

## UNE NOUVELLE VIE POUR L'EAU DE PLUIE



Vinh Thien Quach, Paris sous la pluie, Photographie

### INTERVENTIONS AU SEIN DE PLUSIEURS TYPOLOGIES D'HABITATIONS



Valentine Pietri et Nolwenn Bergeron

Ayda Alehashemi et Jean-François Coulais, encadrants



# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	p4
I- ETAT DES LIEUX SUR LA RÉCUPÉRATION DES EAUX DE PLUIES ET DES EAUX USÉES.....	p8
1-Les différents types de récupération d'eau de pluie existants .....	p8
2-Les différentes lois mises en place pour la récupération des eaux à Paris.....	p12
3-Le cycle de l'eau au 19 <sup>ème</sup> siècle.....	p13
4-Le projet de ParisPluie, une prise de conscience de la population.....	p15
II- LA SITUATION ACTUELLE.....	p17
1-La consommation de l'eau des parisiens aujourd'hui .....	p17
2-Choix des typologies d'études .....	p19
- Haussmanien	
-Avant 2008	
-Après 2008	
-Présent dans un écoquartier	
3-Le cycle de l'eau actuel.....	p21
III- DÉTAILS DE L'INTERVENTION.....	p23
1-Le schéma de l'intervention et le nouveau cycle de l'eau.....	p24
2-Les gains sur la consommation.....	p26
3-Visuel de l'intervention.....	p26
IV- EXTENSION AUX ESPACES VERTS EXPLOITABLES.....	p28
1-Identifications des espaces verts exploitables.....	p28
2-Adaptation du projet à plus grande échelle.....	p29
CONCLUSION.....	p32

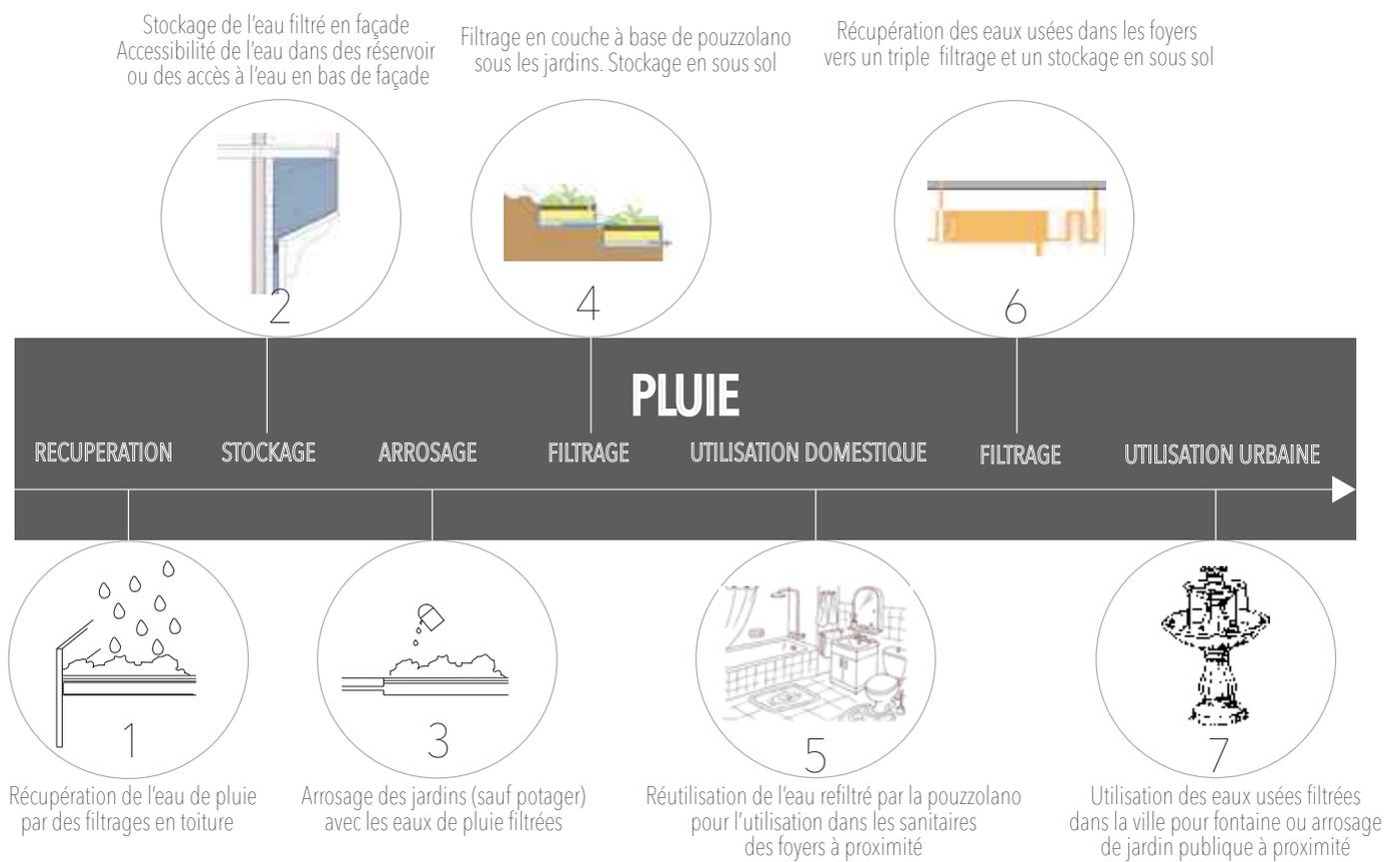


# INTRODUCTION

Bien qu'elles soient réparties de manière inégale, les ressources en eau douce sont loin de manquer sur notre planète. Pourtant, du fait d'une mauvaise gestion, de moyens limités et des changements environnementaux, quasiment un habitant de la planète sur cinq n'a toujours pas accès à l'eau potable et 40% de la population mondiale ne disposent pas d'un service d'assainissement de base.

À Paris, l'approvisionnement en eau potable est assuré à parts égales par le prélèvement des eaux souterraines, c'est-à-dire provenant des sources et puits, et par les eaux dites superficielles issues de la Seine et des rivières. La capitale compte plus de 2 200 000 habitants et chaque jour environ 1 000 000 personnes viennent y travailler. Les besoins quotidiens en eau sont massifs, 514 000 m<sup>3</sup> d'eau potable sont mis à contribution chaque jour. En effet, dans son habitat, un parisien consomme quotidiennement 120 litres d'eau qui se composent de 1% pour la boisson, 10% pour la nourriture, 12% pour le linge, 39% pour l'hygiène, 20% pour les sanitaires et 12% pour d'autres usages. Bien que certaines de ces utilisations ne soient pas pour la consommation humaine, un seul et unique circuit existe et tous ces usages sont réalisés avec de l'eau potable. Le plan climat de la ville de Paris qui a eu lieu en 2004 a notamment évoqué comme objectif de diversifier les ressources alimentant le réseau d'eau non potable d'ici 2030 en récoltant les eaux pluviales. Notre projet se base sur cette première intuition politique, pour proposer un processus de récupération de l'eau de pluie en plusieurs étapes afin d'exploiter au maximum cette ressource.

Pour contribuer à la production et la distribution à tous les habitants de Paris de l'eau potable, Eau de Paris assure le captage des eaux souterraines, le pompage des eaux en surface, le traitement des eaux, leurs transports, le stockage dans les réservoirs parisiens et la distribution dans tous les immeubles. L'entreprise publique a déjà commencé à exploiter peu à peu un réseau d'eau non potable, comme vecteur pour la climatisation et le chauffage collectif, sur différents sites parisiens comme l'hôtel de ville, un centre médical rue Boudreau et un immeuble d'habitations et de bureaux avenue Victor-Hugo. Cet aménagement devrait se démocratiser à l'ensemble des futurs quartiers parisiens. La proposition qui va suivre montre l'exploitation des eaux pluviales pour plusieurs utilisations qui correspondront à différentes étapes dans ce nouveau cycle de l'eau. (figure 1)



**Figure 1 :** Schéma personnel, Les étapes du nouveaux cycle de l'eau, Timeline de la succession des étapes

La problématique qui constitue le fil conducteur de ce projet est la suivante : Comment modifier le circuit de l'eau dans la ville de Paris, en utilisant l'eau de pluie pour les jardins puis pour les foyers et enfin pour la ville et les espaces publics alentours ? On s'inscrit dans la volonté d'évolution d'Eau de Paris en maximisant l'utilisation de l'eau de pluie.

Pour cela il nous faut comprendre le fonctionnement de l'eau aujourd'hui. En plus de la production et de la distribution des eaux par Eau de Paris on retrouve différents services publics comme les services de l'état AESN<sup>1</sup> et VNF<sup>2</sup> qui financent les actions de protection de la ressource en eau et luttent contre les pollutions et la modernisation des réseaux de collecte. En ce qui concerne l'assainissement, Le SAP<sup>3</sup> collecte les eaux usées au pied des immeubles et le SIAAP<sup>4</sup> est chargé de son transport et de son épuration avant de les renvoyer en milieu naturel. (figure 2)

Le circuit actuel se base principalement sur le captage des eaux des nappes phréatiques qui sont aujourd'hui autour de Paris particulièrement surexploitées. Ce nouveau système permettrait de pallier à la surconsommation des réserves souterraines sans changer la consommation des parisiens.

Pour finaliser ce système et pouvoir l'adapter à tout Paris, nous avons déterminé quatre typologies à étudier composant un panel assez large nous permettant d'envisager l'adaptation de ce nouveau circuit de l'eau sur tout Paris intra-muros. Depuis l'arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et de leurs usages à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments, toutes les nouvelles constructions ont l'obligation de disposer d'un système de récupération d'eau. Cette loi a particulièrement influencé notre choix de typologie. On débute ce dossier par la présentation du cycle des eaux au 19ème siècle. Puis nous présenterons la situation actuelle, avant de développer les détails de notre intervention pour finir avec l'extension de celle-ci. Ce développement nous permettra de déterminer finalement les avantages d'un tel système sur la vie économique et écologique de Paris.

