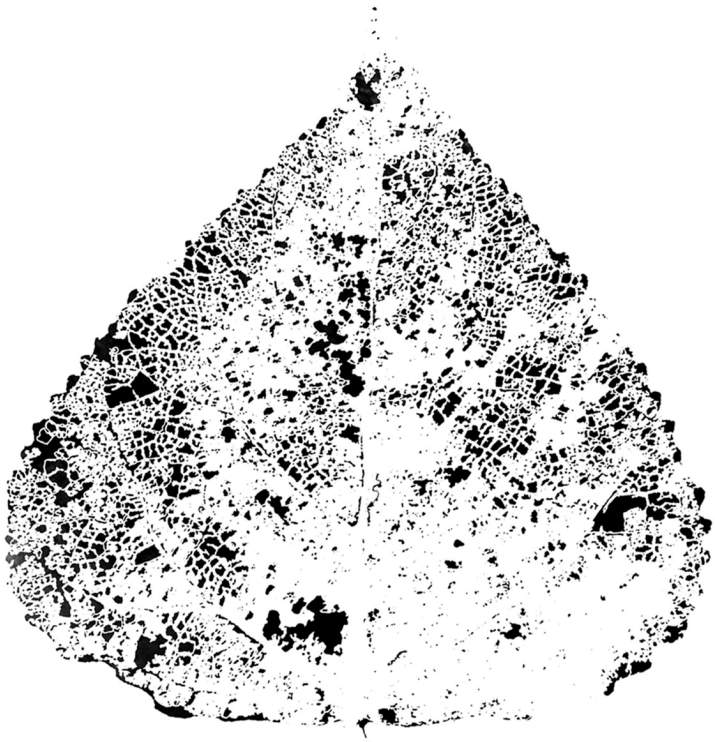
LA VILLE RÉGÉNÉRATIVE

La nature comme remède pour nos villes



LA VILLE RÉGÉNÉRATIVE

La nature comme remède pour nos villes

Comment intégrer la phytoremédiation à l'urbanisme pour aller vers une ville verte ?

Exemple d'un « parc-écosystème » dans la métropole lilloise

Un parc vivant et résilient au coeur de la friche de la Branche de Croix

Clara DEPINOY - Master 2

Année académique 2020 - 2021 Université Catholique de Louvain-la-Neuve,
Faculté d'architecture UCL LOCI, Tournai

Travail de fin d'études présenté par Clara DEPINOY en vue de l'obtention d'un diplôme d'architecte

Promoteur : Nicolas Lorent, professeur enseignant à LOCI Tournai, Architecte, Graphiste

Experte : Sophie Dubois, Ingénieure biologiste spécialisée dans la conception et la réalisation de bassins naturels,. Gérante de l'entreprise Eurowaterland.

Professeurs d'atelier : Pierre Accarain, Eric Van Overstraeten, Daniel Otero Pena

Année académique 2020 - 2021 Université Catholique de Louvain-la-Neuve,
Faculté d'architecture UCL LOCI, Tournai

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie particulièrement :

Mon promoteur, Nicolas Lorent, pour son accompagnement bienveillant et ses conseils, qui m'ont permis d'alimenter mon travail.

Sophie Dubois, pour son expertise et son enthousiasme, qui m'a convaincue sur la réalité de mon travail et qui m'a donné envie d'aller plus loin dans ce domaine.

Les professeurs de projet, Daniel Otero Pena, Eric Van Overstraeten, Pierre Accarain, qui m'ont accompagnée tout au long de l'année malgré la crise sanitaire.
Sans eux, la motivation n'aurait pas été la même. Merci de m'avoir épaulée et encadrée durant cette période spéciale. Merci pour vos conseils et vos questionnements qui m'ont permis d'alimenter constamment ma réflexion.

Mes parents et mes soeurs, pour m'avoir supportée et encouragée toutes ces années d'études.

Mes futurs collègues, Clarisse, Coraline, Hugo, Lily, Pauline, Arthur, pour leur aide et leur bonne humeur !

« Contrairement à une illusion entretenue pour nous rassurer, nous ne dominons pas la nature. Comprendre et intégrer cette évidence serait une preuve de réalisme, de lucidité et d'intelligence. » Pierre Rabhi [1]

[1] Romancier, agriculteur, conférencier et écologiste français, fondateur du mouvement Colibris et « figure représentative du mouvement politique et scientifique de l'agroécologie en France »

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS 7

AVANT-PROPOS 15

INTRODUCTION 19

PARTIE 1.

TRANSITION ÉCOLOGIQUE : LA NATURE COMME REMÈDE 25

1) LA TERRE ET L'EAU, CES RESSOURCES EN DANGER

1.1.1 L'effondrement 27
1.1.2 La crise de l'eau 31
1.1.3 Les stations d'épurations 39
1.1.4 La pollution des sols *Exemple : La Métropole lilloise*

2) LA PLACE DE L'EAU EN VILLE

1.2.1 L'eau et la ville 47
1.2.2 L'eau dans la métropole Lilloise 53
1.2.3 La rivière de la Marque 61

3) LES OUTILS : LE VIVANT

1.3.1 Introduction au génie végétal 73
1.3.2 La biodiversité en ville 75
1.3.3 Les stations d'épuration d'aujourd'hui, parcs filtrants de demain ?

PARTIE 2.

LA PHYTOREMÉDIATION : LE PAYSAGE COMME SYSTEME VIVANT 83

Introduction à la phytoremédiation (définition, histoire, origine) 84

1) LA PHYTORESTAURATION : RESTAURER LES SOLS 87

2) LA PHYTOÉPURATION : ÉPURER LES EAUX 100

2.2.1 Les eaux usées *Exemple : Les jardins filtrants - Leers, France*
2.2.2 Les eaux pluviales *Exemple : Le quartier Saint-Jean Belcier, Bordeaux*
2.2.3 Les cours d'eau *Exemple : Parc du chemin de l'île - Nanterre, France*

3) LES PISCINES NATURELLES 123

Exemple : La piscine écologique des Murs à Pêches, Montreuil, Coste Architectures, 2017.

Piscine olympique écologique, Paris, Atelier Pascal Gontier

4) LES PLANTES ÉPURATRICES 135

2.4.1 Quelques plantes épuratrices… 135
2.4.2 La biomasse et les boues valorisables 137

PARTIE 3.

LA PHYTOREMÉDIATION GÉNÈRE DES ESPACES À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

Un parc vivant et résilient sur la friche de Branche de Croix

1) VERS UNE VILLE-ÉCOSYSTÈME

3.1.1 Des parcs filtrants dans la métropole lilloise 141
3.1.2 Le site d'étude : la friche de la Branche de Croix 145
3.1.3 Les enjeux du projet 153

2) UNE DÉMARCHE DE RÉGÉNÉRATION ET DE RECYCLAGE

3.2.1 Un projet régénératif, dans le temps 157
3.2.2 Une (re)connection 161
3.2.3 La gestion de l'eau génère les espaces du projet 163
3.3.4 Réhabilitation d'un bâtiment industriel, en centre de bien-être 169

3) UNE ARCHITECTURE SYMBIOTIQUE

3.3.1 Un système d'eau au coeur de l'architecture 171
3.3.2 Conception et matérialité 179
3.3.3 Inspiration : L'architecture des thermes romains 185

CONCLUSION 189

BIBLIOGRAPHIE 194

ANNEXES 202



AVANT-PROPOS

AVANT-PROPOS

« Serais-je vraiment architecte un jour ? Pourquoi ? Suis-je à ma place ? »
Avant l'écriture de ce mémoire, ces questions m'ont souvent habitée.

Aujourd'hui, j'ai la réponse. Ce lien entre le vivant et la ville m'anime.

Je conçois la ville comme un système vivant, où l'on peut composer avec la nature, au lieu d'aller contre elle. Nous faisons partie de ce système. Dans mon idéal, la ville s'inspire des écosystèmes naturels pour aller vers une durabilité, une stabilité et une résilience.

« L'homme fait pleinement partie du vivant. Il n'est ni coupé de la nature ni au-dessus d'elle » [1]

C'est à la lecture du livre L'économie Symbiotique d'Isabelle Delannoy que mon sujet a pris sens. Depuis, j'ai fait un travail de recherche, d'écriture et de conception durant 1 an. J'ai rencontré différents intervenants grâce à qui ce mémoire à pris forme.

Aujourd'hui je vous présente mon travail, avec comme titre *La ville régénérative*. Je conçois la ville comme un écosystème avec des mécanismes de régénération proches de ceux que l'on retrouve dans la nature. Cette ville s'inspire des cycles vivants, elle travaille de façon symbiotique avec son environnement jusqu'à transformer positivement son impact, en produisant ses propres services : nourriture, eau, énergie…

Les études d'architecture m'ont permis d'avoir un regard critique sur notre société et sur la façon de concevoir la ville d'aujourd'hui. Je me suis notamment questionnée sur la place des stations d'épuration, ces infrastructures sont pour moi un paradoxe. Il y a une contradiction entre leur fonctionnalité d'épuration et de bien-être de l'environnement (épurer l'eau pour notre santé et celle de la nature) et leur perturbation dans le paysage. Elles ne s'intègrent pas à l'environnement et sont même source de pollution. En France, ces infrastructures sont souvent écartées du centre ville pour être dissimulées. Il y un réflexe de rejet « pas à côté de chez moi » par les riverains qui redoutent une nuisance.

Ce mémoire cherche à montrer qu'il existe des solutions alternatives à cela, basées sur les principes symbiotiques, pour parvenir à engager ce futur dans nos villes.

---

[1] Citation tiré du livre L'économie symbiotique, de Isabelle Delannoy, Environnementaliste et ingénieure agronome

AVANT-PROPOS

« La diversité des associations végétales possibles ouvre la voie à d'innombrables déclinaisons paysagères multipliant les lieux de rafraichissement, de rencontre entre les habitants et de jeux pour les enfants.
[…]

Contraintes techniques et subtilités paysagères et architecturales entre en synergie. L'architecture se mêle aux jardins, nos déchets à la beauté. Chaque mètre carré devient productif et multifonctionnel.
[…]

L'efficacité de l'action humaine se mesure alors à sa capacité d'en amplifier les effets en dépensant le moins de ressources possible. Comme dans les systèmes agricoles répondant aux principes symbiotiques, il s'agit d'aménager le territoire selon un design maximisant les flux d'informations, d'énergie et de matière entre les écosystèmes pour les faire entrer en synergies. »

p 69, L'Economie Symbiotique, Isabelle DELANNOY[1]

[1] Environnementaliste et ingénieure agronome



INTRODUCTION

INTRODUCTION

Régénération [1]

Générer : donner vie
Préfixe ré- : une nouvelle fois

La régénération est la faculté d'une entité vivante à se reconstituer après destruction d'une partie de cette entité.
Les écosystèmes se régénèrent constamment. On parle d'une auto-régulation.

La ville régénérative [2]

Développer une relation de restauration et d'amélioration de l'environnement entre les villes et le système naturel dont elle dépend.

Résilience urbaine [3]

La résilience urbaine est un processus qui amène l'homme à renouer avec son milieu, sans opposer ville et nature, pour construire un nouvel idéal urbain.

La résilience : capacité d'un système vivant à retrouver les structures et les fonctions de son état de référence après une perturbation. [4]

Phytoremédiation [5]

Le terme phytoremédiation renvoie à une technique de dépollution basée sur les plantes et leurs interactions avec le sol et les micro-organismes. Cette technique concerne l'épuration des eaux et la dépollution des sols.

---

[1] https://fr.wikipedia.org/

[2] *Citation tirée d'un article écrit par Stefan Schuring, fondateur de Cities and Energy Consulting « Regenerative cities' basically means to develop an environmentally enhancing, restorative, relation ship between cities and the natural system whose resources they depend on as well as fostering urban communities where people benefit from this process ».*

[3] https://villeresiliente.org/objet/

[4] https://fr.wikipedia.org/wiki/résilience

[5] https://www.futura-sciences.com/

INTRODUCTION

La terre et l'eau sont source de vie. Ils sont essentiels à l'ensemble des êtres vivants et des écosystèmes. En évacuant nos déchets dans l'eau ou en contaminants nos sols par nos activités industrielles, on rompt l'équilibre terrestre et aquatique.

Certains cours d'eau ont longtemps été des « égouts à ciel ouvert » où l'on rejetait nos déchets, cela a engendré une dégradation de leur qualité et a détruit les écosystèmes. Aujourd'hui, nous mettons en place de lourdes infrastructures pour le traitement des eaux, et ces stations d'épuration ne s'intègrent pas dans le paysage. Personne n'a envie d'habiter près de ces infrastructures, des sites industriels polluants qui dégradent le paysage et les écosystèmes. Ces stations sont souvent mises à l'écart des centres-villes, et ce déplacement en dehors des zones urbaines implique des extensions importantes des réseaux d'assainissement. De plus, elles ne garantissent pas toujours la qualité du traitement de l'eau. Saturée en période de fortes pluies, elles peuvent rejeter des eaux polluées dans les milieux naturels.

Pourtant, ces stations pourraient s'intégrer dans le paysage urbain, devenir des «parcs filtrants», et même des atouts pour les villes : des espaces de recyclages et d'épuration mais aussi des îlots de fraicheurs, des parcs, des lieux de vie, de balade et de biodiversité. Et comment ? Grâce aux plantes, à leurs racines, et à des micro-organismes, avec comme seule énergie: le soleil ! Ce système est appelé la phytoremédiation. Il est plus écologique et respectueux de l'environnement qu'une station d'épuration « classique », et s'intègre harmonieusement dans le paysage.

La phytoremédiation, c'est la dépollution des sols et l'épuration des eaux par des plantes et des micro-organismes. En plus d'être des atouts pour la biodiversité en ville, ces systèmes d'épuration peuvent s'associer à d'autres fonctions : des piscines naturelles, des jardins agricoles… Ces zones humides s'inscrivent de plus en plus dans une logique d'aménagement durable, en profitant des synergies entre les diverses filières de valorisation des déchets. Ces lieux sont tout aussi fonctionnels que productifs : la biomasse et les boues produites par ces systèmes peuvent être valorisées et recyclées (engrais, énergie, éco-matériaux).

Ce travail cherche à comprendre comment mettre en place des espaces qui se régénèrent, comment recycler nos déchets en respectant l'environnement, comment concevoir ces nouveaux espaces et ce nouvel urbanisme pour engager la transition dans nos villes. C'est pour cela que je me pose la question suivante : **Comment intégrer la phytoremédiation à l'urbanisme pour aller vers une ville verte ?**

Ce mémoire a pour but de développer un point de vue théorique afin de mettre en place un projet qui sera l'aboutissement de ce travail : un « parc-écosystème ». Celui-ci s'implantera sur une friche industrielle de la métropole lilloise et comprendra un système d'eau jusqu'à sa réutilisation dans un centre de bien-être et de natation. L'entièreté du projet considérera l'eau comme une ressource précieuse, qui peut être régénérée de façon naturelle.

Dans un premier temps, nous évoquerons le thème de la transition écologique en ville, en passant par les problèmes des systèmes d'assainissements, de la pollution, et des stations d'épuration. Nous verrons ensuite la place de l'eau dans nos villes avec comme exemple la métropole lilloise. Puis, nous introduiront les nouvelles philosophies et outils qui permettent d'engager une transition dans nos villes.

En deuxième temps, nous développerons la notion de phytoremédiation. Nous préciserons son fonctionnement, pour dépolluer les sols et épurer l'eau par les plantes, ou encore pour régénérer une piscine. Nous montrerons comment ce système peut s'implanter dans nos villes, mais qu'il présente certaine limite. Nous verrons alors d'autres systèmes qui peuvent s'implanter en ville (noues urbaines, toitures végétalisées...).

J'établirais dans la dernière partie, le projet qui est le fruit de ce travail. Ce projet démontrera que la phytoremediation peut générer des espaces à différentes échelles: de l'échelle de la ville jusqu'à l'ergonomie; en passant par l'échelle du parc, de la rue, de l'architecture.
Le terrain d'étude de ce projet est la friche industrielle de la Branche de Croix. Cette friche, délaissée et polluée est en attente de réaffectation. C'est une réelle opportunité de repenser le paysage urbain et de redonner une place à l'eau.

Les principes symbiotiques de la phytoremédiation ouvrent les portes vers un urbanisme esthétique, écologique et fonctionnel, mais aussi résilient.
La ville résiliente est une ville en constante remise en question, ouverte aux changements et non productrice de déchets, pour ainsi approcher de cet idéal que serait la ville régénérative. Dans cette ville, nos déchets deviendraient la beauté du lieu.

Ce mémoire cherche à montrer que ces principes symbiotiques peuvent s'appliquer en milieu urbanisé. Il montrera les atouts et les bienfaits de la phytoremédiation pour guérir nos villes, mais aussi pour appréhender l'architecture de demain.



PARTIE 1.

TRANSITION ÉCOLOGIQUE : LA NATURE COMME REMÈDE

1) LA TERRE ET L'EAU, CES RESSOURCES EN DANGER

2) LA PLACE DE L'EAU EN VILLE

3) LES OUTILS : LE VIVANT

1) LA TERRE ET L'EAU, CES RESSOURCES EN DANGER

1.1.1 L'effondrement

Aujourd'hui, l'épuisement des ressources de la Terre s'accélère. Le «jour du dépassement» est de plus en plus tôt chaque année, cette date à laquelle nous vivons à crédit après avoir consommé plus d'eau, d'arbres, de sols ou de poissons que ce que la nature peut renouveler en un an.

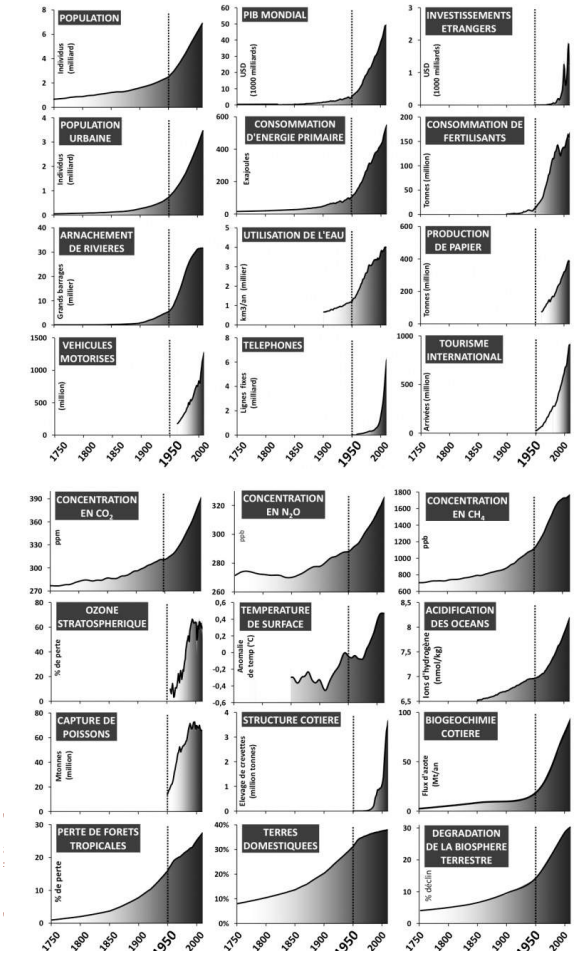
Actuellement, on parle « d'urgence écologique ». La température de la Terre a augmenté d'1 °C depuis 1900, il est urgent de réagir au réchauffement climatique et à l'effondrement de la biodiversité.

Cette crise était déjà annoncée il y a environ 50 ans : Le « Rapport Meadows »[1], publié par des scientifiques en 1972, était la première étude qui démontrait les dangers pour la planète et l'humanité. Ce rapport démontre que notre système va s'effondrer sous l'accélération de la croissance démographique et industrielle, sauf si l'Homme choisit de stabiliser sa population et sa production.

À l'époque la population mondiale doublait environ tous les 1000 ans, à présent elle a doublé en un siècle: de 1 milliard d'individus en 1830, nous sommes passés à 2 milliards en 1930.
Puis cela s'accélère encore, en 40 ans la population double presque une seconde fois, de 4 milliards en 1970 à 7 milliards aujourd'hui. Selon certaines prévisions, on approcherait les 9.8 milliards de personnes sur Terre en 2050.

De ce fait, la consommation d'énergie a été multipliée par 10, la consommation en eau par 4, et il faudrait 1,8 Terre pour survenir aux besoins de l'humanité aujourd'hui (et 2,7 Terres si on vivait tous comme un français).

[1] « Les Limites à la croissance » (The Limits to Growth), connu sous le nom de « Rapport Meadows »N1, est un rapport appuyé par le Club de Rome et publié en 1972 qui est une des références des débats et critiques qui portent sur les liens entre conséquences écologiques de la croissance économique, limitation des ressources et évolution démographique.



La croissance exponentielle

Le rapport de l'IPBES[1] est aujourd'hui un nouveau rapport scientifique très complet qui montre l'effondrement de la biodiversité. Il est développé par 145 experts issus de 50 pays au cours des 3 dernières années. Comme démontré dans le rapport, environ 1 million d'espèces animales et végétales sont aujourd'hui menacées d'extinction.

Depuis que l'humanité « consomme plus d'une planète », nous avons continué à accélérer cette consommation. Certains éléments augmentent de façon exponentielle : la population, le PIB, la consommation d'eau et d'énergie, la surpêche, l'utilisation de fertilisants, la production de téléphones… ce qui cause une croissance du nombre d'inondations, de l'acidification des océans, du taux d'extinctions des espèces, des destruction des forêts tropicales…

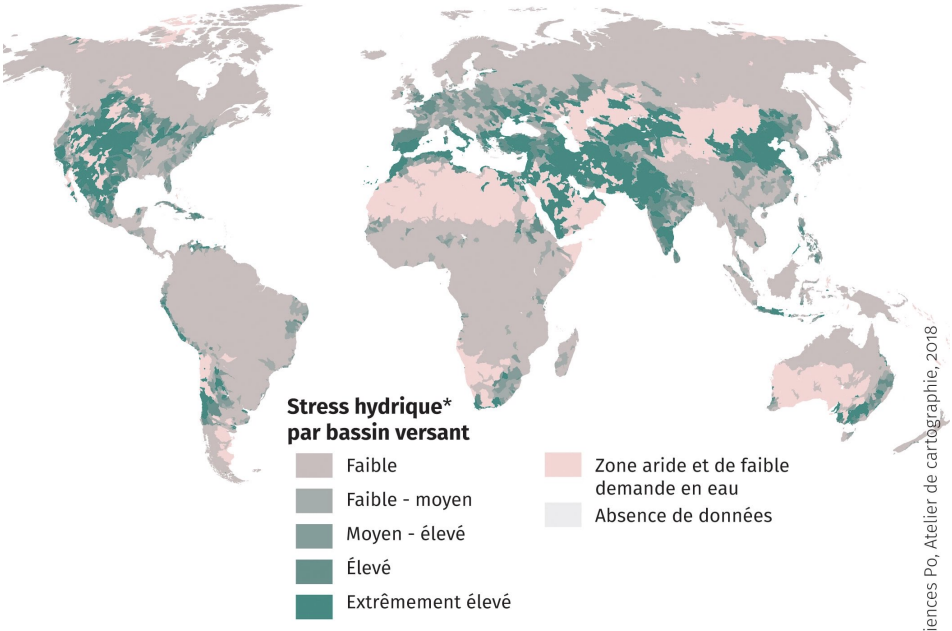
La surconsommation et le réchauffement climatique mettent en danger les écosystèmes : l'agriculture intensive, la pêche industrielle, les industries extractives, l'exploitation forestière…, les causes sont nombreuses et amènent à l'acidification des océans, la fonte des glaces, la pollution de l'eau et de l'air, la disparition d'espèces et d'écosystèmes… donc, la rupture de notre équilibre. *« Près de 80 % des insectes ont disparu en Europe en moins de 30 ans ; les campagnes françaises ont perdu un tiers de leurs oiseaux en 15 ans ; 60 % des animaux sauvages ont disparu dans le monde depuis 1970 ; 50 000 km2 de forêts sont rasés chaque année (2 fois la Bretagne)… »* [2].

Il est urgent de mettre l'homme au cœur des écosystèmes et non de les dominer, car notre terre repose sur un équilibre où chaque être vivant a sa place. Nos paysages urbains, bétonnés et artificiels, impactent les écosystèmes. Mais aujourd'hui, cette transition s'engage aussi dans nos villes.

[1] IPBES : Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémique

[2] Citation tirée de Usbek&Rica Magazine

Stress hydrique, projections en 2040



* Le stress hydrique de référence mesure le rapport entre les prélèvements totaux annuels en eau et le total des ressources renouvelables annuelles disponibles, en tenant compte de l'utilisation en amont de la consommation. Des valeurs plus élevées indiquent plus de concurrence entre les utilisateurs.

© FNSP - Sciences Po, Atelier de cartographie, 2018

Les zones les plus concernées par les pénuries d'eau en 2040

1.1.2 La crise de l'eau

"L'eau n'est pas nécessaire à la vie, elle est la vie" A. Saint-Exupéry.

Une crise mondiale

La gestion de l'eau est devenue un enjeu majeur de notre époque. Malgré ce que l'on pense, cette ressource vitale n'est pas inépuisable. Aujourd'hui, une personne sur six n'a pas d'accès quotidien à une eau douce saine et ce chiffre continu d'augmenter. Les scientifiques prédisent un manque d'eau très important dans le monde entier, durant les prochaines années, car la population mondiale augmente et le réchauffement climatique s'aggrave.

Les écosystèmes sont en déclin, et plus particulièrement les zones humides. Aujourd'hui, 17 pays ont un risque "extrêmement élevé" de manque d'eau et 26 pays un risque « élevé ». La Belgique par exemple est sujet au stress hydrique dans les prochaines années (classé 23ème pays souffrant le plus dè stress hydrique).[1]

Depuis des années, l'homme utilise l'eau et la terre comme des égouts dans lesquels nous rejetons nos déchets. À l'échelle mondiale, on considère que la pollution de l'eau a déjà réduit la biodiversité d'un tiers dans les lacs, les cours d'eau et les zones humides. Les conflits, le réchauffement climatique, l'augmentation de la population mais aussi l'urbanisation posent des problèmes dans les systèmes d'alimentation en eau et accentue la pénurie.

La ville d'aujourd'hui, polluée et imperméable, accélère cette crise mondiale de l'eau.

[1] Article «En Belgique, eau mal répartie, polluée et demande grandissante » Par Florian Bouhot, publié le 6 août 2019, https://www.lesechos.fr/



L'inégalité de l’eau

L'eau potable

Ces évènements climatiques touchent davantage les populations les moins préparées, les plus exposées, et pourtant, celles qui polluent le moins.
L'eau de surface est inégalement répartie sur la planète, elle n'est pas accessible à tous en raison du climat, du paysage ou encore de la géologie. L'eau souterraine est elle aussi inégale car les conditions économiques et techniques pour pomper les nappes et mettre en place des systèmes d'assainissement privent certains pays de cette ressource.
De ce fait en 2019, près de 800 millions de personne n'ont pas accès à une eau potable. 1,3 milliard de personnes (17 % de la population mondiale) ont accès à l'eau mais doivent pour cela se déplacer à au moins trente minutes aller-retour.

Seulement 3% de l'eau de la planète est douce, c'est une ressource rare !

L'eau potable dans le monde provient d'environ 60% des eaux souterraines et de 30% des eaux de surfaces (en France, deux tiers des volumes d'eau potable proviennent des eaux souterraines).[1]

Aujourd'hui, de nombreuses sources d'eau sont contaminées par des polluants industriels et des produits chimiques. La qualité de l'eau des robinets ne cesse de diminuer, et les polluants retrouvé dans l'eau sont source de maladies. Selon l'OMS [2], 50% des cas de sous-nutrition chez les enfants sont dus à la consommation d'eau non potable.

[1] https://www.eaufrance.fr/lalimentation-en-eau-potable

[2] – L'Organisme Mondial de la Santé (OMS)


La pollution domestique
- Matériaux fécales, graisses
- Produits ménagers, cosmétiques, médicaments
La pollution industrielle
- Matières organiques
- Produits chimiques
La pollution agricole
- Fumier, lisier
- Produits phytosanitaires, engrais chimiques
La pollution maritime
Rejet d'hydrocarbures et d'huiles végétales

Nos déchets polluent les eaux de surfaces et souterraines, et dégradent les écosystèmes. La qualité des eaux est de plus en plus mauvaise, ce qui a des répercutions sur l'environnement et sur notre santé. De ce fait, l'épuration des eaux pour arriver à une eau potable est plus compliquée et demande plus d'énergie.

Cette pollution vient de différents domaines, notamment

- **La pollution domestique**, nous rejetons nos eaux usées, venant des toilettes et des produits d'entretient (solvant, peinture, hydrocarbures, savons, détergents).

- **La pollution industrielle,** qui rejette des produits chimiques comme des hydrocarbures.

- **La pollution agricole**, avec des rejets de produits phytosanitaires et de pesticides. Ils peuvent pénétrer dans le sol jusqu'à atteindre les eaux souterraines.

- **La pollution maritime**, avec notamment des rejets d'hydrocarbures.

- **La pollution dite « accidentelle »**, avec le déversement accidentel de produits toxiques dans les milieux naturels qui viennent perturber l'écosystème.

Les eaux usées et pluviales

En ville, on distingue 3 types d'eaux : les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles et les eaux pluviales (de ruissellement).
Les eaux usées sont des eaux polluées par notre usage personnel, elles proviennent des habitations alors que les eaux usées industrielles proviennent des industries. L'eau de pluie est aussi polluée car elle ruisselle sur les toitures et les voiries.

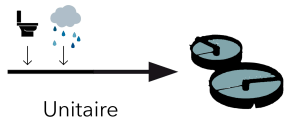
Souvent, l'eau de pluie se retrouve dans les mêmes systèmes d'assainissement que les eaux usées, elle est donc rejetée comme un déchet. Pourtant, cette eau est plus « propre », car la pollution y est moins concentrée. Elle pourrait être recyclée pour servir à d'autres fonctions en ville (arroser nos plantes, irriguer, nettoyer nos voitures…).

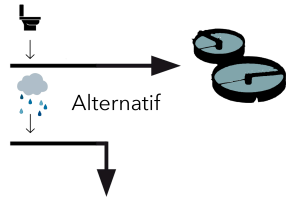
L'eau pluviale est plus facile à épurer pour aller jusqu'à une eau de baignade ou encore une eau potable. C'est une ressource très précieuse, notamment dans nos pays où la fréquence et l'intensité des pluies est importante.
La récupération et l'épuration des eaux de pluies pourraient devenir indispensables dans nos villes pour lutter contre cette crise. Cela permettrait de soulager les infrastructures hydrauliques, qui sont saturées, et de valoriser l'eau de pluie en lui redonnant une place au coeur de nos villes.

