

DÉSIMPÉRMÉABILISER PARIS

SOL ET POROSITÉ

LAETITIA BEAUCHEF
YOUSSEF TIBOURKI

D7 : PARIS, VILLE HYDRAULIQUE : REDESSINER LA VILLE AVEC L'EAU
L'EAU DANS LA VILLE

ENCADRANTS: J.F COULAIS, AYDA ALEHASHEMI
2020-2021



L'EAU DANS PARIS

Paris est une ville avec une forte densité urbaine, très minérale et très imperméabilisée. Elle est en retard par rapport à d'autres villes européennes comme Rotterdam ou Copenhague concernant les problématiques liées à la perméabilité de ses sols et leur porosité. Nous cherchons à travers ce projet à mettre en avant des stratégies d'intervention volontairement radicales.

Ce sujet a soulevé de nombreuses problématiques. Comment renaturer les coeurs de ville ? Quelle place pour la biodiversité dans les espaces urbains ? Comment gérer les eaux pluviales face à l'imperméabilisation des sols ? Quelles solutions pour lutter contre l'imperméabilisation des sols en milieu urbain ?

L'objectif principal de notre stratégie d'intervention afin de répondre à ces problématiques répond à une volonté de désimpermeabiliser la ville de Paris. Pour ce faire, nous avons identifié les parties les plus minérales de la capitale, qui sont notamment le 9eme et 1er arrondissements. Il a fallu ensuite déterminer une série de situations urbaines différentes des points de vue de la topographie, de la circulation de flux, de la voirie et de l'écoulement naturel de l'eau. Ces diverses typologies nous permettent de nous confronter à une variété d'espaces urbains, de la petite ruelle au boulevard en passant par le square, ce qui permet d'appliquer ces dispositifs à diverses parties de la capitale.

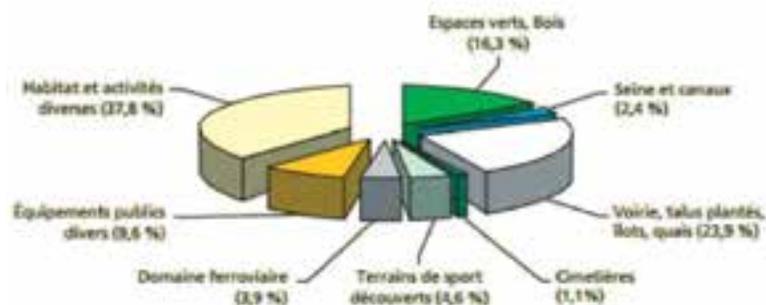
Nous avons déployé plusieurs manières d'intervenir sur la ville en prenant en compte à la fois la qualité spatiale, la topographie et l'impact du comportement de l'eau. Ainsi, notre stratégie évolue d'un site à l'autre: ralentir l'eau lorsque la topographie est marquée par la pente, la stocker et la collecter dans un site en cuvette, ou encore la transporter quand le terrain est plat, avec pour objectif de canaliser les eaux pluviales depuis le boulevard de Clichy jusqu'à la Seine. Au-delà des qualités de désimpermeabilisation, nous avons eu la volonté d'interpréter le problème de la porosité des sols en rendant visible l'eau. Ces stratégies vont valoriser les espaces publics urbains et leur apporter une qualité par la création de nouveaux lieux de vie et d'interaction, plus verts et paysagers, plus conviviaux et à l'épreuve du climat.

LA DENSITÉ URBAINE DU SOL...

La principale spécificité du territoire de Paris est sa densité urbaine. Cette compacité contribue à faire de Paris une ville particulièrement minérale et imperméabilisée. Il reste peu d'espaces libres et les voiries présentent pour la plupart une largeur très importante destinée à porter une circulation intense. La forte densité urbaine conduit à un haut niveau d'imperméabilisation des sols (revêtements étanches sur les chaussées, trottoirs, et les cours intérieures).

Il faut aussi souligner que les espaces verts présentent en général d'importantes surfaces minérales drainées et que leurs rejets pluviaux sont loin d'être négligeables. La qualité de ces espaces végétalisés constitue également un enjeu fort d'amélioration du cadre de vie.

Répartition de l'occupation des sols à Paris (source: IAU-IDF)



Carte du réseau d'assainissement parisien



Les flèches représentent les collecteurs drainant les déversoirs d'orage et assimilés au réseau pluvial



Coupe perspective du sous-sol parisien

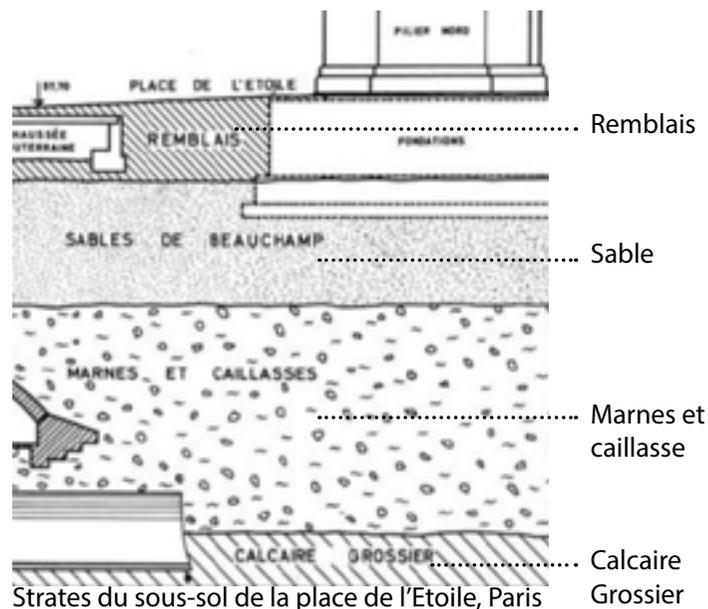
...ET SOUS-SOL PARISIEN...

Afin de mettre en place des dispositifs il faut en premier lieu comprendre les potentialités poreuses et par conséquent la composition de l'occupation du sol et sous-sol de Paris, ainsi que le cheminement de l'eau naturelle en fonction de la topographie de sorte à intervenir en conséquence sur chaque site. La zone où nous souhaitons intervenir est constituée de remblais, sable, marnes et caillasse et enfin de calcaire grossier.



Carte de la topographie de Paris

Ce type de sol permet d'absorber l'eau pluviale sans créer de fragilité au niveau du sol car la zone de remblais ne dépasse pas 3m de profondeur. Actuellement, les égouts récupèrent entièrement l'eau pluviale, notre stratégie d'intervention générale permettrait de désengorger les réseaux en répartissant l'absorption de l'eau avec son infiltration dans le sol et la végétation.



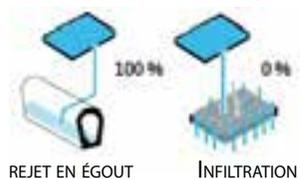
...UNE DIFFICULTÉ POUR L'INFILTRATION DE L'EAU

Afin de mettre en place des dispositifs il faut en premier lieu comprendre les potentialités poreuses et le cheminement de l'eau naturelle en fonction de la topographie de chaque site.

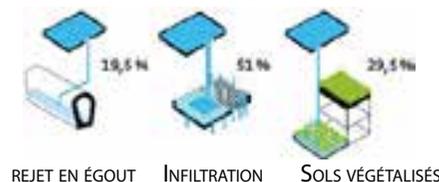
Le traitement de l'eau de pluie à la source peut prendre différentes formes, l'infiltration, la rétention d'eau en vue de son utilisation ou sa restitution à débit limité dans le réseau ou pour favoriser une évapotranspiration.

Plusieurs types de dispositifs peuvent être mis en oeuvre à Paris comme les surfaces poreuses végétales (noue), minérales (tranchées d'infiltration), les puits, les voiries infiltrantes, voiries-réservoir ou bassins, mais également les aménagements où l'eau pluviale reste visible de façon temporaire (jardin de pluie) ou permanente (trame d'eau).

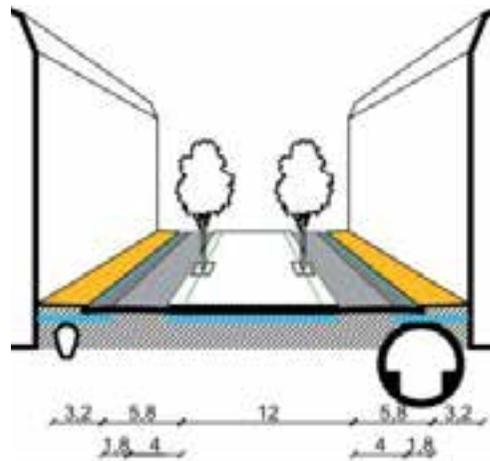
ETAT EXISTANT (PUBLIC ET PRIVÉ)



ETAT PROJÉTÉ (PUBLIC ET PRIVÉ)

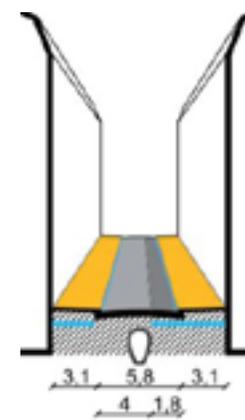


SITE 1 : LE BOULEVARD DE CLICHY



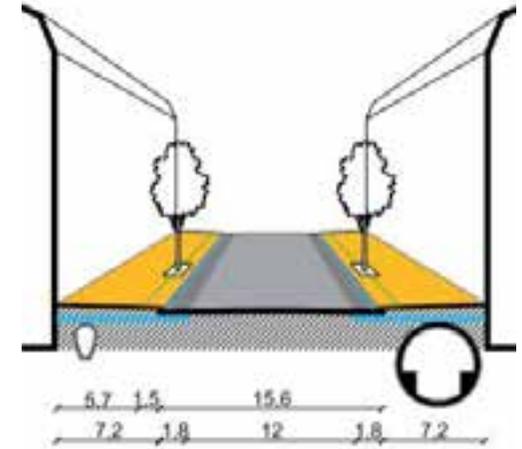
| | |
|--------------------------|-----|
| Chaussée : | 27% |
| Stationnements : | 12% |
| Trottoirs : | 61% |
| Potentiellement Poreux : | 73% |

SITE 2 : RUE DE LA TOUR DES DAMES



| | |
|--------------------------|-----|
| Chaussée : | 33% |
| Stationnements : | 15% |
| Trottoirs : | 52% |
| Potentiellement Poreux : | 67% |

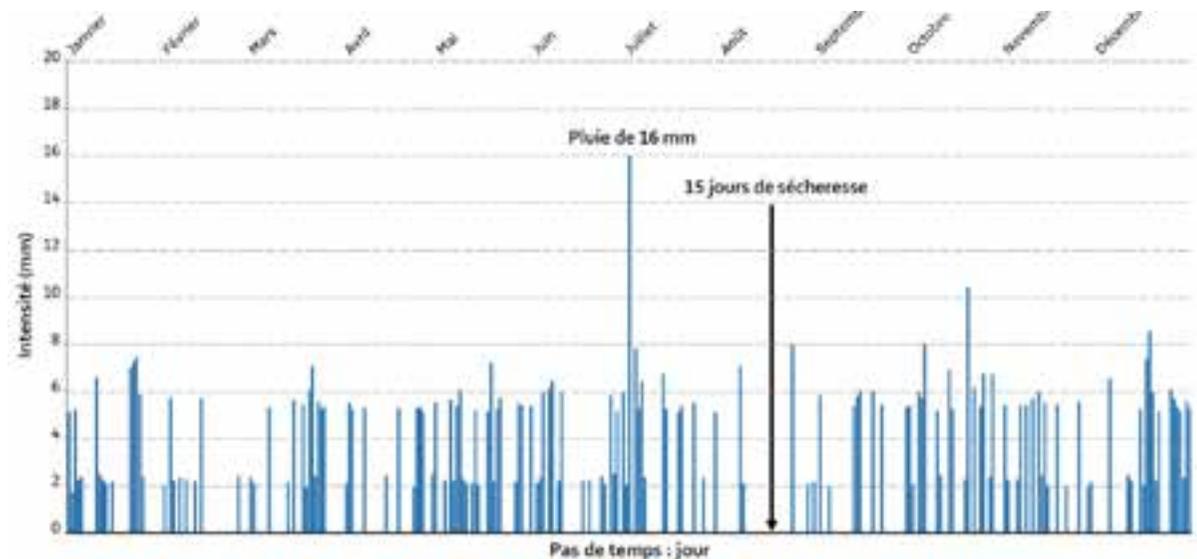
SITE 6 : AVENUE DE L'OPÉRA



| | |
|--------------------------|-----|
| Chaussée : | 40% |
| Stationnements : | 12% |
| Trottoirs : | 48% |
| Potentiellement Poreux : | 60% |

Largueur des voies en fonction du rapport entre les espaces de circulation des piétons et des voitures

PLUVIOMETRIE PARIS



MATÉRIALITÉS DES SOLS IMPERMÉABLES EXISTANTS



Trottoir en asphalte



Trottoir en dalles de granit



Chaussée en béton bitumineux



Stabilisé dans un square



Chaussée en pavés de granit "à l'ancienne"

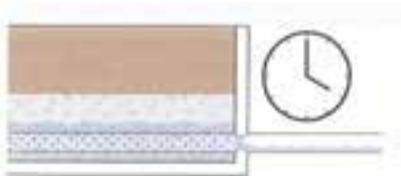


Rue piétonne en pavés de granit scié



DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'INTERVENTION EN ZONE URBAINE...

Détention provisoire



Collecter et retenir l'eau de ruissellement dans des équipements de stockages ou systèmes végétaux avant de graduellement les relâcher dans les réseaux.

Rétention



Capter et retenir l'eau sur site afin de réduire les eaux de ruissellement vers les égouts. L'eau ensuite s'évapore, transpire, ou s'infiltré à travers le sol.

(bio)filtration



Retirer des particules et autres polluants en filtrant les eaux de ruissellement à travers des matériaux poreux tel que le sable, la terre ou d'autres filtres.

Infiltration



Absorber les eaux de ruissellement à travers le sol.



Rue résidentielle - Existant

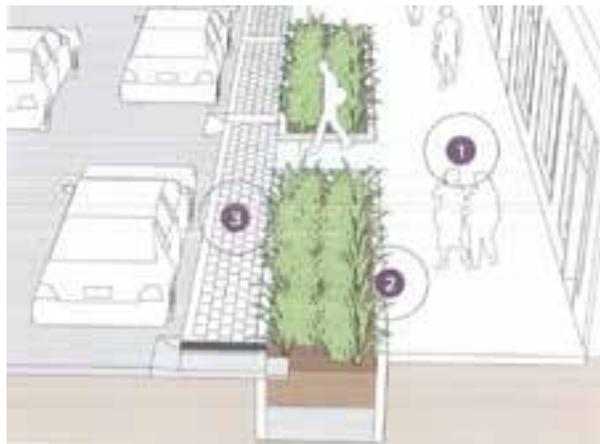


Rue résidentielle - Reconstruction

...AMÉLIORATION DE LA POROSITÉ DES SOLS...



Installation de rétention d'eau avec des côtés verticaux murés, zone à fond plat et une grande capacité de surface pour capturer, traiter et gérer le ruissellement des eaux pluviales.