Nous proposons une nouvelle vie pour l'eau de pluie dans la continuité des efforts de la ville de Paris dans sa lutte pour le climat.

<sup>1</sup> Abréviations de Agence Eau Seine Normandie

<sup>2</sup> Abréviations de Voies Navigables de France

<sup>3</sup> Abréviations de Section d'Assainissement de Paris

<sup>4</sup> Abréviations de Syndicat Interdépartemental Pour l'Assainissement De l'Agglomération Parisienne

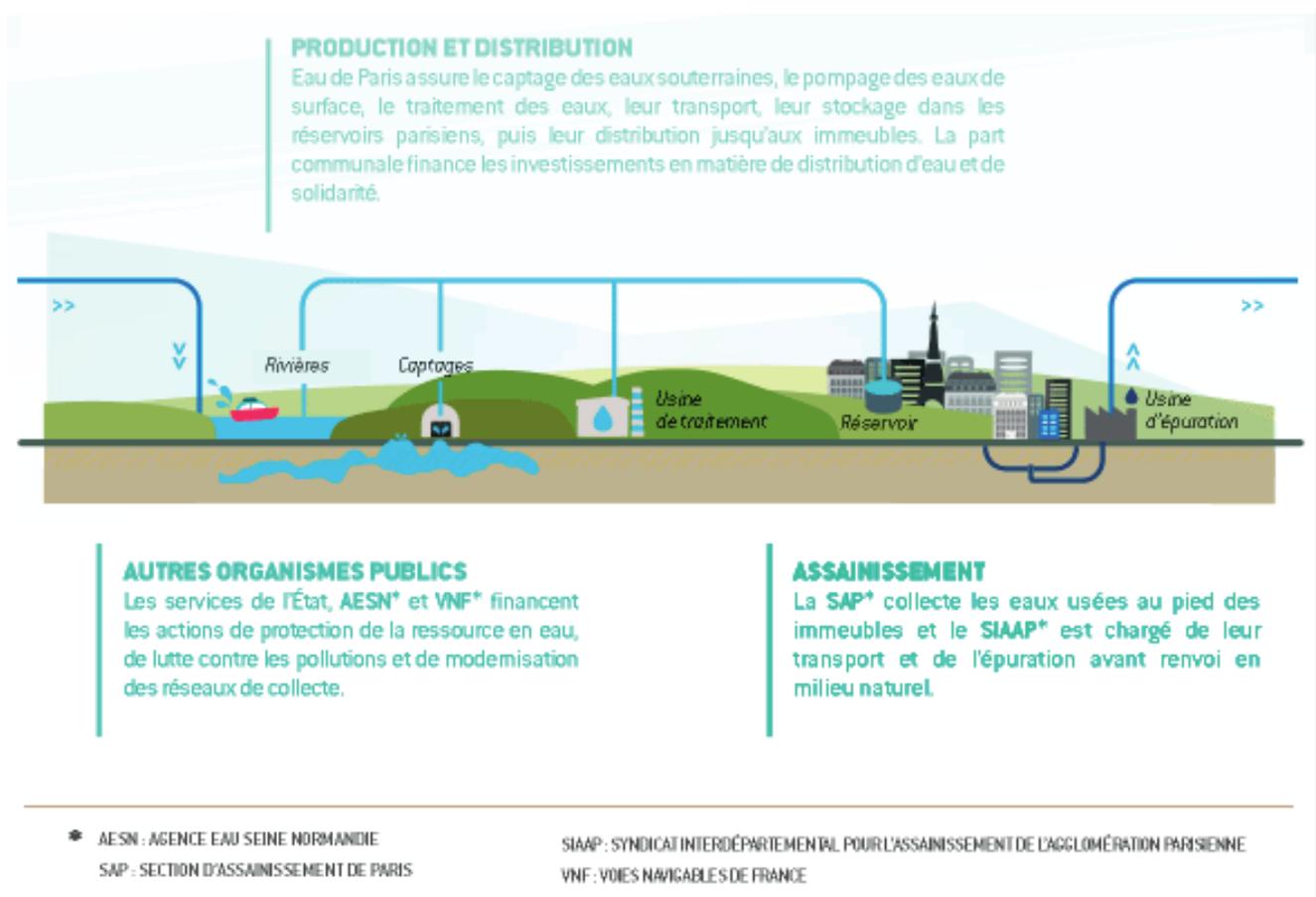


Figure 2 : Schéma Eau de Paris, Les étapes de traitement de l'eau, Coupe schématique

# I- ETAT DES LIEUX SUR LA RECUPERATION DES EAUX DE PLUIES ET DES EAUX USÉES

## 1-Les différents types de récupérations d'eau de pluie existantes

Dans un premier temps, ce travail a débuté par une recherche et une classification des différents systèmes de récupération d'eau de pluie dans les habitations. Deux catégories se sont distinguées. La première regroupe toutes les installations qui ont été faites pour des pavillons. Ces cuves de récupération ont la caractéristique d'être enterrées dans les jardins et ne disposent pas de système de filtration intégré. L'eau ne peut être utilisée que pour l'arrosage des jardins (non alimentaire). Ne disposant pas de systèmes de filtration garantissant une eau potable, on ne peut utiliser cette eau pour irriguer les potagers.

La première installation est nommée Akzent A. Elle récupère l'eau de pluie à l'aide d'un stabilisateur d'alimentation dans la cuve. Elle est reliée à un système d'arrosage pour les jardins.(figure 3)

La seconde cuve se nomme Akzent B. L'eau de pluie est récupérée par un tube de raccordement avec un tuyau sous pression qui active automatiquement la pompe. Cette dernière a la particularité de se couper en hiver pour éviter que l'eau gèle et que la glace en augmentant de volume fasse exploser le mécanisme.(figure 4)

La troisième du nom de Pura fonctionne par raccordement avec la gouttière. En effet, cette dernière est composée d'un système de filtration qui bloque tous les éléments solides que l'eau emporte lors de sa course jusqu'à la cuve. Le tuyau dispose également d'un filtre d'évacuation pour les impuretés. Comme la précédente, elle se range en hiver pour éviter tous risques liés au gel. (figure 5)

La quatrième est appelée Parat. Elle regroupe certaines des caractéristiques évoquées précédemment, on retrouve un tuyau d'arrêt ouvert et une pompe qui se démarre automatiquement lorsqu'elle détecte la présence de l'eau.(figure 6)

La cinquième et dernière pompe est la plus facile à installer, elle est nommée Fakt. Elle est composée d'une gouille de gouttière qui permet la filtration des impuretés lorsque la cuve est pleine. Dès que cette dernière est à sec, la gouille de gouttière s'arrête de fonctionner automatiquement.(figure 7)

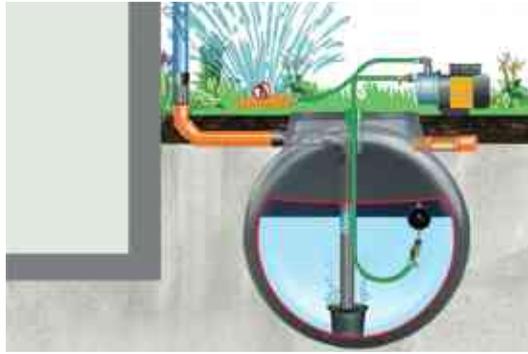


Figure 3 : Schéma de l'agence Hornbach, Akzent A, Coupe schématique

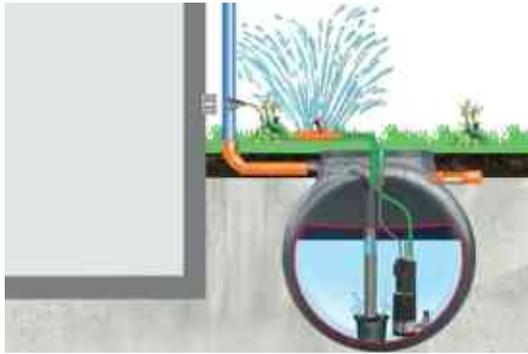


Figure 4 : Schéma de l'agence Hornbach, Akzent B, Coupe schématique



Figure 5 : Schéma de l'agence Hornbach, Pura, Coupe schématique

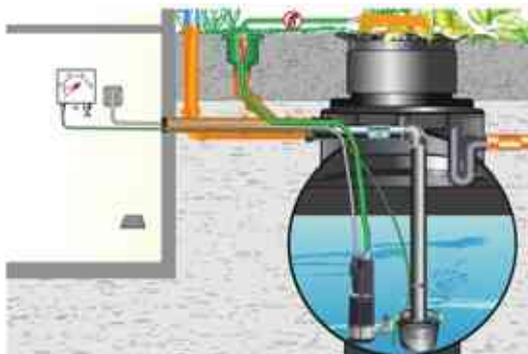


Figure 6 : Schéma de l'agence Hornbach, Parat, Coupe schématique



Figure 7 : Schéma de l'agence Hornbach, Fakt, Coupe schématique

La seconde catégorie de récupération d'eau de pluie évoque un projet particulièrement récent de récupération et stockage de l'eau en façade. Elle est conçue pour s'adapter aux immeubles de Paris. Du nom de Reentock, ce réservoir a été dessiné par Faltazi en collaboration avec Paris Habitat et la direction de la propreté et de l'eau de la ville de Paris. Il a été installé pour la première fois en 2019 dans le 10<sup>e</sup> arrondissement de Paris et une seconde fois en 2020 dans le 19<sup>e</sup> arrondissement. Pour plus de précisions, ce réservoir est composé d'un compartiment de distribution et de modules que l'on peut superposer afin qu'il soit adaptable à plusieurs types de bâtiments. Un régulateur absorbant permet de réguler la quantité d'eau en cas d'orage. Le premier compartiment est particulièrement important car il s'accompagne d'un filtre pour permettre la distribution aux passants de cette eau par un robinet.(figure 8)

Une dernière catégorie de récupération des eaux a été étudiée mais concerne cette fois les eaux usées. En effet, nous avons trouvé deux systèmes de filtration qui permettent de transformer les eaux usées en eau potable.