Réseau unitaire et réseau alternatif

Dans les villes, le réseau d'assainissement est unitaire ou alternatif. Le réseau unitaire, dit « tout à l'égout », comprend les eaux pluviales et les eaux usées dans le même système, les mêmes tuyaux. L'eau de pluie se retrouve dans la même station d'épuration que les eaux usées. C'est ce système d'assainissement qui pose problème lors de fortes pluies, les stations d'épuration peuvent être saturées par la quantité d'eau à traiter. De ce fait, des eaux encore polluées sont rejetées dans les milieux naturels.

Le réseau séparatif différencie les eaux pluviales des eaux usées. Les eaux pluviales circulent donc dans des tuyaux différents. De ce fait, leur débit peut être controlé, par des bassins tampons « bassin d'orage » ou des zones de prétraitement. Cela coûte plus cher mais permet d'éviter la surcharge. On évite alors de nouvelles inondations et des rejets pollués dans les milieux naturels.







Le débordement de la station d'épuration de Grimonpont, Wattrelos

1.1.3 Les stations d'épuration

Des stations saturées

Les sols en ville sont essentiellement bétonnés et artificiels. Cette couche imperméable déstructure tout le système naturel des sols. Il est dans l'incapacité d'assurer ses fonctions de rétention d'eau. En France, 5 millions d'hectares des sols étaient artificiels en 2015 et cela se poursuit de 1,5% par an.
L'eau de pluie n'est plus absorbée par les plantes et le sol, elle ruisselle sur les surfaces artificielles et s'écoule vers les réseaux de canalisation. De ce fait, les nappes phréatiques sont très peu rechargées. Le cycle naturel de l'eau est complètement perturbé.

Cette artificialisation des sols a de nombreuses conséquences dont les débordement des stations d'épuration. Les systèmes d'assainissements sont saturées par ces volumes inhabituels d'eau de ruissellement, dont le débit est de plus en plus important.

« Dans la nature, la majeure partie des précipitations s'infiltre dans le sol ou rejoint les eaux, mais cet écoulement est détourné par les revêtements imperméables. Désormais, seulement 20-30% des eaux de pluie sont absorbées par les sols des zones urbaines, ce qui entrave la circulation naturelle et a pour conséquence des engorgements et des inondations. »
Wen Mei Dubbelaar [1]

La station d'épuration de Grimonpont qui se situe à Wattrelos dans la Métropole lilloise est l'une des plus importante station d'épuration de la région. Elle traite les eaux usées de 417 000 équivalents-habitants (EH)[2].

Mais aujourd'hui, en période de forte pluie, cette station ne permet pas de recevoir l'eau qui entre dans le système. Résultats, des eaux polluées sont rejetées dans la rivière de l'Espierre. Entre 2021 et 2028, des travaux important viendront étendre la capacité de stockage et de traitement de la station d'épuration de Wattrelos.

[1] Wen Mei Dubbelaar, ingénieur et responsable du traitement des eaux chez Arcadis.
[2] EH : Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.



La station d’épuration de Achères

Les stations d'épuration, peu intégrées au paysage

Les stations d'épuration sont souvent mises à l'écart des villes et subissent un rejet des habitants. On comprend pourquoi lorsque l'on voit certaines stations d'épuration, qui dégradent le paysage et qui sont source de nuisances.

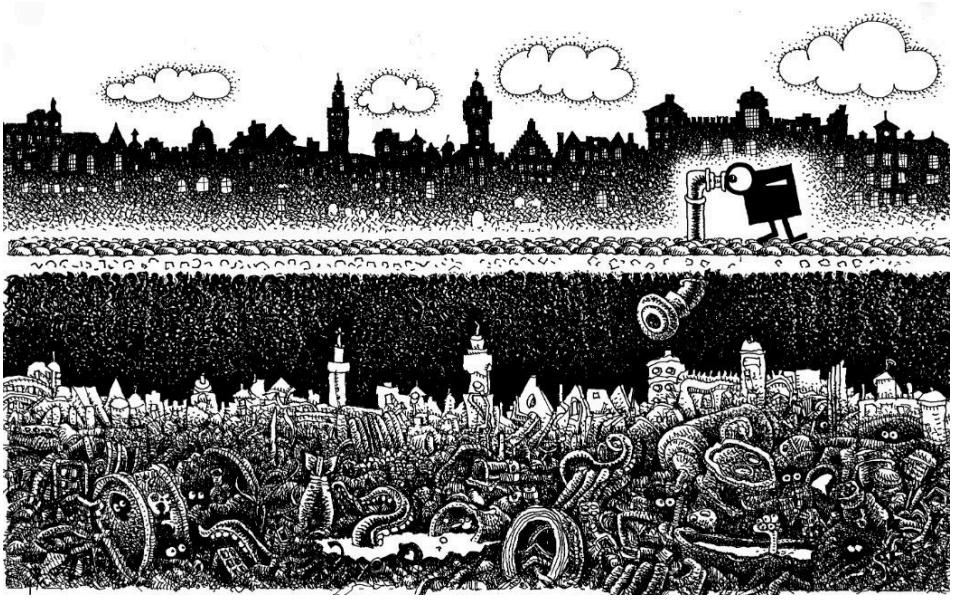
Pourtant aujourd'hui, elles sont rattrapées par l'étalement urbain. Elles sont donc mises au défis de s'intégrer dans nos villes.

Elles sont aussi obligées de répondre à de nouvelles normes européennes. Cette mise aux normes est l'occasion de repenser l'architecture et l'intégration de ces infrastructures dans le paysage, ainsi que leur impact écologique.

Aujourd'hui, certaines stations sont transformées par des façades et toitures végétalisées. Elles sont plus écologiques et créent même de l'énergie verte en valorisant leurs boues et leurs déchets par méthanisation.[1]

Pourtant, cela reste compliqué de les intégrer en ville et à d'autres fonctions. Elles deviennent plus esthétiques et moins nuisibles, mais elles restent à l'écart et génèrent une déconnection dans nos paysages.

[1] Décomposition des matières organiques qui entraine la production de biogaz.
En l'absence d'oxygène et sous l'effet de la chaleur (38 °C), des bactéries transforment la matière organique en méthane



Les sols pollués de la ville de Lille

Illustration de Jean-Paul Van der Elst

1.1.4 La pollution des sols

La terre est polluée, dégradée et bouleversée par notre façon de vivre. L'ère industrielle s'est développée très rapidement sans prendre en compte son effet destructeur sur l'environnement.
L'agriculture a elle aussi, privilégié le rendement au lieu du naturel. Les friches industrielles sont contaminées par des métaux lourds et des hydrocarbures, et les espaces agricoles par des produits phytosanitaires, pesticides, nitrates…

Aujourd'hui, la pollution des sols est une menace importante pour notre santé car elle impacte le métabolisme des êtres vivants.

« La pollution des sols affecte la nourriture que nous mangeons, l'eau que nous buvons, l'air que nous respirons et la santé de nos écosystèmes » a déclaré Mme Maria Helena Semedo, Directrice générale adjointe de la FAO.[1]

Les friches industrielles

La période industrielle a accentué la pollution des sols.

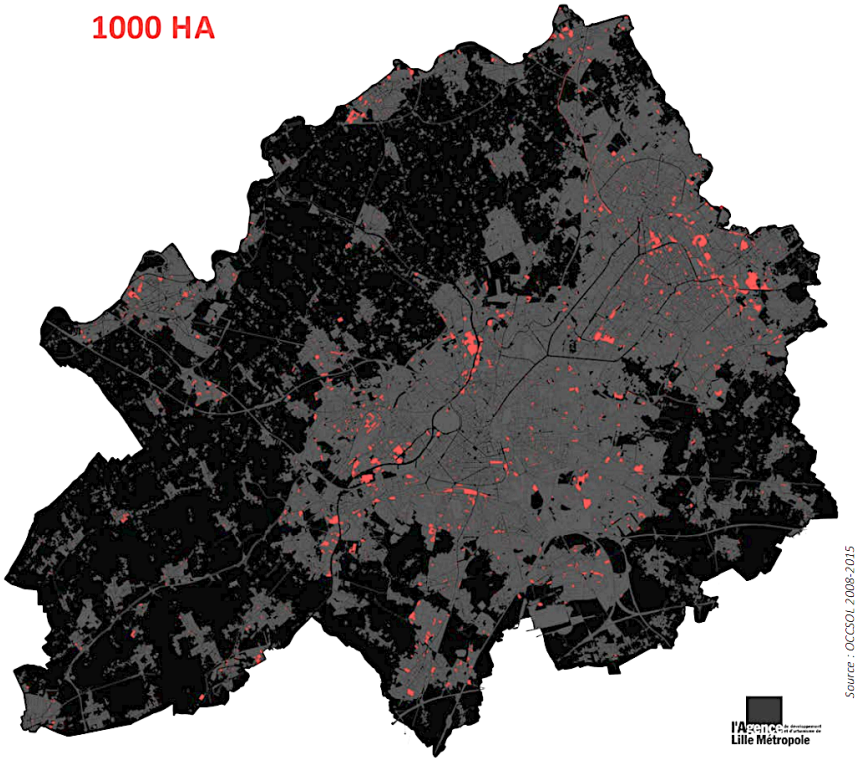
Friche industrielle : terrain qui a été occupé par des bâtiments industriels, aujourd'hui à l'abandon.[2]

On dénombre aujourd'hui des milliers de friches industrielles dans le monde. En France, elles couvrent environ 90 000 à 150 000 hectares du territoire. L'objectif « Zéro artificialisation nette » (ZAN) fixé par le plan Biodiversité 2018, a pour but de diviser par deux ces terres artificialisées dans les dix prochaines années. Cet objectif est cité dans le rapport parlementaire sur la revalorisation des friches de janvier 2021. Ce rapport défend la valorisation de ces terres.

La dépollution et reconversion de ces friches présentent une opportunité pour repenser le paysage en ville tout en favorisant l'environnement. Ces friches peuvent être de véritables atouts pour valoriser la biodiversité et réguler le phénomène « d'ilot de chaleur ».

[1] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

[2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Friche_industrielle



Friches et délaissés urbains dans la MEL en 2015

Les friches industrielles dans la métropole lilloise

Dans la région Nord Pas de Calais ont a recensé plus de 10 000 hectares de friches industrielles, cela représente 50% des friches industrielles françaises.

La métropole lilloise à un riche passé industriel et commercial, notamment dans les domaines de l'agro-alimentaire, du textile et de l'automobile. Depuis quelques années, le déclin de l'industrie à laissé des paysages en friche. Dans la métropole lilloise on a recensé environ 1000 hectares de friches et d'espaces délaissés urbain en 2015.

La plupart des friches industrielles sont polluées au niveau de sol. Aujourd'hui, l'agglomération compte plus de 160 terrains signalés comme pollués (par métaux lourds, hydrocarbures, solvants…). Ces produits sont potentiellement dangereux pour notre santé.

Certaines terres polluées sont inconstructibles et laissées à l'abandon pendant plusieurs années.

2) LA PLACE DE L'EAU EN VILLE

1.2.1 L'eau et la ville

Comment l'eau a t-elle influencé l'installation des villes ?

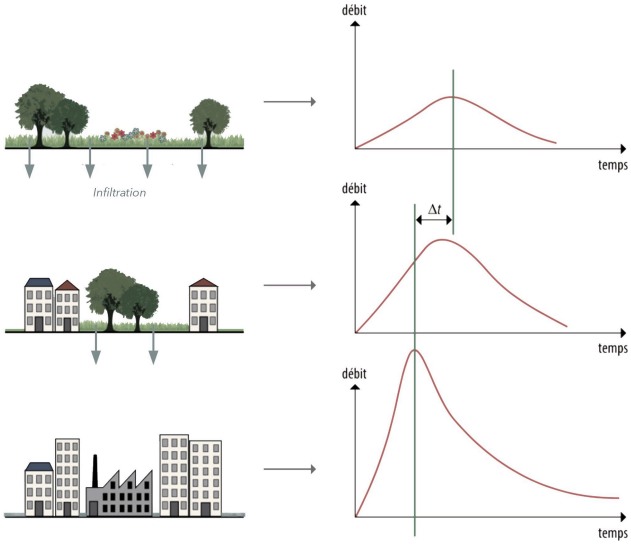
À travers le temps, les gens se sont installés et ont bâti des villes à proximité des rivières, des fleuves et des lacs. Les villes se sont toujours développées autour de l'eau, indispensable à la vie.

À partir du XVIIIème siècle, les cours d'eau ont reçu beaucoup de pollutions rejetées par les industries. L'écoulement des eaux usées devient alors un vecteur de maladies, ce qui a des conséquences sur la population.

Pour des questions d'hygiène, la ville a tourné le dos aux cours d'eau. Vers le XIXème siècle, ils sont enterrés dans des tuyaux de canalisation. Les canalisations ont dévalorisé la ressource de l'eau et ont limité son pouvoir à structurer l'urbanisme et à dessiner nos villes.

Elle est aujourd'hui cachée, enfouie, ignorée; nous l'avons considéré comme domesticable.

Depuis l'arrivée des canalisations et des robinets, on ne considère plus la valeur de l'eau. Nous avons l'impression que l'eau potable arrive très facilement dans nos robinets et de façon illimitée. Cette facilité nous a poussé à la surconsommation de cette ressource. À l'époque, la taille d'une ville dépendait de sa ressource en eau. Aujourd'hui, beaucoup de villes comme Paris, puisent leur eau dans des sources distantes, parfois située à plus de 150 km. Les canalisations et pompes sont de plus en plus longues.



L'imperméabilisation des sols augmente les crues en ville

Le pic est plus rapide et puissant dans les zones urbaines et bétonnées

Les problèmes d'eau sont aussi dus à une mauvaise gestion du territoire. L'étalement urbain et l'imperméabilisation des sols augmentent en effet le risque d'inondation mais aussi de pénurie d'eau.

On épuise les nappes phréatiques pour s'alimenter en eau et irriguer, puis on rejette l'eau comme un déchet. Les cycles naturels de l'eau sont chamboulés par des installations humaines et par l'étalement urbain : barrage, détournement, irrigation, urbanisation... Les cycles hydrologique en sont bouleversés.

Mais aujourd'hui, l'Homme ne peut plus dominer totalement la nature sans se mettre lui même en danger. On voit de nombreuses villes engager une reconquête des berges et des cours d'eau. La perméabilisation et la gestion de l'eau devient un enjeu prioritaire pour une ville durable, notamment en se tournant vers la ressource des eaux de pluie et en valorisant les eaux usées.

Cette remise en question se fait dans de nombreuses villes, les citadins veulent retrouver des espaces de nature. L'eau n'est plus seulement l'affaire des ingénieurs hydrauliques, mais aussi des urbanistes, écologues, paysagistes, architectes. Les enjeux de la place de l'eau sont autant dans l'aménagement du territoire, que dans la conception architecturale. Ce n'est pas seulement un problème à traiter, c'est aussi une manière de repenser la ville et l'espace.



Le petit cycle de l'eau

Le cycle de l'eau en ville : le petit cycle de l'eau

Contrairement au grand cycle de l'eau (la circulation naturelle de l'eau sur Terre), le petit cycle de l'eau est artificiel.

1. Pompage de l'eau

Dans notre bassin, l'eau est pompée à plus de 96% dans la nappe phréatique[1].

2. Potabilisation

Traitement de l'eau jusqu'à une eau potable.

3. Stockage

L'eau est stockée dans un réservoir (château d'eau).

4. Distribution

L'eau est distribuée jusqu'aux habitations par les canalisations.

5. Traitement

L'eau est nettoyée dans une station d'épuration

6. Rejet dans le milieu naturel

[1] Agence de l'Eau Artois Picardie
https://www.eau-artois-picardie.fr/education-leau-dossiers-thematiques/le-petit-cycle-de-leau

1.2.2 L'eau dans la Métropole Lilloise

Autrefois, la ville de Lille était une île cernée par la Deûle, d'où son nom « Lille ».
Elle est née au XI ème siècle, comme port de commerce. Les premiers lillois se sont installés sur des terres marécageuses, au bord de la Deûle.

Puis la ville s'est développé autour des cours d'eau. À ce moment, le vieux Lille était traversé par la basse Deûle.

Dans les années 1930, ces canaux ont été enfouis. En effet, à l'arrivée de l'industrialisation, l'eau est devenue très polluée. Elle était infectée, et donc source d'épidémies et d'odeurs. La ville a choisi de laisser place à des canalisations et des égouts « modernes ».

Puis, la ville a continué à se développer en ignorant et en enterrant les cours d'eau. La ville devient de plus en plus dense et imperméable. De ce fait, la métropole lilloise est soumise à des risques d'inondations depuis plusieurs années. En 2008, des inondations très importantes ont été recensées à différents endroits de la ville.

De plus, le réseau d'eau est principalement unitaire dans la métropole lilloise. Donc, en période de forte pluies, les stations d'épuration sont saturées, et peuvent ne pas exercer leur fonction d'épuration.

Depuis quelques années la MEL essaie de réduire le risque d'inondation sur le territoire. Des travaux conséquents sont réalisés pour réduire le ruissellement des eaux de pluies notamment grâce à de grands bassins de rétention d'eau (200 000m3 de bassins de stockage ont été construits, c'est à dire l'équivalent de plus de 50 piscines olympiques).[1]

[1] La Métropole Européenne de Lille https://www.lillemetropole.fr/votre-metropole/grands-projets/grands-projets-dequipements/bassins-de-retention-deau





Chantier d'un bassin de stockage , Roubaix

Ces bassins permettent de lutter contre les inondations mais aussi de dégorger les stations d'épuration, car les eaux de ruissellement peuvent y être stockées.

On continue pourtant d'agrandir les villes et de bétonner. La ville devient imperméable.

En 2018, un bassin comparé à une « cathédrale souterraine » a encore été creusé dans la ville de Roubaix. Ce bassin de 37 mètres de diamètre sur 27 de profondeur, sera recouvert d'un parc urbain. La MEL y a investit 10 millions d'euros. Ces bassins demandent de l'énergie et sont la conséquences de l'imperméabilisation des sols. Nous essayons de réparer nos erreurs comme nous pouvons mais nous réglons le problème en surface et non à la source.

Pourquoi continuer de cacher et d'enterrer l'eau, pourquoi ne pas lui redonner une véritable place au sein de la ville ?

D'autres solutions sont plus en accord avec les nouveaux mouvements écologiques et l'intégration paysagère, comme les prairies inondables, les noues urbaines, les zones d'infiltrations… Mais aussi tout simplement des espaces verts, des parcs, qui peuvent avoir un intérêt paysager, mais aussi permettre le stockage temporaire et l'infiltration des eaux pluviales.









L'eau a besoin de plus d'espace

Vision schématique du projet de la partie 3

L'eau a besoin de plus d'espace.

Les zones humides jouent un rôle majeur dans nos villes, elles atténuent les inondations en permettant l'infiltration de l'eau et la recharge des nappes souterraines; elles diminuent les îlots de chaleur et favorisent le bien-être humain, ainsi que celui d'autres espèces vivantes.

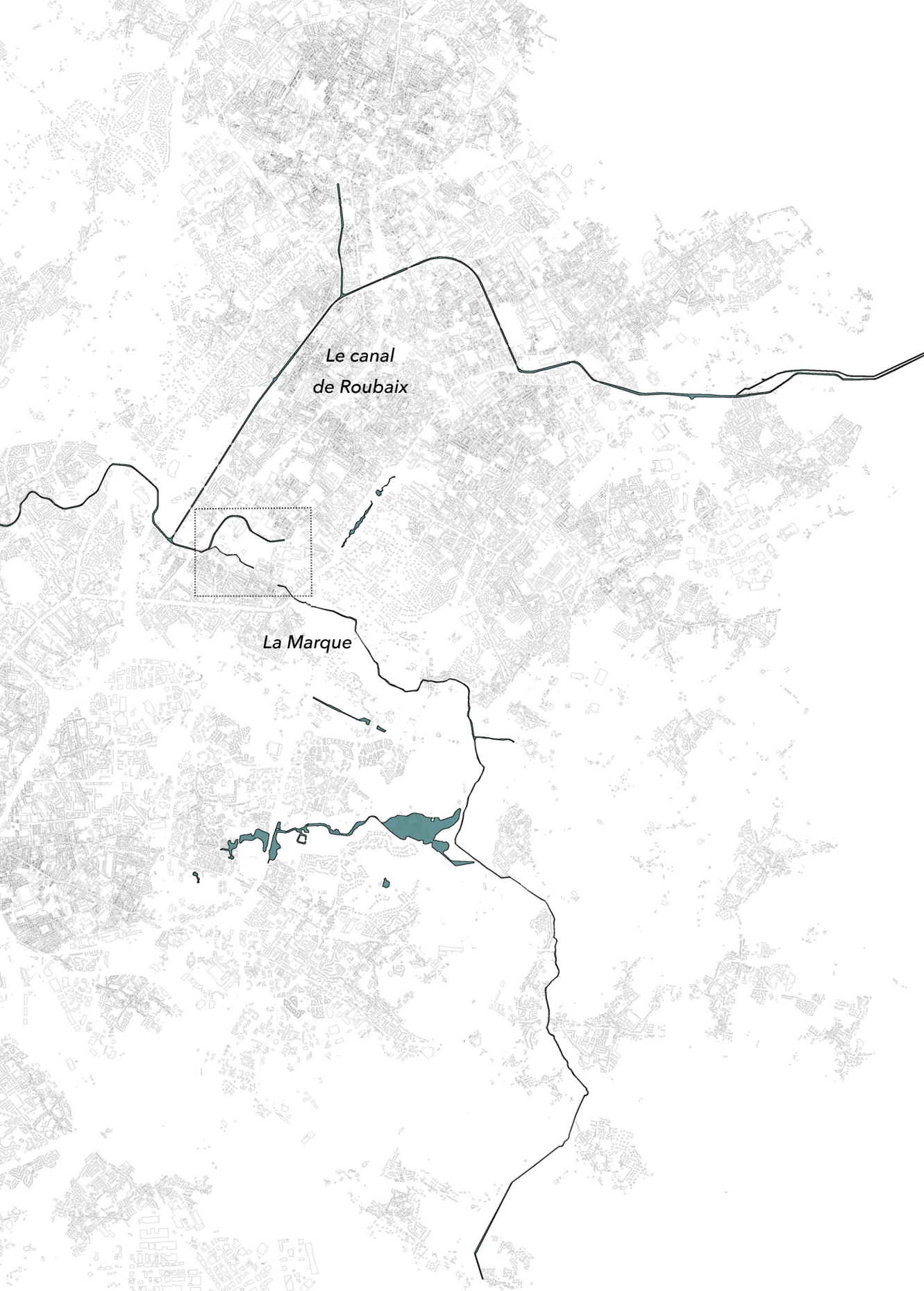
Pourtant aujourd'hui, plus les villes grandissent, plus ces zones disparaissent. 64% des zones humides de la planète ont disparu depuis 1900.[1]

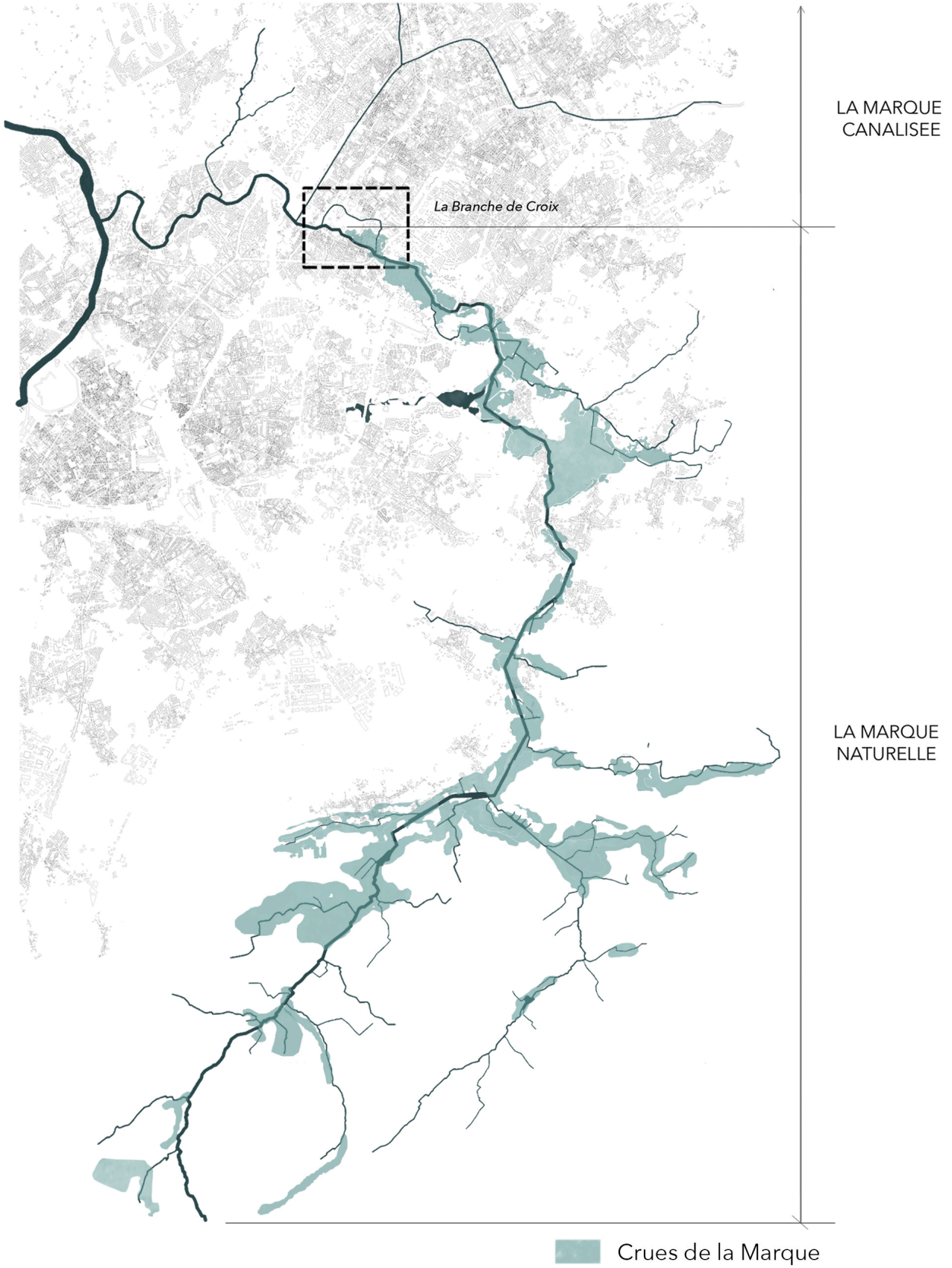
[1] Eau France, *Les zones humides*, http://www.zones-humides.org/les-zones-humides-avis-de-disparition-mondiale



La Deûle, la Lys, la Marque et le canal de Roubaix sont les principaux cours d'eau qui ont permis le développement de la métropole lilloise.

Ils sont tous canalisés, à l'exception de la Marque.
Elle est la seule rivière de la métropole qui possède encore ses deux tiers de berges naturelles.


Le canal
de Roubaix
La Marque


La Branche de Croix
LA MARQUE CANALISEE
LA MARQUE NATURELLE
Crues de la Marque

1.2.3 La rivière de la Marque

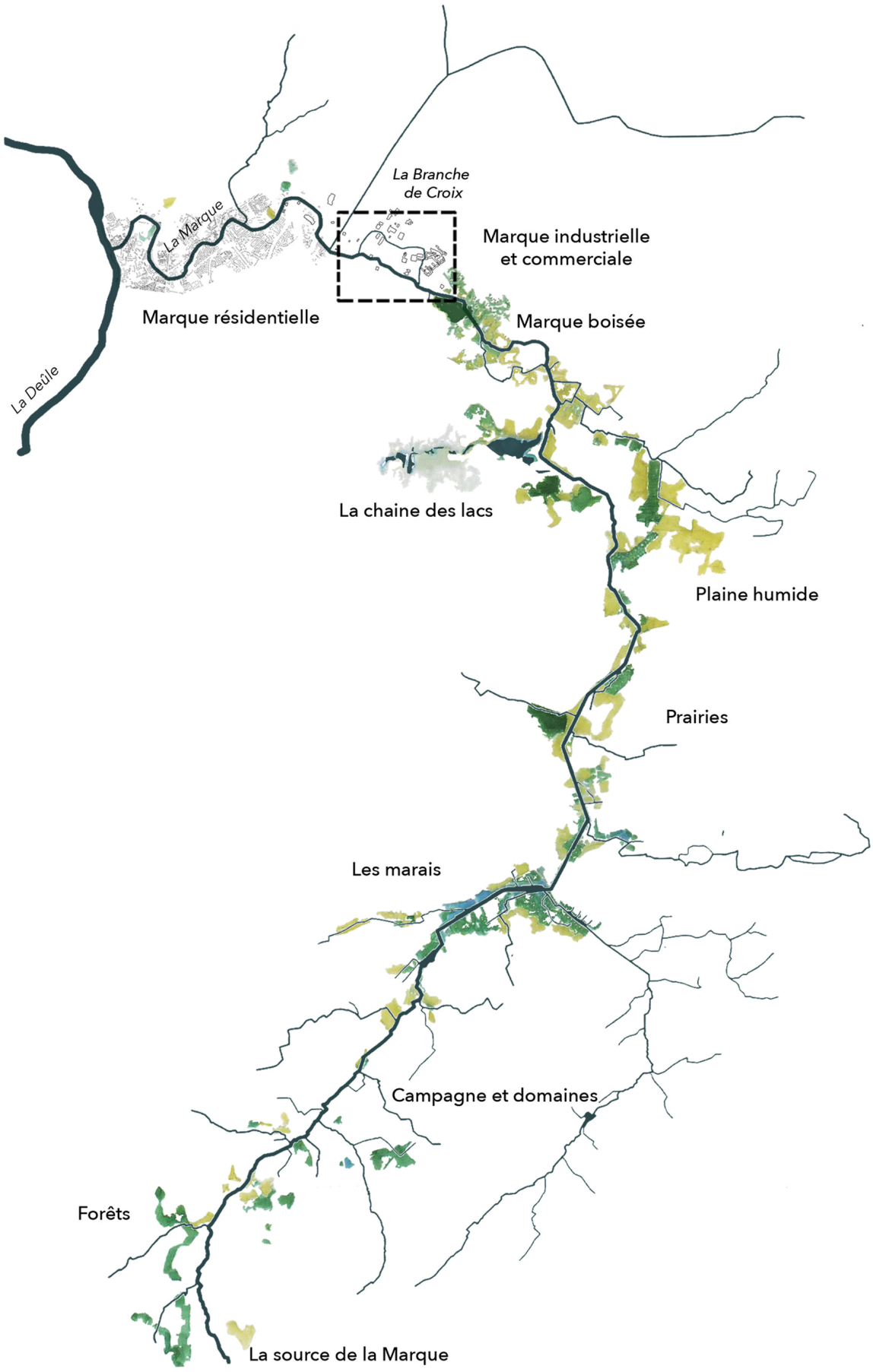
Dans la métropole lilloise, la source des inondations vient des intempéries et de l'imperméabilisation des sols, mais aussi de la rivière de la Marque, qui sort de son lit en période de fortes pluies. La partie de la Marque naturelle connait encore de fortes crues.