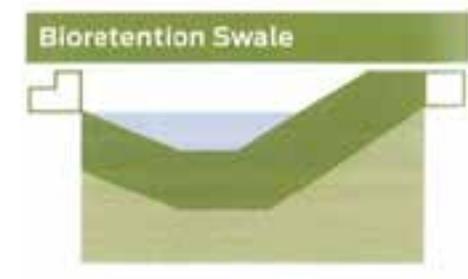
Philadelphie



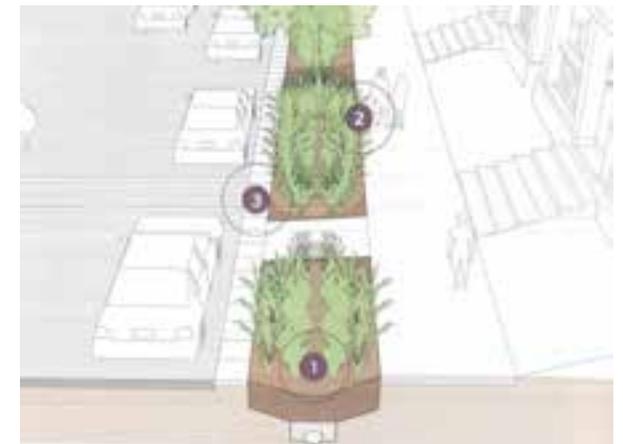
Capter et traiter le ruissellement des eaux pluviales. Eliminer les polluant en utilisant des matières végétales pour s'infiltrer et favoriser le règlement des particules.



Seattle, WA

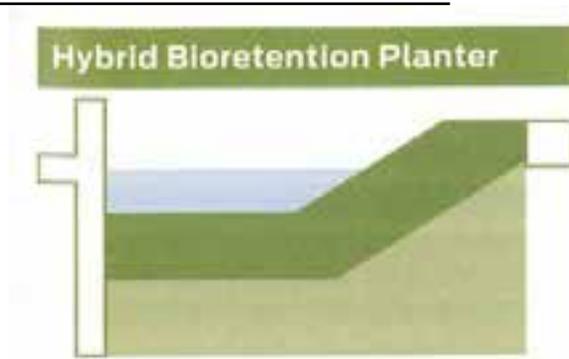


Installation de biorétention peu profond avec des côtés en pente de tous les côtés de l'installation, conçue pour capturer, traiter et gérer le ruissellement des eaux pluviales d'une zone contributive.



Seattle, WA

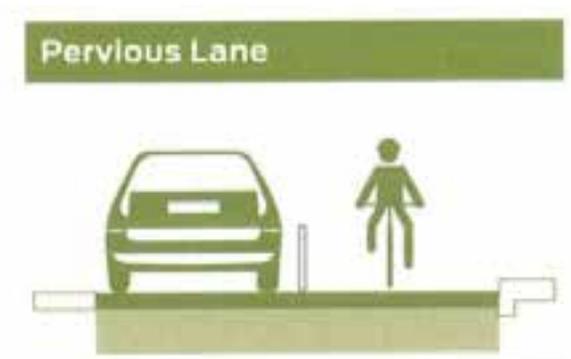
... PAR DES DISPOSITIFS DE DÉSIMPÉRMÉABILISATION



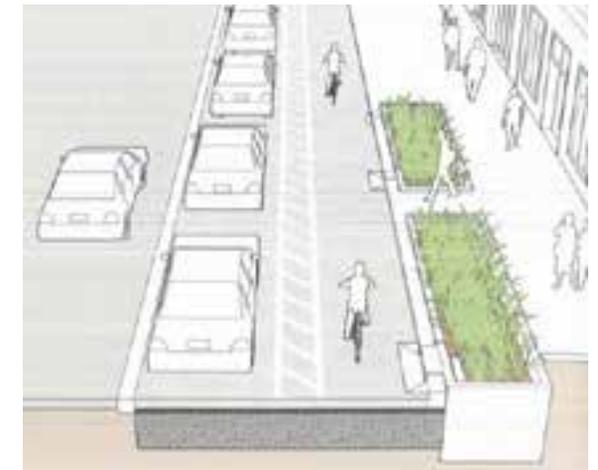
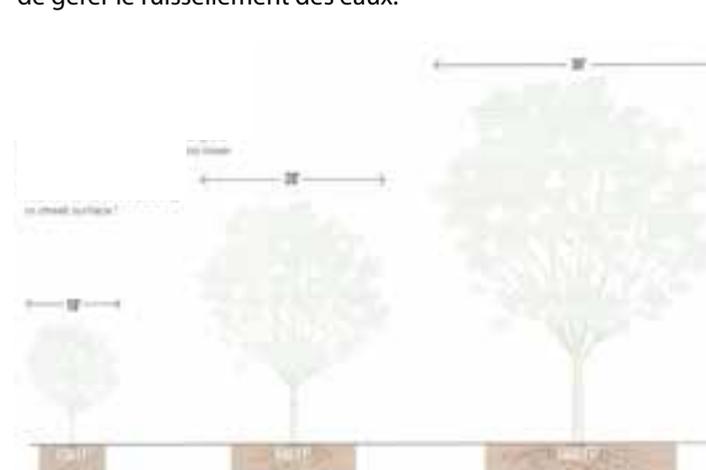
Installation de biorétention avec une paroi verticale et des pentes latérales nivelées.



Arbre planté dans un puits fossé, pour maximiser la rétention des eaux pluviales, généralement situé proche de la gouttière de la rue permettant à l'arbre de gérer le ruissellement des eaux.



Renvoie aux matériaux perméables et poreux (béton perméable, asphalte poreux, pavés de béton) pour permettre le passage de l'eau dans le sol.



Portland



Seattle, WA



Indianapolis

MATÉRIALITÉ DES SOLS DRAINANTS



Pelouse



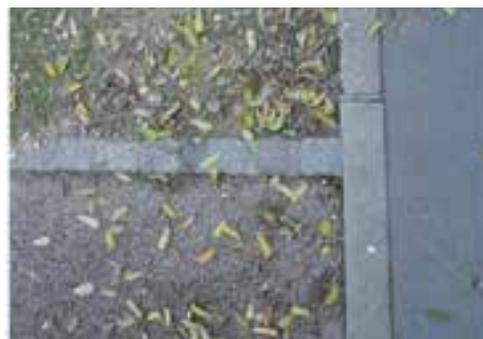
Exemple d'enrobé drainant



Désimpermeabilisation d'un sol à Berlin



Tranchée continue d'arbres



Permeaway



Pavés à joints gazonnés



Pavés à joints engazonnés

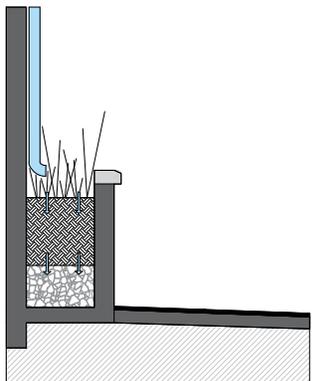


Béton poreux

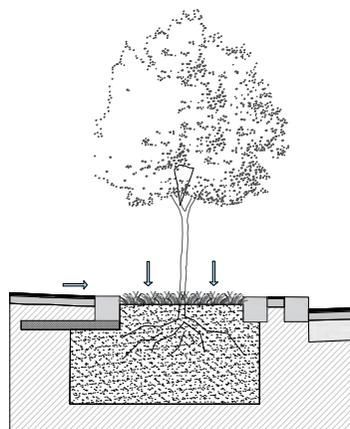


Chaussée avec caniveau central en pavé poreux

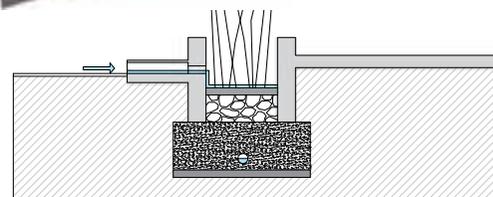
SYSTÈMES DE PERMÉABILITÉ



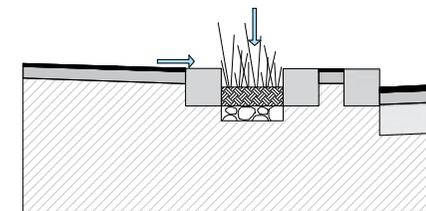
Coupe de principe de jardinière de pied de bâtiment



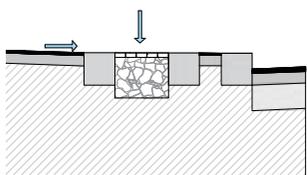
Coupe fosse d'arbre décaissée



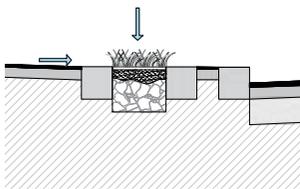
Coupe tranchée drainante prémisses d'une noue sur trottoir



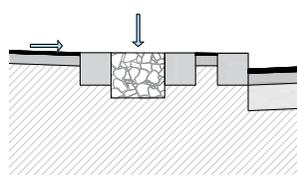
Coupe tranchée drainante plantée /



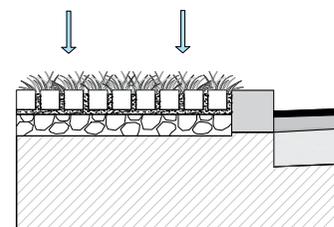
Coupe tranchée drainante pavés poreux



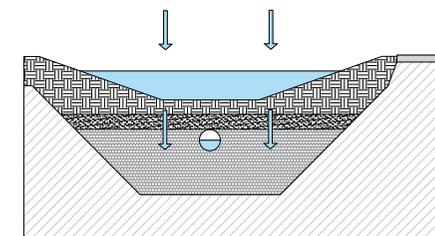
Coupe tranchée drainante GAZON



Coupe tranchée drainante galet

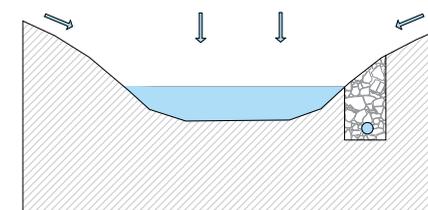
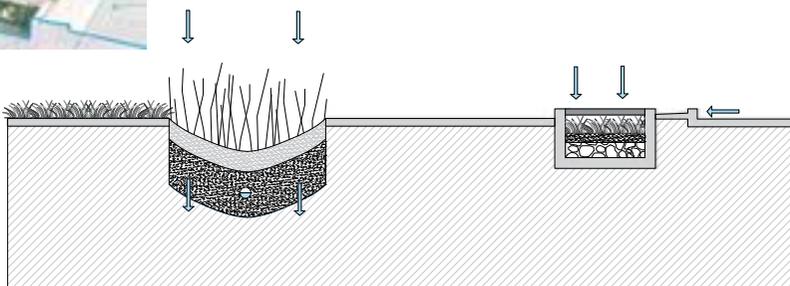


Coupe de principe d'un revêtement en pavés joints engazonnés

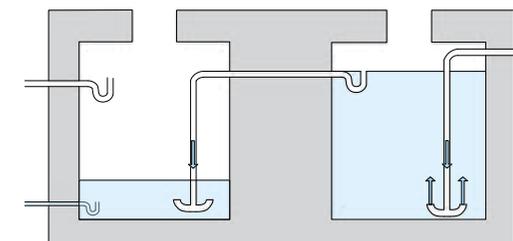


Coupe d'une noue

Coupe fossé végétalisé et tranchée drainante gazonné



Coupe d'un bassin de rétention d'eau



Coupe citerne de rétention et de récupération

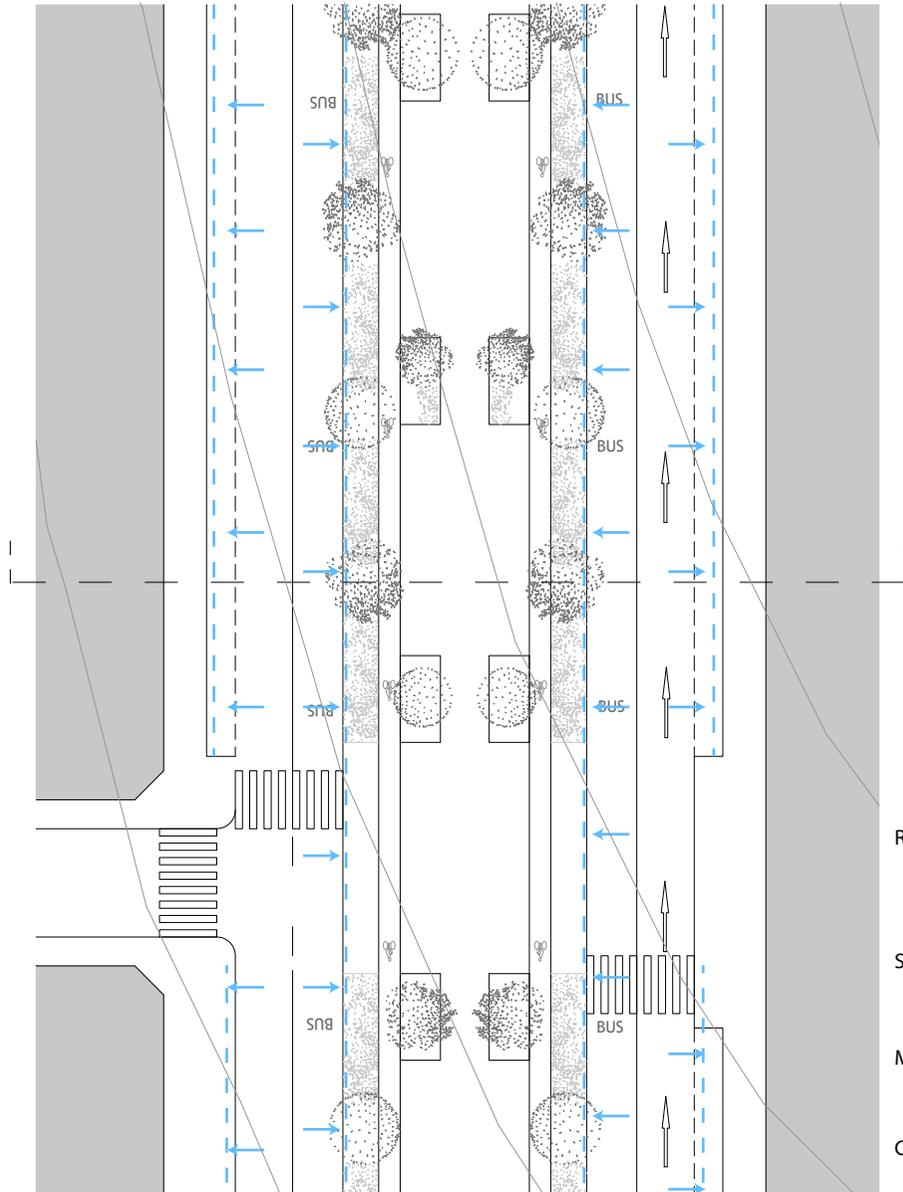
BOULEVARD DE CLICHY

Le boulevard de clichy a pour seul espace perméable les arbres plantés qui ne récupère que peu d'eau lors d'intempérie dû à sa topographie en pente. Sa typologie nous a poussées à développer une stratégie d'intervention qui traite le ruissellement initial. D'une part on facilite la filtration de l'eau à travers les plantes, en augmentant la superficie végétale au centre de la promenade mais également en substituant les espaces de stationnement par une allée d'arbres plantés. D'autre part en utilisant des enrobés drainant, comme le béton poreux, pour les trottoirs et les pistes cyclables. Enfin on crée un système de détention et stockage d'eau. Ces espaces sont conçus pour l'interaction sociale pendant les périodes sèches et la gestion des eaux pluviales pendant les épisodes de pluie. Les bassins secs pourraient servir d'aires de jeux pour les enfants, l'espace de végétation à proximité pourrait servir d'aire d'attente aux arrêts d'autobus. Plusieurs déclinaisons de cette typologie pourraient être développées de manière à s'intégrer aux activités environnantes et aux utilisateurs.