Le premier projet s'intitule Aquacycle de Hansgrohe Pontos. Il se décline en trois phases de filtration, la pré-filtration grossière, l'oxygénation et brassage et enfin la désinfection par lampe UV. Ce projet permet l'utilisation des eaux usées transformées pour les douches de la piscine municipale. (figure 9)

Le second projet nommé IWM a été réalisé par Aquae. Il fonctionne par oxydation des eaux et renforcement bactérien pour ensuite filtrer avec une membrane. (figure 10)

Les deux premières catégories de projets nous ont permis de nous concentrer sur un système architectural et d'ingénierie adaptable à différentes typologies de bâtiments pour la première et deuxième étapes de notre cycle, la récupération et le stockage des eaux de pluie. Tous ces exemples nous ont apporté une base d'information importante pour la conception de ces phases. La troisième catégorie, concernant les eaux usées, nous a permis de comprendre comment fonctionnait la transformation d'une eau usée en eau potable afin de l'appliquer à l'étape six de notre nouveau cycle de l'eau, la filtration après l'utilisation pour les sanitaires. Chacune de nos phases qui composent cette nouvelle vie de l'eau de pluie est pensée en lien avec des éléments qui existent et fonctionnent individuellement. Le travail que nous réalisons est un travail de remaniement pour rendre chacune de ces étapes adaptable aux typologies existantes. On conçoit également l'assemblage de ces différents points qui n'ont aujourd'hui été traités qu'individuellement.



Figure 8 : Faire Paris, Reentock de Faltazi, photographie



Figure 9 : ProHansgrohe, Aquacycle, photographie



Figure 10 : Aquae, IWM, photographie

## 2-Les différentes lois misent en place pour la récupération des eaux à Paris

Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'évolution et l'avenir de la planète préoccupe de plus en plus ses habitants. La question de l'eau est bien évidemment au cœur des questions sur le climat qui font rage régulièrement. Le changement climatique s'invite de plus en plus dans le secteur du bâtiment et commence à influencer des réglementations concernant la récupération des eaux de pluie.

On retrouve tout d'abord l'arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluies et à leurs usages à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

**Article 1 de l'arrêté du 21 août 2008 :** Le présent arrêté précise les conditions d'usage de l'eau de pluie récupérée en aval de toitures inaccessibles, dans les bâtiments et leurs dépendances, ainsi que les conditions d'installation, d'entretien et de surveillance des équipements nécessaires à leur récupération et utilisation.

Au sens du présent arrêté :

- Une eau de pluie est une eau de pluie non, ou partiellement, traitée ; est exclue de cette définition toute eau destinée à la consommation humaine produite en utilisant comme ressource de l'eau de pluie, dans le respect des dispositions des articles L. 1321-1 et suivants et R. 1321-1 et suivants du code de la santé publique ;
- Les équipements de récupération de l'eau de pluie sont les équipements constitués des éléments assurant les fonctions collecte, traitement, stockage et distribution et de la signalisation adéquate ;
- Une toiture inaccessible est une couverture d'un bâtiment non accessible au public, à l'exception des opérations d'entretien et de maintenance ;
- Un robinet de soutirage est un robinet où l'eau peut être accessible à l'utilisateur.

Les collectivités peuvent «promouvoir la récupération d'eau de pluie pour les bâtiments et habitations neufs en prévoyant des dispositions rendant obligatoire la gestion à la parcelle des eaux de pluie dans leur zonage pluvial grâce à l'article L. 2224-10 du Code général des collectivités territoriales.

**Article L. 2224-10 du Code général des collectivités territoriales :** Les communes ou leurs établissements publics de coopération délimitent, après enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement :

- 1° Les zones d'assainissement collectif où elles sont tenues d'assurer la collecte des eaux usées domestiques et le stockage, l'épuration et le rejet ou la réutilisation de l'ensemble des eaux collectées ;
- 2° Les zones relevant de l'assainissement non collectif où elles sont tenues d'assurer le contrôle de ces installations et, si elles le décident, le traitement des matières de vidange et, à la demande des propriétaires, l'entretien et les travaux de réalisation et de réhabilitation des installations d'assainissement non collectif ;
- 3° Les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement ;
- 4° Les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et, en tant que de besoin, le traitement des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution qu'elles apportent au milieu aquatique risque de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement.

Enfin, la loi Économie circulaire (n° 2020-105 du 10 février 2020) a inscrit plusieurs dispositions pour encourager la réutilisation des eaux non conventionnelles. Ainsi l'article 70 de cette loi prévoit pour les constructions nouvelles, «qu'un décret détermine à partir de 2023 les exigences de limitation de consommation d'eau potable dans le respect des contraintes sanitaires afférentes à chaque catégorie de bâtiments, notamment s'agissant des dispositifs de récupération des eaux de pluie».

Ces trois textes de loi ont particulièrement influencé notre travail. Tout comme pour les différents systèmes de récupération et filtration des eaux, les décisions politiques récentes ont entraîné plusieurs choix importants faits lors de la conception du nouveau circuit de l'eau.

### 3-Le cycle de l'eau au 19<sup>ème</sup> siècle

Pour recréer notre propre cycle de l'eau, il a également fallu étudier l'évolution du cycle de l'eau à l'échelle du bâti dans l'histoire.

Au XIX<sup>e</sup> siècle c'est le règne du "tout à la rue". Ce système fonctionnait avec une fausse fixe en bas de chaque immeuble qui devaient être vidée régulièrement, un porteur d'eau distribuait l'eau des sanitaires à chaque étage. Ce qu'on qualifierait aujourd'hui de canalisations qui servaient au déplacement des eaux usées n'étaient pas étanches. Des débordements avaient régulièrement lieu car les vidanges étaient particulièrement compliquées. C'est l'origine des odeurs putrides qui hantaient les rues de la capitale de l'époque. Le problème principal résidait dans le mélange des eaux usées avec les puits qui se trouvaient être la seule source d'eau des parisiens. Cette situation a été à l'origine des maladies les plus importantes et connues du XIX<sup>e</sup> siècle.(figure 11)

De la fin du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours, la situation a radicalement changé bien qu'elle ne soit toujours pas idéale. La politique de salubrité publique décide de faire disparaître les eaux de surface pour constituer un tout à l'égout. La base du système actuel est apparu. On retrouve l'arrivée d'eau dans chacun des logements et un déplacement des eaux usées aux égouts. C'est en 1852 que devient obligatoire le rejet des eaux usées et pluviales à l'égout et seulement en 1882 que Paris passe dans sa totalité au tout à l'égout. En 1875 l'eau courante parcourt tous les logements de la capitale. Pour autant ce système n'est pas complètement imparable. En effet, des fuites ainsi que des pourritures cubiques sont régulièrement repérées dans les logements parisiens.(figure 12)

Pour autant, depuis ce jour les systèmes de traitement et de distribution des eaux ne font que s'améliorer et sont de plus en plus performant. Aujourd'hui ces problèmes sont globalement réglés. On en profite pour continuer l'amélioration vers un Paris exemplaire, comme ville de plus en plus écologique même dans son utilisation et sa récupération des eaux.

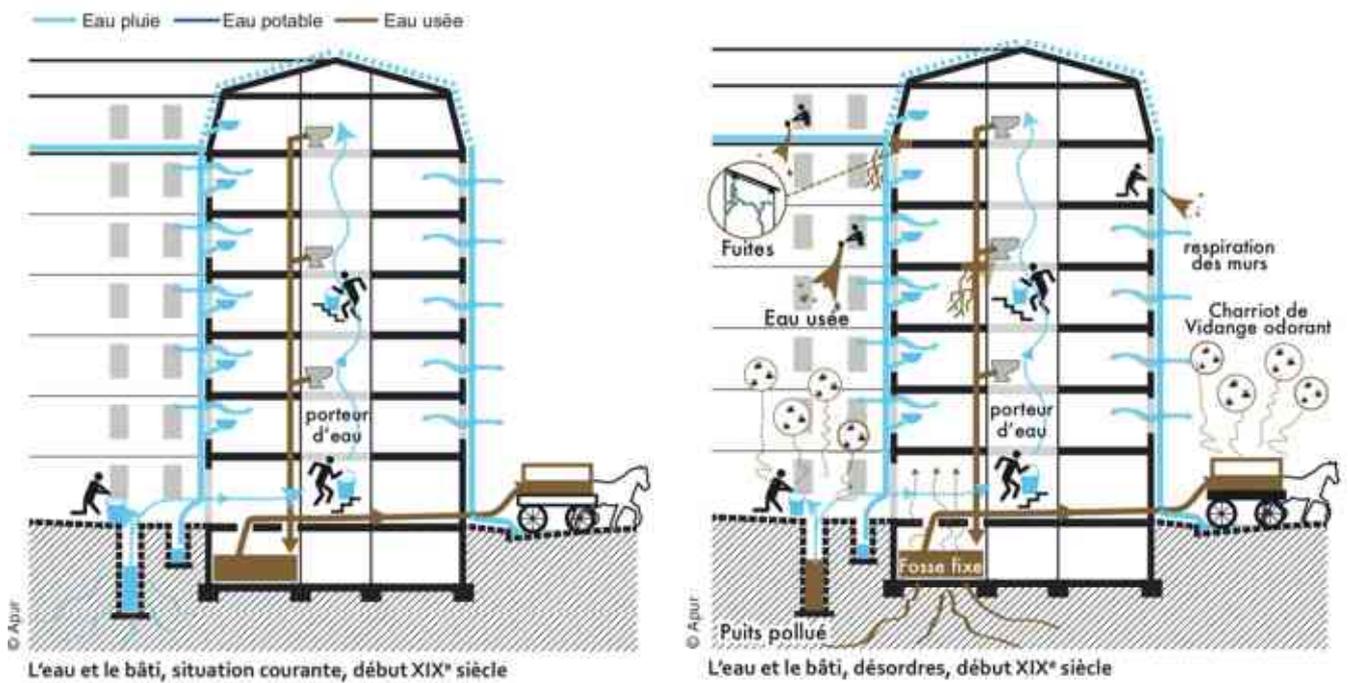


Figure 11 : PIREN-Seine - Prospective Urbaine, situation des eaux dans le logement au début du XIX<sup>e</sup> siècle, coupe schématique