Le cycle de la Marque est très variable selon les saisons, il n'est pas régulier et dépend fortement des pluies. Le débit varie entre 0,3 à 1,5m3/s entre la période de basse et de hautes eaux.

Seulement une petite partie de la Marque de 7,5km est canalisée. Un noeud hydraulique se met en place à hauteur de Wasquehal : le passage de la rivière naturelle à la marque canalisée. Ce changement influence les débits et la biodiversité.

La Marque est une rivière très polluée. Dès sa source, elle est avérée comme une eau médiocre. Sa pollution augmente vers l'aval, en zone urbanisée. Les problèmes de pollution étaient déjà présents avant l'urbanisation et l'industrialisation, mais ces facteurs les ont largement accentués. Durant plusieurs années, les cours d'eau étaient des poubelles à ciel ouvert, notamment pour les industries. Aujourd'hui, cette rivière est délaissée suite au déclin de l'industrie textile, elle prend doucement un autre rôle dans la ville.

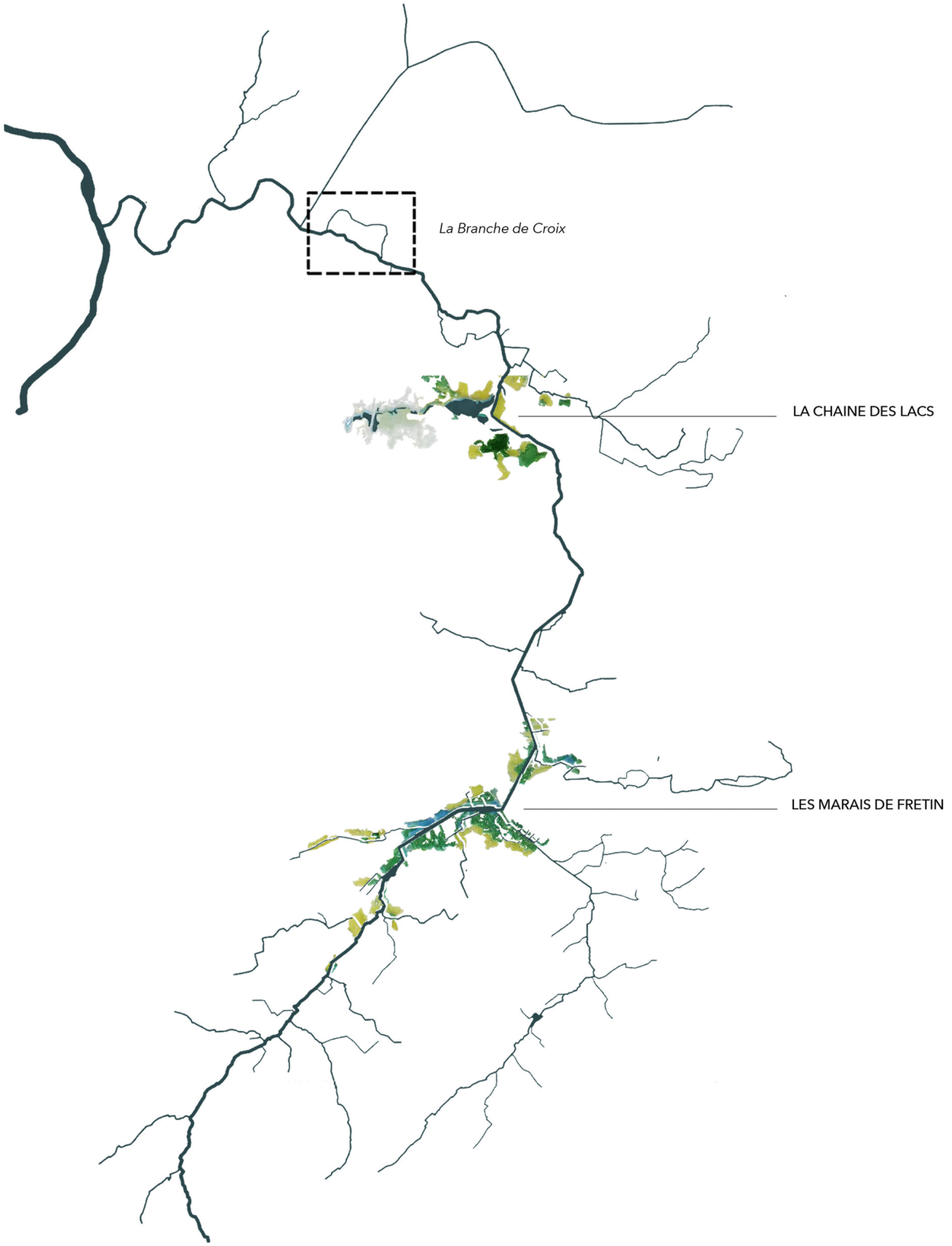
Elle a eu un rôle défensif puis économique, aujourd'hui elle est une opportunité pour aller vers une relation écologique et sociale.


La Branche
de Croix
La Marque
Marque industrielle
et commerciale
Marque résidentielle
Marque boisée
La Deûle
La chaine des lacs
Plaine humide
Prairies
Les marais
Campagne et domaines
Forêts
La source de la Marque

La Marque traverse de nombreux paysages le long de ses 37 km. Cette rivière parcours 23 communes et une diversité de paysage, parfois son parcours s'étend dans de larges zones humides, des plaines ou des forêts puis il traverse des paysages périurbain et urbain…

Sa richesse paysagère s'étouffe dans le tissu urbain à la hauteur de la Branche de Croix (à Wasquehal).

Aujourd'hui la Marque attire une nouvelle population cherchant à habiter entre la nature et la ville. Même si elle reste encore très polluée , elle est valorisée pour sa richesse et ses réservoirs biologiques. La rivière de la Marque a longtemps été polluée et inexploitée, mais elle représente aujourd'hui un précieux potentiel de nature et de paysages.


La Branche de Croix
LA CHAINE DES LACS
LES MARAIS DE FRETIN

La chaîne des Lacs

La chaîne des lacs dont le plus connu « le lac du Héron » est un ensemble de 6 lacs urbains alimentés par les eaux pluviales. Il permet de récolter l'eau de pluie de 1200ha de la ville de Villeneuve d'Ascq. Les bassins sont alimentés par un ensemble de collecteurs.

Il a donc une fonction de dépollution des eaux pluviales (stockage et évacuation à petit débit) mais aussi d'intégration paysagère et de protection environnementale (site classé « Réserve naturelle » en 1995).

Les Marais

À l'époque, ces marais étaient exploités comme zone de culture : la tourbe, la chaume, le roseau sont utilisés de différentes façons (fabrication de paniers, revêtements des toits). Cette exploitation s'arrête en 1960.

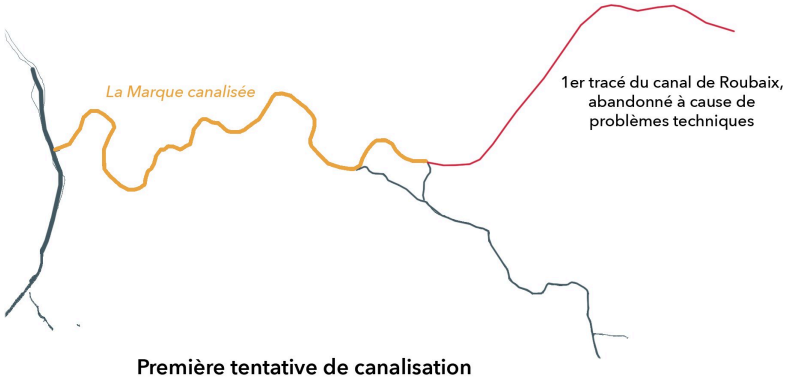
Aujourd'hui, « les Marais de Fretin » sont des zones humides préservées. Ces marais constituent une zone d'expansion de crues pour la rivière, cela permet de stocker l'eau dans la partie amont, ce qui diminue les crues en aval.

Le projet de la Branche de Croix

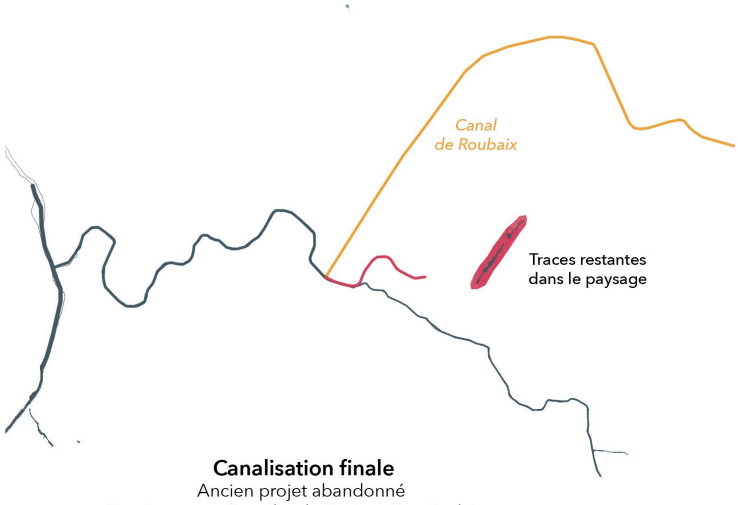
Le projet, développé dans la partie 3, va venir s'inscrire dans cette continuité. Il suit cette logique : un parc fonctionnel et pertinent pour la gestion de l'eau de la métropole.



La Marque naturelle au XVIIIème siècle



Première tentative de canalisation
Par la branche de Croix



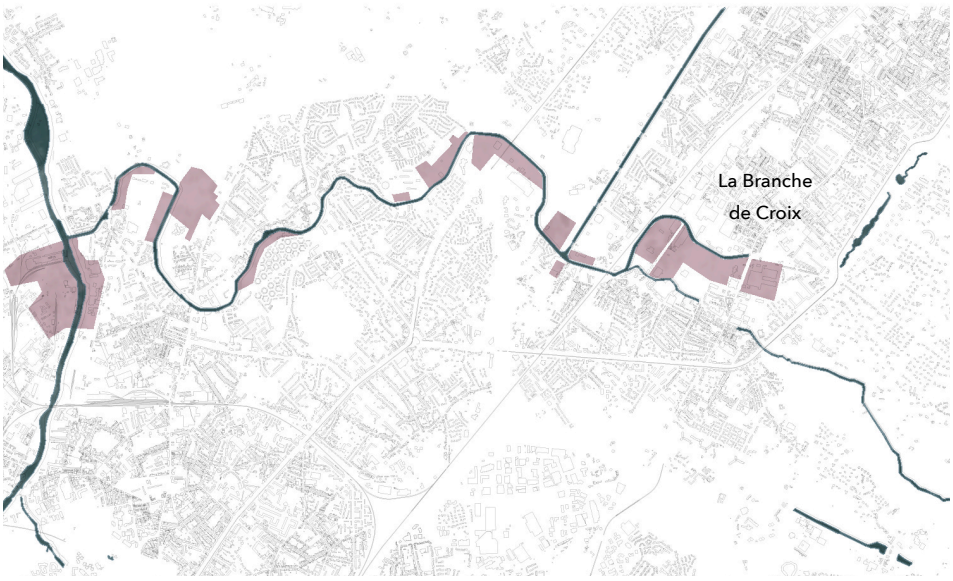
Canalisation finale
Ancien projet abandonné
Tracé restant : Branche de Croix et Parc Barbieux

Le Canal de Roubaix et la Branche de Croix

Pendant l'ère industrielle, la Deûle a été connectée à l'Escaut pour relier la ville de Lille aux ports d'Europe. La liaison Deûle-Escaut a donc été mise en place , par la canalisation de la Marque et la construction du canal de Roubaix.

Un premier tracé a été imaginé à Croix. Durant les travaux, des problèmes techniques et des éboulements ont eu lieu, le sol n'était pas compatible, le projet a donc été abandonné pour être construit plus loin. **Cet ancien tracé laisse des traces dans le tissu urbain : le parc Barbieux et la Branche de Croix.**

En 1985, le canal n'est plus exploité, et se pose la question du devenir de la Marque canalisée et de la Branche de Croix (ce bras mort entre Wasquehal et Croix).



Les friches et les sites en reconversion au bord de la Marque

La friche de la Branche de Croix, une opportunité de repenser le paysage

Cette friche est le terrain d'étude du projet qui est développé dans la partie 3.

La friche de la Branche de Croix a connu une forte industrialisation, car elle se trouve au bord de la Marque canalisée, proche du Canal de Roubaix et à proximité des gares. Cette friche se situe entre 3 villes de la Métropole lilloise : Wasquehal, Croix et Villeneuve d'Ascq. Elle est aujourd'hui en attente de reconversion.

La fin de l'ère industrielle laisse place a de nombreux terrains en mutation au bord de la Marque. Ces espaces pourraient être aménagés en suivant les nouvelles philosophies d'écologie urbaine. Ce paysage urbain devient un paysage poreux et une réelle opportunité de repenser la ville sans le combler par des constructions.

Cette porosité pourrait être valoriser pour lutter contre le réchauffement climatique en ville et pour considérer de nouvelles ressources (eau, agriculture,..). La ville pourrait se tourner à nouveau vers l'eau.

Depuis 2013, la métropole de Lille a rédigé un « plan bleu »[1] qui localise 9 sites dont la reconversion est essentielle et présente des enjeux majeurs; le site de la Branche de Croix en fait partie.

Alors comment envisager l'avenir de ces territoires ?

[1] Pdf « Le plan bleu de Lille Métropole » https://www.caue-nord.com/



Une friche polluée

La friche de la Branche de Croix est au coeur des discussion de reconversion depuis plusieurs années. Elle est marquée par deux points forts :

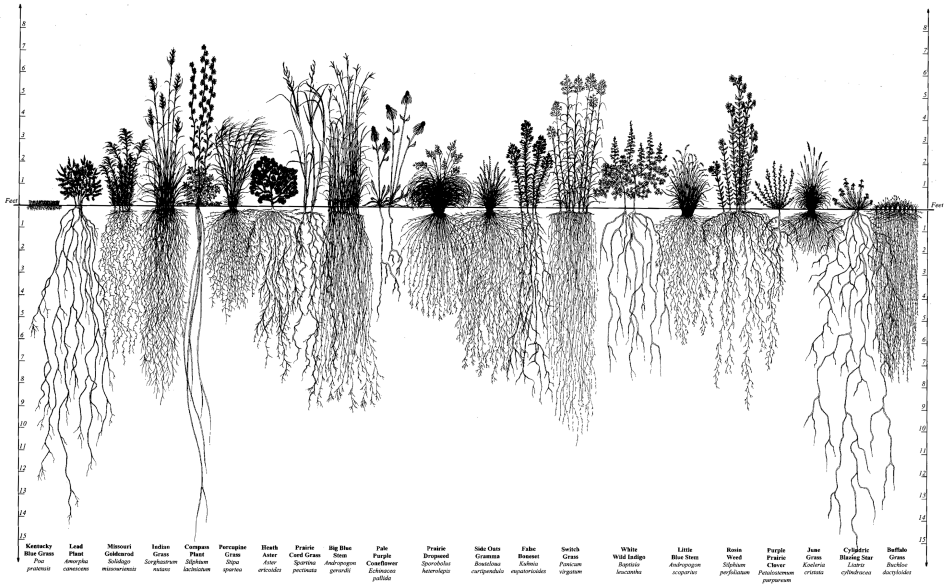
-**Un site pollué et délaissé** : site industriel composé d'anciennes usines, de déchets industriels et une pollution des sols.

-**Le passage de la rivière de la Marque**, une eau polluée et inexploitée.

Cette friche industrielle a un lourd passé. Elle est aujourd'hui classée dans les sites pollués du Nord pas de Calais. Plusieurs zones sont polluées par des hydrocarbures et des métaux lourds et sont aujourd'hui inexploitables, car dangereux pour la santé.

Pourtant ce site pourrait devenir un atout considérable pour ce territoire car il se trouve en zone urbanisée, au bord de la rivière de la Marque, à l'endroit où la Marque naturelle se jette dans la Marque canalisée. Il se situe donc à la fin des zones de crues de la rivière.
Il pourrait permettre de retrouver le bon fonctionnement hydraulique de la Marque. De plus, ce site pourrait créer un lien entre les 3 communes de Villeneuve d'Ascq, Croix et Wasquehal, qui ont aujourd'hui très peu de relation dû à l'inaccessibilité de cette zone polluée.

La friche de la Branche de Croix est une réelle opportunité de repenser le paysage de demain en redonnant une place à l'eau.



Architecture racinaire

3) LES OUTILS : LE VIVANT

1.3.1 Introduction au génie végétal

Le génie végétal est défini par l'utilisation de plantes vivantes pour résoudre des problèmes de l'ingénierie, par exemple dans le domaine suivant :[1]

- La stabilisation et gestion des sols érodés
- La restauration, renaturation des milieux dégradés, intégrant l'aménagement paysager
- La phytoremédiation, qui est l'épuration et la dépollution des sols et des eaux.

Le génie végétal est fondé sur l'observation et l'imitation des systèmes naturels. Ce sont des techniques alternatives aux techniques classiques du génie civil.

La phytotechnologie[2]

Quelques exemples de phytotechnologie, outils dans l'aménagement du paysage et de l'architecture:

- Jardins filtrants
- Phytoremédiation
- Mur végétal
- Toiture végétalisée
- Noues d'infiltration

Ces exemples interviennent dans une logique d'aménagement durable du territoire donnant la priorité à la préservation de la biodiversité et des milieux aquatiques. Ils permettent tout aussi l'intégration dans le paysage.

Les technologies accélérent le processus de la nature. C'est une symbiose entre l'intelligence humaine et la puissance des écosystèmes naturels.

[1] https://fr.wikipedia.org/

[2] Technologie basée sur les plantes

Ecosystèmes

Un écosystème est un ensemble formé par plusieurs êtres vivants. Les composants de ce systèmes s'échangent de l'énergie et développent un réseau d'information et de matière. Ce sont des systèmes complexes. [1]

Les éco-systèmes se régénèrent. On parle d'une auto-régulation.
Loi de l'homéostasie : Tout système vivant, laissé à lui-même, en l'absence de perturbation, revient spontanément à l'état d'équilibre.[2]
Lorsqu'on laisse un champ en friche, des espèces de plantes vont apparaitre jusqu'à développer une forêt : cela est l'état de pleine santé d'un sol.

Symbioses

Symbioses : *Association durable entre deux ou plusieurs organismes et profitable à chacun d'eux*.

Les organismes impliqués sont qualifiés de symbiotes et d'hôtes. Il y a une diversité de symbioses mêlant plantes, animaux et micro-organismes:

- La phoesie: L'association est libre, chacun a sa propre nourriture et peut vivre sans l'autre.
- Le commensalisme: Un des symbiotes (l'hôte) fournis à l'autre de la nourriture.
- Le parasitisme: Le parasite a besoin de l'hôte pour vivre: habitat et ressources.
- Le mutualisme: Le mutualiste tire sa nourriture de l'hôte et l'hôte utilise le mutualiste pour optimiser le fonctionnement de son organisme.

Par exemple, la phytoépuration[3] est une symbiose (un mutualisme) entre des plantes et des bactéries. Les plantes ont besoin de nutriments trouvés dans le sol. Elles s'associent avec des bactéries, qui vont s'installer dans leurs racines. Ces bactéries digèrent la matière organique pour la transformer en matière minérale, que la plante peut ensuite absorber. En échange, la plante fournit aux bactéries, de l'oxygène.

[1] https://fr.wikipedia.org/

[2] http://regenere.org/

[3] Epuration des eaux par des plantes ou des micro organismes

1.3.2 La biodiversité en ville

« La biodiversité est aujourd'hui notre meilleure assurance vie » Nicolas Mouquet

Biodiversité : diversité des espèces vivantes (micro organisme, animaux, végétaux). Ce terme est composé du préfixe « Bio » = vie et du mot « Diversité »[1]

La ville est un système organique, elle est vivante. Je l'appréhende comme un système où chaque composants (parcs, centre-ville, flux, routes, canal, rivière…) semblent en être les organes. La vie s'y développe par des flux de matière et d'énergie.

Composer avec la nature pourrait permettre d'intégrer la biodiversité à l'échelle des aménagements et des projets urbains. Le concept d'écologie urbaine est apparu dès la fin des années 90 et son approche vise à incarner une nouvelle vision de la ville.
La nature pourrait-elle être source d'inspiration pour nos aménagements urbains ? Cela fait déjà sens dans le biomimétisme appliqué à l'architecture, par exemple la ventilation s'est inspiré des termitières[2]. L'urbanisme régénératif commence lui aussi à s'inspirer du vivant comme la permaculture dans lequel on met en place des écosystèmes. Le jardinier veille sur l'harmonie générale mais laisse chaque plante se développer librement et jouer son rôle : ce système est presque autonome. La permaculture est avantageuse pour la Terre et pour les espèces vivantes (dont les humains).

La végétation fait partie des solutions pour adapter la ville au réchauffement climatique. Des études montrent que plus un quartier est vert, moins il souffre du phénomène d« îlot de chaleur ».
Le végétal atténue la chaleur grâce à deux effets : l'ombre qu'il crée et l'évapotranspiration (les plantes et arbres évaporent de l'eau).

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Biodiversité

[2] Une termitière est une structure biogénique qui constitue la partie aérienne du nid des nombreuses espèces de termites (formes, tailles et structures très variées).

Le Plan Biodiversité

Depuis plusieurs années, de nouveaux mouvements ont vu le jour pour engager cette transition, ainsi, de grands changements culturels et politiques sont en cours.

Depuis le 4 juillet 2018, le Plan Biodiversité[1] a été dévoilé. Il vise à renforcer l'action de la France pour la préservation de la biodiversité et la restauration des zones dégradées.

Le Plan biodiversité a pour ambition de freiner l'artificialisation des espaces naturels et de reconquérir des espaces de nature partout où cela est possible, même dans les villes denses ou les friches industrielles. L'objectif « Zéro Artificialisation Nette » est détaillé dans ce plan dont le but est de renaturer des surfaces égales aux surfaces consommées dans l'urbanisation. L'artificialisation des sols est une notion nouvelle dans le début public. Des lois européennes sont mises en place pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain, et pour améliorer la qualité de l'air et des sols.

Aujourd'hui, les villes européennes sont en transition. Mais cette transition ne peut être menée qu'avec l'implication de tous les acteurs urbains.

Le Plan Biodiversité a aussi pour but de former à la biodiversité, notamment dans différentes formations professionnelles pour toucher toute la population. Cela pourrait permettre aux différents corps de métier de se mobiliser.

[1] https://www.ecologie.gouv.fr/plan-biodiversite



Station d'épuration de Marquette Lez Lille, MEL



Parc d'épuration de Shanghai, Chine

1.3.4 Les stations d'épuration d'aujourd'hui, parcs filtrants de demain ?

Station d'épuration industrielle :

- Saturation en période de fortes pluies, rejet d'eau peu traitée
- Besoin en énergie
- Dégradation du paysage et du foncier
- Site industriel avec produits toxiques
- Épuration rapide et efficace

Station d'épuration végétale :

- Économique (moins cher)
- Le seule énergie : le soleil
- Intégration paysagère
- Crée du lien social
- Parc et biodiversité
- Durée de traitement plus long (plusieurs jours ou semaines)
- Besoin d'une surface au sol plutôt conséquente

Cette comparaison démontre que l'on peut repenser les stations d'épuration en parc et qu'elles seront aussi performantes, tout en étant en harmonie avec l'environnement.

Elles canalisent elles-mêmes leur énergie, synthétisent elles-mêmes leur matière. La seule énergie qui permet de développer ces systèmes est le soleil.

Ces systèmes symbiotiques tendent vers de nouvelles logiques écologiques et productives. Les zones humides sont les plus productives de la planète : la ville redevient un îlot de biodiversité. En plus de filtrer les polluants, ces zones humides permettent d'améliorer la qualité de l'air, de favoriser le bien être humain et de reconstituer des réserves de biodiversité.

« À condition de lui réserver suffisamment d'espace, un jardin filtrant peut totalement remplacer une usine d'épuration », explique Énée Bussac, responsable des ventes de Phytorestore, entreprise spécialisé dans les « jardins filtrants ».

Les stations végétales ont beaucoup d'avantages et peu d'inconvénients, mais la principale contrainte est l'emprise au sol. Nous verrons ainsi d'autres systèmes de phytoremédiation qui pourraient s'intégrer dans des paysages urbains denses.



PARTIE 2.

LA PHYTOREMÉDIATION : LE PAYSAGE COMME SYSTEME VIVANT

1) LA PHYTORESTAURATION : RESTAURER LES SOLS

2) LA PHYTOÉPURATION : ÉPURER LES EAUX

3) LES PISCINES NATURELLES

4) LES PLANTES ÉPURATRICES

Introduction à la phytoremédiation

Le mot phytoremédiation vient du grec « phyton » et du latin « remedium ». [1]
Phyton : La plante
Remedium : Rétablissement de l'équilibre

La phytoremédiation est une méthode de dépollution des sols, d'épuration de l'eau ou d'assainissement de l'air par les plantes.
Certaines plantes ont la capacité de vivre en milieu contaminé et de stocker, volatiliser ou dégrader des polluants.

Cette technique a toujours été utilisé par l'Homme. Pendant l'antiquité, on utilisait les plantes notamment pour leur efficacité médicinale et épuratoire. Les Grecs et les Romains utilisaient déjà les plantes pour traiter la pollution.
La phytoremédiation est devenu un domaine scientifique à partir des années 1970, les chercheurs se sont concentrés sur ce sujet. Ils ont explorés une large gamme de polluants qui peuvent être nettoyés par l'environnement.

Ce système peut être utilisé pour dépolluer les sols toxiques mais aussi pour épurer les plans d'eau. Aujourd'hui, la phytoépuration[2] permet d'épurer les eaux usées, les eaux pluviales ou encore les cours d'eau.
Au Canada, une expérience a été faite pour guérir les lacs d'un trop grand apport d'algues microscopiques, grâce à des îles flottantes par phytoremediation.[3]
Leur utilisation a d'autres avantages au-delà de la phytoremédiation: elles servent également d'habitat aux poissons et protègent le rivage de l'érosion.

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Phytoremediation

[2] Système de phytoremediation pour dépolluer l'eau : épuration de l'eau grâce aux plantes

[3] « Experimental Lake Area » est une expérience réalisée par International Institute for Sustainable Development (IISD) au Canada https://www.iisd.org/ela/

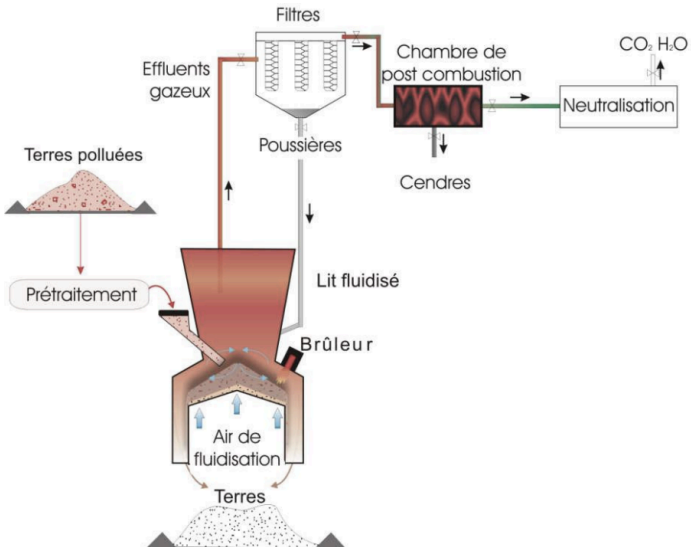
Malheureusement, après plus de 30 ans de recherche, la phytoremédiation est encore largement ignorée dans l'usage commercial. Certaines raisons expliquent cela: la phytoremédiation prend beaucoup de temps. Le nettoyage complet d'une friche industrielle peut prendre plusieurs années.
Même si la phytoremédiation est moins chère et plus durable sur le plan environnemetal, les développeurs peuvent préférer des méthodes plus rapide (comme l'excavation).

Pour l'épuration d'eaux usées, la raison est plutôt l'impact au sol, car ce système demande une certaine surperficie au sol ($10m^2$/EH[1]). Pourtant aujourd'hui, de nouvelles techniques permettre de réduire cette surface jusqu'à $1m^2$/EH.

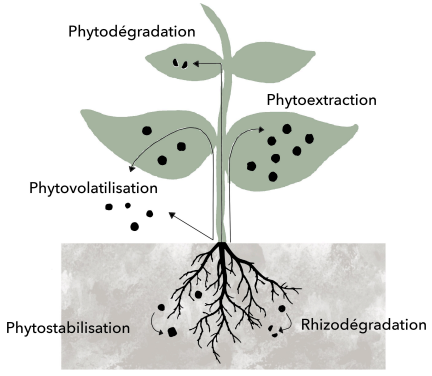
Nous pouvons supposer que la raison est aussi le manque de connaissances et de relation entre les différents spécialistes (les architectes et urbanistes ne connaissent pas forcement ces méthodes de génie végétal). Aujourd'hui, des entreprises pluridisciplinaires se développent, et permettent d'associer les compétences entre architectes, paysagistes, urbanistes, écologues, ingénieurs… Cette communion intelligente permet de développer des projets paysagers, architecturaux, environnementaux et techniques autour d'une même valeur.