ESPACES EXISTANTS

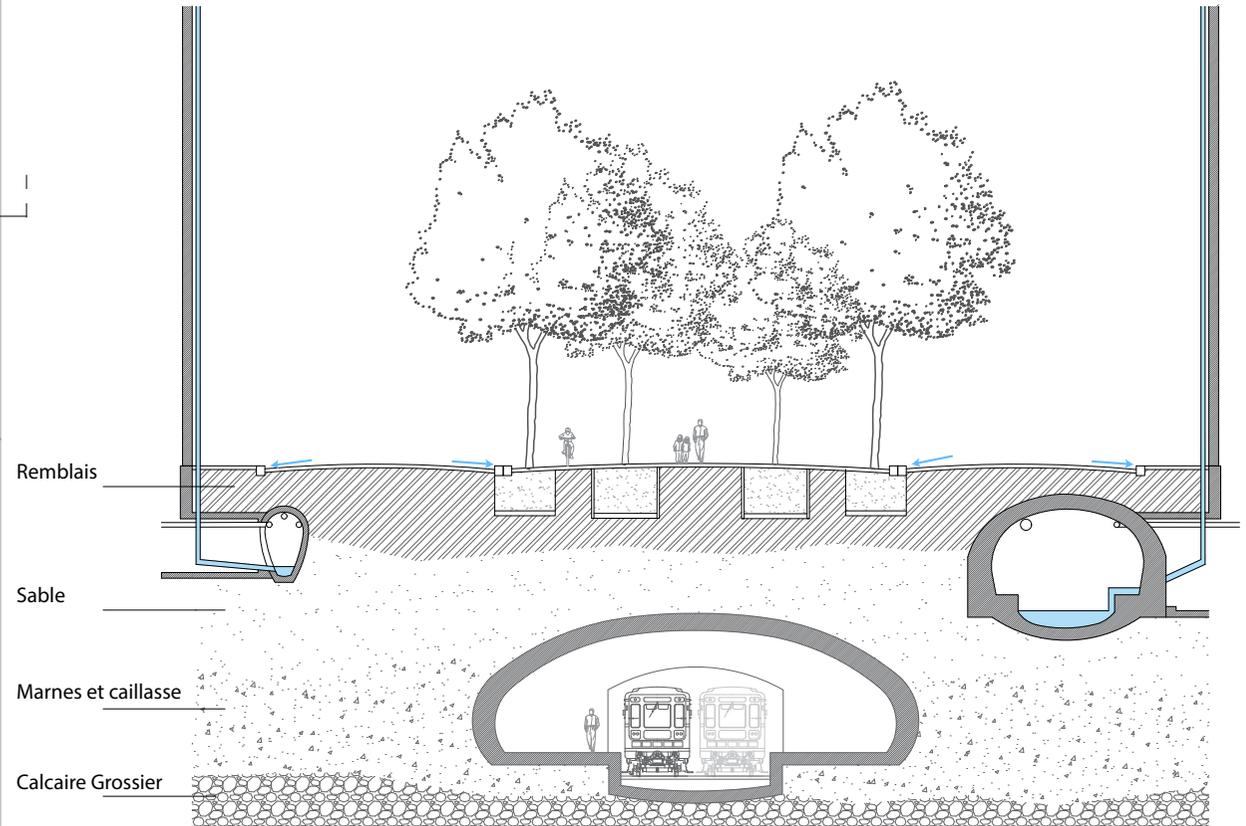
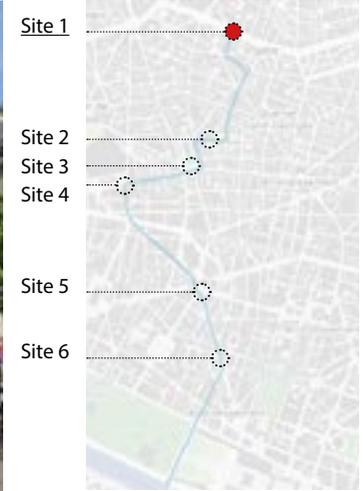
Site 1 : Le Boulevard de Clichy



Plan boulevard clichy existant, circuit de l'eau



Photo boulevard clichy actuellement



Coupe boulevard clichy existant, circuit de l'eau

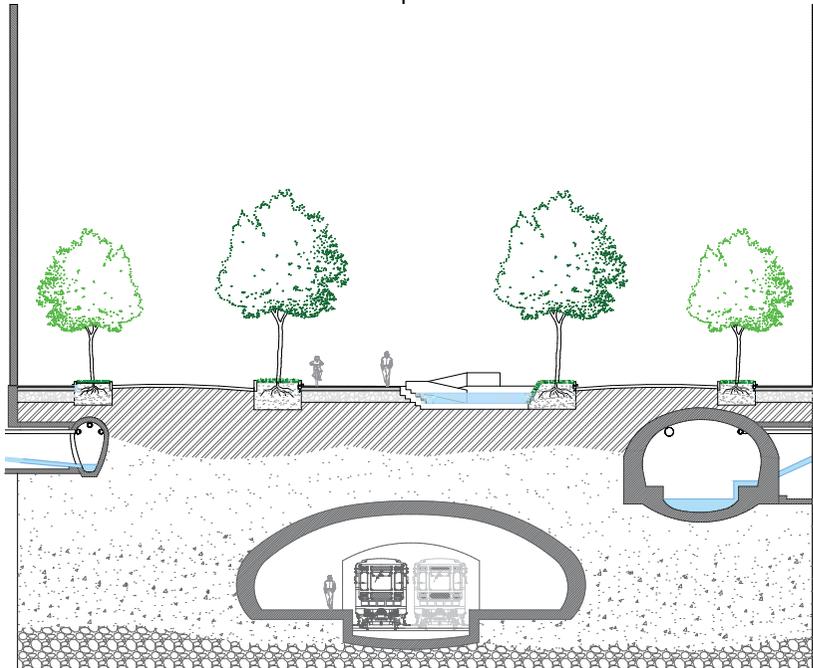
TYOLOGIES D'INTERVENTION

Site 1 : Le Boulevard de Clichy

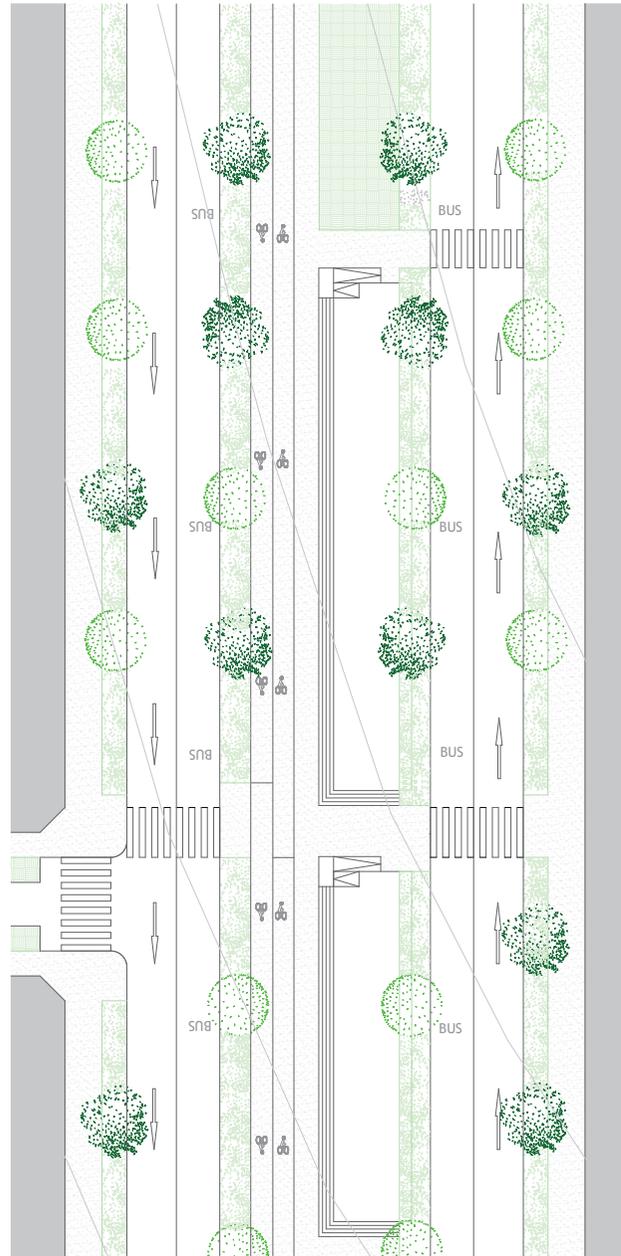
Topographie : Pente

Système d'intervention : Stocker

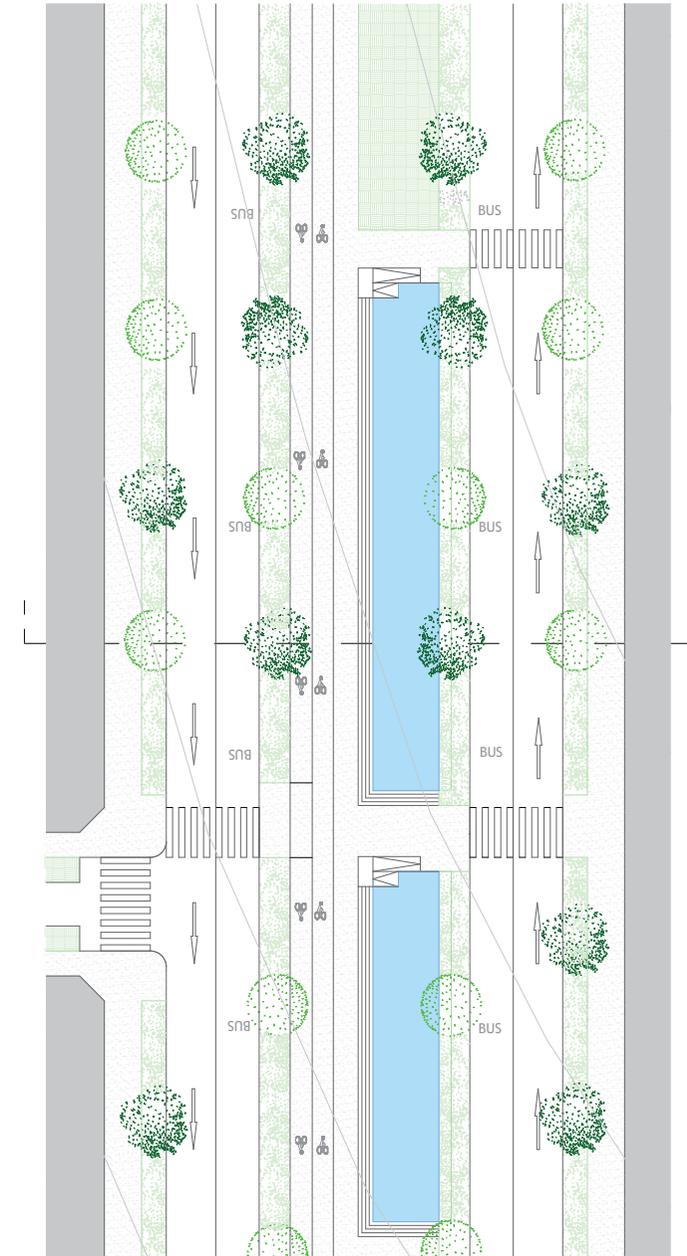
La situation en pente de ce boulevard nous a poussée à intervenir de sorte à créer un espace qui sert à la fois de rassemblements, de détente, d'évasion et de jeux pour les enfants et qui en saison humide se transforme en bassins de stockage d'eau. En plus de cela nous avons augmenté les surfaces perméables de ce boulevard en implantant plusieurs dispositifs végétaux aux bords du trottoir ainsi qu'en réduisant la chaussée en faveur d'espaces de mobilités douces.



Coupe Boulevard clichy, saison humide



Plan Boulevard clichy, saison sec



Plan Boulevard clichy, saison humide



Boulevard de Clichy en été



Boulevard de Clichy en hiver

RUE DE LA TOUR DES DAMES

La rue de la Tour des Dames est une petite ruelle parisienne faisant 10m de large à sens unique. Il n'y a aucun espace perméable, c'est une zone entièrement minérale. Pour remédier à cette problématique nous avons augmenté au maximum la superficie de perméabilité en disposant au niveau des trottoirs un revêtement drainant avec un béton poreux. Nous avons également substitué les espaces de stationnement par une allée d'arbres plantés et sa topographie étant en faible pente nous avons aussi mis en place une noue végétalisée qui permet d'absorber et de transporter les eaux pluviales lors de forte intempéries. Son orientation au sud est un atout pour l'épanouissement des plantes qui sont installées entre des immeubles de grandes hauteurs. L'implantation de la végétation vont bénéficier suffisamment d'ensoleillement, ce qui encouragera l'interaction des usagers avec ce nouvel espace paysagé.