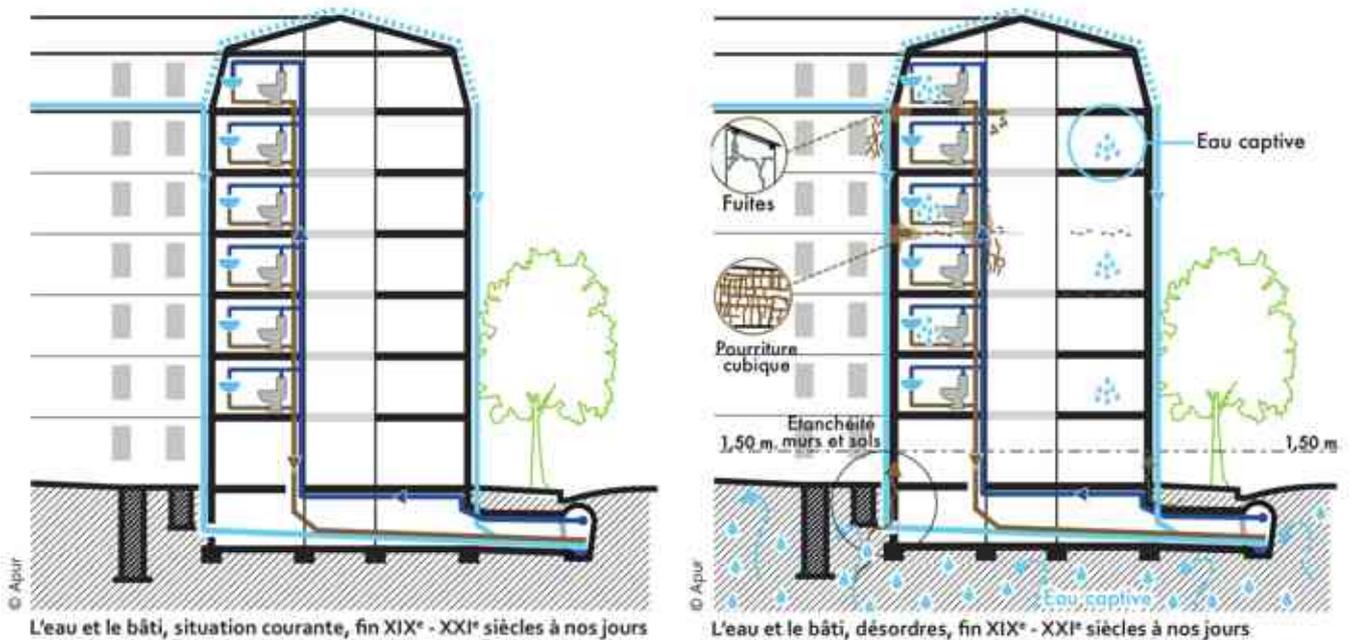


Figure 12 : PIREN-Seine - Prospective Urbaine, situation des eaux dans le logement au début du XIX<sup>e</sup> siècle, coupe schématique

## 4-Le projet de ParisPluie, une prise de conscience de la population

ParisPluie est un exemple des différentes actions que la capitale entreprend pour s'engager dans la construction d'un avenir durable. Leur objectif principal est de rendre l'eau de pluie 100% utile. Ils se basent sur le constat que la ville de Paris est imperméable et la pluie va directement aux égouts. En cas de forte tempête, le réseau est saturé et les égouts débordent. Ils cherchent à contrecarrer ça en utilisant l'eau de pluie au plus proche de l'endroit où elle tombe. Leur objectif est de soutenir la réalisation de différents aménagements pour rendre la ville perméable. Ils imaginent des récupérateurs d'eau de pluie, des toitures et façades végétalisées, des rues, des places et des cours poreuses pour absorber, récupérer et réutiliser l'eau à côté de là où elle tombe. Leurs objectifs sont multiples. Ils cherchent dans un premier temps à ramener une biodiversité disparue dans la ville. Ils souhaitent également développer des îlots de fraîcheur. (figure 13)

Cette organisation compose le point de départ principal de notre projet qui va s'appuyer sur ces enjeux pour exploiter l'eau de pluie dans sa totalité. En effet c'est bien le projet ParisPluie qui nous amène à nous demander : jusqu'où l'eau de pluie peut-elle être exploitée et combien de fonctions pouvons nous lui donner?



Figure 13 : ParisPluie, Représentation de la progression de la biodiversité dans la ville, extrais de vidéo

## II- LA SITUATION ACTUELLE

### 1-La consommation de l'eau des parisiens aujourd'hui

Les habitants de la ville de Paris, malgré la prise de conscience que l'on observe depuis quelques années, ne peuvent pas tous se permettre d'utiliser des systèmes de récupération d'eau de pluie et ou de filtrage des eaux à des fins de réemploi. Plusieurs raisons; souvent le coût des installations, qui reste très élevé, mais aussi et principalement une prise de conscience qui ne suffit pas. En effet, la ville de Paris est aujourd'hui principalement occupée par des immeubles d'habitations et ou des copropriétés ... Ce genre d'établissements, sur plusieurs étages, et sous la responsabilité de plusieurs acteurs, ont souvent du mal à se moderniser pour aller jusqu'à l'installation de systèmes de récupération des eaux de pluies et des eaux usées. De plus, les parisiens sont pour la plupart sensibles aux questions de réchauffement climatique, de l'imperméabilisation des sols, de l'épuisement des nappes phréatiques, etc cependant beaucoup d'entre eux ne sont pas encore prêts psychologiquement à utiliser de l'eau de pluie ou des eaux usées filtrées. Ces pratiques sont encore trop mal vu et souvent cet eau est considérée sale bien qu'elle soit traitée.

Aujourd'hui un parisien consomme en moyenne 120 litres d'eau par jour. Même avec toutes les interventions possibles nous ne pourrions pas remplacer la totalité de ces consommations et rendre chaque parisien auto-suffisant en eau. En effet, la plupart des eaux récupérées ne peuvent être utilisées que pour certaines tâches ( le linge, les sanitaires et autres activités qui ne nécessitent pas d'eau potable) qui représentent déjà 44% de la consommation moyenne d'un parisien. Ils ne peuvent faire de miracle, mais chacun à son niveau peut agir un petit peu. (figure 14)  
Les premières décisions qui ont mené par la suite à de grands projets, tels que Paris Pluie, etc .. sont la mise en place d'une législation sur ce sujet, la loi d'Août 2008.. Cette loi est le résultat du combat de plusieurs acteurs inquiets de l'épuisement des nappes phréatiques et de la consommation en eau potable des Hommes qui ne cessent d'augmenter.

# CONSOMMATION MOYENNE DES PARISIENS

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Un parisien consomme en moyenne **120 litres par jour** contre une moyenne nationale de 150 litres par jour.

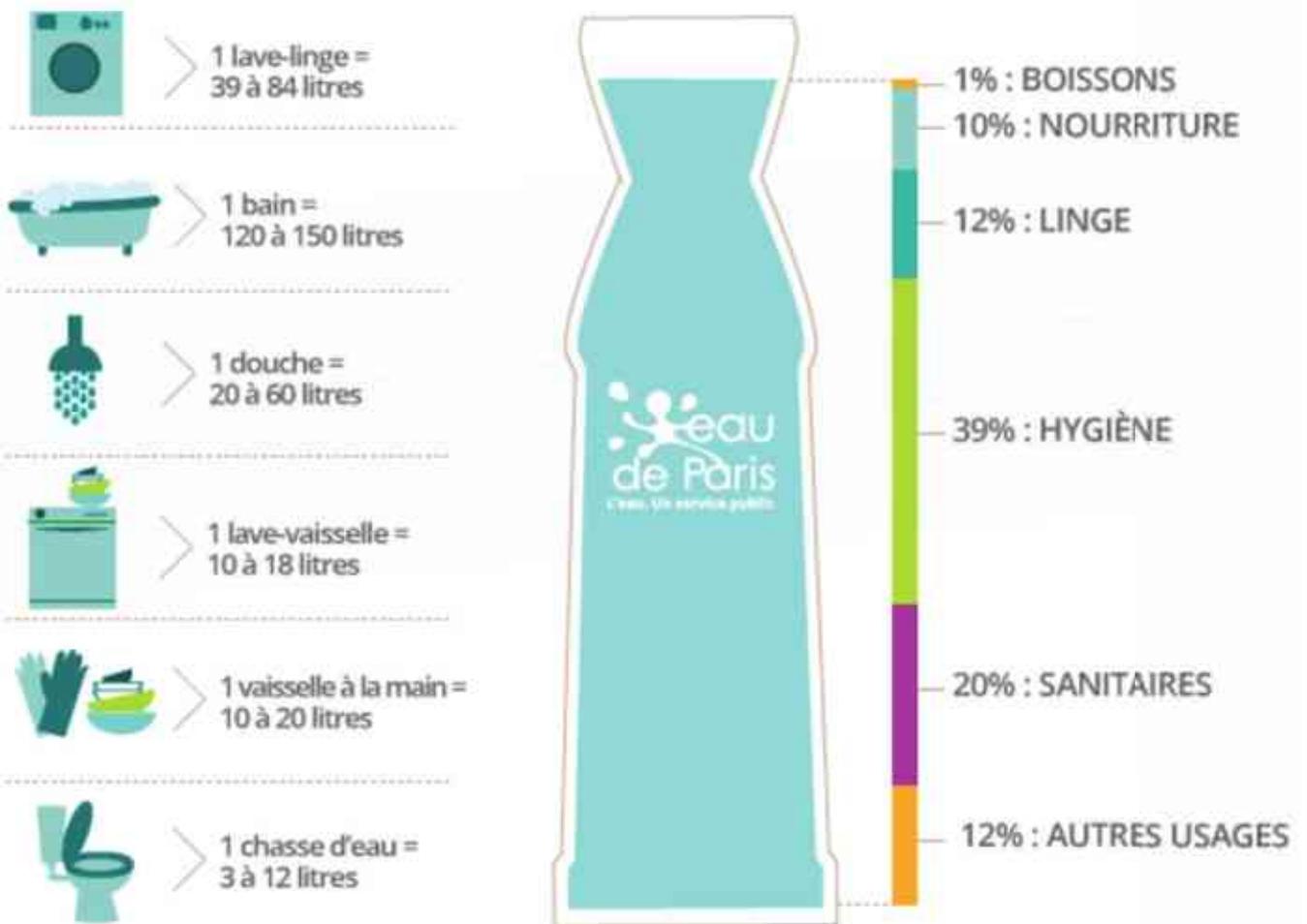


Figure 14 : Eau de Paris, Consommation de l'eau par les parisiens, schéma

## 2-Choix des typologies d'études

C'est sur la base de cette loi que nous avons choisi les bâtiments à étudier et ceux sur lesquels nous proposons une intervention afin, soit de créer un système de récupération d'eau de pluie et des eaux usées, soit d'en améliorer un déjà présent dans le fonctionnement du bâtiment. Nous avons choisi 4 typologies d'architecture, situées entre le quartier de l'Opéra et le 13<sup>ème</sup> arrondissement de la ville de Paris.