Cette solution pourrait devenir un outil précieux et fréquemment utilisé dans la lutte contre la pollution.

[1] Equivalent habitant (EH) : Unité de mesure calculé sur base de la quantité de pollution émise par habitant et par jour



Traitement par incinération



Traitement par phytorestauration

1) LA PHYTORESTAURATION : RESTAURER LES SOLS

La phytorestauration est une méthode alternative pour dépolluer les sols tout en respectant l'environnement pour qu'ils se régénèrent (de manière naturelle, sans déployer trop d'énergie).
Cette méthode a été appliqué sur le site nucléaire de Tchernobyl où les plantes aident à réduire la toxicité des sols.[1] Cette expérience a été faite avec du chanvre, qui a des effets nettoyants sur la terre radioactive. Mais ce système est peu efficace sur des sites où la pollution est aussi dense ou trop profonde.

La phytorestauration convient aux sites où la profondeur de la pollution est de moins d'1m50. L'efficacité dépend de la concentration et du type de polluant, de leur diversité, et du type de sol. Il faut prévoir en général 5 à 10 ans selon les cas (mais pour les sols les plus pollués, cela peut prendre encore plus de temps). L'avantage de la phytorestauration est qu'elle s'adapte à de très grandes surfaces.

L'excavation ou la régénération

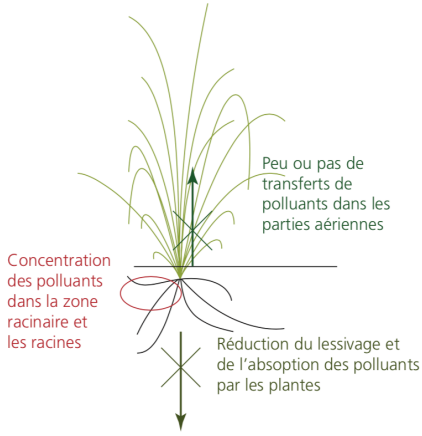
En général, dans les zones urbanisés, la méthode la plus utilisée pour dépolluer les sols est l'excavation : on extrait la terre puis on la dépollue par traitement physicochimique ou thermique.
Ces techniques chimiques ou thermiques, ne détruisent pas seulement les polluants dangereux mais tout les micro-organismes : c'est un processus d'extinction. Contrairement à la phytorestauration, qui est un processus de régénération, qui permet de faire revivre le sol.

La phytorestauration n'est pas seulement écologique, elle offre des nombreux avantages : économique; social et paysager.
Nous pouvons citer l'étude de Westphal et Isebrands[2], qui démontre que si la phytoremediation était considérée comme un aménagement paysager, elle pourrait apporter des bienfaits psychologique et sociaux aux habitants. En effet, un paysage planté peut agir sur le bien-être de la population; il diminue son niveau de stresse et crée des espaces de rencontre.

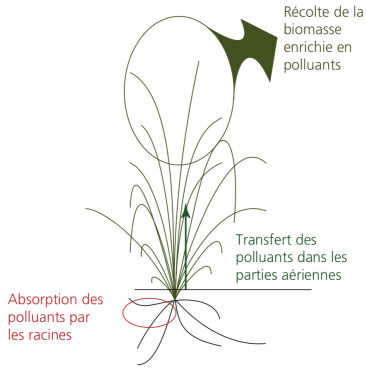
Il est aujourd'hui rare que des projets urbains utilisent cette méthode. Il serait pourtant intéressant de développer cette nouvelle dimension paysagère pour régénérer les sols.

[1] https://sensiseeds.com/fr/blog/le-chanvre-et-la-decontamination-des-sols-radioactifs/

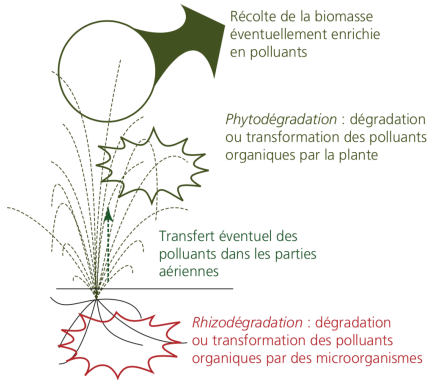
[2] Etude « Phytoremediation of chicago's browfields : consideration of ecological approaches and social issues » , L.Westphal et J.G. Isebrands (2001)



La phytostabilisation



La phytoextraction



La phytodégradation et rhizodégradation

Les plantes dépolluent les sols par différents systèmes : Les polluants peuvent être stockés dans la racine de la plante, dans la feuille, dans la tige ou dans le bois. D'autres plantes rejettent le matériau dans l'air ou encore, le dégrade à l'intérieur de leur organisme.
On retrouve quatre formes principales de phytoremédiation :

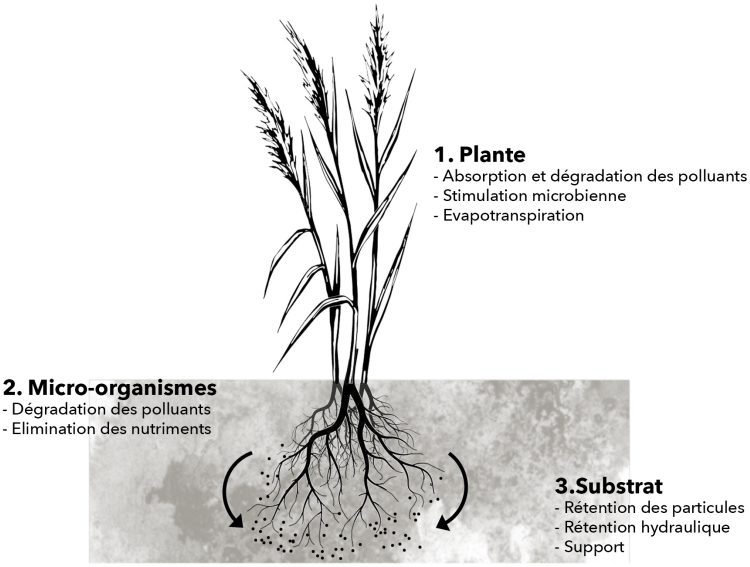
La phytostabilisation : Stabilisation des polluants au niveau des racines, ce qui les empêche de remonter à la surface ou de se disperser dans les zones plus profondes des sols.

La phytoextraction : Stocker les polluants dans les parties aériennes (tiges, feuilles, bois).

La phytodégradation : Dégradation des contaminants à l'intérieur de leurs appareils.

La phytovolatilisation : Libère les polluants dans l'air par la transpiration de la plantes.

La rhizodégradation : Dégradation des polluants sous l'actions des racines et des micro-organismes dans la rhizosphère.



Une symbiose entre plantes et bactéries

2) LA PHYTOÉPURATION : ÉPURER LES EAUX

La phytoépuration est une méthode d'épuration des eaux par les plantes, l'eau est ainsi dépolluée par macrophytes (plante aquatique visible à l'oeil nu) ou par microphytes (micro organismes non visible à l'oeil nu).

Le système macrophyte repose sur 3 composants :
- **Les bactéries** (elles dégradent les particules organiques pour les rendre assimilables par les plantes)
- **Le substrat** (graviers ou granulats, c'est un habitat fixe pour les bactéries et les plantes. Le graviers de plus en plus gros permettent de laisser passer l'eau tout en bloquant les plus gros éléments)
- **Les plantes** (elles stimulent l'activité des bactéries et absorbent une partie des minéraux)

La phytoépuration est une symbiose entre plantes et bactéries mais c'est aussi une symbiose avantageuse entre l'homme et la nature. À la place de créer des stations d'épuration industrielles, nous pouvons concevoir de nouveaux espaces verts, des paysages vivants et fonctionnels.

L'eau peut atteindre une qualité d'eau de baignade. Ce système peut alors s'associer a d'autres fonctions comme des piscines ou des jardins agricoles.

« En implantant dans la ville des écosystèmes pour gérer les eaux, nous installons une biodiversité favorable à une augmentation de la production agricole permacole. De plus, l'ingénierie écologique appliquée à la gestion des eaux usées fournit une eau à la fois épurée et riche en nutriments: une combinaison idéale pour irriguer les jardins agricoles. Ces fonctions entre en synergie »[1] Isabelle Delannoy.

Ces systèmes deviennent des espaces verts qui ont un grand nombres d'avantage pour nos villes mais aussi pour la flore et la faune : présence d'oiseaux, batraciens, insectes…

[1] p69, *l'Economie Symbiotique,* Isabelle Delannoy

« En France, la phytorestauration est encore méconnue. Les collectivités s'y intéressent de plus en plus, mais hésitent à se lancer dans de très grands projets. Pourtant, techniquement, c'est possible. » [1] Enée Bussac, responsable des ventes chez Phytorestore.[2]

La plus grande réalisation française de Phytorestore est la station de phytoépuration de Honfleur, sur 4 hectares, elle assure le traitement de l'eau pour 26 000 habitants. D'autres projets à l'étranger sont encore plus importants, comme l'éco-quartier de la ville de Wuhan, en Chine qui épure les eaux de 50 000 habitants.

[1] Citation tiré du blog de Phytorestore « Phytoremédiation : Les plantes dépolluantes » publié en 2008 http://phytoblog.over-blog.com/

[2] Entreprise spécialisée dans la phytoremédiation et son aménagement paysager, fondée en 2004 par son actuel président Thierry Jacquet





La station d'épuration de Deûlemont, un lagunage à mycrophytes

Il existe différents systèmes de phytoépuration, sous forme de lagunes ou de filtres, généralement avec une série de bassins. L'eau y circule durant plusieurs jours, voir plusieurs semaines ou mois, le temps que les écosystèmes agissent sur sa qualité.

Différents systèmes se sont développés, nous allons en étudier certains :

- Le lagunage

Il est généralement constitué de 3 bassins successifs. Le premier bassin a une surface de 10m²/EH et les deux autres de 2,5m²/EH.
Ce système d'épuration est plus performant en été qu'en hiver.

- Lagunage à macrophytes

Les bassins sont constitués de végétaux supérieurs: les roseaux, massettes, scirpes lacustres, joncs, iris jaunes… Ce sont des plantes que l'ont retrouve dans les étangs et marais, et qui servent de support aux bactéries épuratrices.

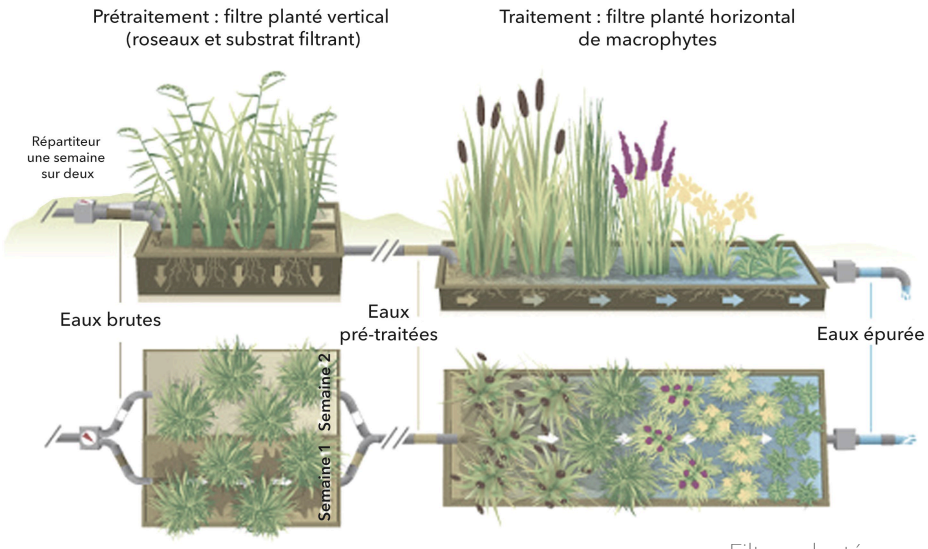
Les macrophytes sont capable d'assimiler des métaux lourds.

- Lagunage à mycrophytes

Les bassins ont une profondeur décroissante. L'eau décante dans le premier bassin et les particules lourdes se déposent au fond. Les eaux ainsi pré-traitées continue son épuration dans les autres bassins, grâce a des bactéries et une flore d'algues microscopiques. La photosynthèse[1] favorise le développement des microphytes.
Le temps de séjour des eaux dans une lagune mycrophytes est d'environ 2 mois.

Dans la métropole lilloise, la seule station d'épuration végétale est la station de la commune de Deûlemont qui traite les eaux de 2000 EH (Equivalent-habitant). C'est un système de 3 bassins à mycrophytes. Il répond donc à sa fonction première : épurer l'eau. Mais cette station n'est pas un parc ouvert au public. Il est fermé pour des raisons de normes

[1] Permet à des organismes de synthétiser de la matière organique en utilisant l'énergie lumineuse, de l'eau et du dioxyde de carbone



Filtres plantés

SYSTEMES	Surface/EH	Principaux avantages
LAGUNAGE	10m²/EH	Pas de consommation d'énergie
FILTRES ROSEAUX	1,5 à 5m²/EH	Surface minime
JARDINS FILTRANTS	1 à 5m²/EH	Intégration paysagère

Comparaison des systèmes

- Le filtre planté de roseaux

La plante la plus utilisée dans ce système est le roseau « phragmite australis ». Ce roseau est très efficace, il digère les composés des polluants dissous dans l'eau (azote et phosphore), qui constituent pour lui des éléments nutritifs.

Ce système est mis en place notamment par Cemagref[1] dans les années 1970-80. Il est utilisé pour le traitement des eaux usées de petites collectivités et pour l'assainissement individuel.

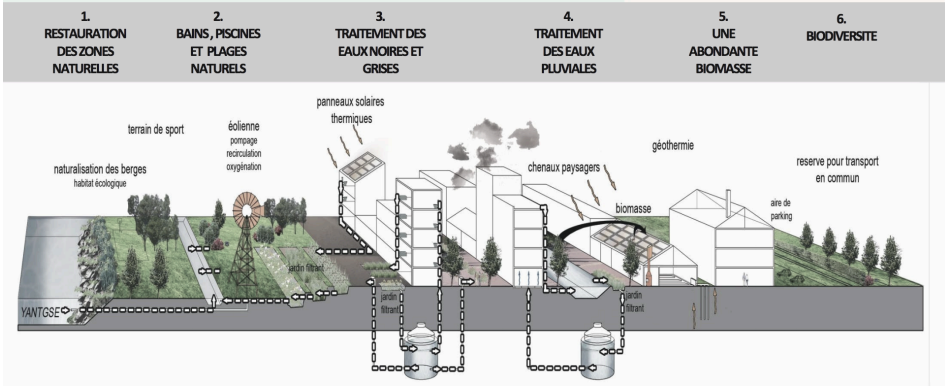
Contrairement au lagunage, le filtre planté met en oeuvre un substrat filtrant (sable, gravillons, graviers). L'eau passe dans le filtre, il n'y a pas de stagnation d'eau ou de photosynthèse.
De plus, les filtres plantés permettent de réduire leur emprise au sol : 1,5 à 5m²/EH d'installation (contre 10m²/EH pour le lagunage). Bien sur, cela dépend de la qualité et quantité d'eau entrant dans le système.

L'eau brute passe à travers différents bassins remplis d'un substrat (graviers , sable) qui permet aussi de filtrer l'eau et où sont plantés différents végétaux (roseaux, massettes, joncs, iris…).
Ces plantes développe un tissu racinaire qui drainent, oxygènent et servent de support aux bactéries épuratrices.

En règle générale, une installation comporte des filtres verticaux puis horizontaux. Les filtres verticaux sont plantés uniquement de roseaux, ils dégradent les matières organiques, les polluants les plus imposants.
Les filtres horizontaux sont plantés d'une grande diversité d'espèces végétales qui pour certaines produisent des bactéries par les racines éliminant une autre partie des bactéries pathogènes.

Le roseau est très efficace mais d'autres systèmes sont possible, comme le saulaie (composé de saules) ou la bambouseraie (composé de bambous).

[1] CEMAGREF: Centre d'Étude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts.
Le Cemagref est un institut public de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement.



Les différents jardins filtrants dans la ville

- Les jardins filtrants®

Quelques entreprises et bureaux d'étude ont développés des systèmes de phytoremediation, notamment l'entreprise Phytorestore qui a déposé sa marque : les « jardins filtrants® ».

C'est une entreprise pluridisciplinaire qui rassemble des architectes, paysagistes et des ingénieurs (hydrauliques, écologues, agronomes…). Phytorestore donne une grande importance à l'aspect paysager, autant qu'à l'aspect technique. Les architectes et paysagistes travaillent sur l'intégration paysagère de ces systèmes techniques : c'est ce qui est novateur dans ce système.
Ce mémoire a justement pour but de valoriser l'aspect paysager de ces systèmes autant que l'aspect fonctionnel.

Les jardins filtrants sont des associations entre lagunage, lits à macrophytes et autres systèmes. Cet outil peut s'adapter à de très grands nombres de situations. Chaque jardin est unique, il a sa propre spécificité car il est conçu après une analyse de pollution bien ciblée.

Les jardins filtrants respectent 5 principes[1] :

- Traitement : le jardin dimensionné et les plantes sont choisies en fonction de la pollution.
- Paysager : il est conçu comme un parc, il s'intègre parfaitement dans le paysage.
- Biodiversité: il est conçu pour favoriser la biodiversité.
- Economique: les techniques utilisés sont simples et économiques.
- Gestion: un plan de gestion est réalisé car ces jardins demandent de l'entretien.

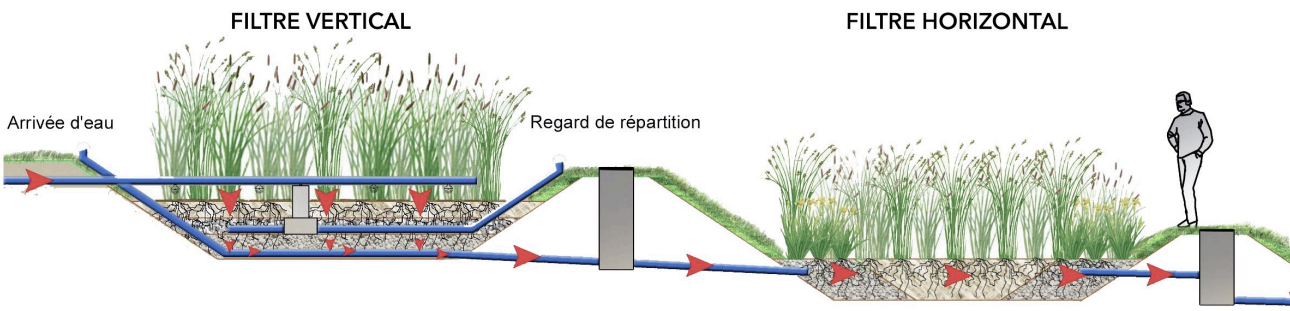
[1] https://www.phytorestore.com/fr/les-jardins-filtrants

2.2.1 Les eaux usées

La phytoépuration est aujourd'hui utilisée pour la gestion des eaux domestiques, notamment pour les « eaux grises » (eaux de la salle de bain, de lave-linge et de la cuisine, pollués par des produits chimiques), mais aussi parfois pour les « eaux noirs » (eaux des toilettes).

Le dégrillage

Avant de passer dans différents bassins d'épuration, les déchets les plus volumineux sont éliminés par un dégrillage qui permet de les piéger.



Les jardins filtrants pour épurer les eaux usées

Après le dégrillage, l'eau s'écoule dans différents bassins, par exemple :

- Un bassin planté avec écoulement vertical.
- Un bassin planté avec écoulement horizontal.
- Un bassin de macrophytes.
- Un bassins de taillis.
- Un bassin de stockage.

La phytodégradation accélére la dégradation des polluants en présence de plantes. L'eau épurée peut ensuite être stockée dans un bassin ou être rejetée dans le milieu naturel.

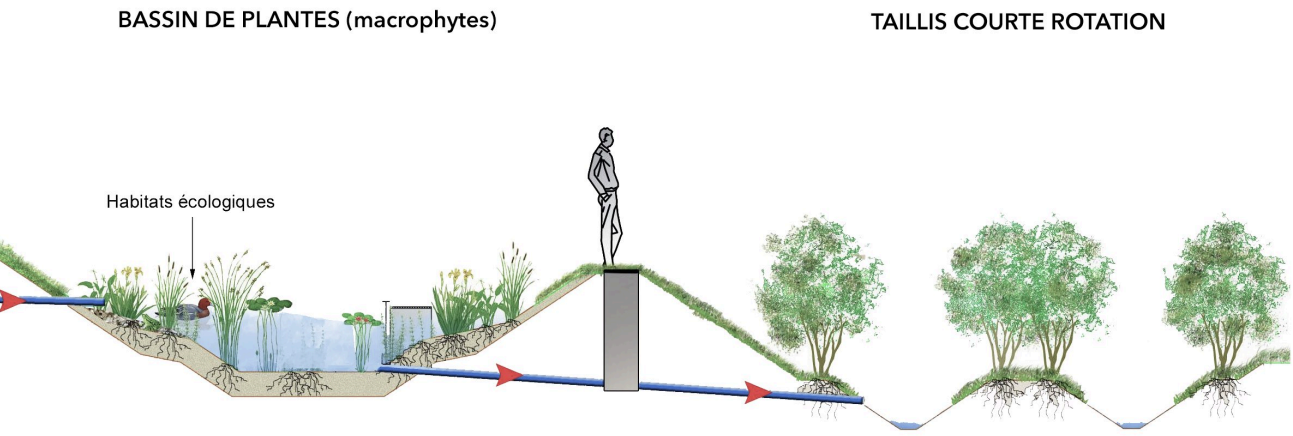




Photo de la station d'épuration de Honfleur

Dans l'épuration des eaux usées, on distingue 2 systèmes : des stations d'épuration complètement végétales, et des systèmes qui permettent de compléter une station d'épuration industrielle.

Station d'épuration végétale

Comme nous l'avons vu, une station d'épuration peut être complètement végétale, comme l'exemple de la station d'épuration de Deûlemont.

L'entreprise Phytorestore a aussi conçu la station d'épuration de Honfleur ou les végétaux s'allient à des dégrilleurs, dégraisseurs et bioréacteurs pour combattre les nuisances. Cette station est l'une des plus grande station végétale de France, elle permet de traiter l'eau de 26 000 EH. Elle a été inaugurée en 2004.
L'eau y est traitée par des filtres plantés de roseaux, des bassins plantés macrophytes et des taillis. Les différents systèmes sont combinés pour une plus grande efficacité, et une plus petite surface au sol.

Système de finition, en complément d'une station d'épuration industrielle

Certaine commune ont choisi un système complémentaire à la station d'épuration pour éviter la saturation du système et permettre d'épurer l'eau en finition avant de la rejeter de le milieu naturel. C'est un compromis interessant pour les stations d'épuration déjà construite qui rencontre des problèmes.

Ce système de complément constitue aussi un véritable jardin public, dans des zones souvent peu attirantes, au bord d'une station d'epuration (un réel défis pour les paysagistes) et il participe au maintien des milieux humides.
Les eaux usées, après avoir été prétraitées dans une station d'épuration industrielle, passent par des bassins successifs afin de décomposer les éléments polluants restants. L'eau est ainsi épurée en finition avant d'atteindre le milieu naturel. La station d'épuration de Wattrelos, dans la métropole lilloise, a choisi cette solution (« les Bassins filtrants de Leers »).



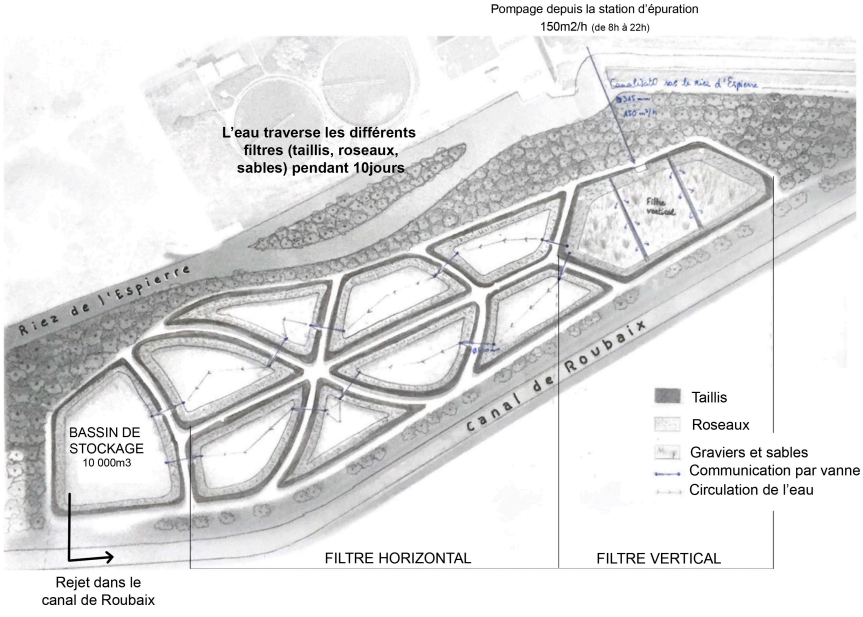


Les bassins filtrants, Leers

Etude de cas : Les bassins filtrants de Leers, un système de finition qui permet d'alimenter le canal de Roubaix

La station d'épuration de Wattrelos a combiné avec un système de finition.
L'eau de la station d'épuration est rejetée dans la rivière de l'Espierre mais celle qui passe dans les « bassins filtrants » est rejeté dans le canal de Roubaix.
Ce système permet d'alimenter le canal de Roubaix avec une eau saine pour réduire la concentration de la pollution du canal.
L'eau passe par une série de bassins filtrants, elle se déplace vers le centre du bassin puis s'écoule vers le prochain bassin. Comme cela, elle passe par différents filtres : un filtre vertical (graviers, sables, roselière) puis plusieurs filtres horizontaux (taillis, roseaux).

Ce lieu est très fréquenté par les habitants, c'est un lieu de balade au bord de l'eau et proche de la commune. C'est un lieu de promenade avec beaucoup de passage mais c'est aussi un vrai réservoir de biodiversité. Un grand nombres d'espèces d'oiseaux se sont appropriés le lieu.

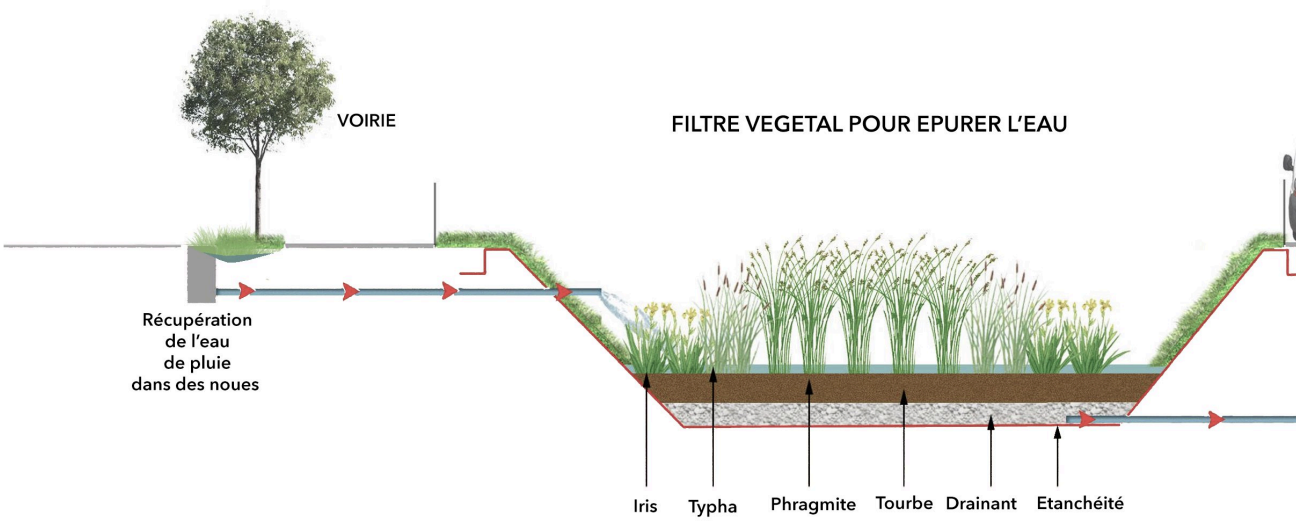


2.2.2 Les eaux pluviales

La phytoépuration est aussi adaptée à la gestion des eaux de pluie et de ruissellement. Les eaux pluviales se chargent en polluants en traversant l'atmosphère, puis en ruisselant sur les surfaces urbaines, comme les voiries et les toitures.
L'utilisation de la phytoépuration peut permettre de réduire la saturation des systèmes d'assainissement et de considérer l'eau de pluie comme une ressource. Cette technique peut se combiner avec des aménagements de récupération des eaux de pluie comme les fossés de rétention ou les noues urbaines : ce sont des systèmes de bio-rétention.

La bio-rétention

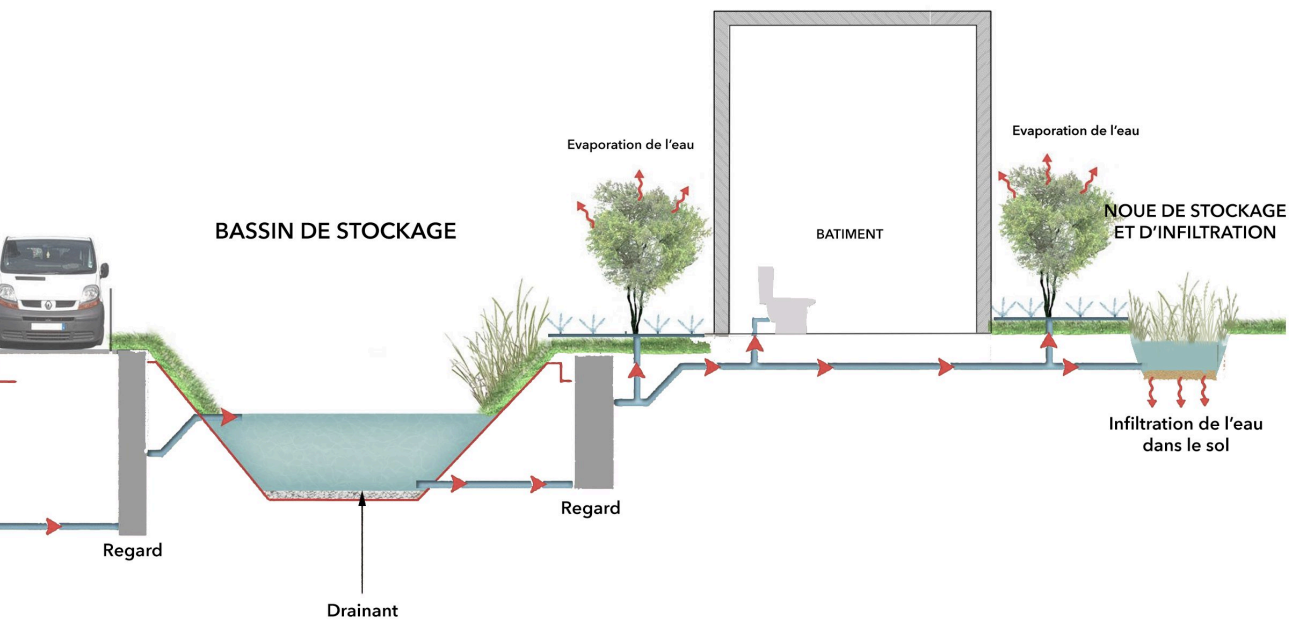
La bio-rétention permet de diminuer la quantité des pluies de ruissellement en intégrant des aménagements venant à l'encontre du parcours d'eau. Elle permet alors la récupération de l'eau de pluie ou son infiltration dans le sol.