ESPACES EXISTANTS

Site 2 : Rue de la Tour des Dames

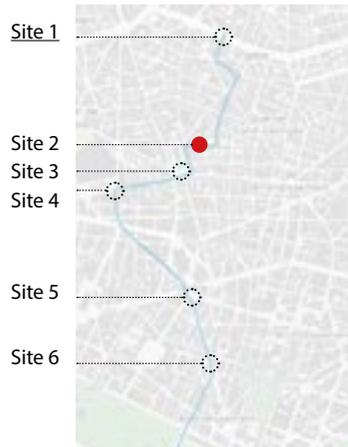
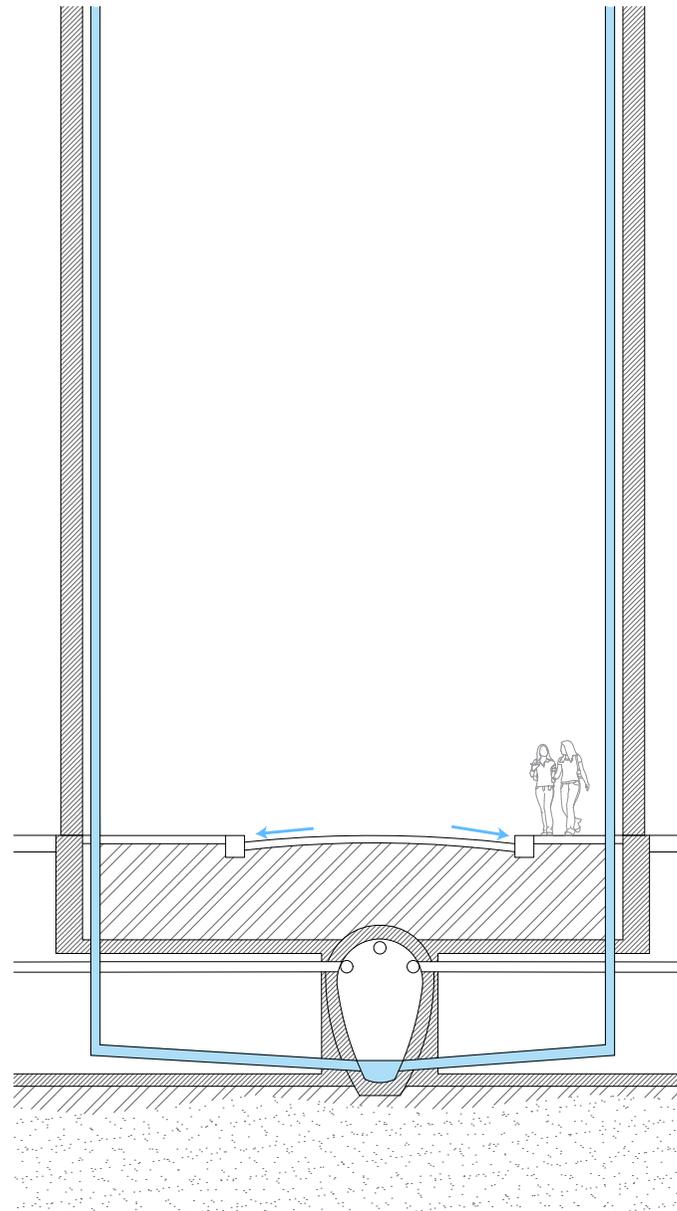
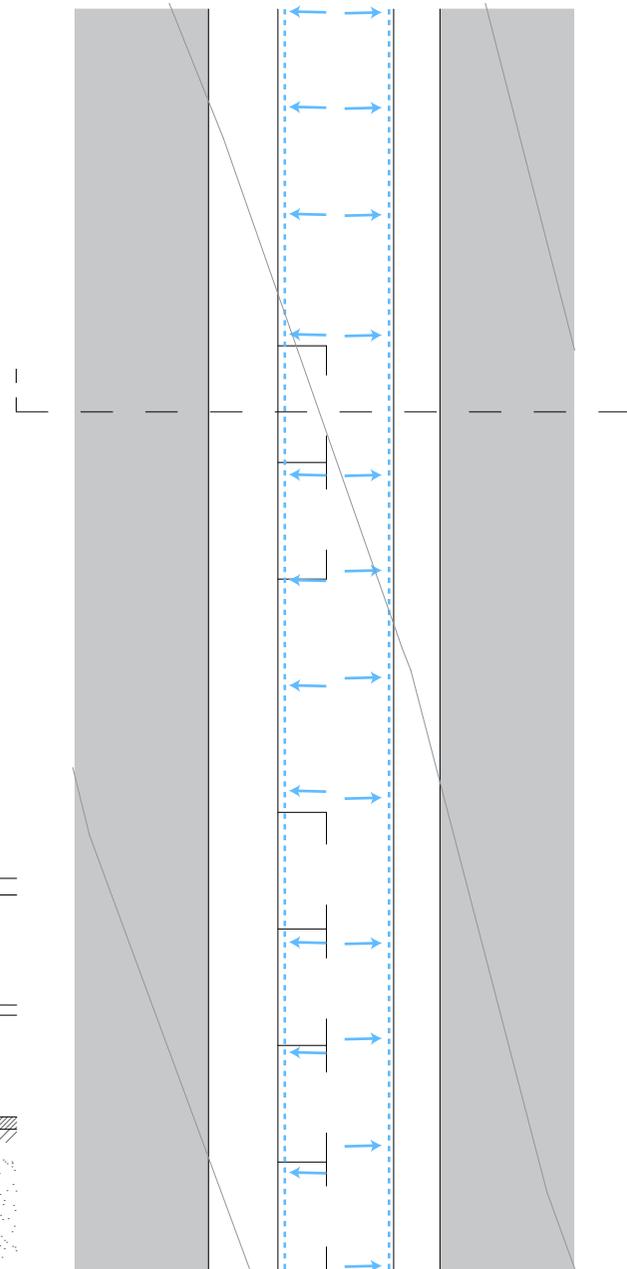


Photo rue de la tour des dames actuellement



Coupe rue de la tour des dames existant, circuit de l'eau



Plan rue de la tour des dames existant, circuit de l'eau

TYPOLOGIE D'INTERVENTION

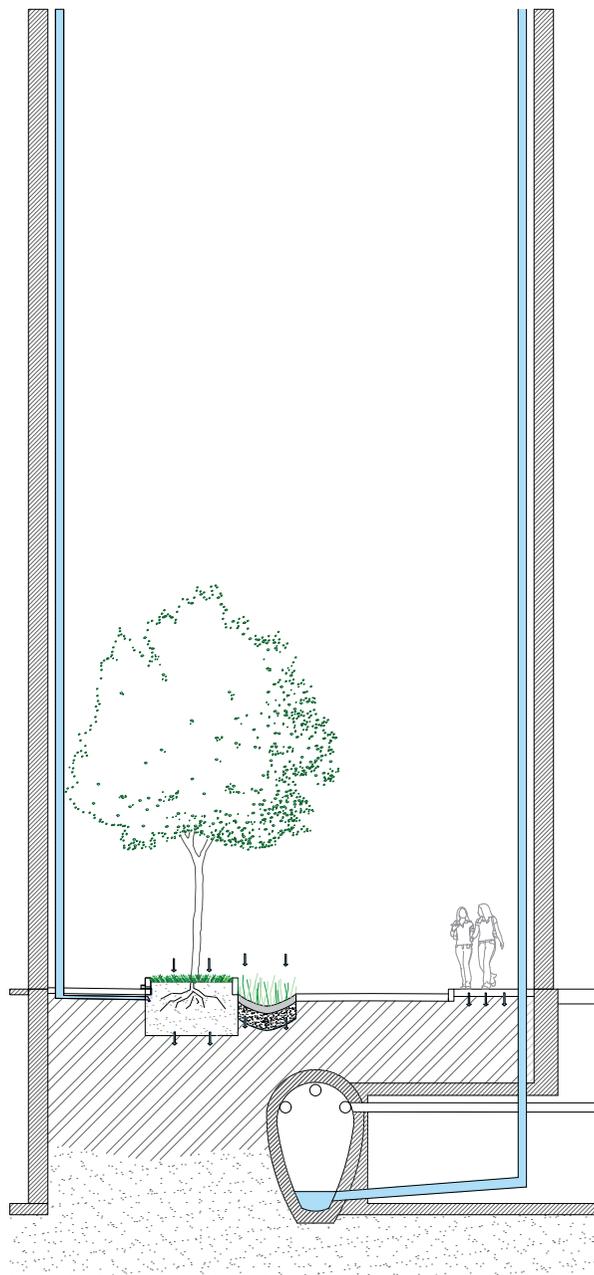
Site 2 : Rue de la Tour des Dames

Topographie : légèrement en Pente

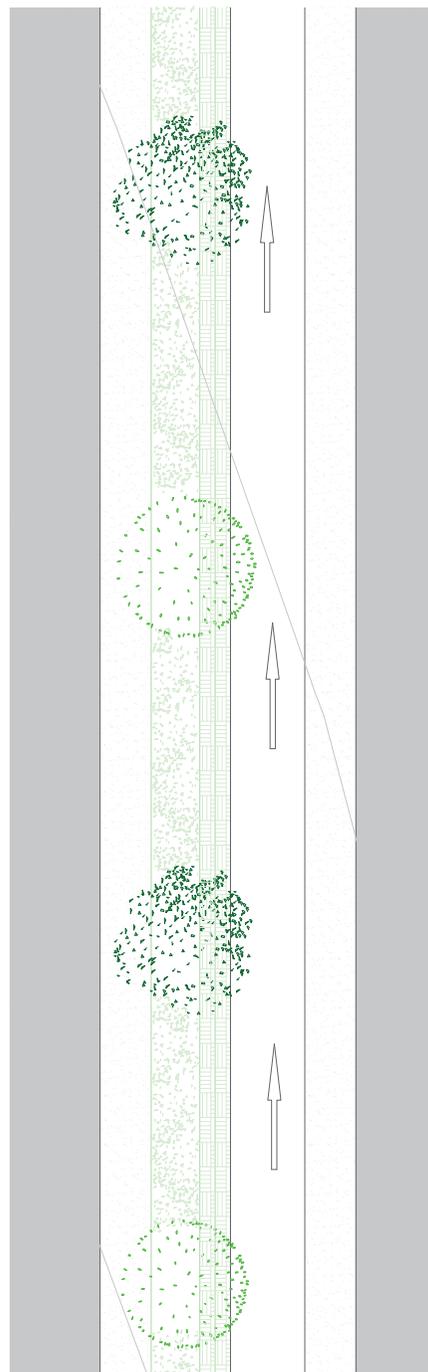
Système d'intervention : Transporter



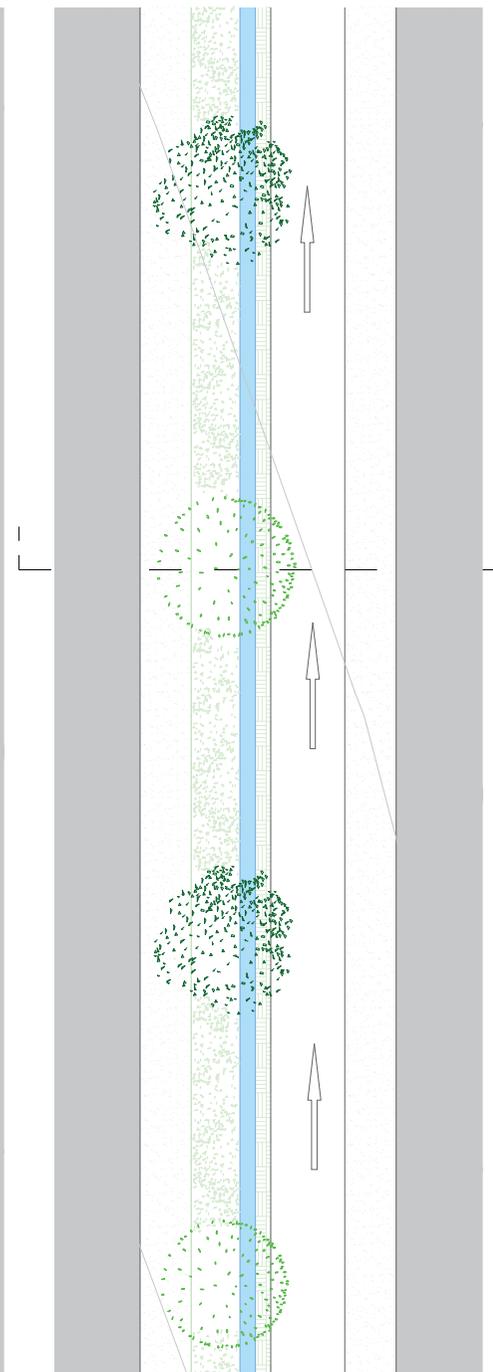
Noue drainante végétalisée



Coupe rue de la tour des dames, saison humide



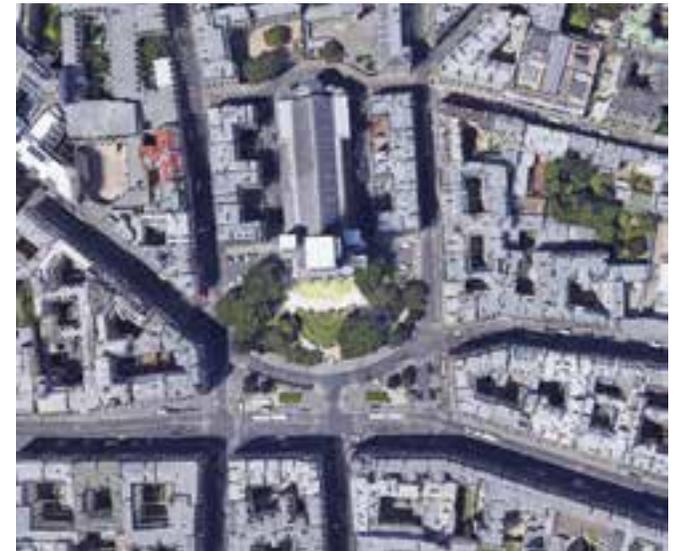
Plan rue de la tour des dames, saison sec



Plan rue de la tour des dames, saison humide

SQUARE TRINITÉ

L'objectif sur le site du Square de la Trinité est de ralentir les eaux pluviales étant sur une zone à forte pente, ça ne laisse pas la possibilité à la végétation existante d'absorber l'eau et par conséquent les réseaux d'assainissement sont saturés. On observe également qu'il y a deux espaces tampons séparés de part et d'autre par des voies routières, qui ne servent que de zone de passage et d'arrêt d'autobus. Notre stratégie d'intervention est d'assembler ces deux espaces au square existant pour devenir un espace urbain paysagé, dans lequel nous adoptons un système de rizière en escalier. Ce dispositif permet d'atténuer la vitesse de l'eau, ce qui facilite son insertion dans la terre. En cas de forte intempéries, l'eau ruisselle et remplit les gradins successivement, ce qui aide à désengorger les réseaux. Lors de la saison estivale ces généreuses surfaces vertes invitent à la détente et à la flânerie. Il y a également un autre dispositif, le rain way tile, qui est disposé en amont des arbres plantés à proximité des arrêts autobus qui servent à retenir et permettre à la végétation d'absorber l'eau de pluie.