Dans un premier temps, l'écoquartier de la gare de Rungis est situé dans le sud du 13<sup>ème</sup> arrondissement. Nous avons choisi cet écoquartier comme typologie de base: **on la nomme TYPOLOGIE 4.** (figure 15) Écoquartier conçu après la loi de 2008 sur la récupération des eaux de pluies, il est très éco responsable et constitué de nombreux réservoirs et systèmes «verts» pour récupérer et réutiliser cet eau.

Par la suite, nous avons cherché à comparer cet écoquartier à une typologie opposée. Nous avons donc choisi les bâtiments haussmanniens. Nous avons étudié le circuit de l'eau dans un bâtiment typique haussmannien qui n'a pas subi de travaux de réhabilitation des systèmes de circuit de l'eau et qui est donc uniquement équipé d'un tout à l'égout et de gouttières redirigeant l'eau de pluie vers le sol et vers les bouches d'égouts. Aucune récupération de l'eau n'est observée sur cette typologie : **on la nomme TYPOLOGIE 1.** (figure 16)

Enfin nous avons recherché, des bâtiments moins remarquables mais conçus avant et après la mise en place de la loi sur la récupération de l'eau de pluie. Dans un champ de recherche élargi autour de l'écoquartier de Rungis, toujours dans le 13<sup>ème</sup> arrondissement, nous avons recherché des bâtiments qui pourraient nous intéresser. Un premier avec un système de récupération d'eau compris dans sa conception grâce à un toit végétalisé et un système de filtrage à base de couches absorbantes et filtrantes : **On la nomme TYPOLOGIE 3.** (figure 17) Et enfin un bâtiment sur lequel des grilles de filtrations et des pentes de toits ont été appliqués après construction afin de récupérer simplement par ruissellement et à l'aide de tuyauterie, l'eau de pluie tombant sur le toit : **on la nomme TYPOLOGIE 2** (figure 18)



Dessin personnel, localisation des typologies, carte de Paris et zoom sur le 13<sup>e</sup> et rue de l'opéra

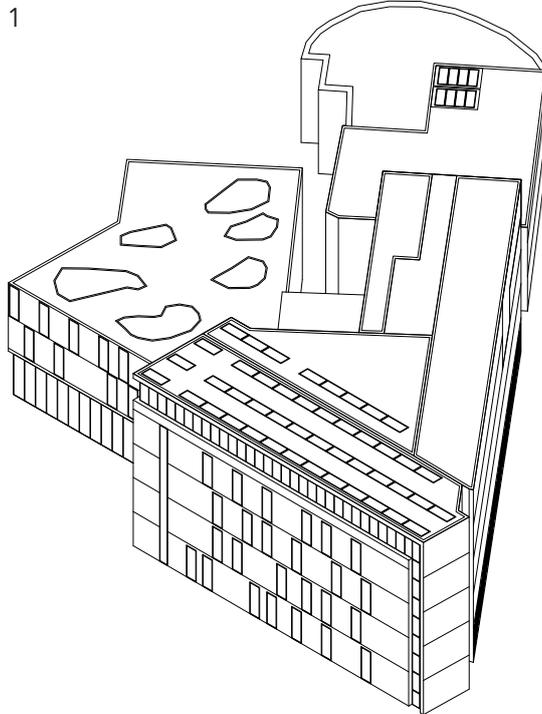


Figure 15 : Dessin personnel, Bâtiment de l'écoquartier, Axonométrie

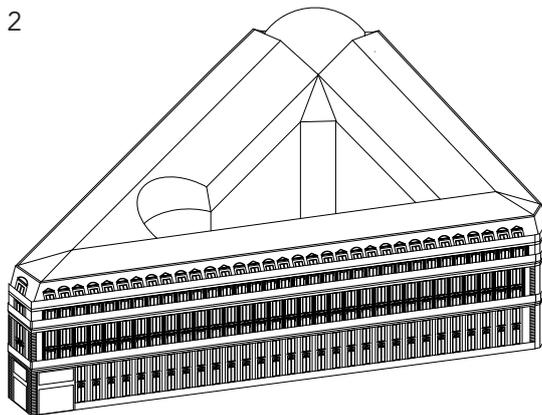


Figure 16 : Dessin personnel, Bâtiment Haussmannien, Axonométrie

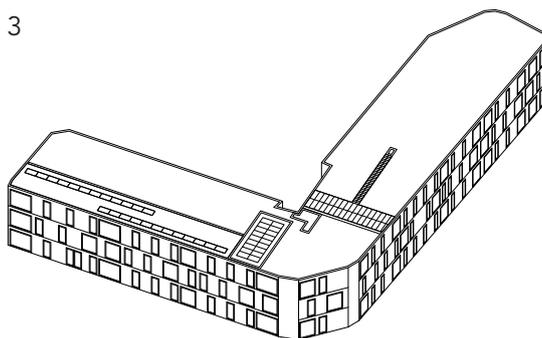


Figure 17 : Dessin personnel, Bâtiment après 2008, Axonométrie

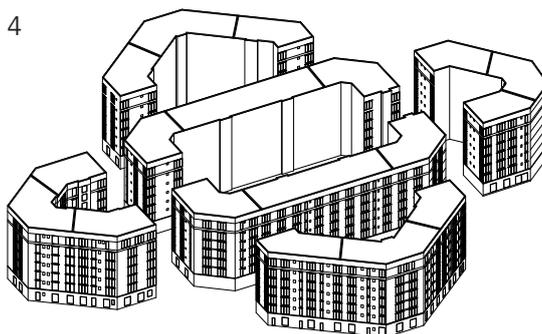


Figure 18 : Dessin personnel, Bâtiment avant 2008, Axonométrie

### 3-Le cycle de l'eau actuel

Après la détermination des 4 typologies d'architecture, nous avons réalisé une analyse du cycle de l'eau actuel.

Pour la première typologie, l'immeuble d'habitations haussmanniens ne connaît pas de système de récupération des eaux. L'immeuble est uniquement équipé d'un système de tout à l'égout assuré par différentes gouttières pour la plupart visibles en façade pour ce qui est des eaux de pluies et de tuyauteries internes pour ce qui est des eaux usées. Architecturalement on a pu observer que dans le quartier de l'Opéra certains des outils permettant la redirection de l'eau était adapté à l'architecture plus historique. En effet les bâtiments haussmanniens étant pour la majeure partie classés et pratiquement intouchable, installer des systèmes de récupération reste compliqué. (figure 19)

La seconde typologie, équipée de toits pentus et de grilles servant de première filtration pour les gros objets, feuilles, cailloux, etc a subi des travaux après la loi de 2008 pour la récupération de l'eau de pluie. En effet, le système de pente de toit et de grilles et tuyaux a été ajouté lors des travaux. (figure 20)

La troisième typologie, conçue après la mise en application de la loi de 2008, assure la filtration et la récupération de l'eau de pluie en toiture grâce à un toit végétalisé. Il existe beaucoup de types de toits végétalisés capables d'assurer la filtration de l'eau de pluie et sa récupération. Ici le système adopté est un système de couche de matières, plus ou moins filtrantes, étant à l'origine d'une filtration assez claire de l'eau afin qu'elle soit utilisée pour l'arrosage des jardins (uniquement floraux, pas potagers). (figure 21)

Et enfin la quatrième typologie, située dans l'écoquartier de la gare de Rungis, est conçue avec un toit végétalisé reposant sur un système de filtration à base de billes d'argile. L'eau récupérée par le substrat présent sur le toit est absorbée par plusieurs couches et enfin récupérée dans ces bacs ou l'argile par son pouvoir absorbant procédera à une autre phase de filtrage avant d'accumuler l'eau dans des réservoirs afin de l'utiliser dans ce cas de figure aussi pour l'arrosage des jardins floraux uniquement et non potagers. (figure 22)

L'ensemble de l'eau de pluie récupérée grâce à ces systèmes, permettra d'arroser les jardins privés, ce qui permettra un gain sur la consommation moyenne d'un parisien. Toute l'eau de pluie qui servira à arroser les jardins ne sera pas de l'eau potable qui nous manquera peut-être un jour.