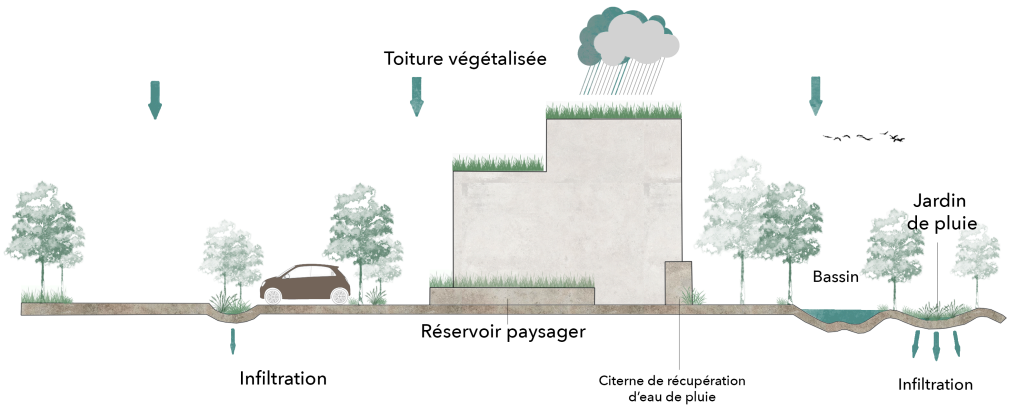


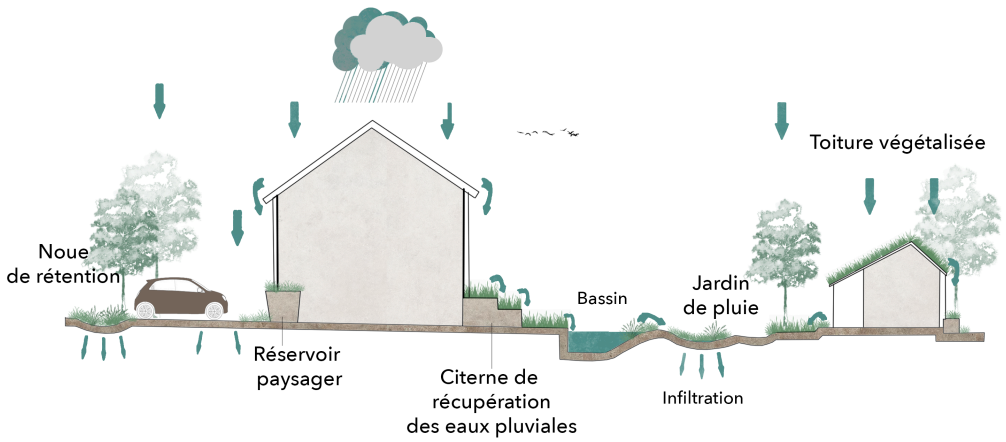
Différents système de bio-rétention sont utilisés dans nos villes et s'intègrent dans le paysage. Ils permettent de récupérer l'eau mais aussi de créer des espaces, des limites, des seuils dans nos villes, tout en intégrant une biodiversité (un habitat pour la flore et la faune).

Nous allons voir différents systèmes de bio-rétention :

- Les jardins de pluies
- Les noues paysagères
- Les bassins de rétention ou marais aménagés
- Les toitures végétalisées
- Les réservoirs paysagers




Toiture végétalisée
Jardin
de pluie
Bassin
Réservoir paysager
Infiltration
Citerne de récupération
d'eau de pluie
Infiltration


Toiture végétalisée
Noue
de rétention
Bassin
Jardin
de pluie
Réservoir
paysager
Citerne de
récupération
des eaux pluviales
Infiltration

Les jardins de pluies : c'est un « micro-jardin », généralement en ville, qui est alimenté par les eaux pluviales. L'eau arrive généralement par une gouttière ou un autre collecteur. Il est souvent conçut pour épurer les eaux sur place et les infiltrer dans les nappes phréatiques. L'évapotranspiration de l'eau par les végétaux va aussi permettre de rafraichir l'air . Ce dispositif est avantageux car il prend peu de place : il se développe aujourd'hui dans les écoquartiers.

Les noues paysagère : ou « fossé de rétention » : c'est une technique de drainage et de rétention d'eau tout en s'intégrant l'aspect paysager. Sa fonction dans l'aménagement du paysage est autant esthétique que technique.

Elle peut permettre de :
- Récupérer les eaux de pluie
- Stocker les eaux de pluie
- Infiltrer les eaux de pluie dans les sous-sols

Les toitures végétalisées : c'est un système de bio-rétention qui permet de réduire la quantité de ruissellement des pluies de 50% (avec un substrat de 5cm). La technique est d'avoir une fine couche de végétation sur les toits fixé sur un substrat léger et drainant. Entre le toit et ce substrat, on met en place un feutre anti-racinaire et une couche d'étanchéité.
Aujourd'hui, on retrouve cette technique sur des toits d'école, d'usines, de bureaux, ou de plus petites surfaces (abris de jardins, garage, logement).

Les bassins de rétention ou marais aménagé : ce sont des bassins qui permettent de stocker et filtrer les eaux de pluie. Il ont aussi un rôle sur l'équilibre biologique des milieux.

Les réservoirs paysagers: Ce sont des conteneurs surélevés et remplis de terre pour y faire pousser des végétaux. On peut ainsi y stocker l'eau des toitures et la filtrer. Ils ont pour but de réduire la pollution des eaux de ruissellement en ville et permettre de contrôler le débit.

Certains réservoirs permettent ensuite à l'eau de s'infiltrer dans le sol, sinon ils déversent l'eau dans le réseau d'assainissement.





L'écoquartier Camille Claudel

Ces différents systèmes s'intègrent parfaitement en milieu urbain. Dans une ville dense, l'impact au sol ne permet pas toujours des parcs d'épuration de grande ampleur. Pour cela, ces systèmes de récupération et d'épuration d'eau, en toiture ou voirie, peuvent tout à fait s'intégrer et même structurer nos villes. L'urbanisme et l'architecture sont tout autant porteurs de ces systèmes.

L'écoquartier Camille Claudel qui se situe à Palaiseau, proche de Paris, en est un exemple. Les espaces verts de ce quartier stockent l'eau de pluie, la dépolluent et alimentent la chaufferie locale grâce aux plantes.

Cet éco-quartier accueille 4500 habitants sur 22 hectares. Il est traversé par des noues de stockages qui permettent de récupérer les eaux de pluie et de les stocker dans des cuves pour répondre aux besoins d'arrosage du quartier. D'autres fossés permettent de récupérer et dépolluer les eaux pluviales grâce aux plantes (scirpes, carex, joncs, iris..) puis de les infiltrer dans le sol. Les eaux des toitures sont elles aussi stockées et réutilisées pour l'arrosage, permettant une économie d'eau.

L'eau de pluie a longtemps été considérée comme un déchet, aujourd'hui c'est une ressource à valoriser.

Le paysage urbain se transforme peu à peu, entre zones humides et espaces végétalisés.

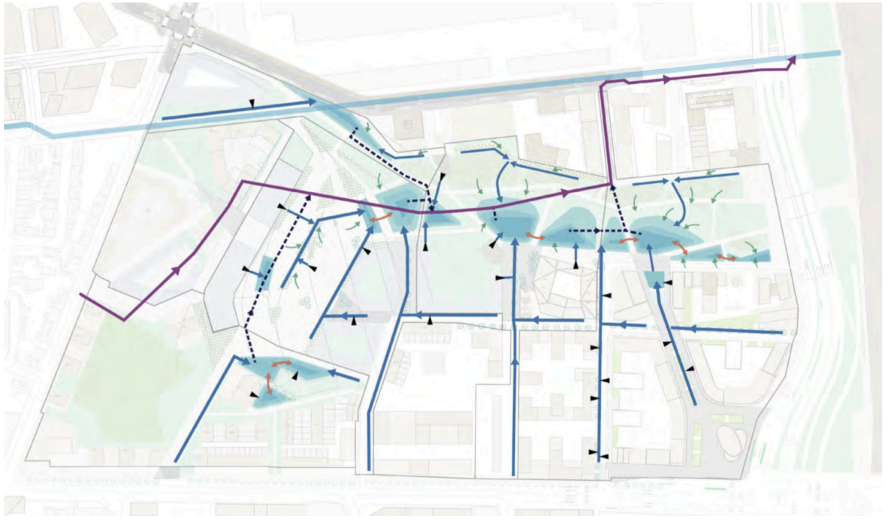
Aujourd'hui, la gestion des eaux de pluie transforme le paysage urbain.

Les canalisations ne peuvent plus assurer l'écoulement et le traitement de l'eau en période de fortes pluies. Les villes sont en transition pour la laisser s'infiltrer et la recycler.

« On trouve toujours de la place, même dans les grandes villes, au pied des murs, sur les toits, sur la couverture des autoroutes… » [1] Thierry Jacquet.

Pour Thierry Jacquet, inventeur du concept des jardins filtrants et président de l'entreprise Phytorestore, les systèmes de phytoépuration peuvent s'intégrer dans nos villes et ce n'est pas un problème de manque d'espace mais plutôt un problème administratif.

[1] Citation tirée de l'article *« Et si on pouvait épurer l'eau grâce à des plantes ? »* écrit par Yinan Qian en 2016, dans le magazine L'Obs https://www.nouvelobs.com/





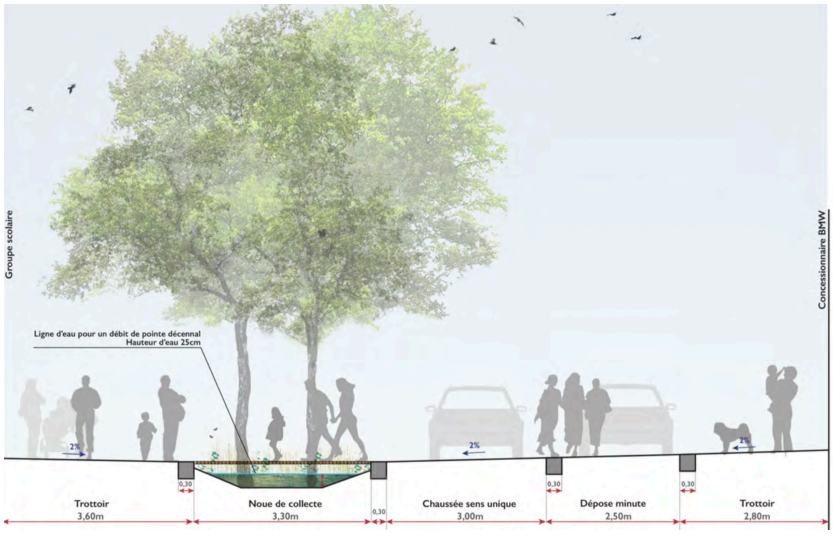
Plan Masse © **OLM**

Système d'eau de pluie, Quartier Saint Jean Belcier

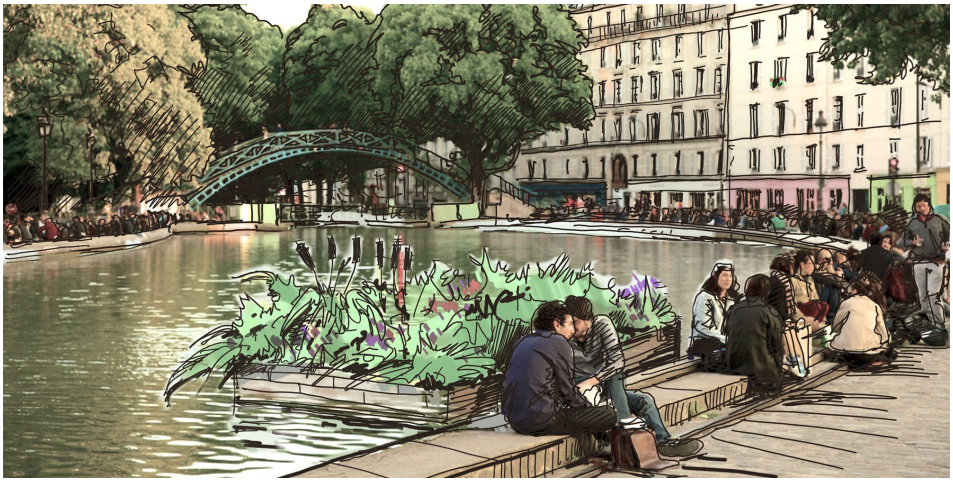
Etude de cas : Le quartier Saint-Jean Belcier à Bordeaux, France, ATM Paysage, OLM Paysagistes, 2016.

Le quartier de Saint Jean Belcier à Bordeaux est un vaste territoire en mutation en bord de Garonne : d'un territoire dédié à l'industrie, il se transforme en un quartier habité. Le projet de ATM Paysage et OLM Paysagistes propose un nouveau cycle des eaux pluviales à l'échelle du quartier. Cette trame hydraulique est l'élément structurant du projet.

Ce projet récupère et transporte les eaux de pluie dans un réseau de noues végétalisées, à ciel ouvert. La rétention se fait dans le parc. Un système de blocage de l'exutoire est prévu durant 6 heures en cas de fortes pluies. La découpe du parc est composée de plusieurs bassins versants puis sous-bassins suivant la topographie du site. L'eau s'écoule dans les noues urbaines pour être stockée et infiltrée dans le parc de l'Ars. Les noues génèrent ainsi des limites et des seuils, elles structurent les accès et séparent les trottoirs des voiries.



Récupération des eaux de pluie dans des noues végétales



Les radeaux végétalisés

2.2.3 Les cours d'eau

Ces différents systèmes de phytoépuration sont aussi utilisés pour dépolluer des cours d'eau, ou restaurer des zones naturelles, par exemple au bord des lacs ou même dans les lits des rivières.
La renaturation des berges peut se faire par phytoremédiation, en retravaillant les berges avec des filtres plantés (plantes épuratrices) ou d'autres systèmes comme les îles flottantes ou les radeaux végétalisés.

Radeaux végétalisés et îles flottantes

Ces systèmes peuvent même être utilisés dans les canaux des villes denses. À Paris, des radeaux végétalisés vont redonner vie au canal Saint Martin. Ce projet réalisé par Katarina Dear[1], a été voté par la ville de Paris en 2017. L'objectif est de réduire la quantité de CO2, de diminuer la température de la ville, de dépolluer l'eau, mais aussi de rendre le canal plus agréable.

Les plantes sont choisies pour leur spécificité à dépolluer l'eau et l'air. Les racines des plantes sont immergées dans l'eau. Autour de ces racines, des bactéries et micro-organismes vivent naturellement et filtrent les déchets.

Ces racines créent un habitat naturel pour les poissons. Entre chaque radeau végétalisé il y a des plateformes en bois permettant de créer des aires de détente pour les habitants. Ce système permet donc de créer une symbiose bénéfique pour l'eau, la ville et ses habitants (humains et non humains).

[1] Fondatrice de l'association Nature & qui promeut la nature dans les villes





Le parc de l'île à Nanterre

Pomper et dépolluer les rivières

L'eau d'une rivière peut aussi être dépolluée par d'autres systèmes. On peut par exemple, pomper une rivière pour dévier son cours d'eau vers un système d'épuration.

Le projet de la ville de Nanterre en est un bel exemple : il permet de renaturer les berges de la Seine pour régénérer l'eau et la biodiversité.

Etude de cas : Parc du chemin de l'île, Nanterre, Mutabilis, 2006.

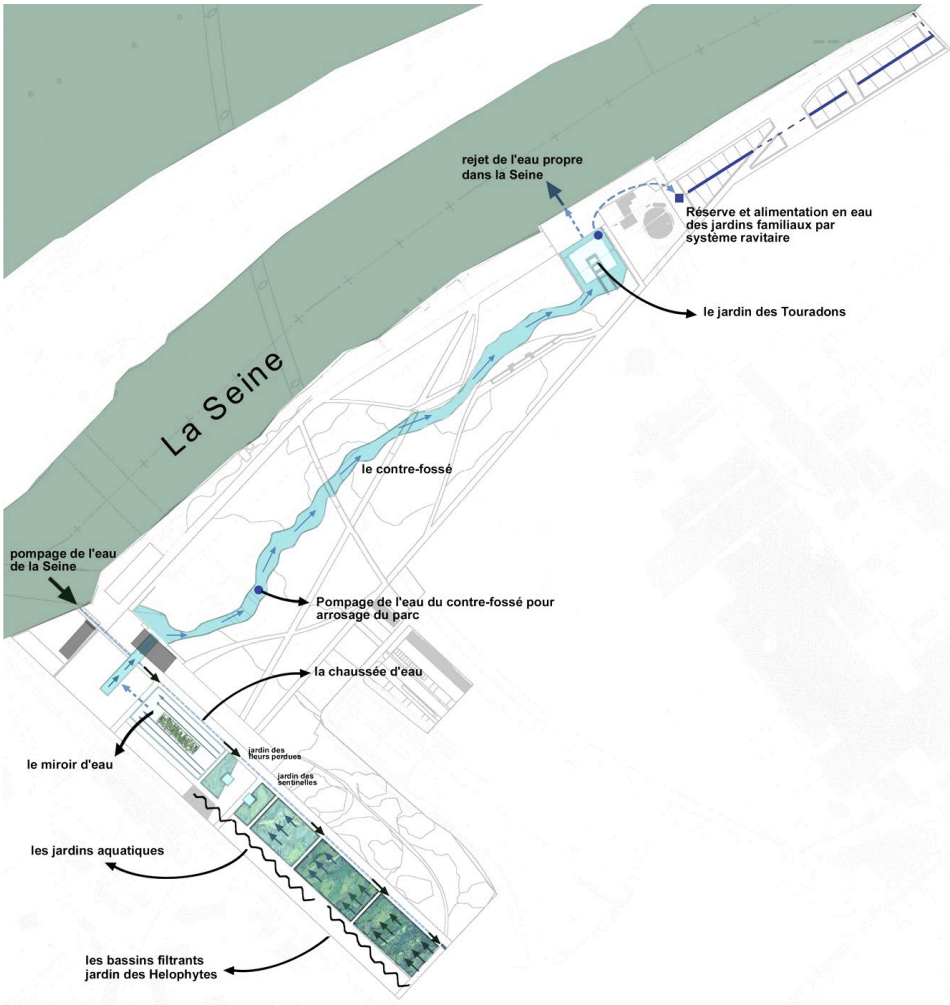
Le parc du Chemin de l'île se situe en agglomération parisienne au bord de la Seine, à Nanterre. Il a été conçu par les agences Mutabilis et Phytorestore.

Ce parc assure le traitement d'une partie des eaux de la Seine sur 15 hectares.
Le but de ce projet et de reconstituer des zones naturelles, mais aussi de filtrer l'eau de la Seine pour y rejeter une eau saine et réduire sa pollution.

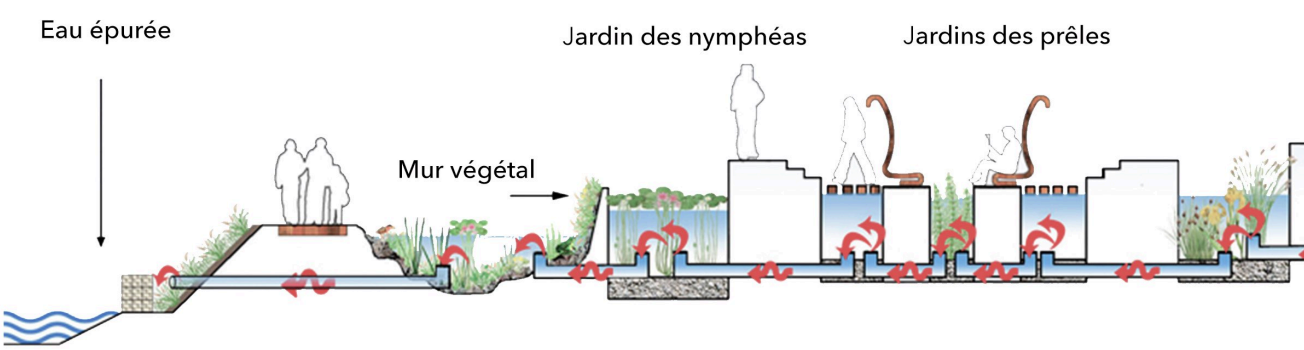
Il permet de recycler l'eau dans des jardins familiaux et d'en rejeter une partie dans la Seine pour l'alimenter en eau propre. Ces espaces développent une riche biodiversité. Ainsi, d'autres êtres vivants se sont appropriés l'espaces: oiseaux, poissons, insectes..

Cette biodiversité est dans une zone urbanisée, à Nanterre. Cette ville se situe à proximité de la capitale, elle est connue pour ses grands immeubles. Le parc s'intègre dans la ville, il joue avec l'architecture déjà présente sur place pour proposer un paysage contemporain.

Il propose aussi différentes fonctions et espaces qui créent du lien social : aires de jeux, pavillons, cabanes, potagers.



Plan du parc de l'île à Nanterre

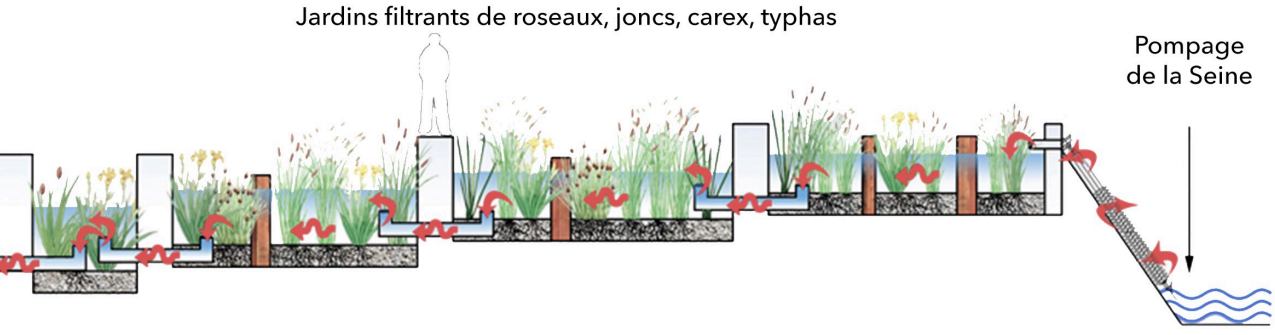


Le parc de l'île est un bel exemple de réconciliation entre l'activité humaine et la nature.

L'eau de la Seine est pompée jusqu'au bassin le plus élevé, puis elle s'écoule ensuite naturellement, de bassin en bassin. Pendant son parcours, elle est progressivement épurée par les végétaux. Une partie de l'eau propre retourne dans la Seine. L'autre partie est transmise aux jardins familiaux par une éolienne de pompage. L'eau est alors recyclée pour irriguer les jardins de la ville.

Tout a été conçu dans une démarche écologique jusqu'au choix des matériaux de construction. Les plantes sont choisies pour leur efficacité phytoépuratrice. Les premiers bassins sont composés de typhas, joncs, phragmites, puis les derniers bassins de plantes sentinelles comme les nymphéas, ou la linaigrette qui est une plante aquatique en voie de disparition. Les anciennes berges en béton sont remplacées par des aménagements écologiques (enrochements naturels et plantes aquatiques) qui permettent la renaturation des berges de la Seine.

Ce parc suit une démarche de recyclage tout au long de son aménagement. Pas seulement le recyclage de l'eau, mais aussi des matériaux retrouvés sur le site (béton, verre, plaques d'acier, poutrelles). Ces déchets réutilisés permettent de créer un site particulier « d'espace naturel public ».(phytorestore.com)





La Piscine Naturelle de Riehen

Herzog et De Meuron, Suisse

3) LES PISCINES NATURELLES

Ce système de phytoépuration permet d'atteindre une qualité d'eau de baignade. Dans les zones de baignade, cette qualité microbiologique est controlée pour la santé des baigneurs.[1]

Par l'utilisation de la phytoremédiation, nous pouvons donc concevoir des « baignades naturelles », c'est-à-dire des piscines qui n'ont besoin d'aucun produit chimique (chlore, sel, peroxyde d'hydrogène, ozone, cuivre).

Cette baignade dite aussi « baignade biologique » s'inspire directement de la nature. On y retrouve le plaisir de se baigner dans une eau « sauvage ».

Les piscines naturelles s'intègrent parfaitement dans les jardins. En France, depuis une dizaine d'années, des paysagistes se spécialisent dans ce domaine.

Les atouts d'une baignade biologique :

- Absence de traitement chimique, bénéfique pour les baigneurs (une étude a montré que le chlore augmente le risque de développer de l'asthme chez les enfants. Cette baignade naturelle permet aussi d'éviter irritation et allergies ..).

- Harmonie et intégration de la zone de baignade dans le paysage.

- Faible consommation d'eau (l'eau est régénérée).

[1] En Europe, tout site classé pour la baignade doit faire l'objet d'au moins un prélèvement mensuel pour l'analyse de la qualité des eaux de baignade

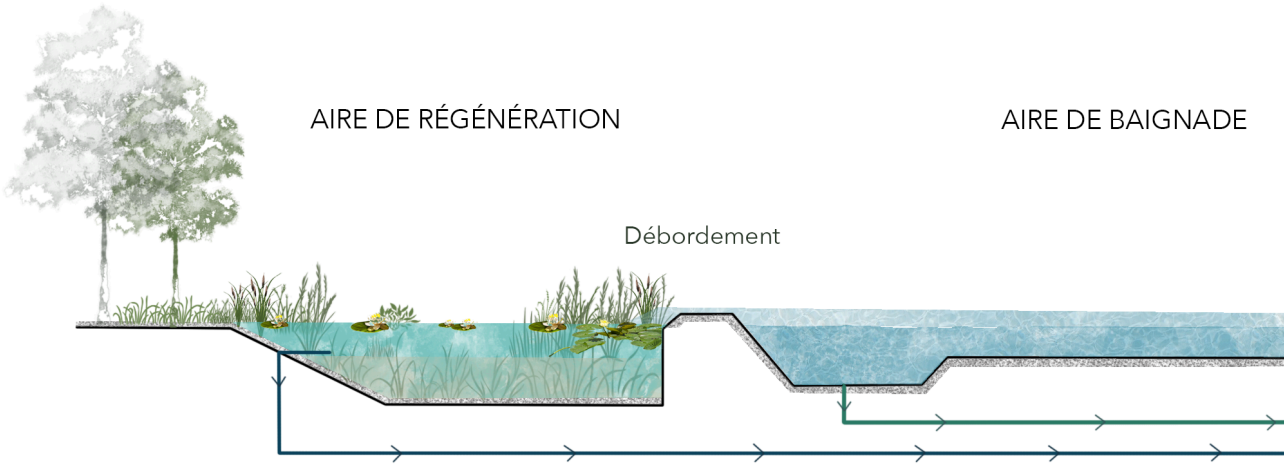
La filtration naturelle

Ces espaces de baignades sont généralement composés de 3 zones :

- Un bassin de baignade.
- Un bassin de filtration : c'est à dire une zone de traitement par phytoépuration. Ce bassin peut être séparé en plusieurs parties.
- Une zone de régénération et d'oxygénation (cascade, débordement…)

L'eau circule entre ces bassins grâce à des pompes.

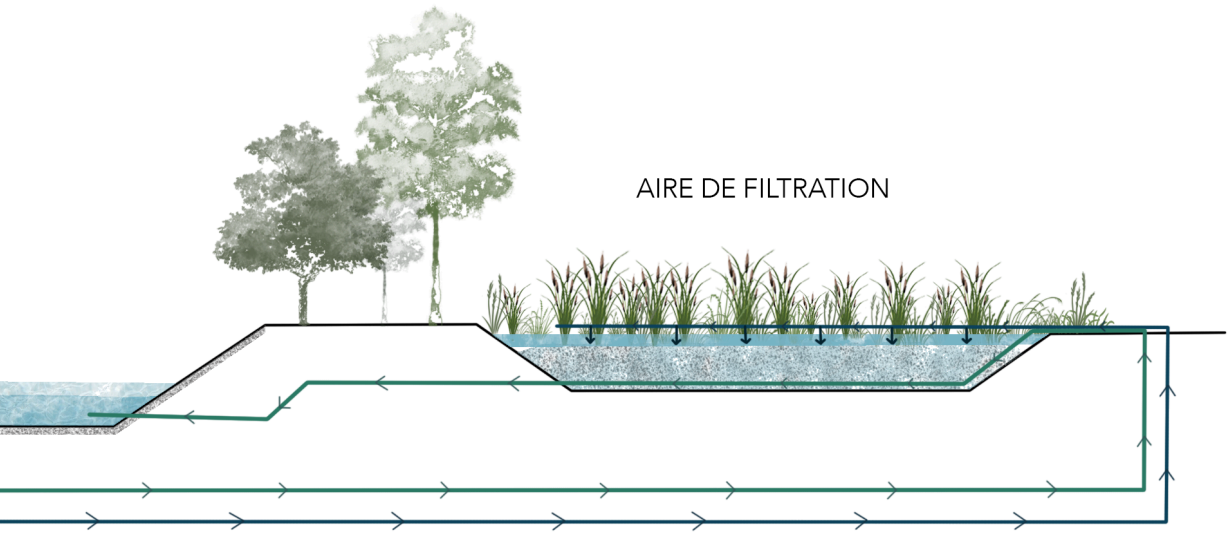
L'écosystème « faune/flore » favorise la qualité et l'équilibre de l'eau. Ce concept répond ainsi à une approche écopaysagère nouvelle: il faut prendre en compte l'altitude, le pH de l'eau, la température, l'ensoleillement tout au long de l'année.