ESPACES EXISTANTS

Site 3 : Square Trinité

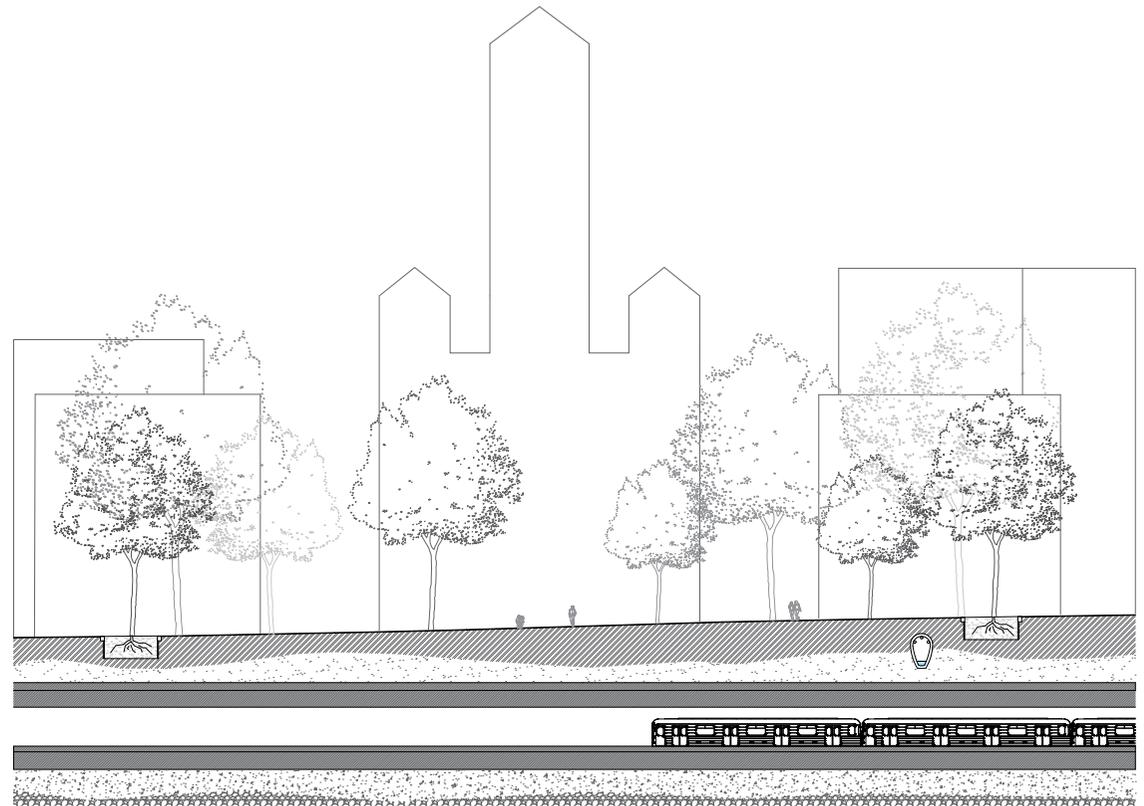
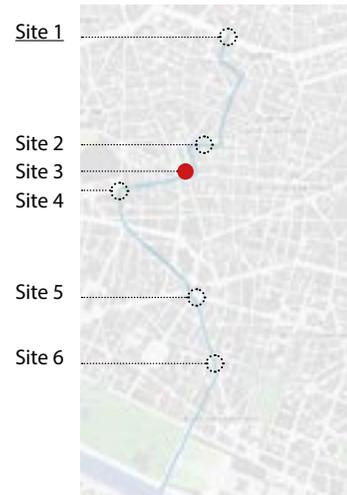
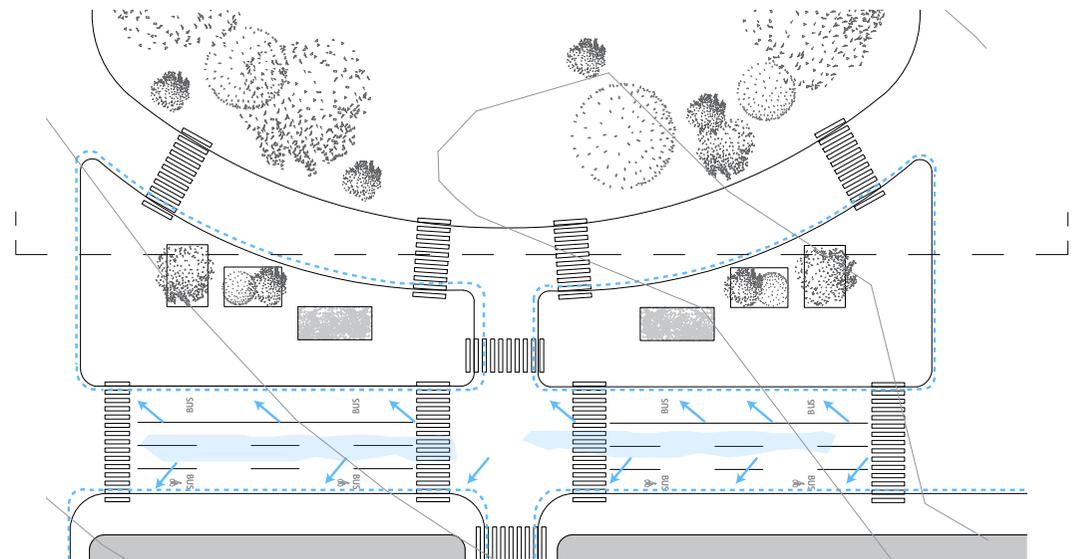


Photo Square trinité actuellement



TYPOLOGIES D'INTERVENTION

Site 3 : Square Trinité

Topographie : Très en Pente

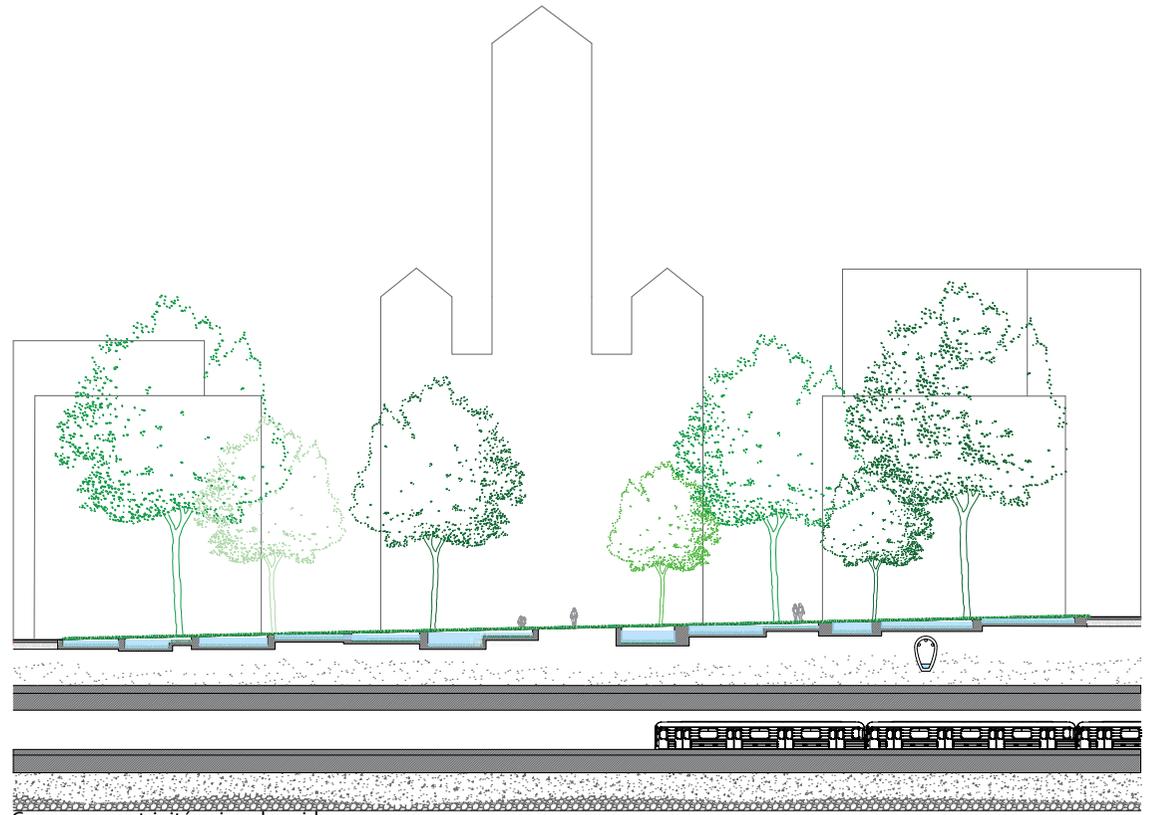
Système d'intervention : Ralentir



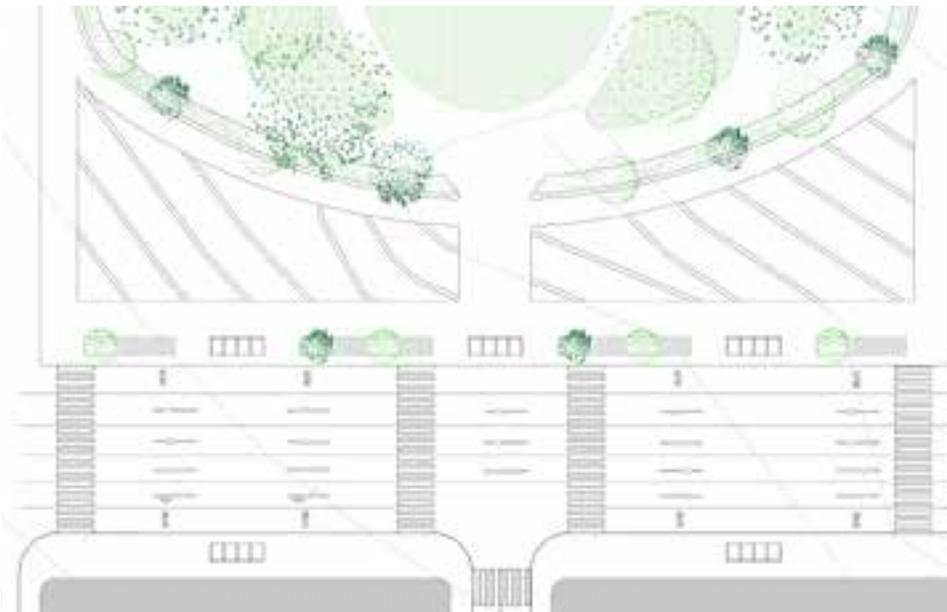
Rain (A) Way Tile



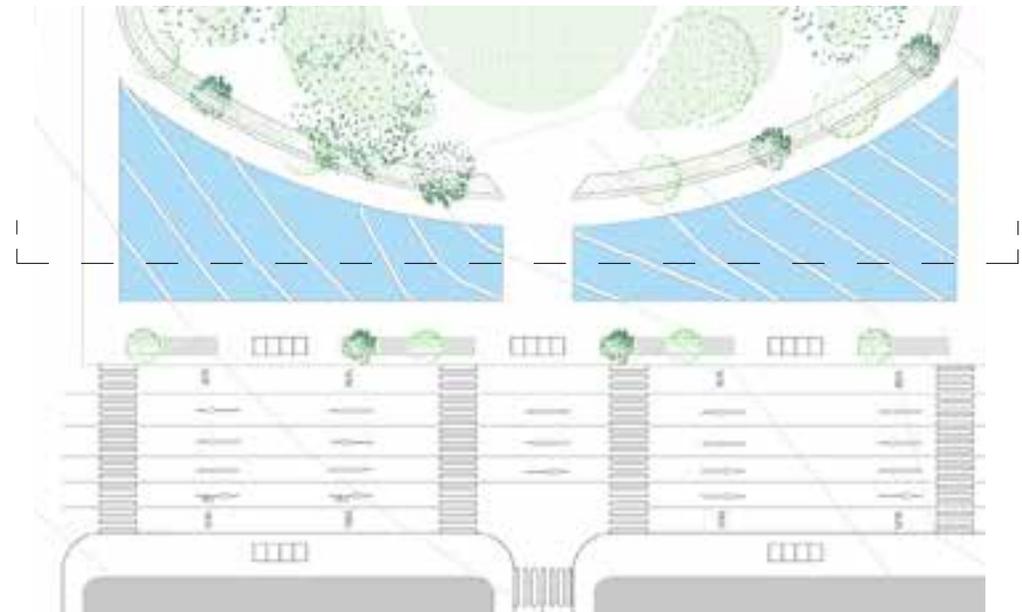
Rizière



Coupe square trinité, saison humide



Plan square trinité, saison sèche



Plan square trinité, saison humide

PLACE DE LA GARE SAINT-LAZARE

La place de la gare saint-Lazare est une zone très encombrée au niveau des flux à la fois piétons et viaire. Cette densité est également présente en sous-sol ce qui influe sur les possibilités d'interventions. Nous sommes dans une zone complètement minéral avec une topographie en cuvette, ce qui pose de nombreuses problématiques sur l'écoulement naturel des eaux de pluie. L'objectif étant de pouvoir stocker l'eau afin de réguler les réseaux et d'éviter une saturation. Notre stratégie d'intervention est de créer un espace urbain dans lequel les flux des voyageurs et des habitants du quartier sont pris en compte tout en résolvant l'écoulement des eaux de pluie. Nous avons mis en place des systèmes de détention et stockage d'eau en prenant en considération l'espace public. L'idée étant de créer des espaces urbains qui offriraient aux usagers une zone de détente et d'attente, à proximité de végétation en saison sèches ce qui favorise l'interaction sociale. Lors d'intempéries ces zones légèrement excaver permettrais de retenir les eaux pluviales pendant les saisons humides.



ESPACES EXISTANTS

Site 4 : Gare Saint-Lazare

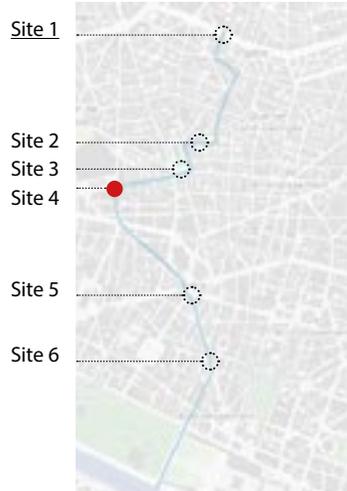
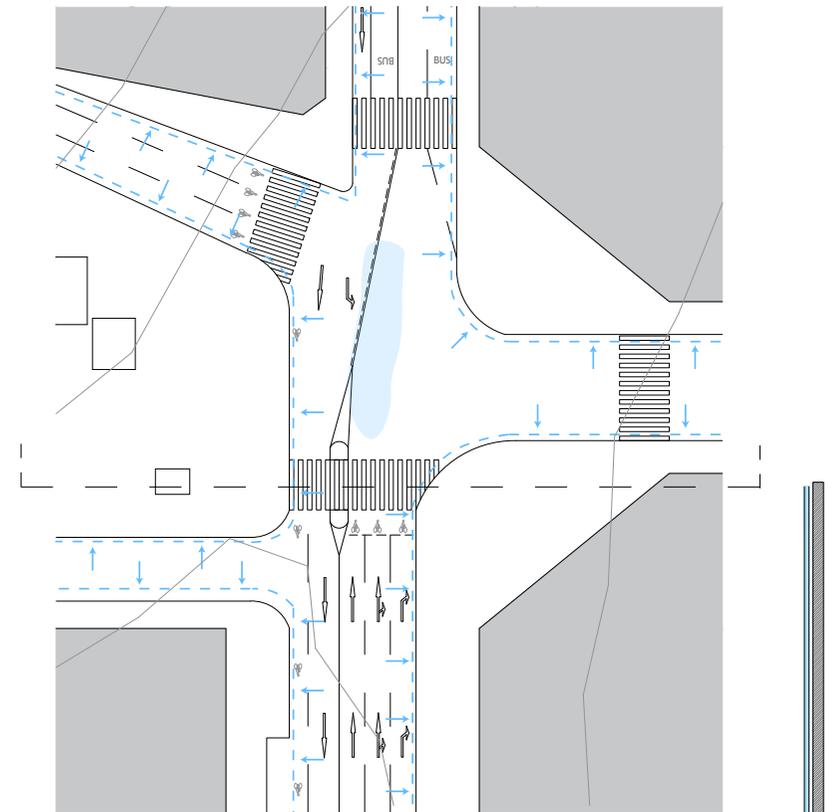
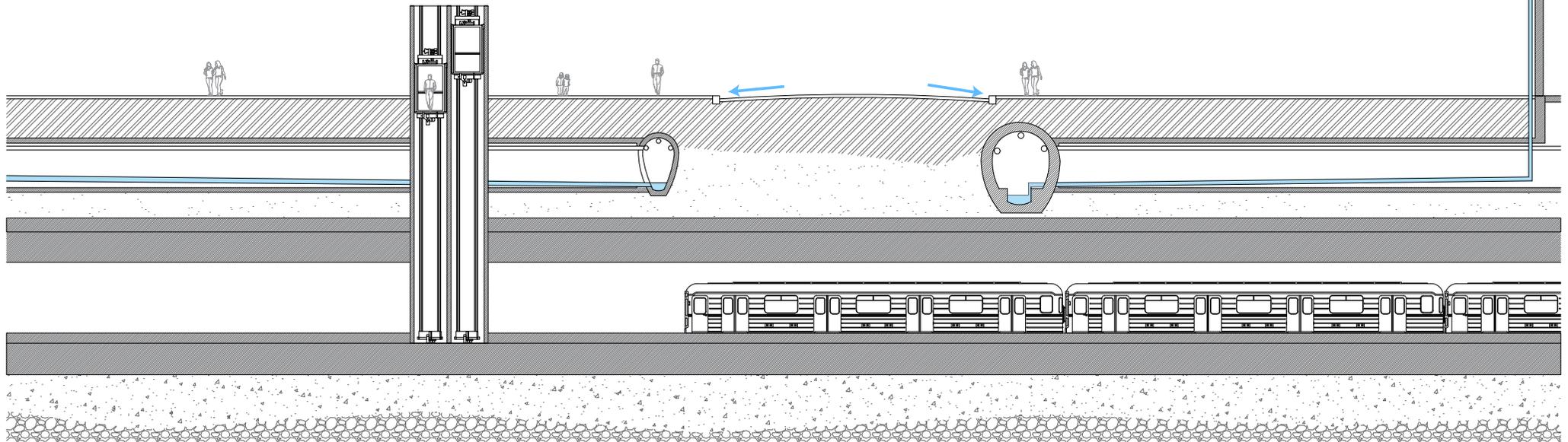