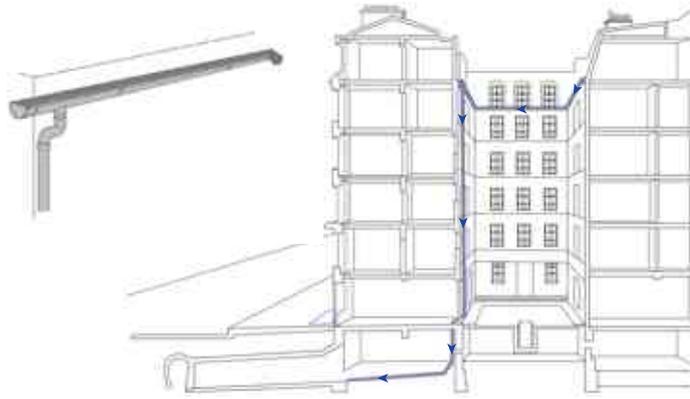


Figure 19 : Dessin personnel, Bâtiment Haussmannien, Coupe schématique

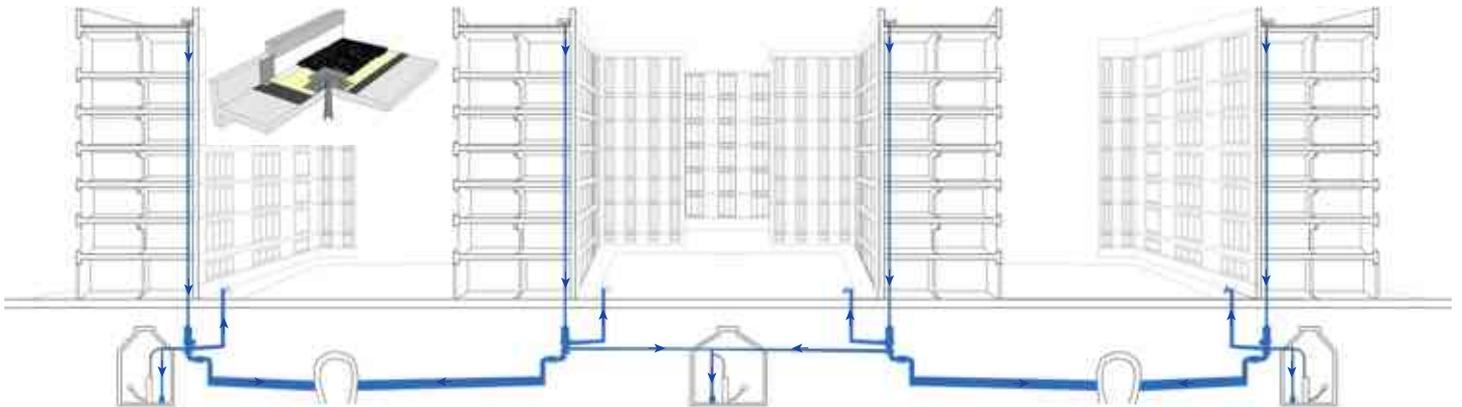


Figure 20 : Dessin personnel, Bâtiment avant 2008, Coupe schématique

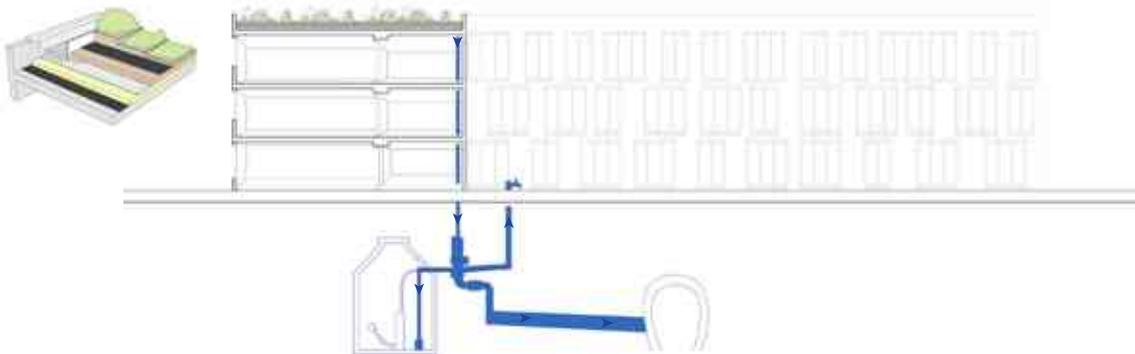


Figure 21 : Dessin personnel, Bâtiment après 2008, Coupe schématique

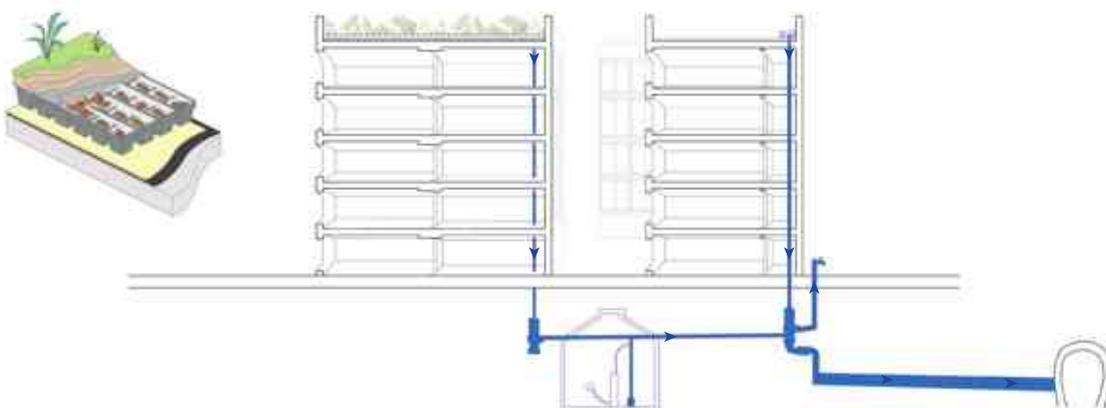


Figure 22 : Dessin personnel, Bâtiment de l'écoquartier, Coupe schématique

### III- DÉTAILS DE L'INTERVENTION

C'est après l'étude du cycle de l'eau actuel, que nous nous sommes demandés à quel niveau nous pourrions intervenir. La création d'un système de récupération et de réemploi de l'eau de pluie dans les bâtiments haussmanniens est apparue évidente. Cependant dans les typologies qui avaient déjà un système nous avons cherché à le développer, dans un premier temps en améliorant et en trouvant une solution de stockage plus importante mais aussi plus adaptée architecturalement parlant. Dans un second temps, nous avons cherché à rajouter des étapes aux cycles de l'eau, en utilisant cette eau plusieurs fois.

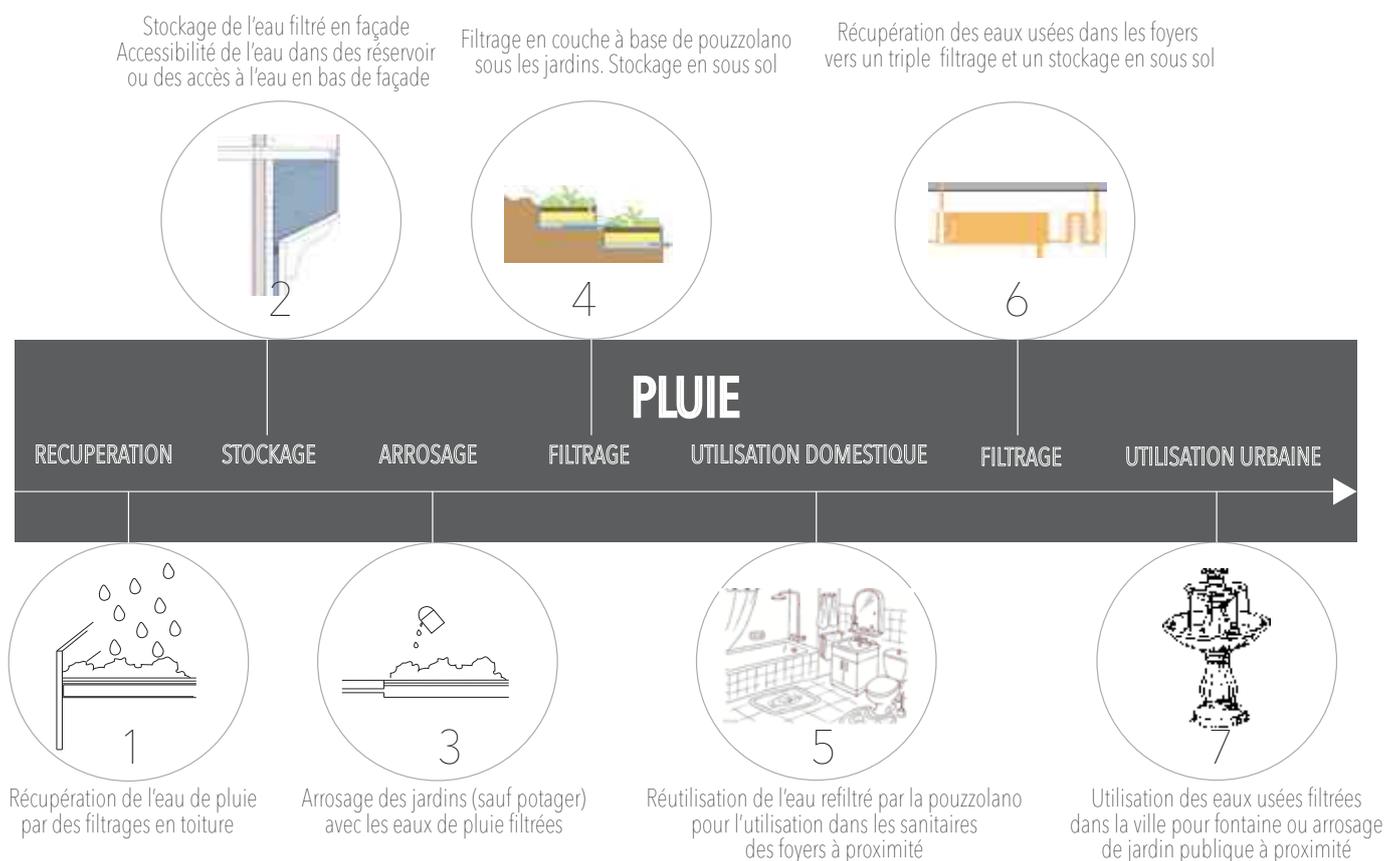


Figure 23 : Schéma personnel, Les étapes du nouveaux cycle de l'eau, Timeline de la succession des étapes

# 1-Schéma de l'intervention et nouveau cycle de l'eau

L'intervention s'organise en 7 étapes. (figure 23)

Étape 1 - D'abord l'eau de pluie est filtrée et récupérée en toiture grâce aux gouttières pour la typologie 1, aux grilles de filtration et aux pentes de toiture pour la typologie 2 et enfin grâce à des toitures végétalisées pour les typologies 3 et 4.