L'eau d'une piscine biologique peut venir de différents milieux : du réseau d'eau de la ville ; d'une eau de pluie (eau récupérée et épurée) ; ou encore, elle peut être pompée d'une rivière. Dans le schéma ci-dessous l'eau est récupérée et épurée dans un bassin filtrant avant d'être utilisée dans l'aire de baignade. Selon les pays, les piscines biologiques nécessitent diverses normes et autorisations.

Grenouilles et insectes peuvent évoluer dans cet écosystème, cependant plus le bassin sera utilisé comme lieu de baignade, moins les animaux aquatiques seront présents. De plus, certaines espèces de poissons peuvent permettre de lutter contre la présence de moustiques ou de larves par exemple.

Il s'agit d'une alternative durable à la piscine traditionnelle, qui respecte l'environnement en s'intégrant dans le paysage.



Baignade biologique



Piscine biologique de Combloux, France

Green concept, architectes paysagistes

La baignade naturelle est basée sur l'auto-régénération de l'eau grâce à différents systèmes : développement de la vie bactérienne, aération, cascade, lagunes, bassins filtrants… Ces systèmes permettent à l'eau de circuler et d'avoir une bonne qualité sanitaire (conforme à la baignade).

La régénération et oxygénation

La zone de régénération est une zone assez profonde composée de plantes aquatiques immergées et flottantes. Les plantes immergées produisent de l'oxygène grâce au soleil, à la photosynthèse. L'oxygène permet de préserver la vie dans l'eau.
L'oxygénation peut aussi se faire avec des cascades, des jets ou des débordements car l'eau y circulant se gorge d'oxygène (un transfert d'air dans l'eau se fait lorsque l'eau circule au contact de l'air).

Le traitement UV

Dans une piscine biologique, il est conseillé d'installer un système de lampe ultraviolet (UV) pour détruire les germes indésirables.

Les pompes

Les pompes sont des accessoires indispensables à ces systèmes, pour permettre à l'eau de circuler d'un bassin à l'autre.

L'entretien

Ces différents bassins demandent de l'entretien pour contrôler les algues et les bactéries, nettoyer le bassin, entretenir les plantes, et surveiller la qualité de la baignade. La qualité de l'eau repose sur un équilibre biologique qui peut être déstabilisé par des corps extérieurs.





La piscine écologique de Montreuil.

Aujourd'hui, les anciens systèmes de traitement chimique des piscines laisse alors place à des méthodes plus respectueuses de l'environnement, basées sur les principes symbiotiques.

Nous pouvons prendre l'exemple de la baignade biologique de Montreuil.

Étude de cas : La piscine écologique des Murs à Pêches, Montreuil, Coste Architectures, 2017.

Ce projet a été conçu en 2017 par Coste Architectures à Montreuil, en région parisienne. Il est implanté au bord du site historique des « murs à pêches ». Cette piscine ouvre la voie à une nouvelle génération de piscines écologiques et innovantes.

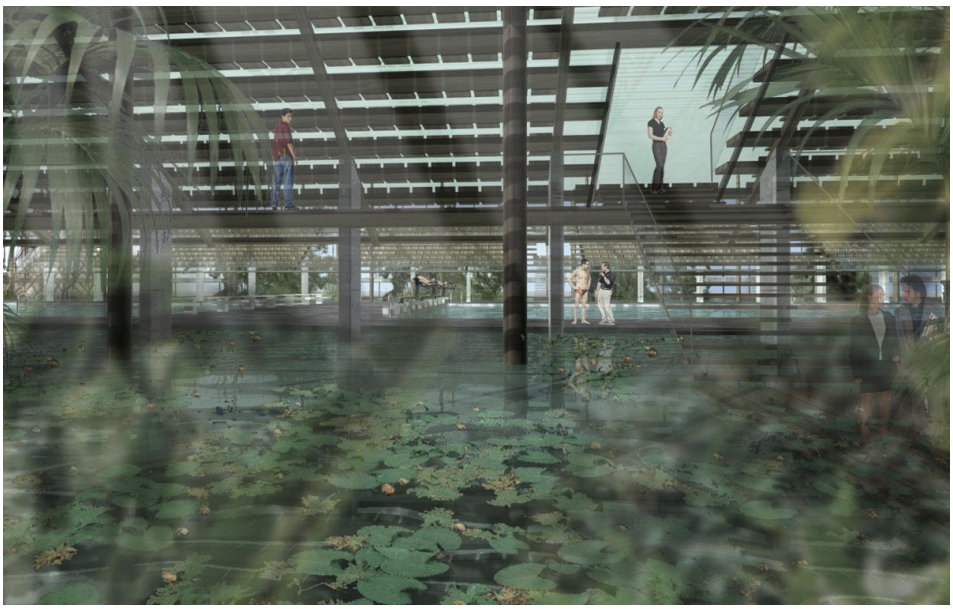
L'objectif est de concevoir un espace de convivialité et de mixité sociale dans une architecture exemplaire écologiquement.

Le bassin extérieur est traité par phytoépuration, elle est donc 100% biologique, alors que le bassin intérieur est traité par électrolyse de sel, qui est un traitement alternatif au chlore.

Le projet est conçu dans un parc paysager. Il est composé d'une baignade naturelle, d'un espace sportif de natation, d'un bassin ludique, d'un espace de bien-être et d'un restaurant.

Le bâtiment et les bassins sont chauffés par une pompe à chaleur et une chaudière à granulés de bois, ainsi que des panneaux photovoltaïques. Les toitures sont végétalisées. 79% des énergies du projet sont renouvelables. Cette piscine est 4 fois moins énergivore que les autres.[1]

[1] Article « Montreuil : la piscine intérieure des murs à pêches ouvre enfin » écrit par Hélène Haus en 2017, https://www.leparisien.fr/



Piscine olympique biologique

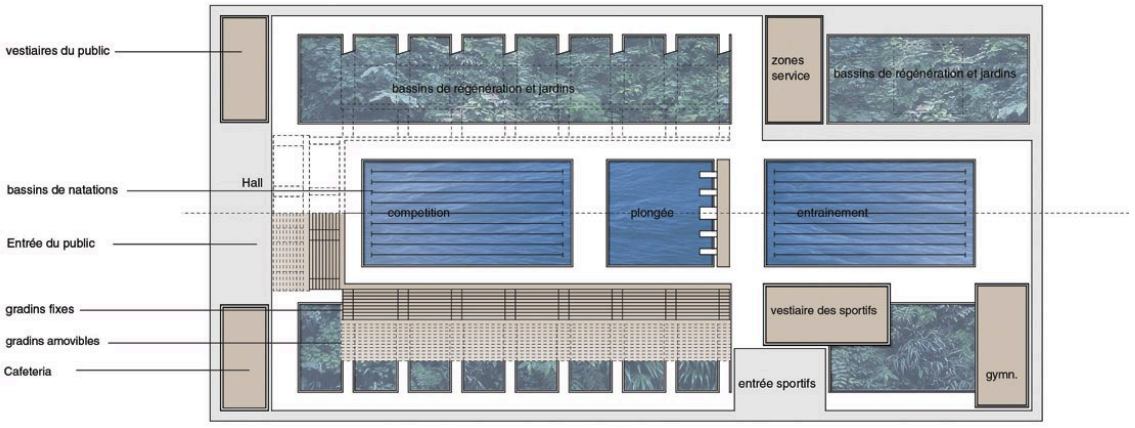
Atelier Pascal Gontier

Les piscines naturelles commencent à se développer en France et les architectes s'intéressent de plus en plus à ces systèmes. L'architecture s'ouvre à ces nouvelles technologies végétales, plus respectueuses de l'environnement.

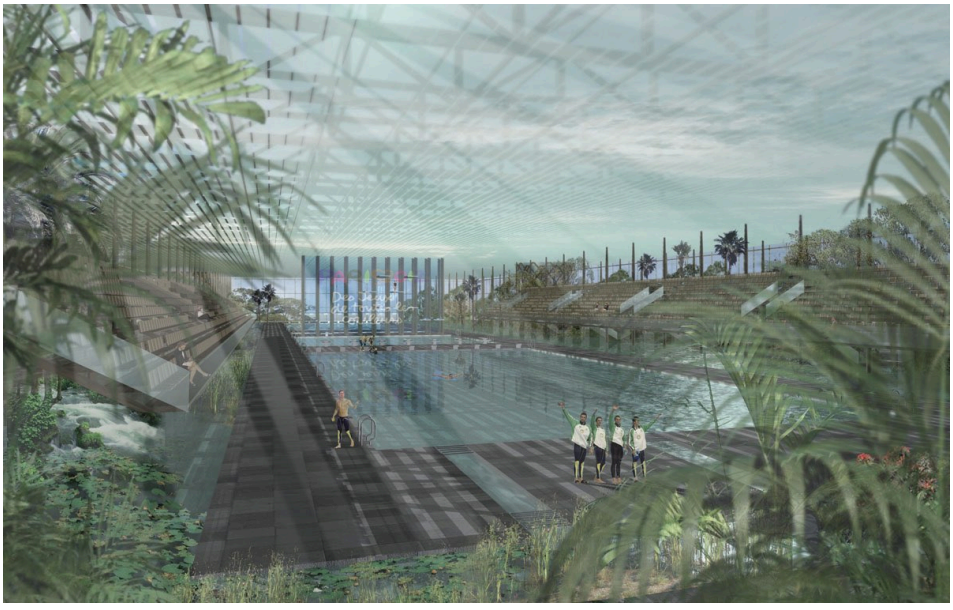
On peut le voir avec l'exemple de la piscine de Montreuil.[1]

Mais peut-on faire entrer ces systèmes DANS l'architecture? Peut-on imaginer une Architecture symbiotique générée par ces systèmes vivants?

[1] Pour aller plus loin : voir la piscine de Riehen de Herzog et De Meuron, en Suisse



Plan piscine olympique biologique



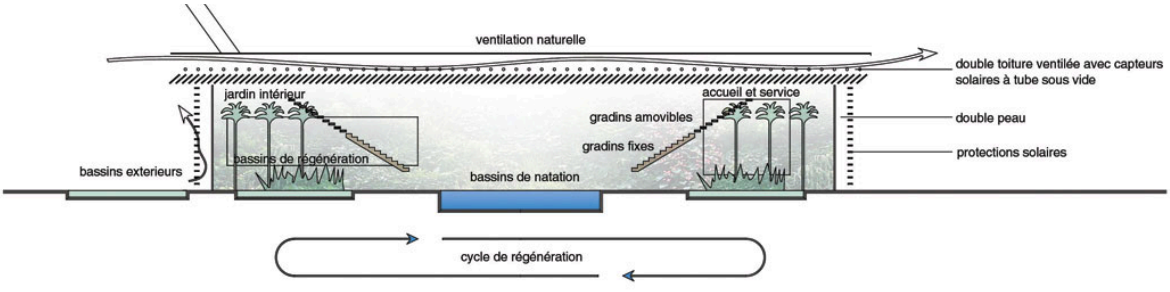
Bassin principal, piscine biologique

Étude de cas: Une piscine olympique écologique (Projet non réalisé), Paris, Atelier Pascal Gontier.

Cette piscine olympique biologique est un projet de concours de l'atelier Pascal Gontier à Paris. Ce projet « vise à placer la natation sportive au coeur d'un environnement formé par la symbiose de la nature, de l'eau et de l'architecture. »[1]

La régénération se fait par une série de bassins pour filtrer l'eau ainsi que par des cascades pour oxygéner l'eau. Les plantes, notamment des plantes tropicales, vivent à l'intérieur de l'architecture. Celle-ci est alors conçue pour que ces plantes puissent s'y développer.
Ce système naturel est avantageux pour la santé des sportifs. De plus, cette architecture offre une ambiance spéciale et agréable, les bassins prennent place entre les plantes, les arbres, les jardins d'eau et les cascades. Les gradins sont comme suspendus au milieu de la végétation.

La phytoépuration génère les différents espaces. Certains espaces sont séparés par les bassins de régénération. Le visiteur suit le cycle de l'eau tout au long du parcours. Il est en relation directe avec l'eau qui jaillit et qui ruisselle dès le hall d'entrée. L'architecture de cette piscine est organisée et structurée par ce système de phytoépuration.



Coupe du fonctionnement de la piscine

[1] Citation tirée de la présentation du projet de l'atelier Pascal Gontier http://www.pascalgontier.com/?portfolio=piscine-olympique-ecologique-paris





Roseau, Nenuphar, Prêle d'hiver





Miscanthus, Saule, Lantanier

4) LES PLANTES ÉPURATRICES

2.4.1 Quelques plantes épuratrices...

Quelques plantes épuratrices utilisées pour le traitement des eaux :

- Roseau
- Nénuphar
- Menthe poivrée
- Iris d'eau
- Bambou
- Sauge bleu
- Jacinthe d'eau
- Reine des près
- Joncs du chaisier
- Carex pendula
- Thalia
- Menthe aquatique
- Prêle d'hiver
- Joncs

Quelques plantes épuratrices utilisées pour le traitement du sol :
Avec les polluants qu'elles permettent d'extraire du sol,

- Le saule (hydrocarbures et pesticides)
- Le peuplier (cadmium et zinc)
- Le miscanthus (métaux lourds et hydrocarbures)
- Le chanvre (métaux lourds)
- La fétuque
- La moutarde (nickel et plomb)
- Lantanier (plomb)
- Tournesols (radioéléments)
- Colza (métaux lourds)
- Orge (métaux lourds)
- Avoine (métaux lourds)
- Maïs (plomb)

	Usage futur	Espèces préconisées	Noms latins
Valorisation de la biomasse	Bois-énergie	Arbres et arbustes à croissance rapide et à forte biomasse ; miscanthus	*Salix sp., Populus sp.. Miscanthus sp.*
	Compostage	Poacées*	
	Méthanisation à la ferme	Maïs ; tournesol ; luzerne ; blé	*Zea maïs, Heliantus annuus, Medicago sativa, Triticum sp.*
	Éco-matériaux	Miscanthus	*Miscanthus sp.*
	Gazéification	Tout type de biomasse	*Salix sp., Populus sp.. etc.*
	Bioraffineries (biocarburants, etc.)	Blé ; maïs ; tournesol	*Triticum sp., Zea maïs, Heliantus annuus*
Valorisation écologique	Aménagement paysager	Saules, calamagrostide, joncs	*Salix sp., Calamagrostis sp., Juncus sp.*
	Accroissement de la biodiversité (trame verte et bleue)	Végétation colonisatrice	*Agrostis sp., Lolium perenne, Calamagrostis sp., Festuca sp., Deschampsia sp. Phragmites australis, Typha sp., Alnus glutinosa, Robinia pseudoacacia, etc.*
	Non connu	Végétation colonisatrice	*Agrostis sp., Lolium perenne, Calamagrostis sp., Festuca sp., Deschampsia sp. Phragmites australis, Typha sp., Alnus glutinosa, Robinia pseudoacacia, etc.*

Valorisation de la biomasse par espèces de plantes

2.4.2 Valoriser la biomasse et les boues

La phytoremédiation est productrice de biomasse.[1]
Les systèmes de phytorestauration et phytoépuration ont besoin d'entretien. Il faut entretenir les plantes. Lorsque la plante est retirée du système, il faut la traiter, surtout si elle contient des polluants. Mais certaines plantes (ou certaines parties) peuvent être recyclées. Les systèmes de phytoépuration produisent aussi des boues qui proviennent des déchets organiques.

Ainsi, cette boue et cette biomasse peuvent être valorisées.
La boue peut être filtrée et recyclée pour devenir du compost. Alors que la biomasse peut être recyclée en éco-matériaux (parpaing léger, bio plastique) ou en énergie verte (bio gaz par méthanisation) selon les différentes plantes.

Cette démarche de recyclage suit la démarche de régénération de la phytoremédiation.

La méthanisation

La méthanisation est un processus dans lequel on dégrade les déchets organiques par des bactéries qui agissent sans air : appelé « fermentation anaérobie ». Ce processus génère une énergie renouvelable : le bio-gaz. Il peut être ensuite transformé en chaleur ou en éléctricité.

Cette technique s'inspire de la nature, car la méthanisation est le phénomène naturel de la dégradation de la matière organique en absence d'oxygène.[2] (On le retrouve dans les gaz des marais).

La chaudière à biomasse

Nous pouvons prendre l'exemple de l'éco-quartier Camille Claudel de Palaiseau, qui est alimenté par une chaudière à biomasse. La biomasse est produite sur le site, c'est celle des espaces verts du quartier, qui est ensuite recyclée et utilisée dans la chaudière. Elle permet d'alimenter 1500 logements et bâtiments collectifs. La végétation devrait fournir 1000 à 5000 tonnes de biomasse pour la chaufferie chaque année. [3]

[1] Matière organique d'origine végétale

[2] https://fr.wikipedia.org/

[3] Article « Des plantes à tout faire » publié en 2016 par le magazine Les Echos
https://www.lesechos.fr



PARTIE 3.

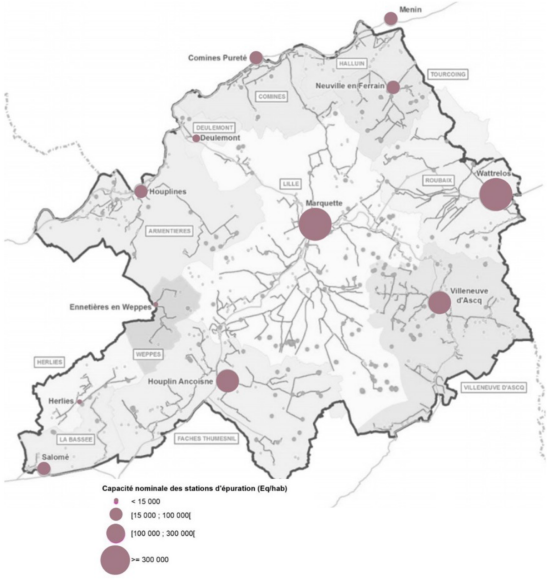
LA PHYTOREMÉDIATION GÉNÈRE DES ESPACES À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

Un parc vivant et résilient sur la friche de Branche de Croix

1) VERS UNE VILLE-ECOSYSTÈME

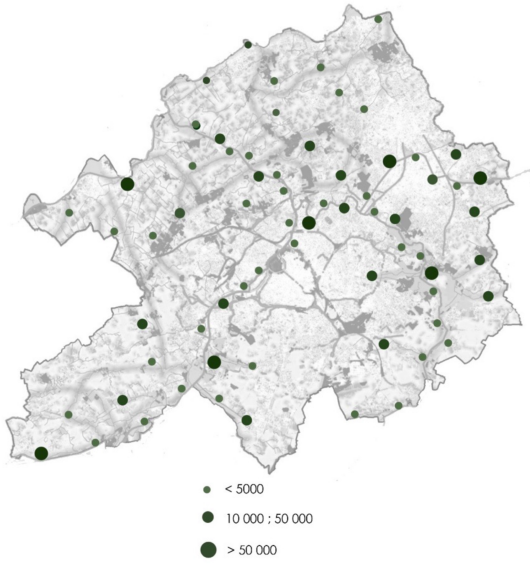
2) UNE DEMARCHE DE RÉGÉNÉRATION
ET DE RECYCLAGE

3) UNE ARCHITECTURE SYMBIOTIQUE



Plan d'assainissement réel aujourd'hui

Stations d'épuration de la MEL en 2020



Plan fictif d'une vision future

Stations d'épuration de la MEL en 2100

1) VERS UNE VILLE-ÉCOSYSTÈME

3.1.1 Des parcs filtrants dans la métropole lilloise

La phytoremédiation s'intègre dans le paysage, et peut devenir un outil fonctionnel, écologique et social. Mais comment l'intégrer à l'urbanisme ?

Imaginons une ville future où les stations d'épuration seraient plus locales et végétales: des parcs filtrants dans nos paysages urbains.

Ce projet propose une vision future de la métropole lilloise, où plusieurs dizaines de parcs filtrants auraient pris la place des quelques grandes stations d'épurations industrielles.

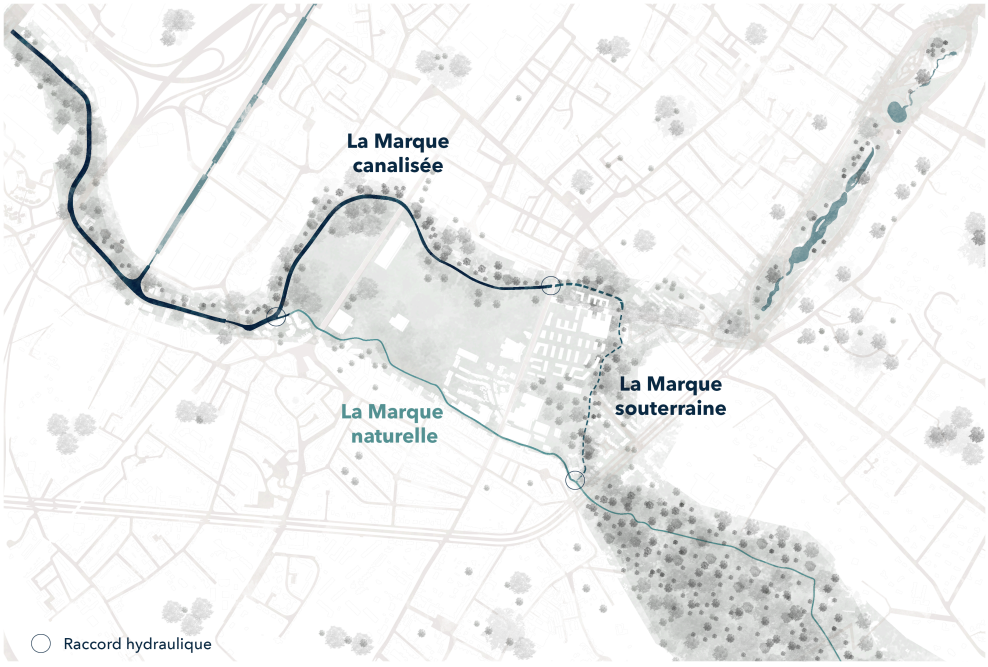
Ces parcs se développeraient à une échelle plus locale avec une capacité de traitement de 1 000 à 50 000 Equivalent-habitant (EH).

Ces stations s'intègrent dans le paysage comme des parcs en ville, et ouvrent les portes à un nouvel urbanisme symbiotique.



*Comment intégrer la **phytorémediation** à la Branche de Croix pour aller vers une **ville verte** ?*

Cette partie présente le projet qui est le fruit de ce travail. Nous allons présenter un des ces « parcs filtrants », un parc résilient sur le site industriel de la Branche de Croix.



La rivière de la Marque à la Branche de Croix

3.1.2 Le site d'étude : la friche de la Branche de Croix

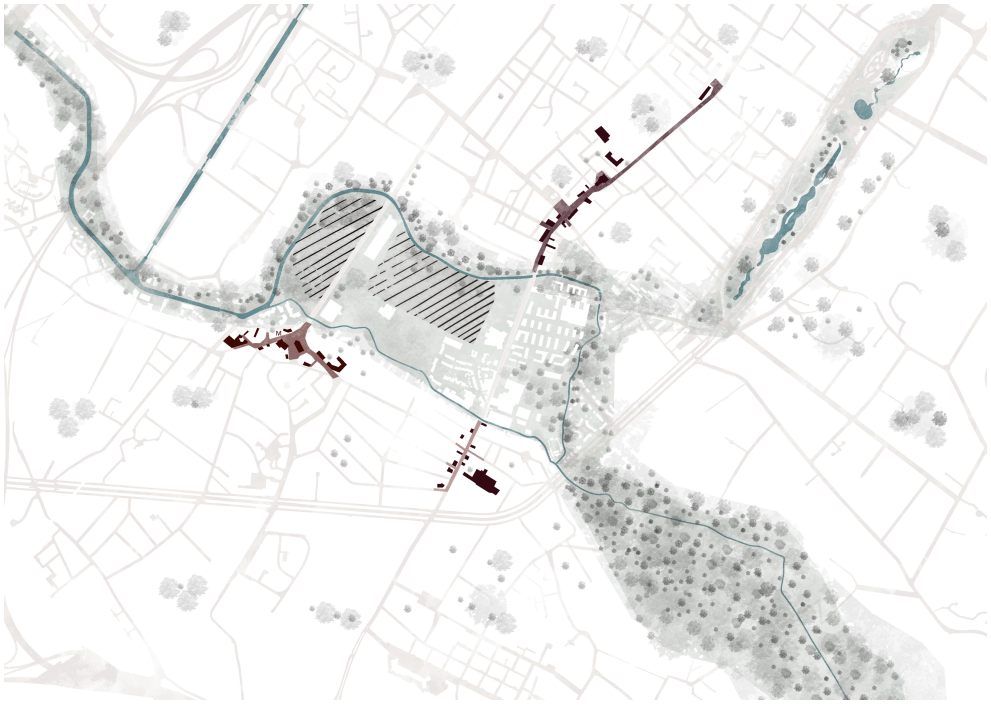
La Branche de Croix est une friche industrielle de la métropole lilloise, qui se situe entre Croix, Wasquehal et Villeneuve d'Ascq, au bord de la rivière de la Marque.

Comme nous l'avons vu dans la partie 1, ce site est un enjeu fort pour la rivière de la Marque car il se trouve à l'endroit où la marque naturelle se jette dans la Marque canalisée. Ce site est donc caractérisé par la fin des zones inondables de la rivière, et le début du canal dans le paysage urbain.

Aujourd'hui, une partie de la Marque est souterraine mais la Métropole Européenne de Lille a pour projet de renaturaliser la rivière et d'aménager les berges. La MEL va engager des travaux pour rendre les abords des cours d'eau plus accessibles, tout en valorisant la richesse des milieux.

Ce site, d'une superficie de plus de 30 hectares, est une réelle opportunité pour repenser la ville sans la combler par des constructions. Cette friche au bord de l'eau, est une vraie respiration dans le tissu urbain dense de la métropole. Cette surface au sol est précieuse, elle peut permettre de répondre à des enjeux forts de la ville de demain (engorgement des stations d'épuration, crues en ville, îlots de chaleur…).


ACB



Les zones polluées sur la friche de la Branche de Croix

La pollution de la Branche de Croix

Depuis que la Branche de Croix n'est plus utilisée pour la navigation, elle a été laissé à l'abandon. Son état écologique se dégrade du fait de la pollution de cette zone, anciennement industrialisée.

Comme nous l'avons vu précédemment, la friche de la Branche de Croix fait partie des friches polluées de la Métropole lilloise. Certains terrains sont aujourd'hui fermés dû à leur toxicité. C'est pour cela qu'elle est en attente de reconversion depuis plusieurs dizaines d'années.

Les sols sont pollués par métaux lourds et hydrocarbures. Ces sites étaient anciennement occupés par des entreprises telles que Rhone-Poulenc qui est un groupe chimique et pharmaceutique; ou 3 Suisse, anciennement usine de filature, travaillant avec des tissus comme la laine. La friche comprenait aussi une usine d'incinération UIOM.

La Branche de Croix pourrait devenir un atout pour les villes de Wasquehal, Croix et Villeneuve d'Ascq dont les centres villes sont en bord de site.

De plus, ce site est situé dans une zone stratégique entre métro, tram et TGV. De nos jours, la population cherche à habiter en ville mais proche de la nature. Ce site répond à cette demande, il est au coeur de la métropole lilloise et pourrait offrir un futur parc au bord de l'eau.



Un paysage poétique, entre vestiges industriels et végétation

Le bras du canal, ancien tracé du canal de Roubaix, est laissé à l'abandon. Pourtant c'est un réel enjeu pour la trame verte et bleue de la métropole, car c'est une zone humide qui a un véritable potentiel de biodiversité.

Aujourd'hui, la Branche de Croix est de faible qualité au niveau de la faune aquatique, dû à la présence de sédiments pollués et d'une eau stagnante (la faune batracienne ne peut s'épanouir). Grâce au projet de renaturalisation de la Marque par la MEL, l'eau ne stagnera plus; ainsi la rivière pourra s'écouler de Croix à Wasquehal.

Au bord de la Marque, la nature reprend ses droits et se densifie le long des berges, mais elle reste limitée par un support dégradé. Les seuils et les limites de cette friche empêchent la biodiversité de se développer et de s'étendre dans des continuités et des couloirs écologiques. Le paysage est décomposé et déconnecté, beaucoup d'espaces sont inaccessibles.

Ces espaces offrent pourtant des lieux poétiques. Les vestiges industriels sont petit à petit recouverts par la nature, ce qui offre un paysage sensible et reposant. Mais aujourd'hui la Branche de Croix est difficile à franchir ou à traverser. Lorsque l'on veut s'y balader, les accès sont bouchés, il y un seulement le chemin du halage qui longe la rivière et qui finit sur une impasse.


Gare
CROIX
Centre
Parc
Barbieux
WASQUEHAL
Centre
Quartier
Breucq Flers
de Villeneuve d'Ascq
Bois de
warwamme
Lac du
héron

3.1.3 Les enjeux du projet

Le projet a pour ambition de faire de la friche de la Branche de Croix un exemple de reconversion urbaine tournée vers l'eau.

Ce projet est un parc de dépollution par phytoremédiation, il est tout aussi fonctionnel que paysager. Ce parc s'intègre dans la ville, tout en s'inspirant de la nature, pour répondre aux problèmes de pollution des sols et des eaux.

L'aménagement de ce parc répond à différents enjeux :

• ENJEUX DE DÉPOLLUTION ET DE RECYCLAGE :

- Régénérer les sols (par phytoremédiation).

- Épurer une partie des eaux usées de la ville de Croix (pour réduire la saturation du réseau d'assainissement).

- Récupération, épuration et stockage des eaux de pluie (puis rejet dans la rivière de la Marque).

- Réutiliser les eaux de pluie dans des bassins de baignade et dans un centre de bien-être et de natation.

- Recycler la biomasse dans un centre de traitement.

Les sols seront restaurés par différentes plantes pendant 5 à 15 ans, alors que les eaux sont épurées dans des bassins filtrants (de mycrophytes et macrophytes) pendant plusieurs semaines.