Photo gare saint-lazare actuellement



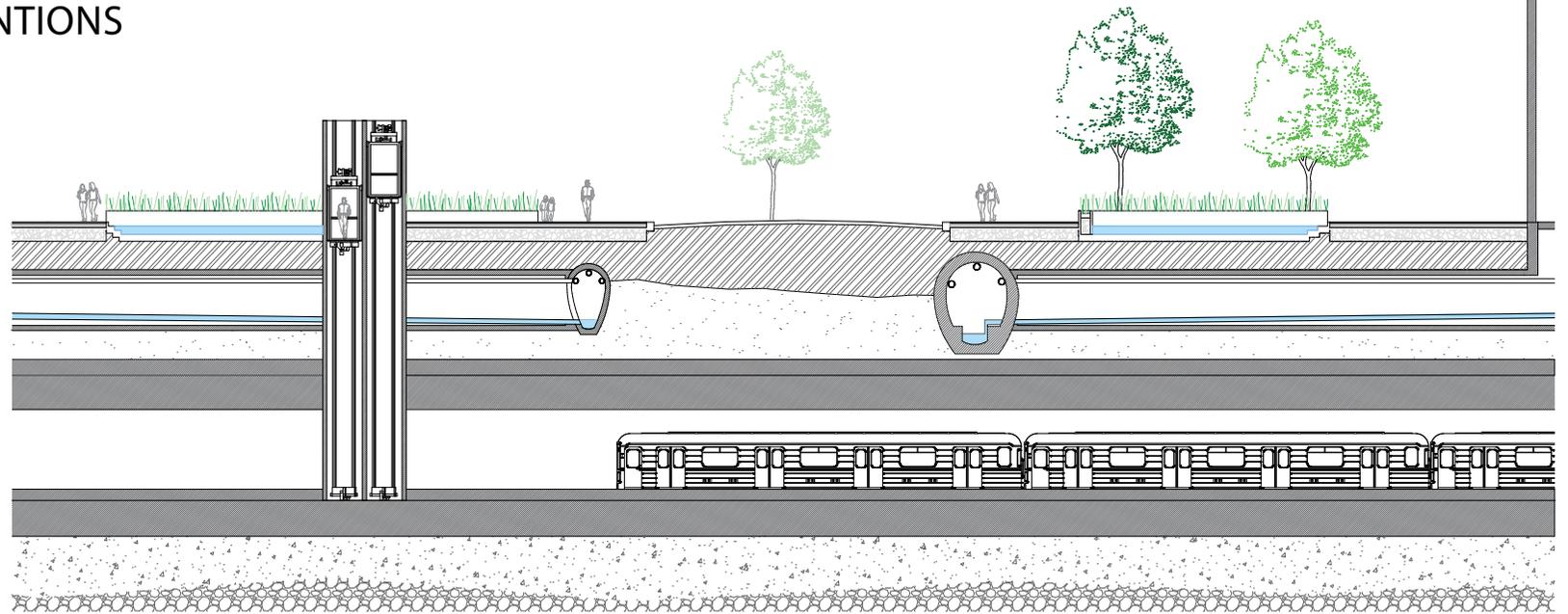
Plan gare saint-lazare existant, circuit de l'eau



TYOLOGIES D'INTERVENTIONS

Site 4 : Gare Saint-Lazare

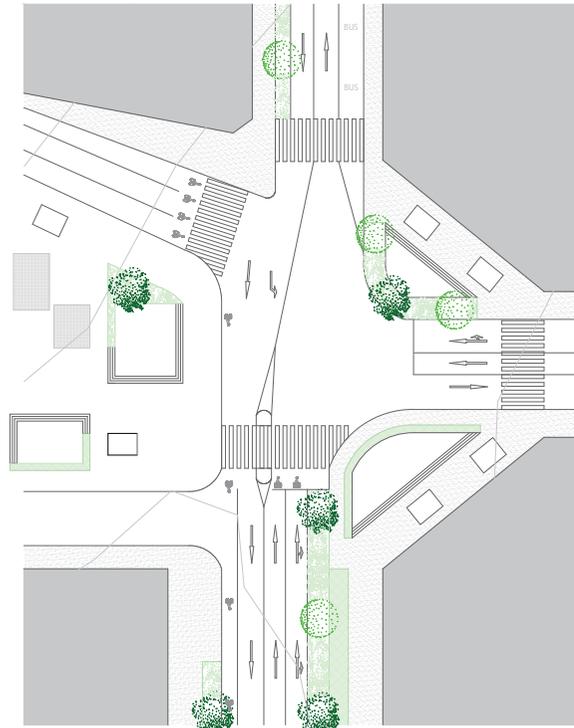
Topographie : Cuvette
Système d'intervention : Stocker



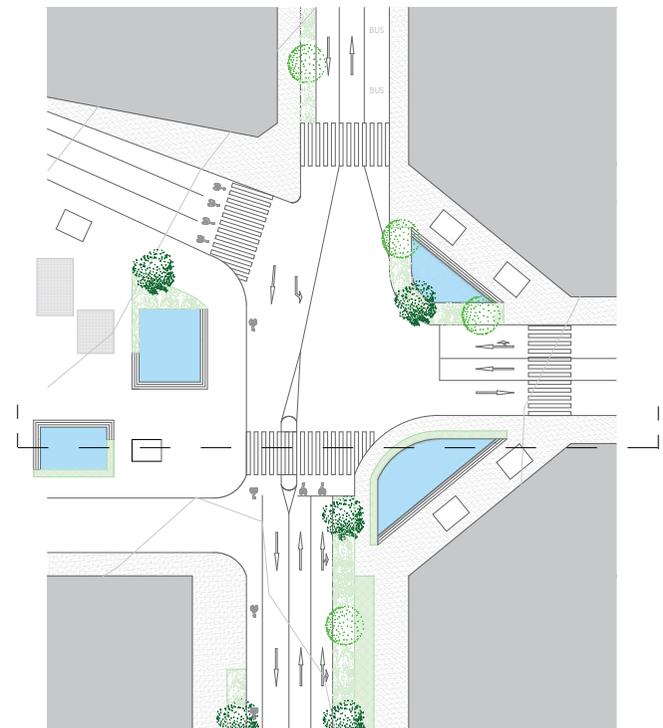
Coupe gare saint-lazare, saison humide



Water Square Bentheimplein, Rotterdam



Plan gare saint-lazare, saison sec



Plan gare saint-lazare, saison humide



Place de la gare saint-Lazare en été



Place de la gare saint-Lazare en hiver

PLACE DE L'OPÉRA

L'enjeu de notre stratégie sur la place de l'Opéra dont la topographie est plutôt plate, est de diriger l'eau vers la Seine. Etant dans une zone engorgée par la circulation avec le carrefour, mais également au niveau du sous-sol par les métros, RER et l'afflux de tourisme, les possibilités d'intervention pour en faire un espace perméable sont restreintes. Nous avons choisi de réaménager la voirie afin d'augmenter la porosité de cet espace urbain en remplaçant une voie dédiée aux voitures par une allée d'arbres plantés et de pelouse. Nous avons également diminué les trottoirs qui seront qu'en à eux revêtu d'un béton poreux. La surface récupérée sera destinée à plus de végétation, ce qui créera un parcours urbain paysagé le long des grands axes. En plus de cela nous utilisons un dispositif de cheminement en pavé incurvé qui permet de rendre visible l'écoulement des eaux pluviales et donc d'encourager une interaction. Cette intervention crée une dynamique dans l'espace urbain et peut également devenir une zone de jeux pour les enfants en suivant le cheminement de ces pavés.



ESPACES EXISTANTS

Site 5 : Place de l'Opéra

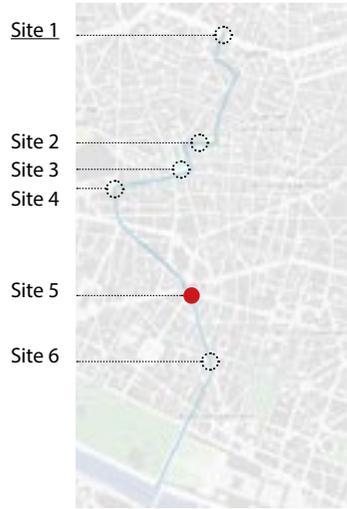
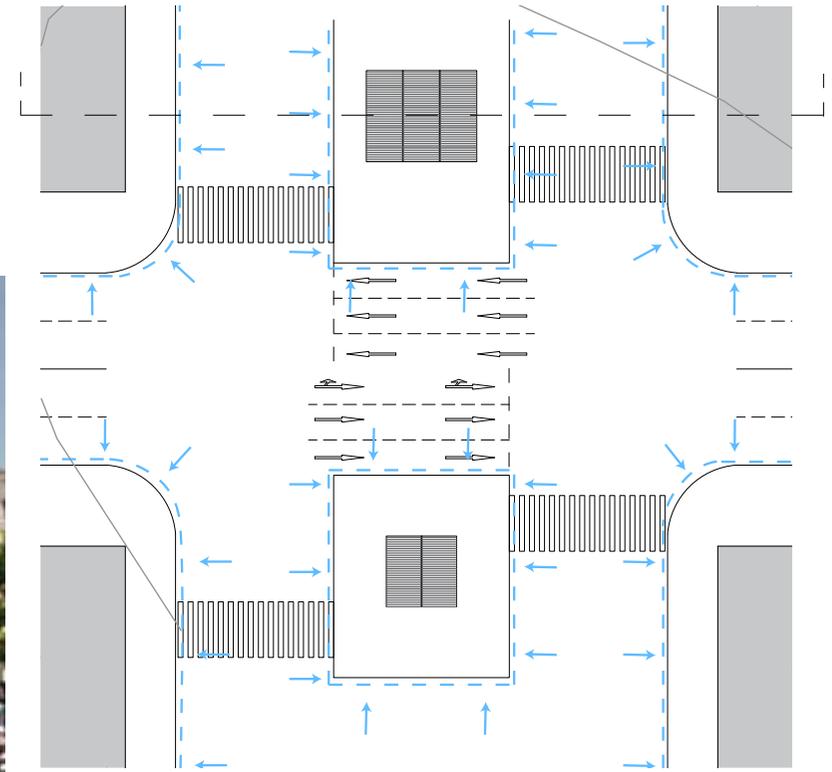
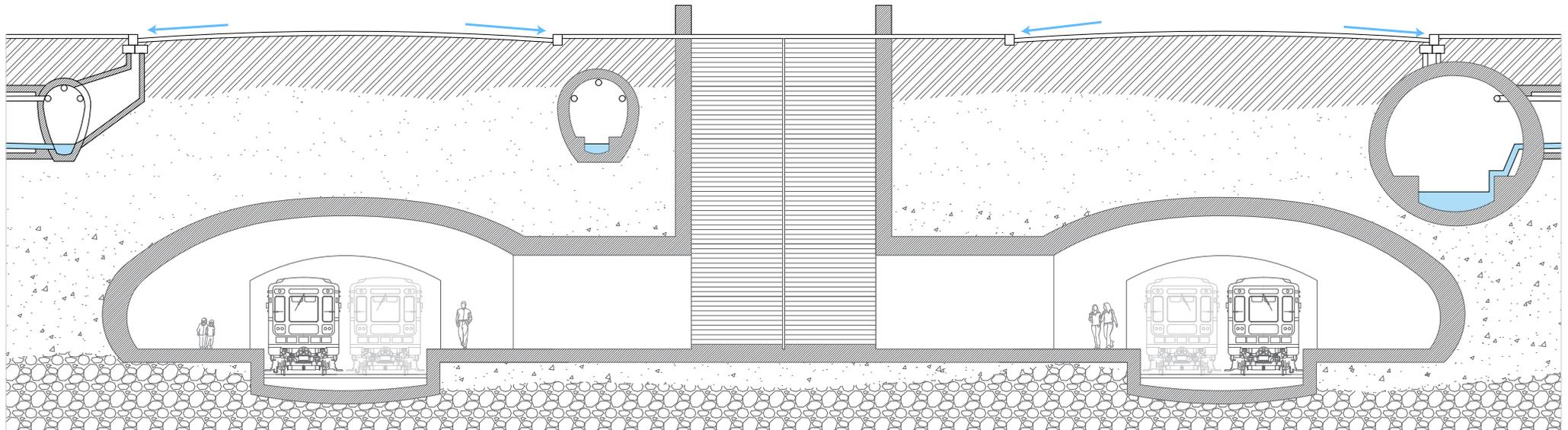


Photo place de l'opéra actuellement



Plan place de l'opéra existant, circuit de l'eau



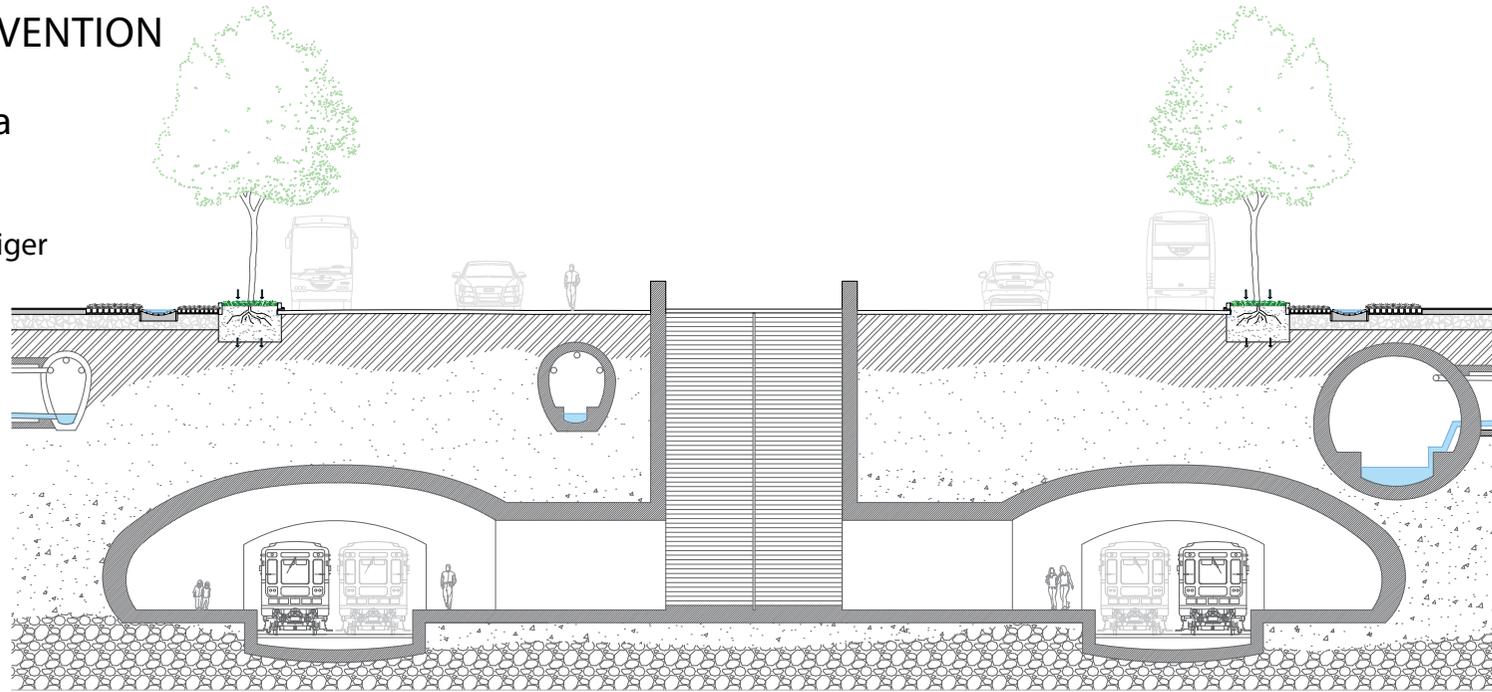
Coupe place de l'opéra existant, circuit de l'eau