Étape 2 - Dans un second temps, après une première filtration, l'eau de pluie est stockée en façade grâce à des réservoirs plaqués contre les façades à hauteur de plancher à chaque niveau.

Étape 3 - Cette eau stockée est accessible au niveau du sol pour arroser les jardins privés des immeubles. qui stockent l'eau.

Étape 4 - L'eau d'arrosage des jardins ainsi que l'eau de pluie sont une seconde fois récupérées grâce à un système de filtrage à base de couches de pouzzolane situé en dessous des jardins. Cette eau est ensuite stockée sous les jardins grâce à des cuves directement connectées aux habitations.

Étape 5 - Elle sera utilisée pour les sanitaires, le lave linge, etc ce sera un gain en eau potable pour toutes ces utilisations.

Étape 6 - Les eaux usées après utilisation dans les sanitaires, et le lave-linge, sont récupérées en sous-sol pour être filtrées grâce à des filtres à cartouche, qui promettent une bonne filtration des eaux

Étape 7 - Enfin les eaux usées filtrées sont stockées en sous-sol au niveau des trottoirs et utilisées pour l'alimentation des services de la ville (fontaine à eau, arrosage publiques, etc ...) (figure 24,25,26 et 27)

Après tout ce parcours, les eaux qui ne peuvent être réinjectées sont envoyées aux égouts. Tout ce circuit implique la présence de pompes et une tuyauterie complexe au sein des immeubles. Nous utilisons la gravité afin de placer dans chaque tuyau descendant un système de turbine permettant d'alimenter ces pompes sans une augmentation de la consommation électrique des habitants. De plus l'organisation des tuyaux comprend des clapets directeurs qui en cas de trop plein dirige l'eau des réservoirs directement vers les égouts.



Figure 24 : Dessin personnel, Bâtiment Haussmannien, Coupe schématique du nouveau cycle

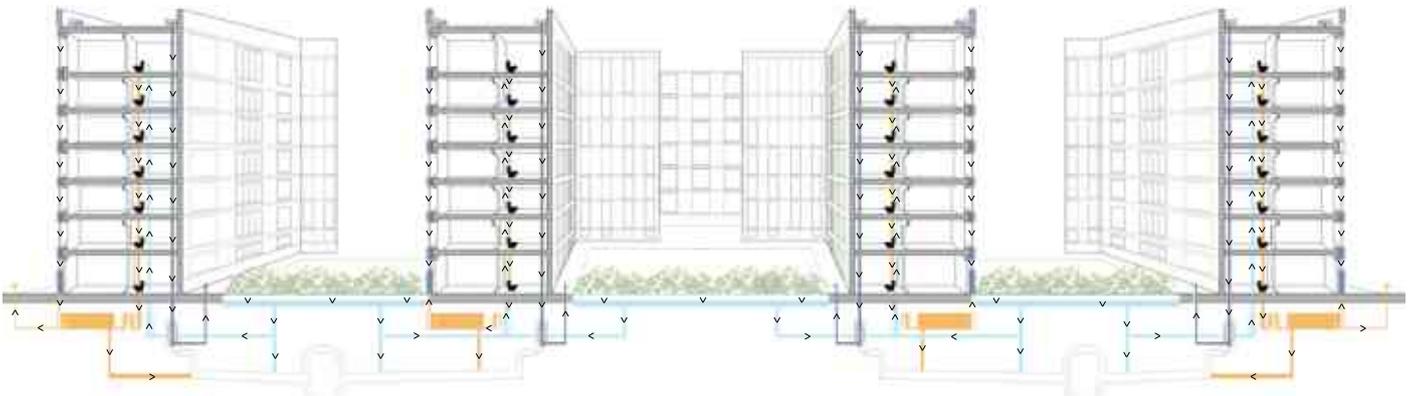


Figure 25 : Dessin personnel, Bâtiment avant 2008, Coupe schématique du nouveau cycle

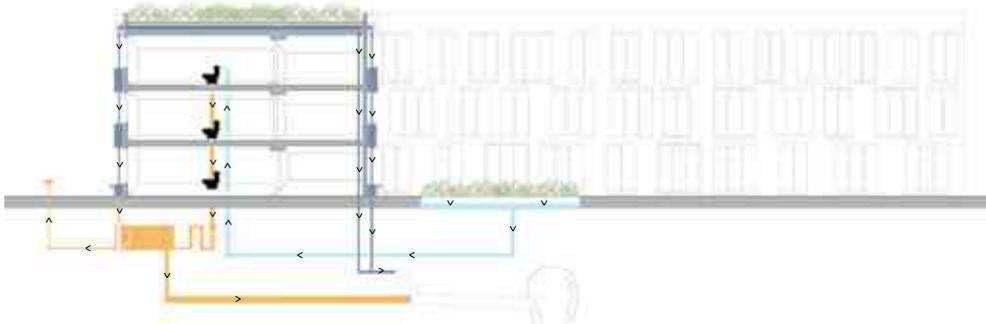


Figure 26 : Dessin personnel, Bâtiment après 2008, Coupe schématique du nouveau cycle

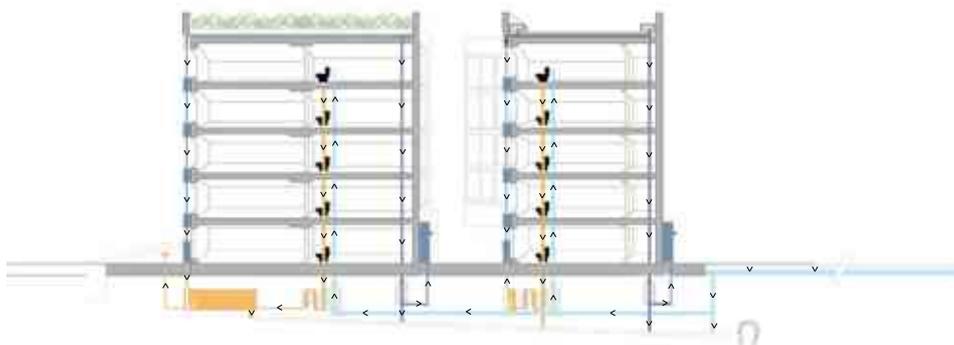


Figure 27 : Dessin personnel, Bâtiment de l'écoquartier, Coupe schématique du nouveau cycle

## 2-Les gains sur la consommation

Cette intervention aussi minime soit-elle se base sur le fait que plusieurs petites actions arrivent finalement à de bons résultats.

La pluviométrie de Paris est de 1,8 millimètre par jour pour 1m<sup>2</sup>. Une habitation haussmannienne telle que la typologie 1 qui a une superficie de toit de 2290 m<sup>2</sup> récupérerait 4122 L d'eau par jour. Cet immeuble, habité par 458 personnes, inscrit dans un nouveau circuit de l'eau permettrait une économie de 9 L d'eau chaque jour pour chaque habitant. Pour comprendre ces résultats d'un point de vue plus économique, à un prix de l'eau de 3,42 € /m<sup>3</sup> le francilien fera un économie de 11€ en moyenne sur les 150€ qu'il dépensait chaque année.

Plus généralement, si ce système était adapté à tous les immeubles qui composent la ville de Paris, 2 198 millions d'habitants seraient concernés par ces économies. Chaque jour 19 798 millions de litre d'eau potable seraient économisés et non puisées dans les nappes phréatiques et rivières déjà trop mises à contribution. Chaque année les franciliens économiseraient 24 713 millions d'euros sur leurs dépenses en eau. Eau de Paris aide chaque année 5 400 foyers à hauteur de 500 000 €, grâce à ce système il économiserait environ 178 800 € chaque année à investir par exemple dans le financement de l'installation de ces systèmes sur une plus grande partie d'immeuble dans tout Paris. L'État réaliserait également des économies car il finance aujourd'hui près de 20% du prix de l'eau. Il gagnerait 4 942 millions d'euros qu'il pourrait également utiliser pour aider l'installation de ce nouveau circuit dans les logements.

## 3-Visuel de l'intervention

Architecturalement, l'intervention aurait forcément un impact sur le visuel du projet. Les réservoirs de façade visibles de la rue sont étudiés pour épouser au mieux la forme du bâti. De plus, une accessibilité à l'eau plus importante peut permettre une plus grande végétalisation des espaces publics, même en plein cœur de Paris, les bâtiments haussmanniens pourraient grâce à ce projet voir leurs balcons et leurs abords plus verts. Ce qui influencerait forcément positivement sur la perméabilité des sols dans la ville, mais aussi sur l'oxygénation de la ville. Plus de vert, plus d'oxygène ...