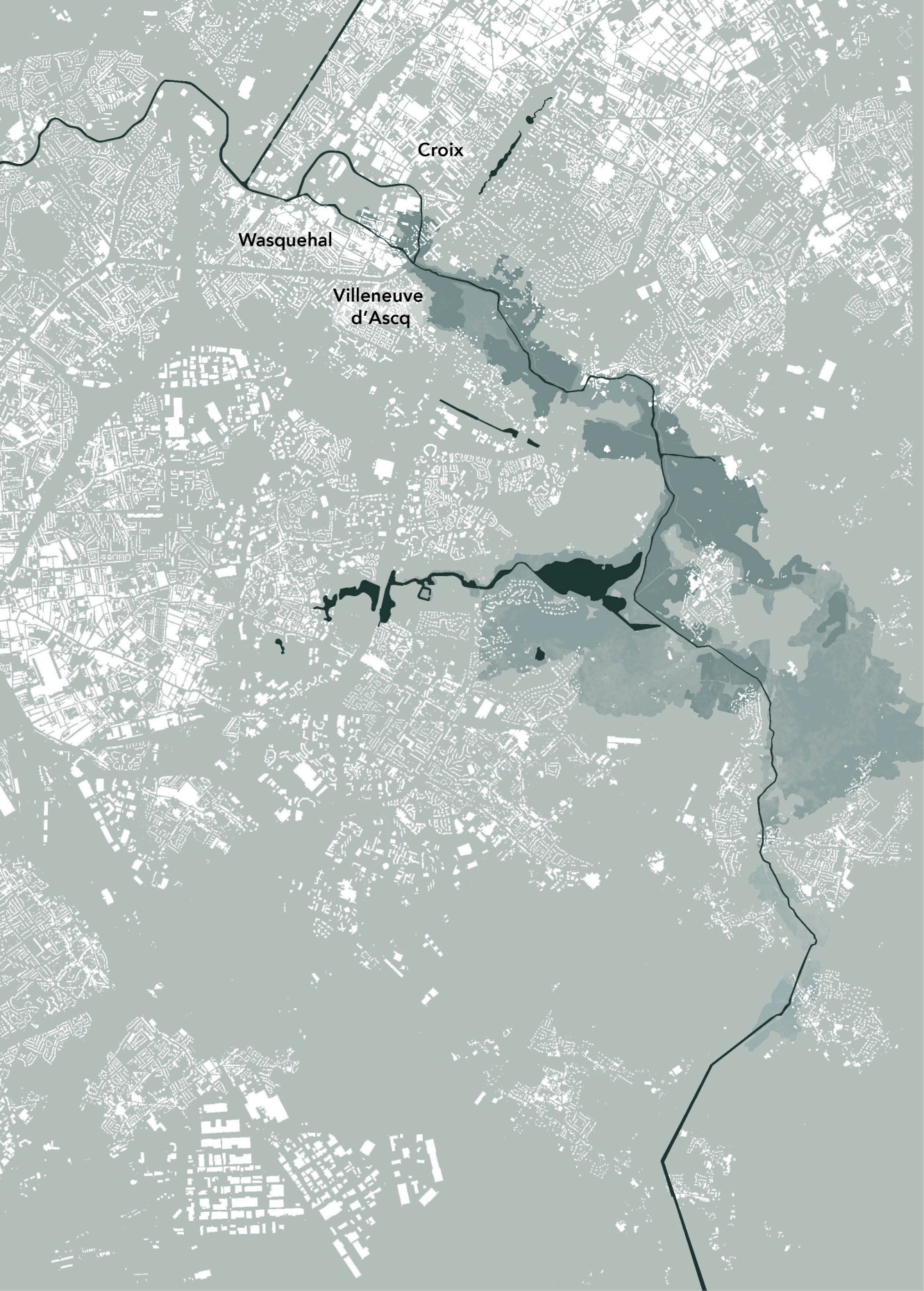
• ENJEUX PAYSAGERS :

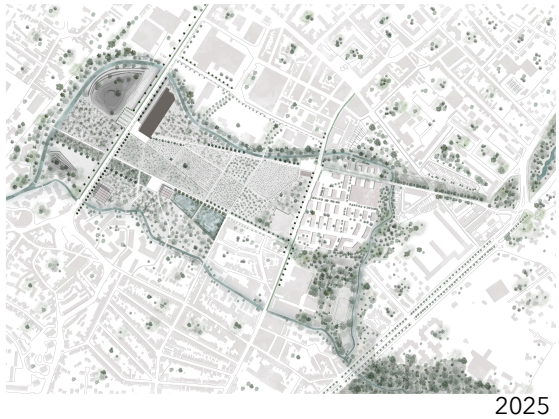
- Connecter les villes de Wasquehal, Croix et Villeneuve d'Ascq par une mobilité douce.

- Concevoir un parc fonctionnel et esthétique au bord de la Marque, dans la continuité du Lac du Héron et des marais de Fretin. Développer la trame verte et bleu de la métropole lilloise.

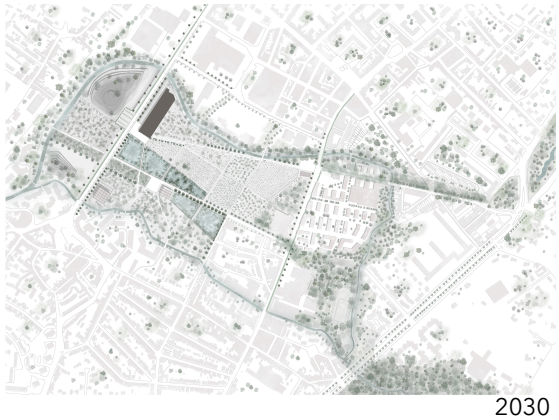
- Créer une continuité avec le parc Barbieux et le bois de Warwamme.


LILLE

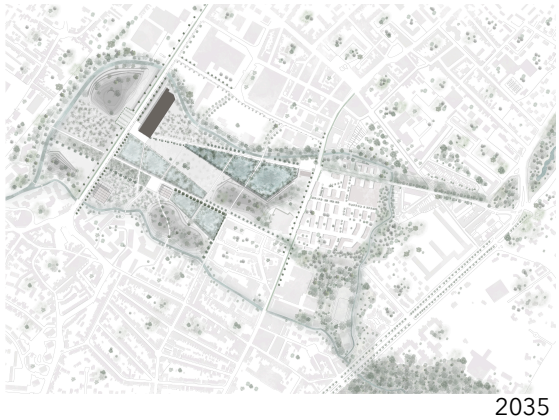

Croix
Wasquehal
Villeneuve
d'Ascq



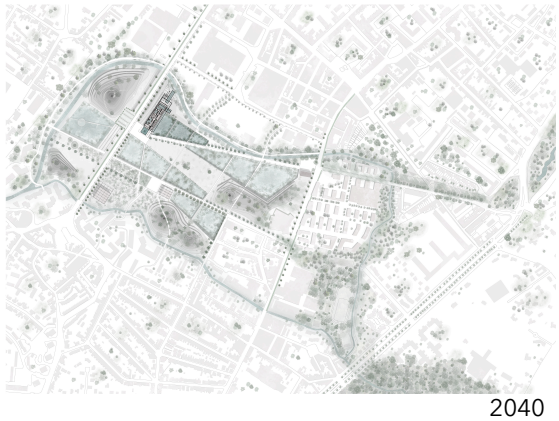
2025



2030



2035



2040

2) UNE DÉMARCHE DE RÉGÉNÉRATION ET DE RECYCLAGE

3.2.1 Un projet régénératif dans le temps

Le projet est conçu sur 15 ans pour permettre au sol de se régénérer. Le parc évolue selon différentes étapes de 2025 à 2040 (bien sûr la période entre chaque étape peut varier selon l'efficacité de la dépollution).

Étape 1 (2025) : Les sols sont restaurés par phytoremédiation. Les plantes sont choisies en fonction des polluants retrouvé dans le sol. Elles permettent de les extraire du sol.

Les premiers bassins du système d'eaux usées sont mis en place (sur une zone non polluée). Les terres excavés de ses bassins sont utilisés dans une butte paysagère.

Étape 2 (2030) : On continue d'agrandir le système des eaux usées, d'autres bassins filtrants sont conçus.

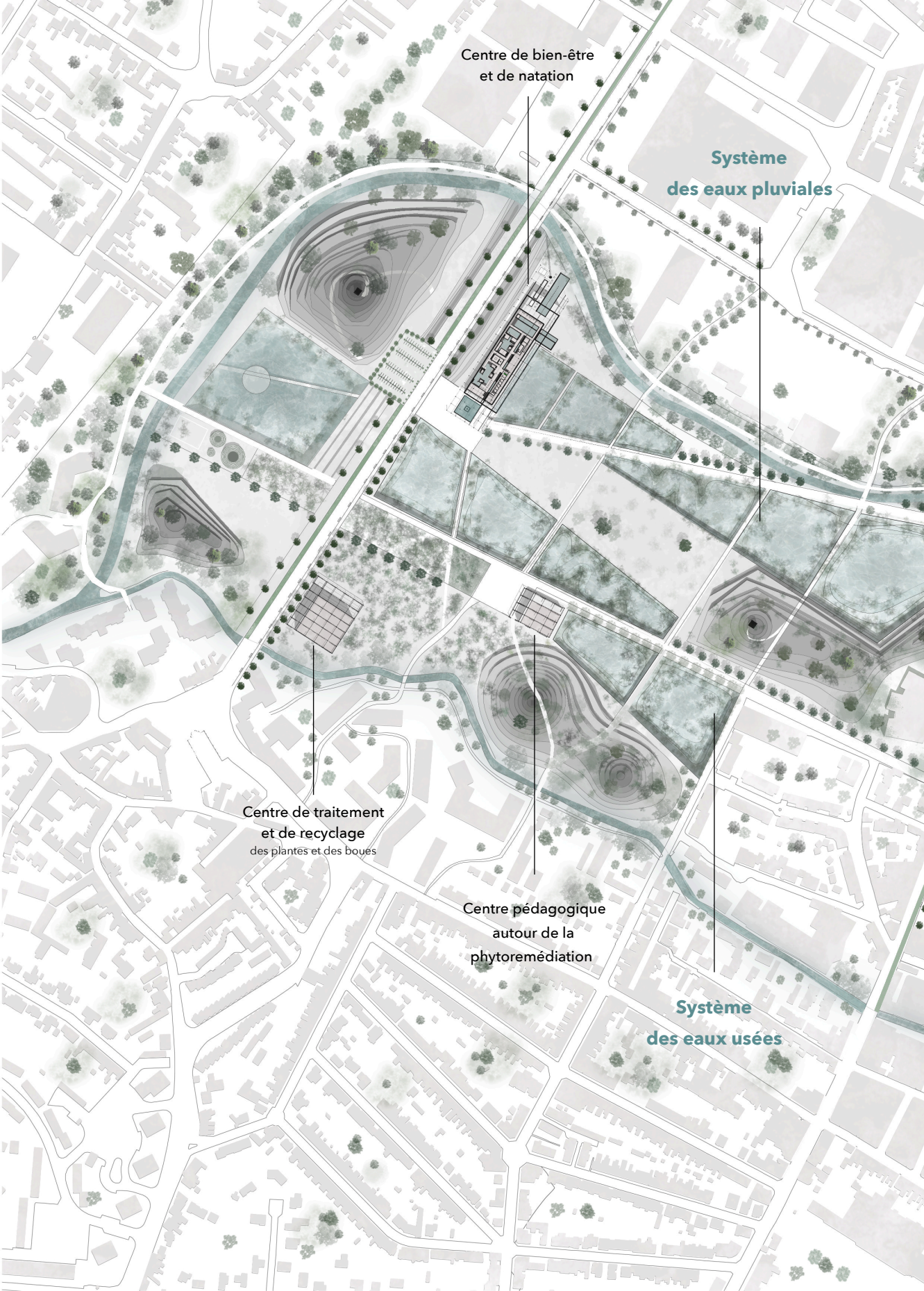
Ces espaces offre déjà un aménagement paysager agréable pour le visiteur. La Branche de Croix devient un parc traversant.

Étape 3 (2035) : Le système des eaux usées continue jusqu'au dernier bassin qui permet de stocker l'eau pour la réutiliser ou de la rejeter dans la rivière de la Marque. La terre est réutilisée dans différentes buttes paysagères, qui créent un paysage résilient et inédit dans la métropole lilloise.

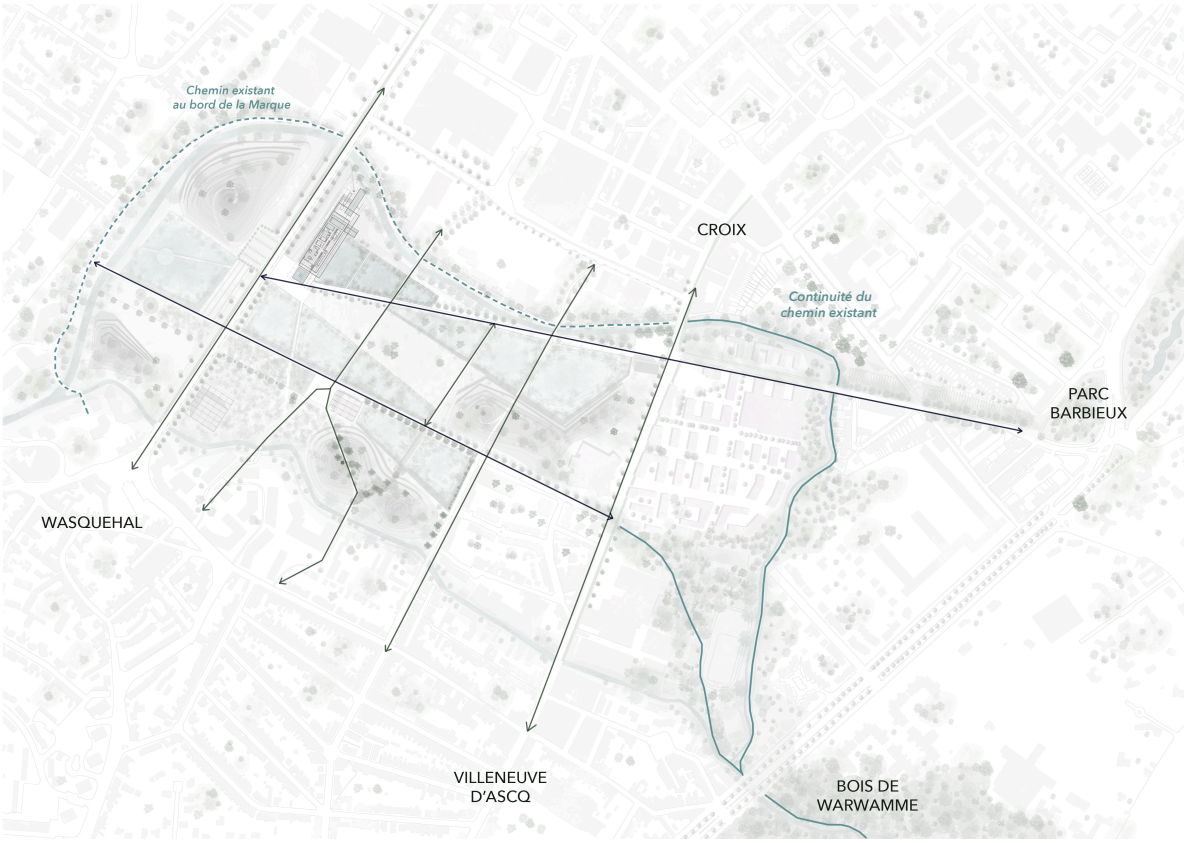
Le début du système des eaux pluviales est mis en place.

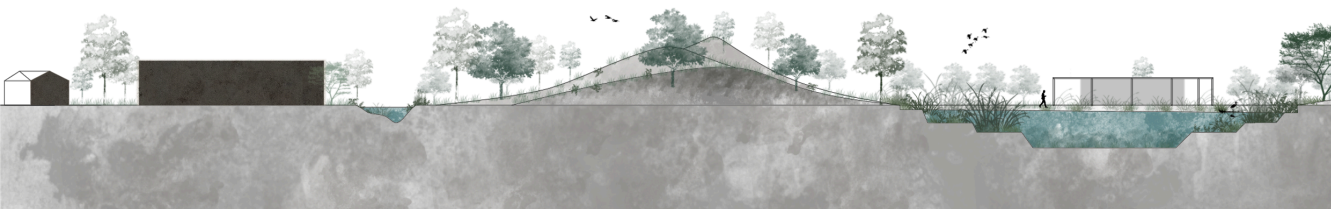
Étape 4 en (2040) : Le système des eaux de pluie est mis en place entièrement. Il continu jusqu'à un bassin qui permet de stocker l'eau pour la réutiliser dans les espaces de baignade, et dans le centre de bien-être et de natation.

Il ne s'agit donc pas d'un parc figé, mais bien d'un système vivant, qui évolue avec le temps, selon les contraintes.


Centre de bien-être
et de natation
Système
des eaux pluviales
Centre de traitement
et de recyclage
des plantes et des boues
Centre pédagogique
autour de la
phytoremédiation
Système
des eaux usées


Projet de logements
La Maillerie
700 logements, école, commerces,
restaurants, bureaux


Chemin existant
au bord de la Marque
CROIX
Continuité du
chemin existant
PARC
BARBIEUX
WASQUEHAL
VILLENEUVE
D'ASCQ
BOIS DE
WARWAMME



3.2.2 Une (re)connection

Les connections paysagères

Ce projet est une connection verte entre les communes de Croix, de Wasquehal et le quartier Flers Breucq de Villeneuve d'Ascq. La mobilité douce se traduit par différents accès qui traversent le parc, ainsi que des accès vers le parc barbieux et le bois de Warwamme. Le chemin existant qui longe la Marque se prolonge jusqu'au bois.

Se (re)connecter au vivant

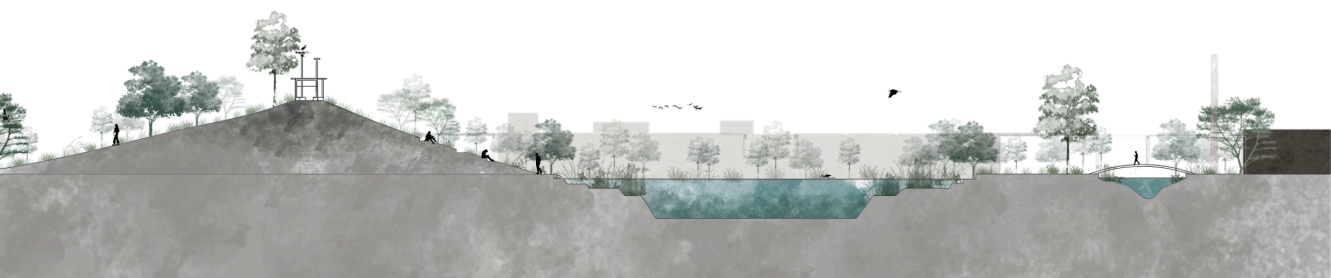
Ce projet ne permet pas seulement des connections dans l'espace mais aussi des connections avec le vivant. La ville se tourne à nouveau vers la terre et l'eau.

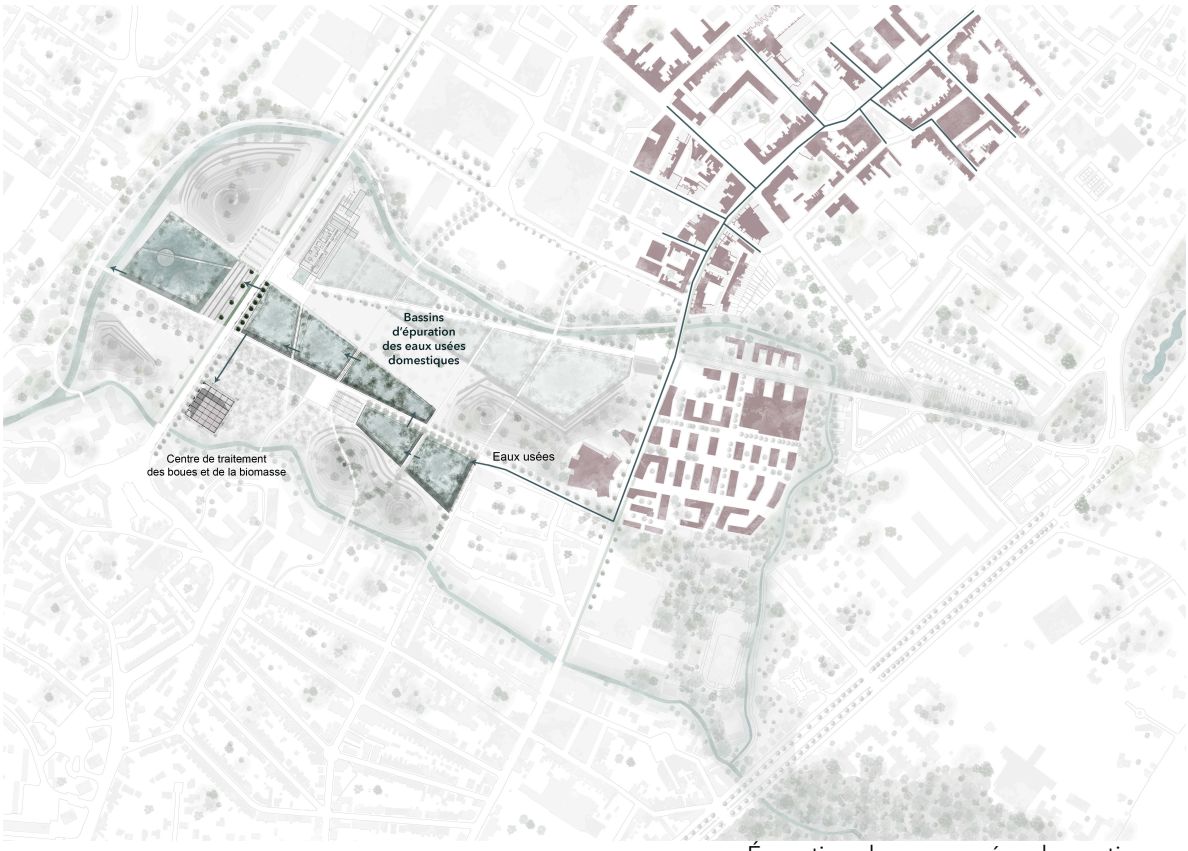
Ce parc devient petit à petit un paysage d'eau, qui génère ainsi des espaces de balade et de biodiversité, avantageux à toutes les espèces vivantes (humains et non humains).

Les buttes résilientes permettent d'avoir des vues sur le parc et la ville, et définissent des limites. Elles mettent à distance le visiteur des premiers bassins d'épuration des eaux usées (en France les normes obligent que ces premiers bassins soient fermés aux publics dû à leur pollution concentrée).

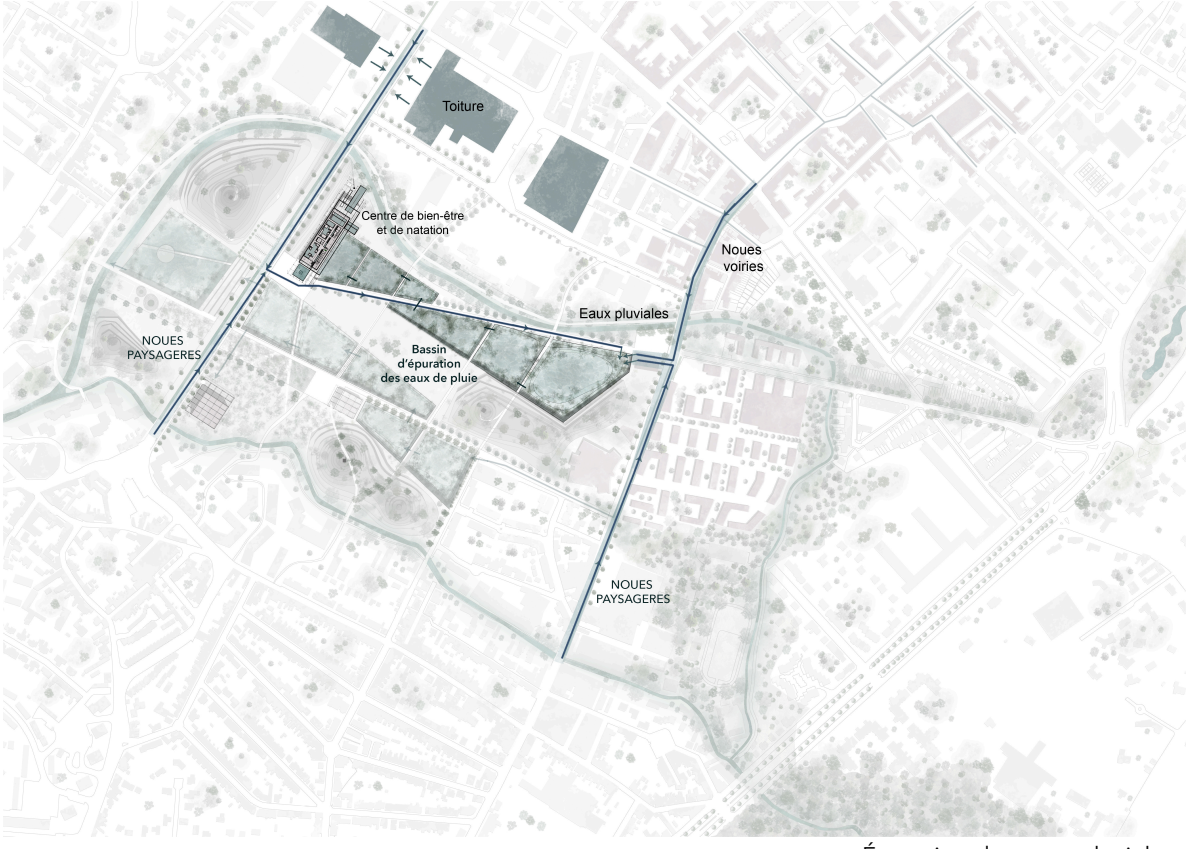
Le sol devient un acteur fondamental du projet. On se reconnecte à la terre, qu'on ne considère plus seulement comme un support mais comme un bien commun. Ces buttes paysagères traduisent la résilience du paysage urbain anciennement industrialisé.

Le sol est vivant, il est en comme « en mouvement » dans le paysage. Il est marqué par cette régénération.





Épuration des eaux usées domestiques



Épuration des eaux pluviales

3.2.3 La gestion de l'eau génère les espaces du projet

« Le point de départ de ce nouvel urbanisme est le plus souvent la gestion de l'eau » p66. *L'économie symbiotique*, Isabelle Delannoy.

Le projet utilise la phytoépuration dans deux systèmes distincts : les eaux usées domestiques et les eaux pluviales.

Le système d'épuration des eaux usées domestiques

Une série de bassins permet d'épurer la moitié des eaux usées des habitants de la ville de Croix (pour environ 10 000EH). L'eau passe dans le premier bassin à filtre vertical puis dans plusieurs bassins à filtres horizontaux, pour finir dans un bassin de stockage. L'eau peut être réutilisée dans le centre de traitement (ce centre a pour fonction de traiter et de recycler les plantes directement sur le site).

Ces bassins filtrants permettent de réduire la saturation du système d'assainissement de la métropole lilloise et d'alimenter la rivière de la Marque en eau propre (donc réduire la concentration de sa pollution).

Le système des eaux pluviales : Récupérer, épurer, réutiliser

Dans ce parc l'eau de pluie est considérée comme une ressource indispensable. Elle structure même les différents espaces du projet.
L'eau de pluie est récupérée dans des noues paysagères en voiries. Les eaux pluviales ruissellent sur les toitures et voiries jusqu'aux noues urbaines où elles sont récupérées et conduites jusqu'au premier bassin d'épuration.

L'eau passe ensuite par une série de bassins puis elle est stockée dans un dernier bassin. Pour finir, elle atteint une qualité de baignade, et elle est réutilisée dans les bassins de baignade, de natation et le centre de bien-être (spa, hammam…). L'autre partie est ensuite rejetée dans la rivière de la Marque pour l'alimenter en eau propre.





Aménagement de l'avenue Jean Paul Sartre

Récupération de l'eau de pluie dans des noues paysagères

La gestion de l'eau de pluie est définie en 3 étapes. Les différents systèmes de phytotechnologie génèrent les espaces à différentes échelles:

- **Récupération** : Noues urbaines
Aménagement à l'échelle de l'avenue Jean Paul Sartre

- **Épuration** : Parc filtrant
Aménagement à l'échelle du parc

- **Réutilisation** : Bassin de baignade et de régénération
Aménagement à l'échelle de l'architecture

<u>À l'échelle de l'avenue Jean Paul Sartre (Récupération de l'eau)</u>

Depuis le démantèlement des industries, l'avenue Jean-Paul Sartre est laissée comme telle. Les espaces de stationnements sont délaissés. Cette avenue n'est pas agréable, surtout pour les piétons qui sont en relation directe avec la route.

Le projet propose de récupérer l'eau de pluie dans des noues paysagères qui aménagent l'avenue. Ainsi, les voies piétonnes et cyclistes sont mises à distance des véhicules par ces aménagement de bio-rétention.

En complément, des noues d'infiltrations permettent à une partie de l'eau de s'infiltrer dans le sol.





Épuration au coeur du parc et réutilisation dans un centre de bien-être

L'eau de pluie au service du bien-être de la population

À l'échelle du parc (Épuration de l'eau)

L'eau est ensuite épurée en passant par différents bassins macrophytes et microphytes. Ces bassins filtrants sont aussi des zones humides qui permettent de réguler la température de la ville, et d'avoir des lieux de balade et de biodiversité.

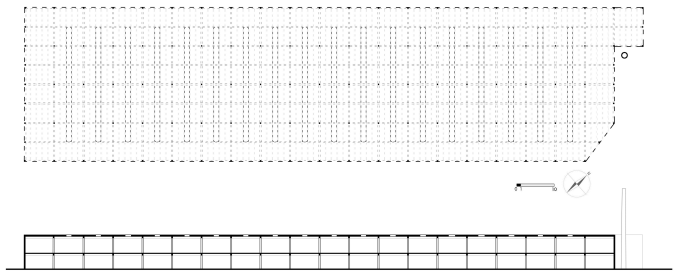
Ce parc s'appuie sur les mécanismes de la nature pour trouver des solutions aux problématiques auxquelles il fait face. Il suit le principe de symbiose entre les humains et non-humains (plantes, micro-organismes, insectes)…

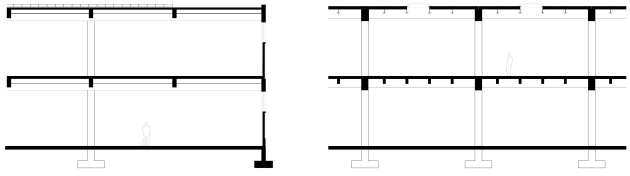
À l'échelle de l'architecture (Réutilisation et régénération de l'eau de pluie)

L'eau est ensuite réutilisée dans des baignades naturelles extérieures puis dans l'architecture (dans des des bassins de détente et de bien-être, puis dans un bassin ludique et un bassin de natation).