TYPOLOGIE D'INTERVENTION

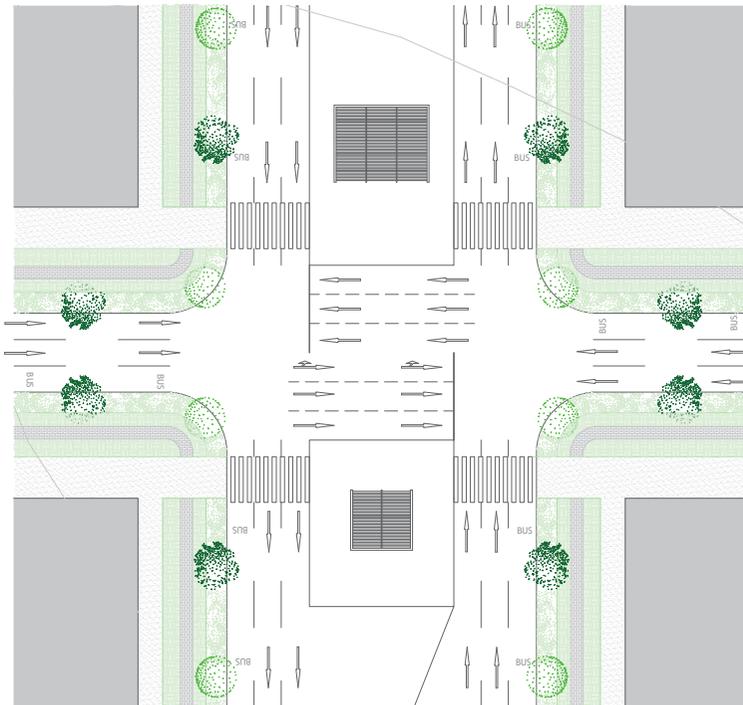
Site 5 : Place de l'Opéra

Topographie : Plat

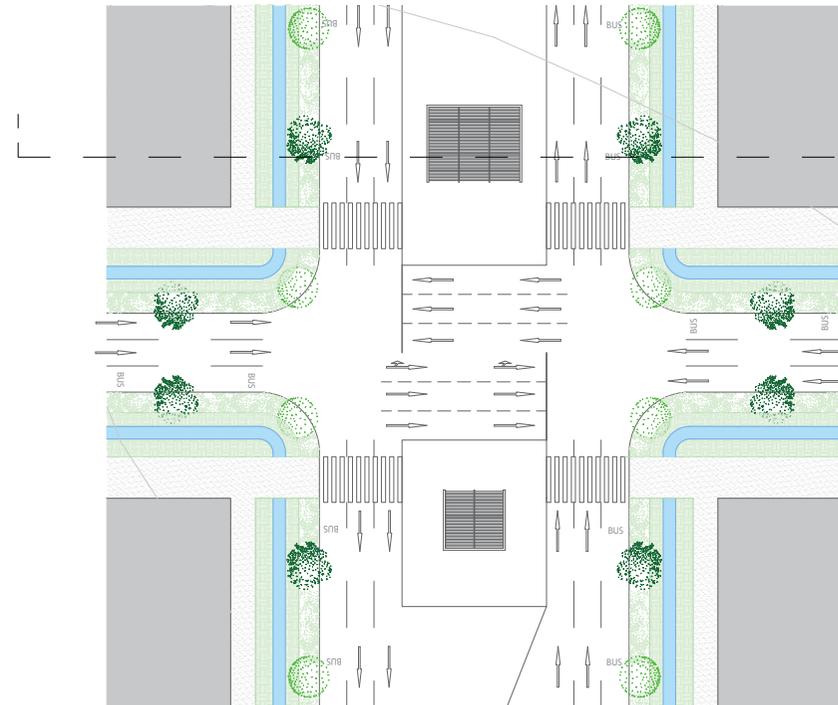
Système d'intervention : Diriger



Plan place de l'opéra, saison humide



Plan place de l'opéra, saison sec



Plan place de l'opéra, saison humide

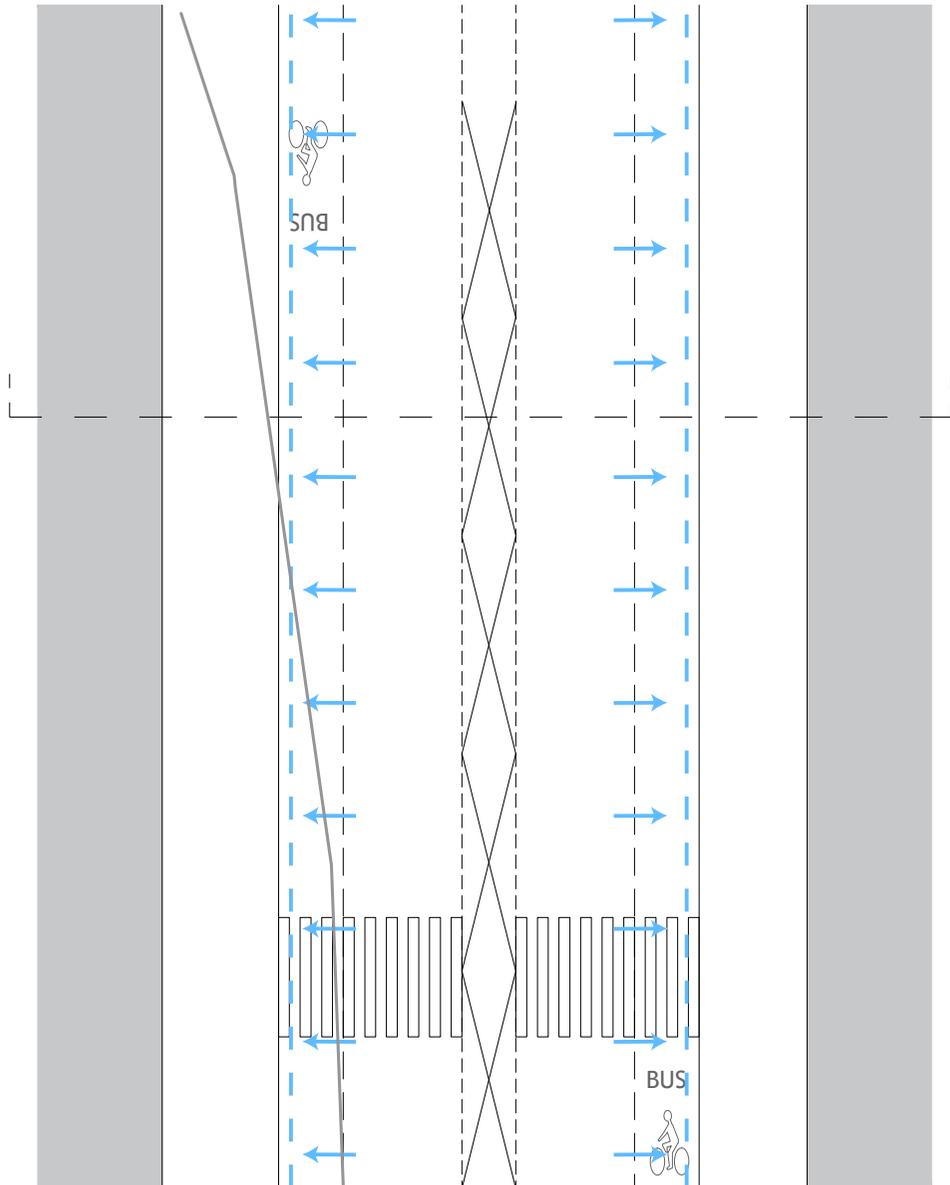
AVENUE DE L'OPÉRA

L'enjeu de notre stratégie est d'avoir une continuité entre la place de l'Opéra et l'avenue de l'Opéra, qui ont toutes les deux une topographie plate en rendant l'écoulement de l'eau visible et d'acheminer les eaux de pluie récoltées grâce aux dispositifs jusqu'à la seine. Afin d'avoir un véritable espace urbain paysagé qui puisse être investie par la population, nous avons été radical dans notre proposition tout comme dans les autres sites d'interventions. On a redessiné la voirie, en la réduisant à son minimum, les zones de stationnement réservées aux taxis situés au centre des voies disparaissent tout comme les allées de bus et laisse place à la végétation. En plus de ces modifications nous utilisons un dispositif de cheminement en pavé incurvé qui permet de rendre visible l'écoulement des eaux pluviales et de les transporter en saison humide mais qui vient encore une fois encourager l'interaction entre les usagers et les trames verte et bleue que le projet envisage de créer et valorise tout le long des interventions. Ce parc linéaire vient créer une dynamique dans l'espace urbain et devient une zone ludique et de jeux pour les enfants, qui peuvent suivre le cheminement de ces pavés qui transportent et rendent visible l'écoulement de l'eau vers la seine.



ESPACES EXISTANTS

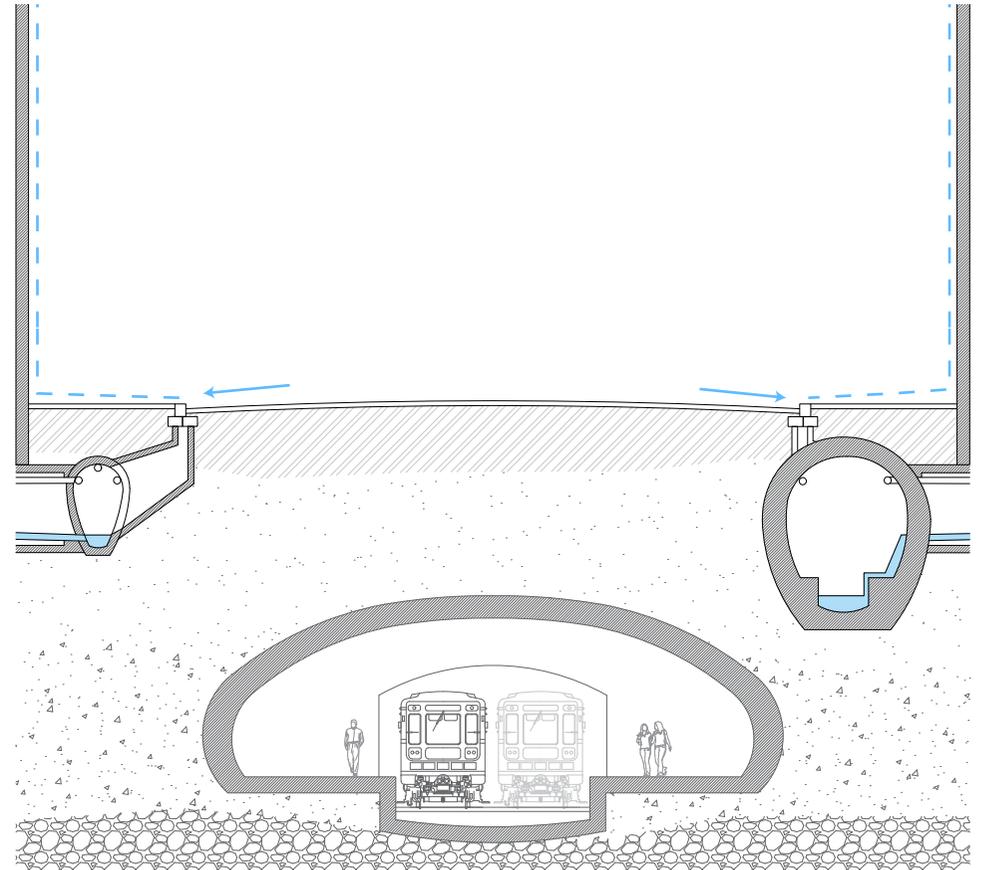
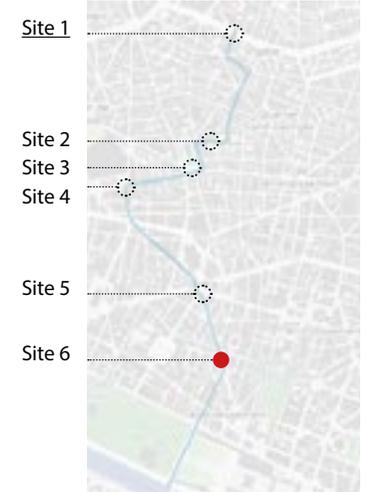
Site 6 : Avenue de l'Opéra



Plan avenue de l'opéra existant, circuit de l'eau
 D7 : PARIS, VILLE HYDRAULIQUE : REDESSINER LA VILLE AVEC L'EAU
 L'EAU DANS LA VILLE | **DÉSIMPÉRMÉABILISER PARIS**



Photo avenue de l'opéra actuellement



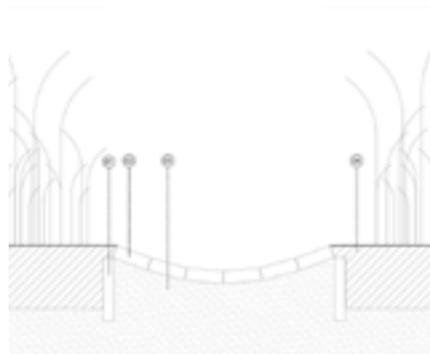
Coupe avenue de l'opéra existant, circuit de l'eau

