Emma Thébault, Manuel Pruvost-Bouvattier, Léo Mariasine, « De la ville minérale à la ville poreuse : évolution récente des doctrines de gestion de l'eau en milieu urbain », *Note rapide* n° 900, L'Institut Paris Region, 2021.
- Emma Thébault, Manuel Pruvost-Bouvattier, Léo Mariasine, « Formes et fonctions des aménagements de l'eau dans l'agglomération parisienne », *Note rapide* n° 901, L'Institut Paris Region, 2021.
- Emma Thébault, Manuel Pruvost-Bouvattier, Léo Mariasine, « Mieux gérer l'eau à la surface de la ville : l'exemple de six quartiers franciliens », *Note rapide* n° 906, L'Institut Paris Region, 2021.
- Apur, « Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole. Comment gérer les eaux de pluie à la source ? », Cahier 2, 2018.
- Astee, « Favoriser le recours aux eaux non conventionnelles. Analyse des freins et leviers et recommandations », 2023.
- Atep, « Gestion durable et intégrée des eaux pluviales », Les dossiers thématiques de l'Atep n° 1, 2020.
- Sabine Barles, Emma Thébault, « Des réseaux aux écosystèmes : mutation contemporaine des infrastructures urbaines de l'eau en France », *Tracés. Revue de sciences humaines*, vol. 35 n° Infrastructures, p. 117-136, 2018.
- Emmanuel Berthier, Rémi Val, David Ramier, Brigitte Durand, Laure Fass, « Suivi hydrologique de jardins de pluie expérimentaux à Paris », *Novatech 2023*, 11<sup>e</sup> conférence internationale sur l'eau dans la ville, Lyon, 2023.
- Cerema, « L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain. Les enseignements d'un panorama international », *Connaissances*, 2018.
- Association pour le développement opérationnel et la promotion des techniques alternatives (Adopta) : [www.adopta.fr](http://www.adopta.fr)
- <https://eautville.cerema.fr>
- Observatoire francilien de l'adaptation au changement climatique (OFACC) : [www.institutparisregion.fr/ofacc](http://www.institutparisregion.fr/ofacc)