(figure 28 et 29)



Figure 28 : Dessin personnel, Façade Haussmannienne avant l'installation, Élévation



Figure 29 : Dessin personnel, Façade Haussmannienne après l'installation, Élévation

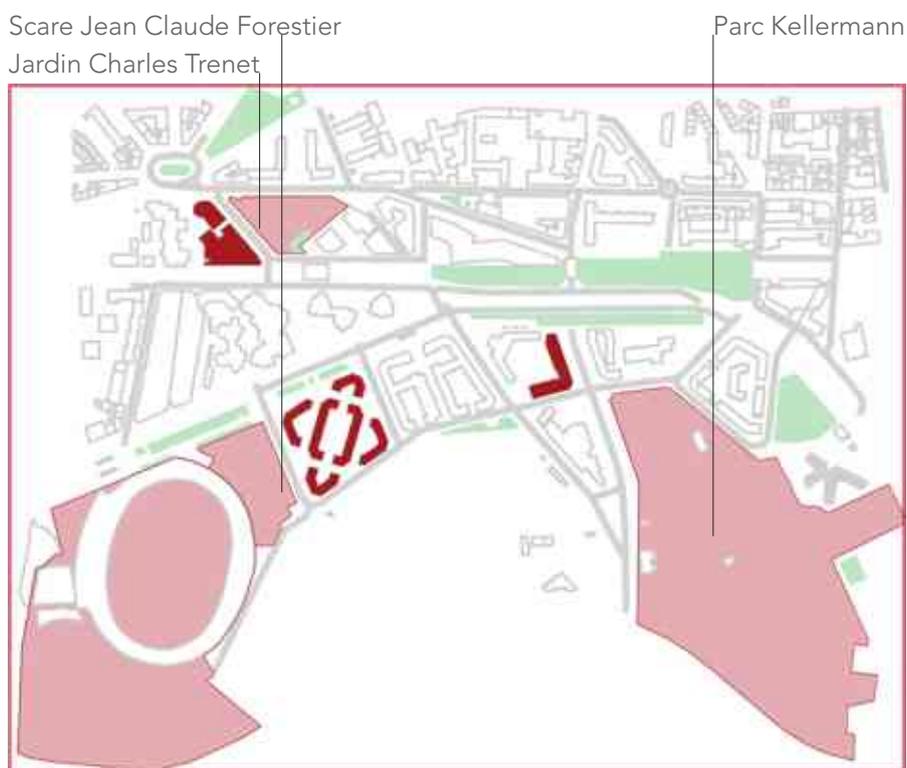
## IV- EXTENSION AUX ESPACES VERTS EXPLOITABLES

Pour finir, la quatrième étape de notre intervention nous a ouvert la voie vers une extension de celle-ci. En effet, les recherches de filtration naturelle, nous ont amené à la phytoépuration, rapidement abandonnée par manque d'espace mais nous sommes inspirées afin d'exploiter les espaces verts à proximité des typologies 2,3 et 4.

### 1-Identifications des espaces verts exploitables

Pour ce qui est de la typologie 4, l'écoquartier était déjà pensé avec un espace vert composé d'un bassin de stockage de l'eau en cas de forte pluviométrie. C'est sur ce principe que nous nous sommes basés. Nous avons donc cherché à proximité des bâtiments de la typologie 2 et 3 des espaces verts sous lesquels il serait possible de mettre en place le système de filtrage à base de pouzzolane, afin de récupérer l'eau d'arrosage ainsi que l'eau de pluie. Mais il nous fallait aussi un espace suffisant pour stocker toutes les eaux récupérées (des sortes de nappes phréatiques artificielles, et à la surface).

Nous avons donc choisi le square Jean-Claude Nicolas Forestier pour la typologie 2, le parc Kellerman pour la typologie 3 et le jardin Charles Trenet inauguré en 2015 pour la typologie 4 au sein de l'écoquartier de la gare de Rungis. (figure 30)



**Figure 30 :** Dessin personnel, repérage des jardin exploitable pour la récupération des eaux , Carte du 13e arrondissement

## 2-Adaptation du projet à plus grande échelle

C'est donc au sein de ces jardins et parcs publics que nous avons choisi d'étendre notre intervention. Le but étant que l'eau qui va être filtrée par la pouzzolane sous les jardins aille directement alimenter les sanitaires, lave linge etc dans les habitations des typologies alentour. Elles rejoindraient donc la 5<sup>ème</sup> étape et deviendraient alors des eaux usées (étape 6). Cette plus grande superficie permettrait une récupération plus importante des eaux de pluie sur une surface de 101 020 m<sup>2</sup> soit 181 836 litres d'eau récupérés chaque jour. Considérant un nombre d'habitants de 3 478 dans les trois dernières typologies on aurait une économie en eau de 52L par habitant soit 65€ chaque année en plus de l'économie déjà réalisée avec les jardins privés et les stockages en façade.

De plus, cette intervention dans les jardins et parcs publics est à l'origine d'une certaine modification du paysage. Des rivières et des étendues d'eau artificielles vont venir les redessiner, en s'adaptant à la pluviométrie, plus il pleut, plus les réservoirs se rempliront. (figure 31, 32 et 33)

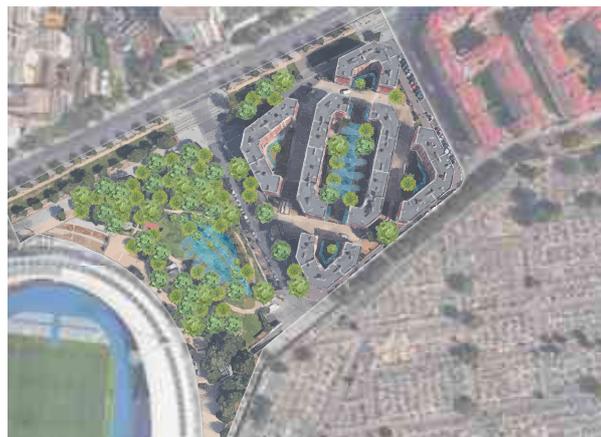
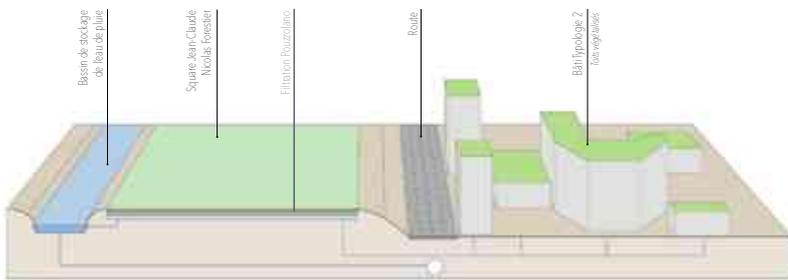


Figure 31 : Dessins personnels, intervention sur le square Scare Jean Claude Forestier, coupe schématique plan

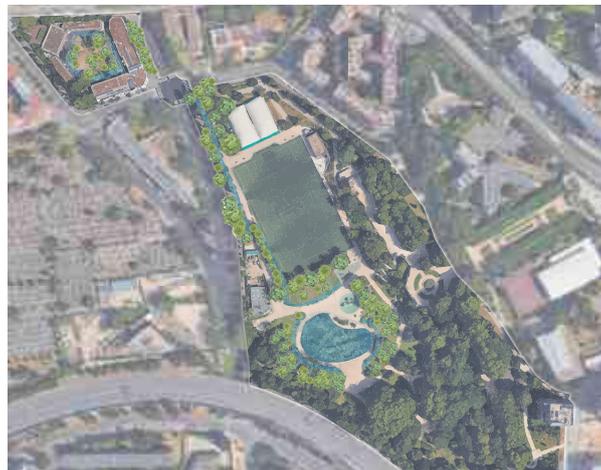
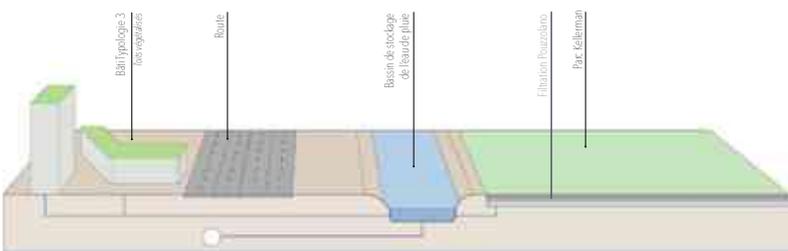


Figure 32 : Dessins personnels, intervention sur le Parc Kellermann, coupe schématique plan

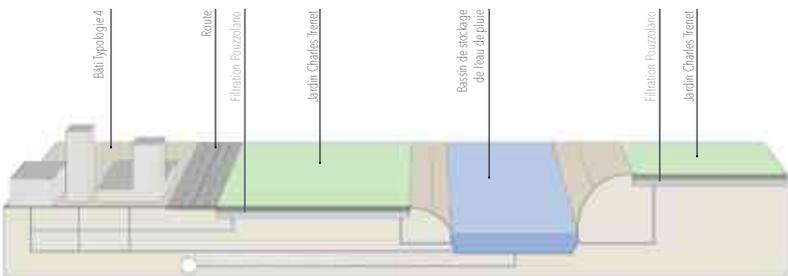


Figure 33 : Dessins personnels, intervention sur le Jardin Charles Trenet, coupe schématique plan



L'eau est une ressource primordiale au confort de vie dans les foyers. Son approvisionnement est assurée à part égale par le prélèvement des eaux souterraines et des eaux dites superficielles issues de la Seine et des rivières. Ainsi les habitants de la capitale disposent d'une quantité d'eau suffisante pour satisfaire leurs besoins mais cet élément n'est pas illimité.

Un facteur important qui n'est que peu exploité à Paris est l'eau de pluie. Ce projet propose d'imaginer un nouveau cycle de récupération des précipitations.

Les systèmes pensés sur la base d'une récupération optimale de l'eau de pluie permettent, après investissement, une économie conséquente pour les habitants de Paris qui pourraient être aidés par l'État. En effet, ce dernier est également bénéficiaire de ce nouveau circuit pour deux raisons. Dans un premier temps il réalise des économies importantes sur les aides qu'il apporte aux habitants et dans un second temps cet eau récupérée finit son cycle dans les espaces publics qui nécessitent une grande quantité d'eau. Cette dernière étape d'exploitation de l'eau de pluie est primordiale au bon fonctionnement du projet. Elle permet à l'eau de se réintroduire dans le circuit classique du cheminement des eaux parisiennes.

Les économies financières permettent principalement de justifier le coût de l'installation d'un tel circuit. Pour autant l'enjeu principal de ce projet n'est pas économique. En effet comme évoqué précédemment l'eau douce est loin de manquer sur la planète mais la surexploitation de certaines sources pose problème. Les réserves d'eaux souterraines sont renouvelables mais lorsqu'on puise plus d'eau qu'il n'en rentre par infiltration, la réserve disparaît peu à peu. De plus, dans la région d'Île de France, la pollution de ces nappes phréatiques est de plus en plus importante à cause des exploitations agricoles. La ressource est de plus en plus concentrée en nitrate et subit plus de traitements pour entrer dans les réseaux d'eau potable parisiens. Ce nouveau circuit permettrait de diminuer l'exploitation des réserves souterraines et par conséquent diminuer le besoin en usines de pompage et de filtration.