TYOLOGIE D'INTERVENTION

Site 6 : Avenue de l'Opéra

Topographie : Plat

Système d'intervention : Diriger



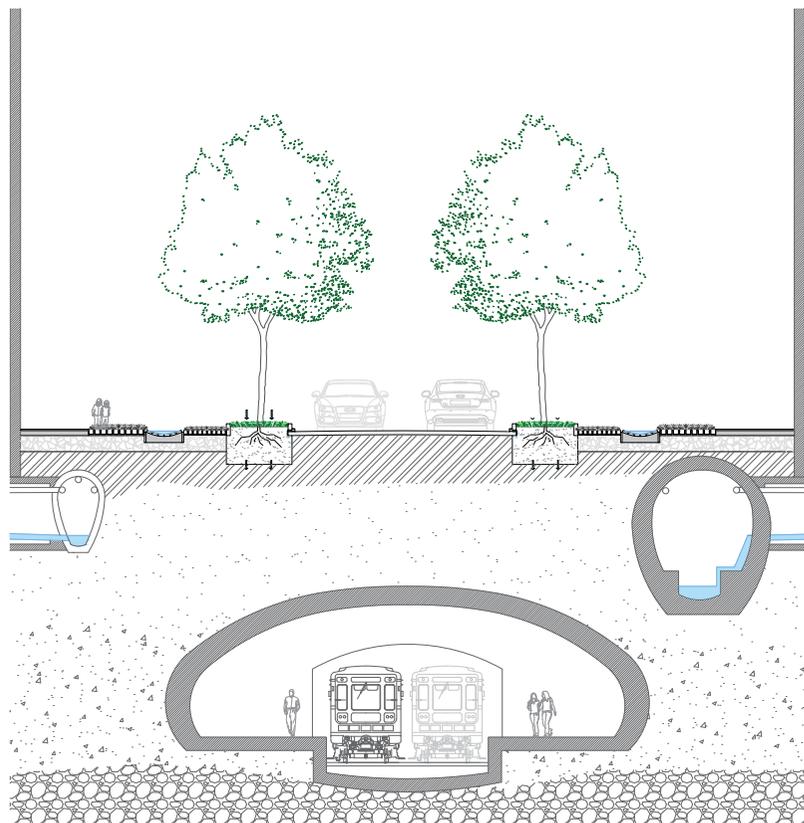
- 01- Réutilisation de tuile comme maintien
- 02- Réutilisation de brique comme pavé
- 03- Sable
- 04- Sol végétalisé



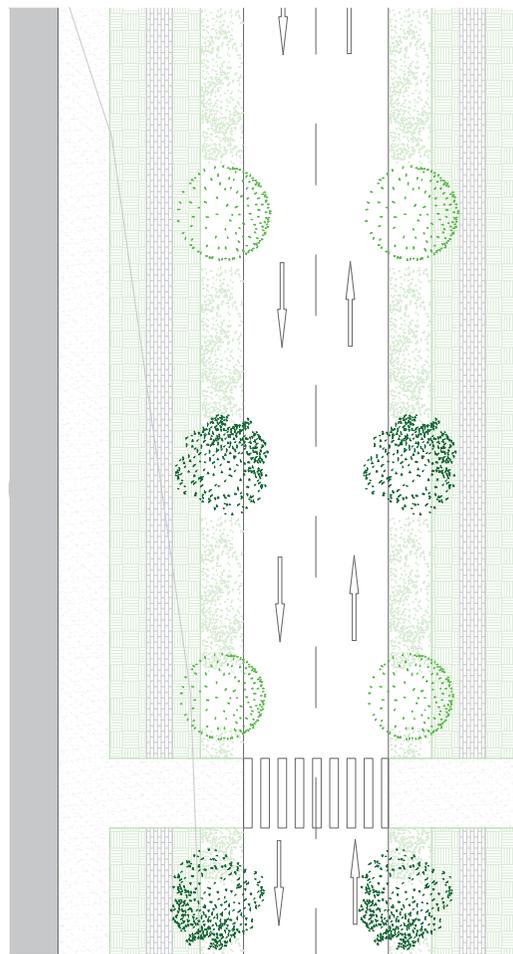
Chemin de pavé courbé



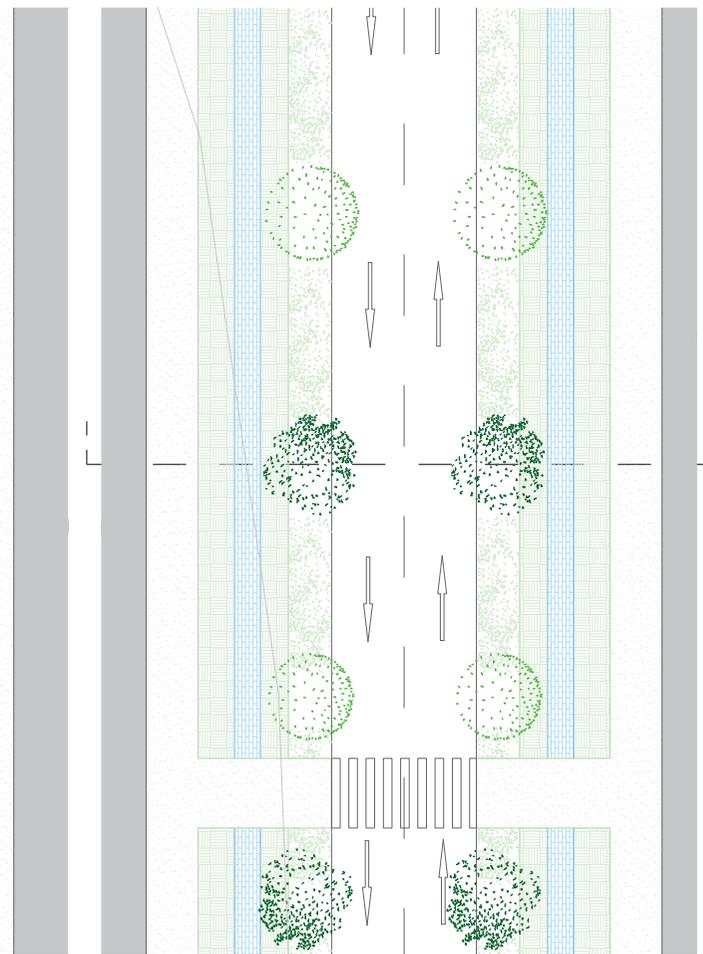
Chemin de pavé courbé en période de pluie



Coupe avenue de l'opéra, saison humide



Plan avenue de l'opéra, saison sec



Plan avenue de l'opéra, saison humide

CONCLUSION

Notre stratégie d'intervention générale se voulait délibérément radicale. Nous avons développé un scénario qui peut sembler utopique, mais ils nous apparut évident, lors de nos recherches et de nos confrontations aux multiples réglementations urbaines, de prendre du recul. Le projet a été volontairement poussé dans cette voie pour réduire le retard de la France dans ce domaine.

Si nous devons faire un bilan, le travail sur l'écoulement d'amont en aval s'est avéré plus compliqué que prévu, par rapport à l'idée de départ qui était de canaliser l'eau et la diriger depuis le boulevard de Clichy jusqu'à la Seine en rendant visible le cheminement. Cette difficulté est notamment due à la topographie des différents sites, mais aussi à la composition urbaine de ces zones et par conséquent à l'impossibilité d'une continuité d'écoulement de l'eau à travers les aménagements proposés. Toutefois, on peut constater que nos stratégies d'intervention offrent une porosité supérieure à 60% pour tous les sites, ce qui met en évidence le fort potentiel d'un travail sur la porosité des sols de Paris dans le futur.

BIBLIOGRAPHIE

Livres :

- Alain Clément et Gilles Thomas, Atlas du Paris souterrain, la doublure sombre de la ville lumière, Parigramme-Compagnie parisienne du livre , impr. 2001
- Stefan AL, Adapting Cities to sea level rise, green and gray strategies, Island Press , impr. 2018
- Danielle Chadych, Dominique Leborgne , Atlas de Paris : évolution d'un paysage urbain, Parigramme , impr. 2018
- Grand paris les scenarios des dix architectes, Le Moniteur, extraits n°5499, 5500 et 5501
- National association of city transportation officials, New York, Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- Sophie Barbaux, Ville perméable : l'eau, ressource urbaine = Sponge city : water ressource management, ICI Interface , impr. 2015

Rapports:

- Règlement d'assainissement de Paris, Mairie de Paris, ed. 2018
- APUR, atelier parisienne d'urbanisme, Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, une gestion parisienne des eaux pluviales, septembre 2015

Thèses :

- Alexandre Fekete, Sonia Barthole, Marie-Amélie Giroux, Analyse et cartographie du sous-sol de la ville de Paris, École Nationale des Sciences Géographiques, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Année universitaire 2013-2014

Sitographies :

- The Copenhagen Cloudburst Formula: A Strategic Process for Planning and Designing Blue-Green Interventions <https://www.asla.org/2016awards/171784.html>
- The Dryline – Big U <http://www.rebuildbydesign.org/data/files/675.pdf> <https://architizer.com/projects/the-dryline/>
- Rainwater Harvesting <https://www.asla.org/awards/2008/studentawards/309.html>
- Climate Proof Zomerhofkwartier, Rotterdam, 2014, <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=climate-proof-zomerhofkwartier>
- Water Square Tiel, Rotterdam, 2014-2016, <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=water-square-tiel>
- Gro Nørrebro, Copenhagen , 2016, <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=gro-norrebro>
- Water Square Benthemplein, Rotterdam, 2011-2012, <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein>

CRÉDITS PHOTOS

- 1- Carte Paris Minéral - Danielle Chadych, Dominique Leborgne , Atlas de Paris : évolution d'un paysage urbain, Parigramme , impr. 2018
- 2- Carte Paris google earth - 2020
- 3- Zoom carte de Paris google earth
- 4-Coupe longitudinale des sites d'intervention - laetitia beauchef et yousef tibourki 2021
- 5- Schéma répartition de l'occupation des sols à Paris (source: IAU-IDF)
- 6-Carte de l'assainissement
- 7-Coupe perspective du sous-sol parisien - http://desplanchesillustrées.blogspot.com/2013/02/paris_25.html
- 8- Plan altitude de Paris - © 2021 Copyright: NEWebCreations
- 9- L'encombrement du sous-sol de la place de l'Etoile - Alain Clément et Gilles Thomas, Atlas du Paris souterrain, la doublure sombre de la ville lumière, Parigramme-Compagnie parisienne du livre , impr. 2001, p190
- 10- Strate du sous-sol parisien - Alain Clément et Gilles Thomas, Atlas du Paris souterrain, la doublure sombre de la ville lumière, Parigramme-Compagnie parisienne du livre , impr. 2001
- 11- Classification de types de voies à Paris - APUR, atelier parisienne d'urbanisme, Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, une gestion parisienne des eaux pluviales, septembre 2015
- 12- Schéma eau de pluie - APUR, atelier parisienne d'urbanisme, Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, une gestion parisienne des eaux pluviales, septembre 2015
- 13- Graphique de l'abatement de l'eau de pluie à Paris - APUR, atelier parisienne d'urbanisme, Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, une gestion parisienne des eaux pluviales, septembre 2015
- 14- Trottoir en asphalte - @ Apur
- 15-Trottoir en dalles de granit - @ Apur
- 16-Chaussée en béton bitumineux - @ Apur
- 17-Stabilisé dans un square - @ Apur
- 18-Chaussée en pavés de granit "à l'ancienne" - @ Apur
- 19-Rue piétonne en pavés de granit scié - @ Apur
- 20- Schémas système de désimpermeabilisation - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 21- Image rue Résidentiel existant - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 22- Image rue Résidentiel reconstruction - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 23- Schémas système de désimpermeabilisation - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017

- 24- Image Philadelphie - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 25- Image Seattle - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 26- Image Seattle - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 27- Schémas système de désimperméabilisation - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 28- Image Portland - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 29- Image Seattle - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 30- Image Indianapolis - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 31- Pelouse - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 32- Exemple d'enrobé drainant - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 33- Désimperméabilisation d'un sol à Berlin - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 34- Tranchée continue d'arbres - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 35- Permeaway - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 36- Pavés à joints gazonnés - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 37- Pavés à joints engazonnés - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 38- Béton poreux - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 39- Chaussée avec caniveau central en pavé poreux - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 40- Images systèmes de perméabilités - @ Urban street stormwater guide, Island Press , impr. 2017
- 41- Coupe systèmes de perméabilités - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 42- Image vue de dessus boulevard clichy - @ google earth
- 43- Image vue du boulevard clichy - @ google earth
- 44- Plan boulevard clichy existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki
- 45- Photo boulevard clichy actuellement - @ google earth
- 46- Coupe boulevard clichy existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki
- 47- Coupe Boulevard clichy, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki
- 48- Plan Boulevard clichy, saison sec - laetitia beauchef et youssef tibourki
- 49- Plan Boulevard clichy, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki
- 50- Boulevard de Clichy en été
- 51- Boulevard de Clichy en hiver
- 52- Image vue de dessus rue de la tour des dames - @ google earth
- 53- Image vue de la rue de la tour des dames - @ google earth
- 54- Photo rue de la tour des dames actuellement - @ google earth

55- Coupe rue de la tour des dames existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki

56- Plan rue de la tour des dames existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki

57- Noue drainante végétalisée - @ google earth

58- Coupe rue de la tour des dames, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki

59- Coupe rue de la tour des dames, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki

60- Plan rue de la tour des dames, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki

61- Image vue de dessus square trinité - @ google earth

62- Image vue de square trinité - @ google earth

63- Photo Square trinité actuellement - @ google earth

64- Coupe square trinité existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki

65- Plan square trinité existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki

66- Image Rain (A) Way Tile - @ google earth

67- Image Rizière - @ google earth

68- Coupe square trinité, saison humide- laetitia beauchef et youssef tibourki

69- Plan square trinité, saison sec- laetitia beauchef et youssef tibourki

70- Plan square trinité, saison humide- laetitia beauchef et youssef tibourki

71- Image vue de dessus de la gare saint-lazare - @ google earth

72- Image vue de la gare saint-lazare - @ google earth

73- Photo gare saint-lazare actuellement - @ google earth

74- Plan gare saint-lazare existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki

75- Coupe gare saint-lazare existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki

76- Coupe gare saint-lazare, saison humide

77- Water Square Benthemplein, Rotterdam - @ -The Copenhagen Cloudburst Formula: A Strategic Process for Planning and Designing Blue-Green Interventions <https://www.asla.org/2016awards/171784.html>

78- Plan gare saint-lazare, saison sec - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021

79- Plan gare saint-lazare, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021

80- Place de la gare saint-Lazare en été - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021

81- Place de la gare saint-Lazare en hiver - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021

82- Image vue de dessus place de l'opéra - @ google earth

83- Image vue de la place de l'opéra - @ google earth

84- Photo place de l'opéra actuellement - @ google earth

- 85- Photo place de l'opéra actuellement - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 86- Coupe place de l'opéra existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 87- Plan place de l'opéra, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 88- Plan place de l'opéra, saison sec - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 89- Plan place de l'opéra, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 90- Image vue de dessus avenue de l'opéra - @ google earth
- 91- Image vue de l'avenue de l'opéra - @ google earth
- 92- Plan avenue de l'opéra existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 93- Photo avenue de l'opéra actuellement - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 94- Coupe avenue de l'opéra existant, circuit de l'eau - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 95- Schéma pavé courbé - Rainwater Harvesting <https://www.asla.org/awards/2008/studentawards/309.html>
- 96- Chemin de pavé courbé - Rainwater Harvesting <https://www.asla.org/awards/2008/studentawards/309.html>
- 97- Chemin de pavé courbé en période de pluie - Rainwater Harvesting <https://www.asla.org/awards/2008/studentawards/309.html>
- 98- Coupe avenue de l'opéra, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 99- Plan avenue de l'opéra, saison sec - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021
- 100-Plan avenue de l'opéra, saison humide - laetitia beauchef et youssef tibourki, 2021