Les bassins de régénération créent une ambiance de bien-être et de détende dans l'architecture. Cet équilibre entre plantes et micro-organismes permet de filtrer l'eau dans un cycle fermé.









Réhabilitation d’une ancienne usine 3 Suisse

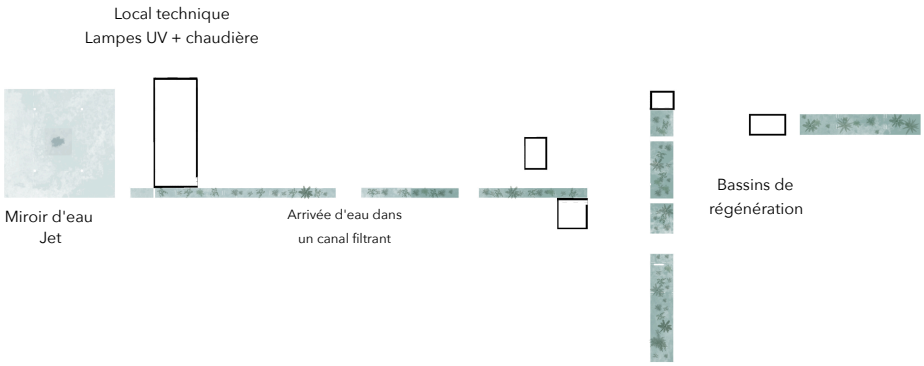
3.2.4 Réhabilitation d'un bâtiment industriel en centre de bien-être et de natation

Dans la même démarche de restauration des sols et de régénération de l'eau, le projet restaure un bâtiment laissé à l'abandon. Ce recyclage permet de réduire notre empreinte carbone. Le but est de faire revivre un « déchet industriel ».

Le bâtiment, long de presque 200m, est une ancienne usine 3 suisse (usine de filature typique du Nord de la France). Il est construit en béton armé avec un squelette poteaux-poutres.

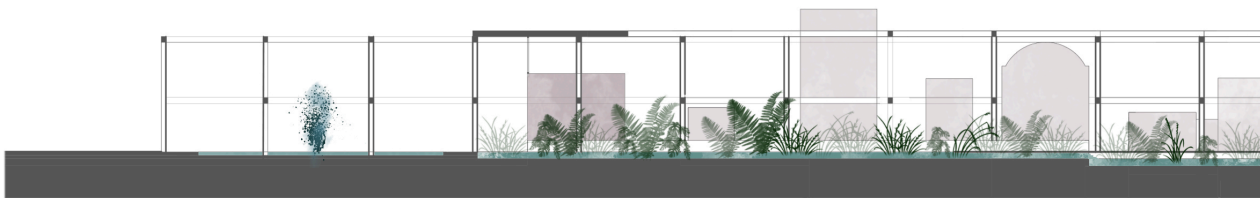
Le projet propose de le métamorphoser en centre de bien-être et de natation. L'eau de pluie est alors au service du bien-être de la population.

Cette démarche suit l'idée de la «ville régénérative», qui ne veut plus détruire pour reconstruire mais qui préfére faire revivre des bâtiments déjà construits.





Le cycle d'eau dans l'architecture



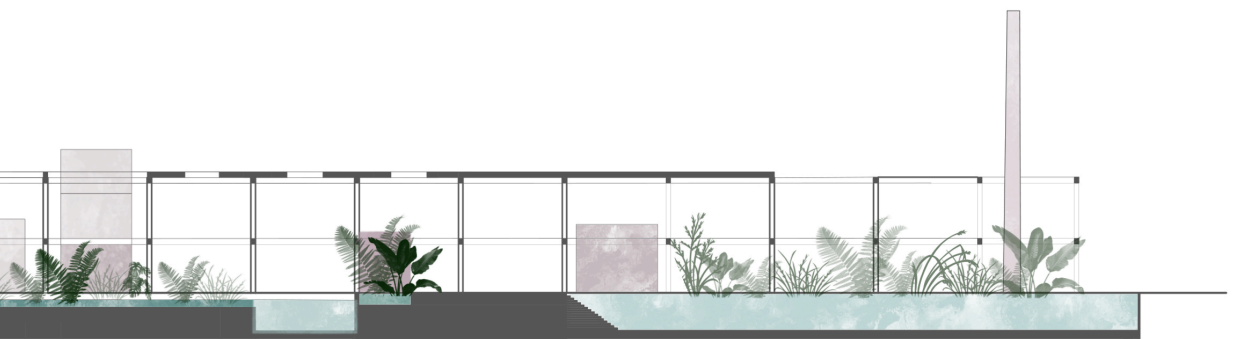
3) UNE ARCHITECTURE SYMBIOTIQUE

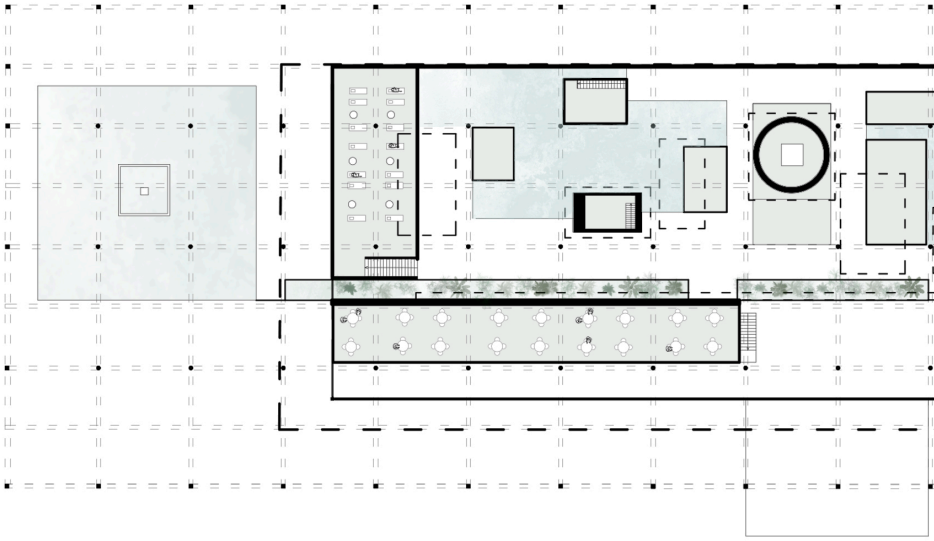
3.3.1 Un système d'eau au coeur de l'architecture

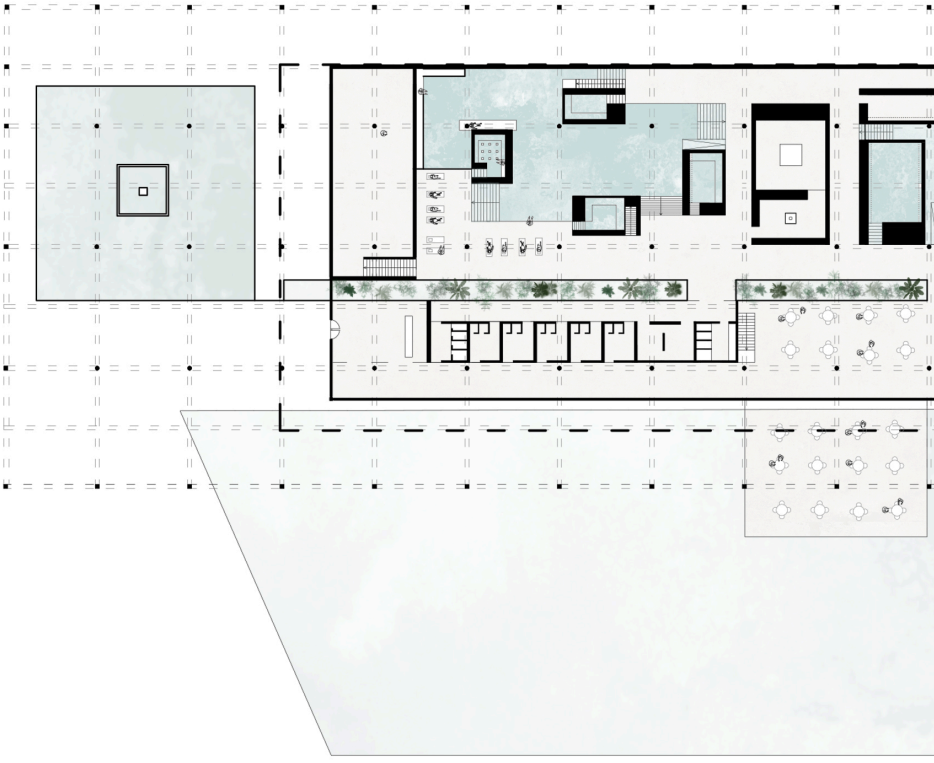
Après avoir été épurée dans le parc filtrant, l'eau continue son parcours au coeur de l'architecture.

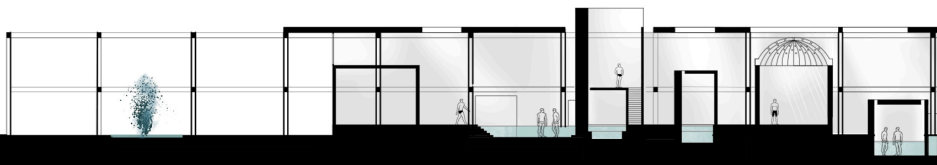
À l'entrée du bâtiment, un miroir d'eau structure la place publique. Il comprend un jet d'eau qui permet de l'oxygéner avant qu'elle ne rentre dans le bâtiment. L'eau passe ensuite dans un local technique qui comprend la pompe à chaleur et les lampes UV pour ensuite continuer sa route vers les bassins de baignade.

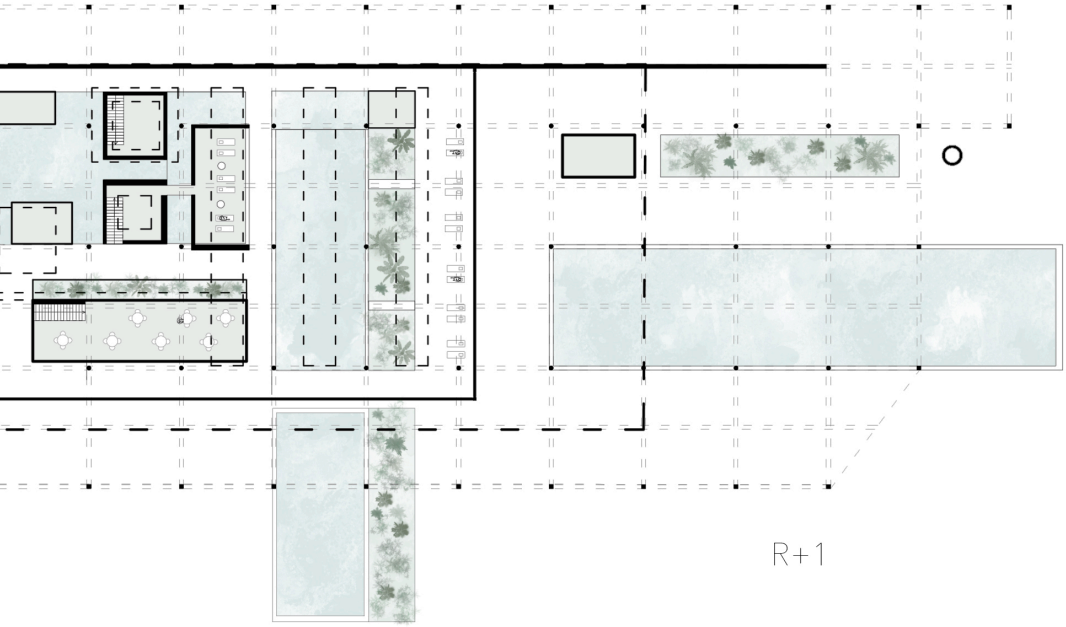
Au bord du bassin ludique et celui de natation, on retrouve des bassins de régénération qui permettent à l'eau de garder une qualité adaptée à la baignade. Ces bassins sont composés de plantes épuratrices notamment des plantes tropicales qui peuvent s'épanouir à l'intérieur de l'architecture.



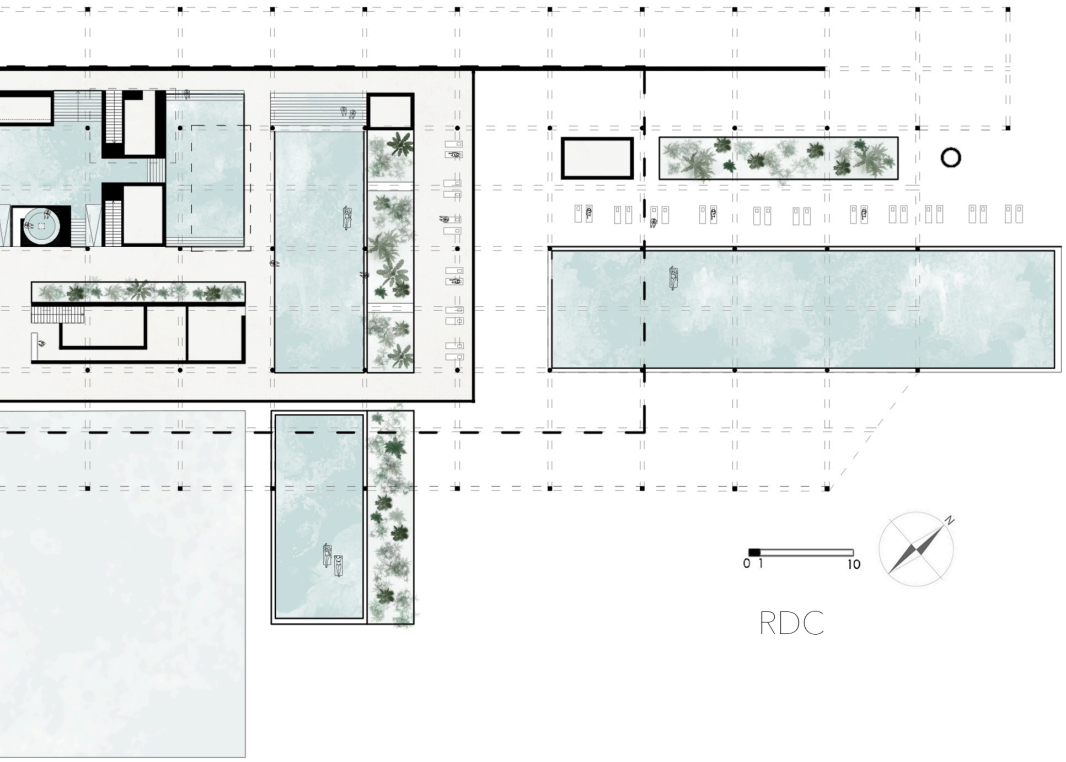




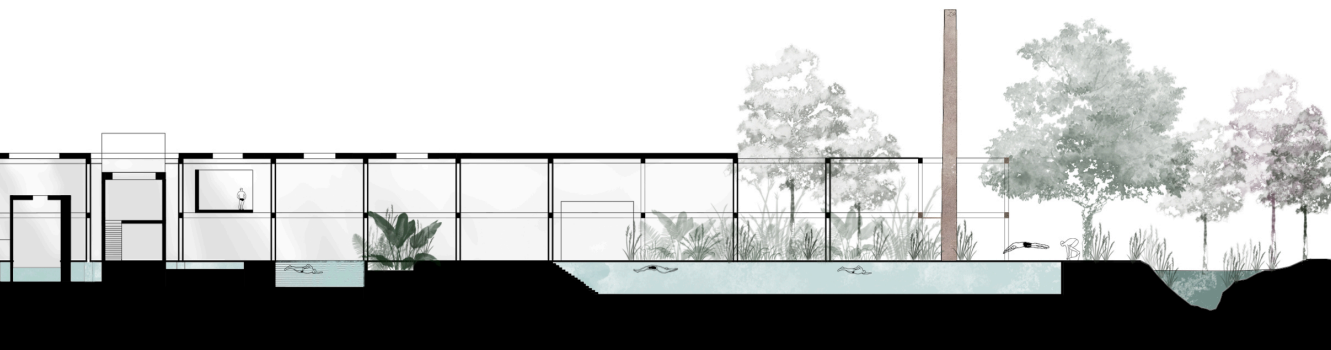




R+1



RDC




PLAN RDC


Espace de baignade
Espace habillé
PLAN RDC


Espace
spa
Hammam
Espace
thérapeutique
Ludique
Natation
Vestiaires/WC
Bar / Restauration
Accueil
PLAN RDC

Le filtre végétal

L'eau arrive dans le bâtiment par un canal planté qui crée un filtre végétal entre l'espace « habillé » et l'espace de baignade.

Les bassins de régénération articulent les différents espaces.

La végétation, qui peut atteindre jusqu'à 3m pour certaines plantes, créent un filtre et permet d'intimiser différents espaces. Les vues entre les espaces intérieurs de baignade et l'exterieur sont délimitées par la végétation.
L'espace spa et l'espace thérapeutique sont les plus intimes, séparés de l'extérieur par la végatation, alors que l'espace ludique et le bassin de natation sont plus ouverts sur l'extérieur.

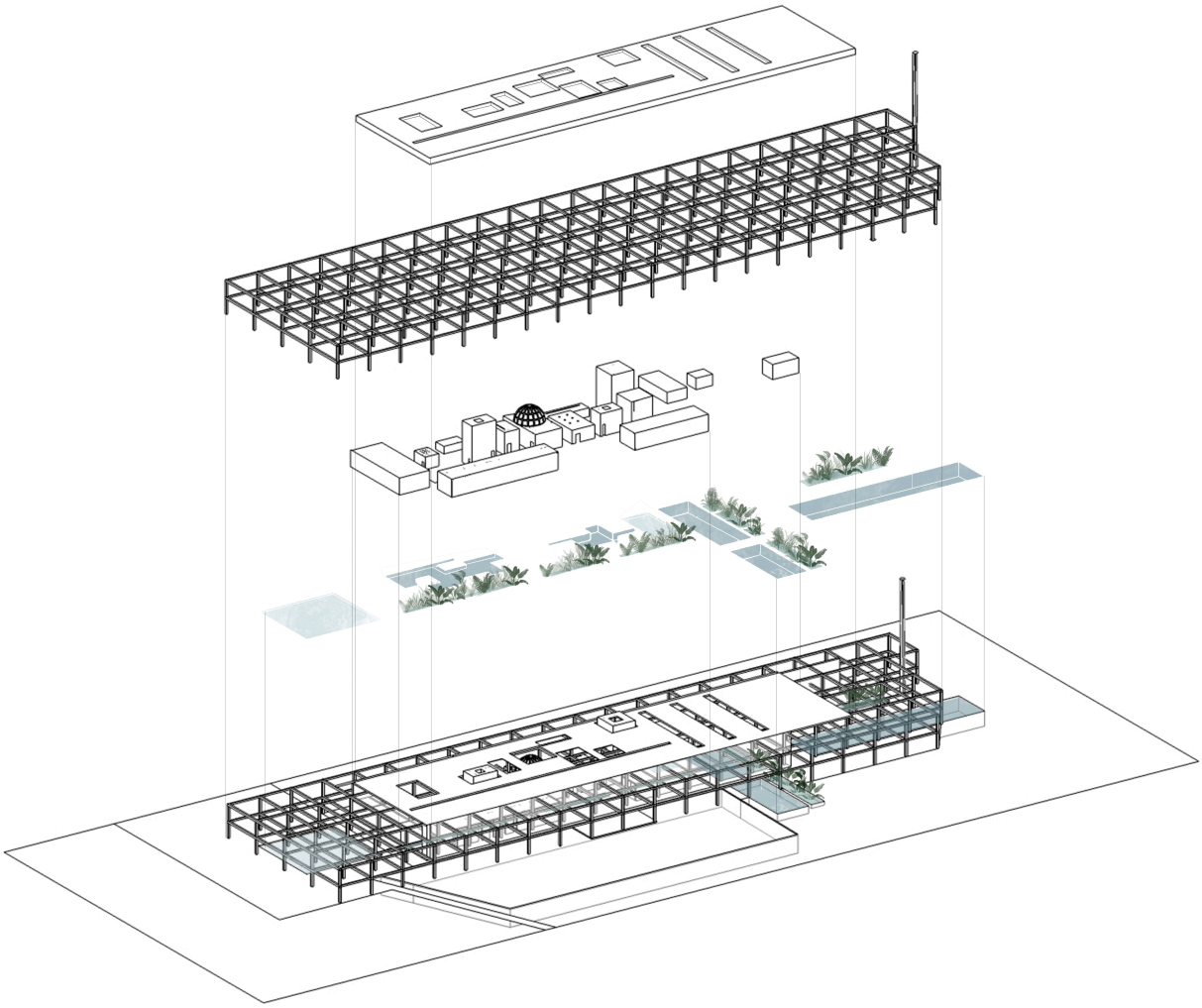
Programme du centre de bien-être et de natation :

- Espace spa
- Hammam
- Espace thérapeutique
- Bassin ludique
- Bassin de natation
- accueil
- vestiaire
- bar / restaurant





Le filtre végétal sépare l'espace de baignade de l'«espace habillé »



3.3.2. Architecture et matérialité

Les volumes, indépendants de la structure existante

Le projet fait revivre l'ancienne usine présente sur le site.

La structure existante est un élément indépendant, dans lequel on installe des volumes, qui viennent créer des espaces plus ou moins dilatés. Ces espaces sont propices à la détente.

La toiture joue un rôle de filtre et génère des jeux de lumières sur l'eau et les volumes.

On rentre dans les volumes comme on "rentre dans la terre", comme un espace creusé, propice au ressourcement. Ces volumes plus ou moins confinés, offrent différentes ambiances et différentes fonctions (bassin chaud, bassin froid, hammam, bassin thérapeutique, bassin médicinal, salle de massage…). Sur certains volumes il est possible de monter et d'avoir des lieux de détente qui offrent des vues sur les espaces de baignade.

Le chauffage et l'électricité

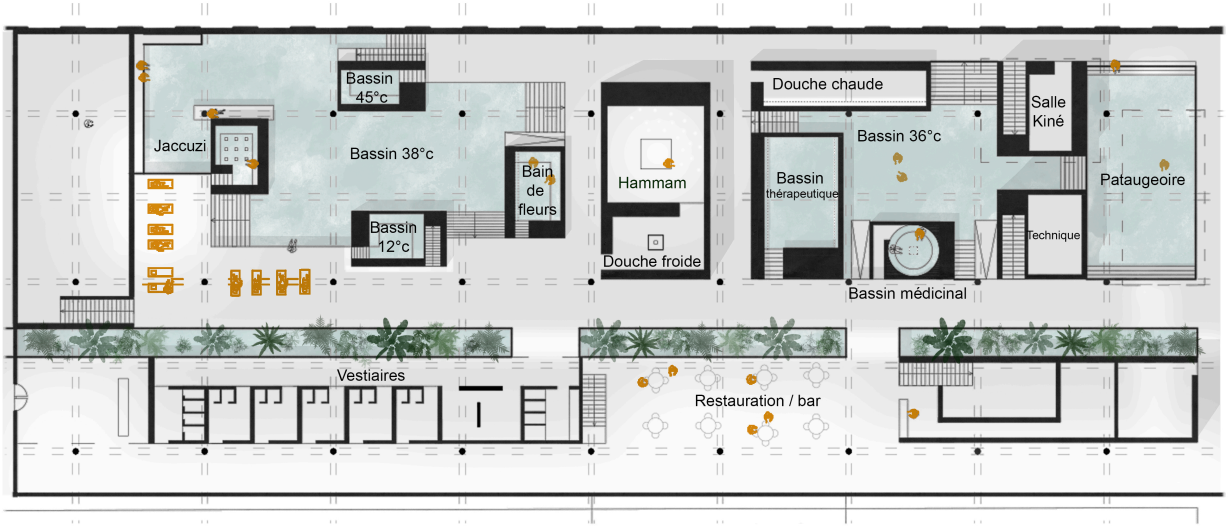
- Chaudière à biomasse

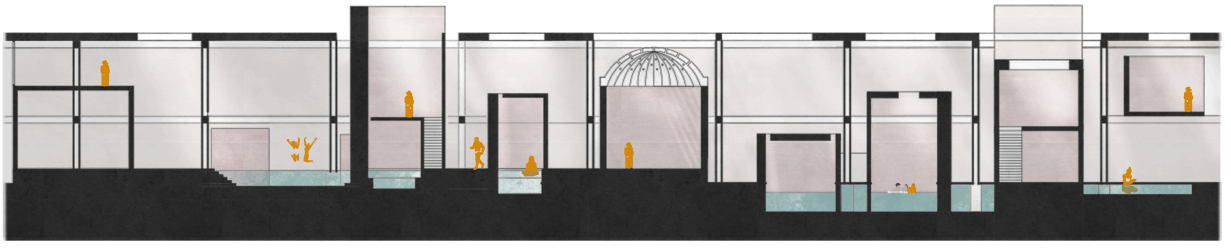
Le Miscanthus (qui est une plante épuratrice) est utilisé sur la friche de la branche de Croix pour dépolluer les sols pendant plusieurs années. Après cela, une partie du site reste cultivé pour continuer à produire de la biomasse, qui permettra de chauffer l'eau et le bâtiment.

- Panneaux solaires et photovoltaïques

La chaudière peut très bien se combiner avec l'énergie solaire. Il est toujours préférable d'avoir deux systèmes en cas de problèmes.

Des panneaux solaires et photovoltaïques seront donc placés en toiture pour produire de l'électricité.





Organisation spatiale

Organisation et ambiances spatiales

L'espace spa :

- Bassin principal de 38°C
- Jacuzzi
- Bassin chaud 45°C
- Bassin de fleurs
- Bassin froid 12°C

L'espace spa offre des espaces de détente et de bien-être plus ou moins ouverts et lumineux.

Le hammam sépare l'espace spa de l'espace thérapeutique.
Ce hammam est un dôme qui possède uniquement des ouvertures zénithales, c'est un lieu de ressourcement et d'apaisement. Au centre, se trouve une pierre chaude sur laquelle on peut s'allonger.

L'espace thérapeutique

- Bassin principal de 36°C
- Bassin thérapeutique
- Bassin médicinal
- Douches chaudes
- Salle de kinésithérapie

Après l'espace thérapeutique, un bassin « pataugeoire » s'ouvre sur l'espace ludique. Puis cet espace s'articule par un bassin ludique de 25m de long au bord de la végétation grandissante. À l'extérieur, un bassin de natation de 50m de long prend forme le long de la Marque et en relation avec l'ancienne cheminée, vestige de l'époque industrielle.















Entre terre et eau

La céramique sous différentes formes

La matérialité

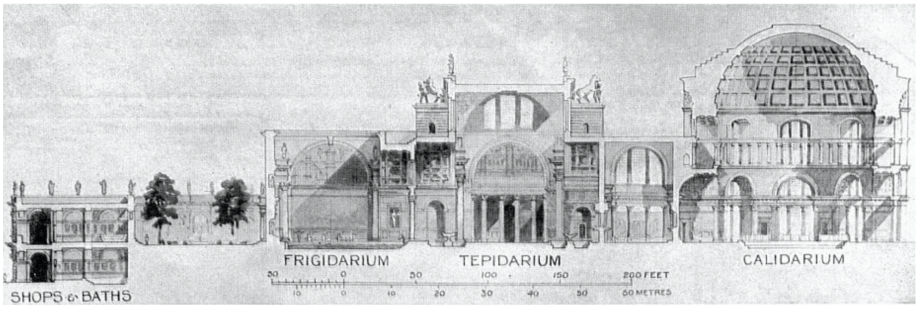
Le bâtiment a pour ambition de représenter nos ressources essentielles, aujourd'hui dégradées : la terre et l'eau.

Les nouveaux volumes en céramique de couleur « terracota » sont la représentation de la terre, ils créent un beau contraste avec l'eau et la végétation.

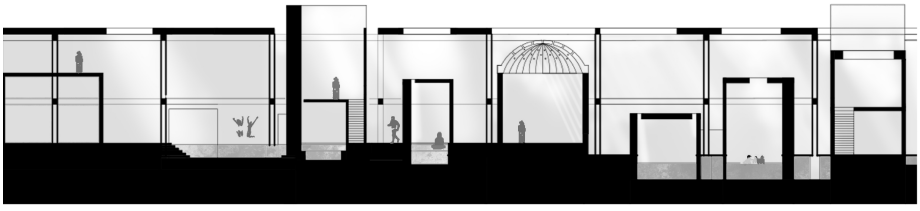
La matérialité utilisée dans le bâtiment est la terre cuite, notamment la céramique :
- Les bassins sont recouverts d'une mosaïque de céramique bleue/verte.
- Le sol est un carrelage antidérapant en grès-cérame beige.
- Le revêtement des parois est composé de plaques de grès-cérame couleur « terracota ».

Nous pouvons imaginer que ces matériaux sont produits avec la terre du site de la Branche de Croix. Le choix de la matérialité est une continuité dans la démarche de recyclage du projet. La terre est devenue un élément essentiel du projet, que l'on retrouve dans l'architecture.

De plus, le grès-cérame est un matériau facilement recyclable car il ne contient aucun produit chimique.Le grés cérame est un alliage d'argile et d'autres terres minérales cuit à 1200°C. Il est résistant à l'usure, donc durable et ne craint ni l'eau ni la vapeur : il est connu pour sa porosité presque nulle.



Les Thermes romains



Le projet : Un centre de bien-être

3.3.3 Inspiration : l'Architecture des thermes romains

Les thermes romains

Le projet s'inspire des thermes romains. Il est composé de différents bassins offrant des ambiances différentes : bassin chaud, bassin froid, bassin tiède, bassin médicinal… Le découpage des espaces rend l'ambiance plus intime.

La toiture joue le rôle de « double-peau » et de filtre lumineux. Les volumes, « en mouvement » sous la toiture, s'inspirent de l'écriture des thermes romains.

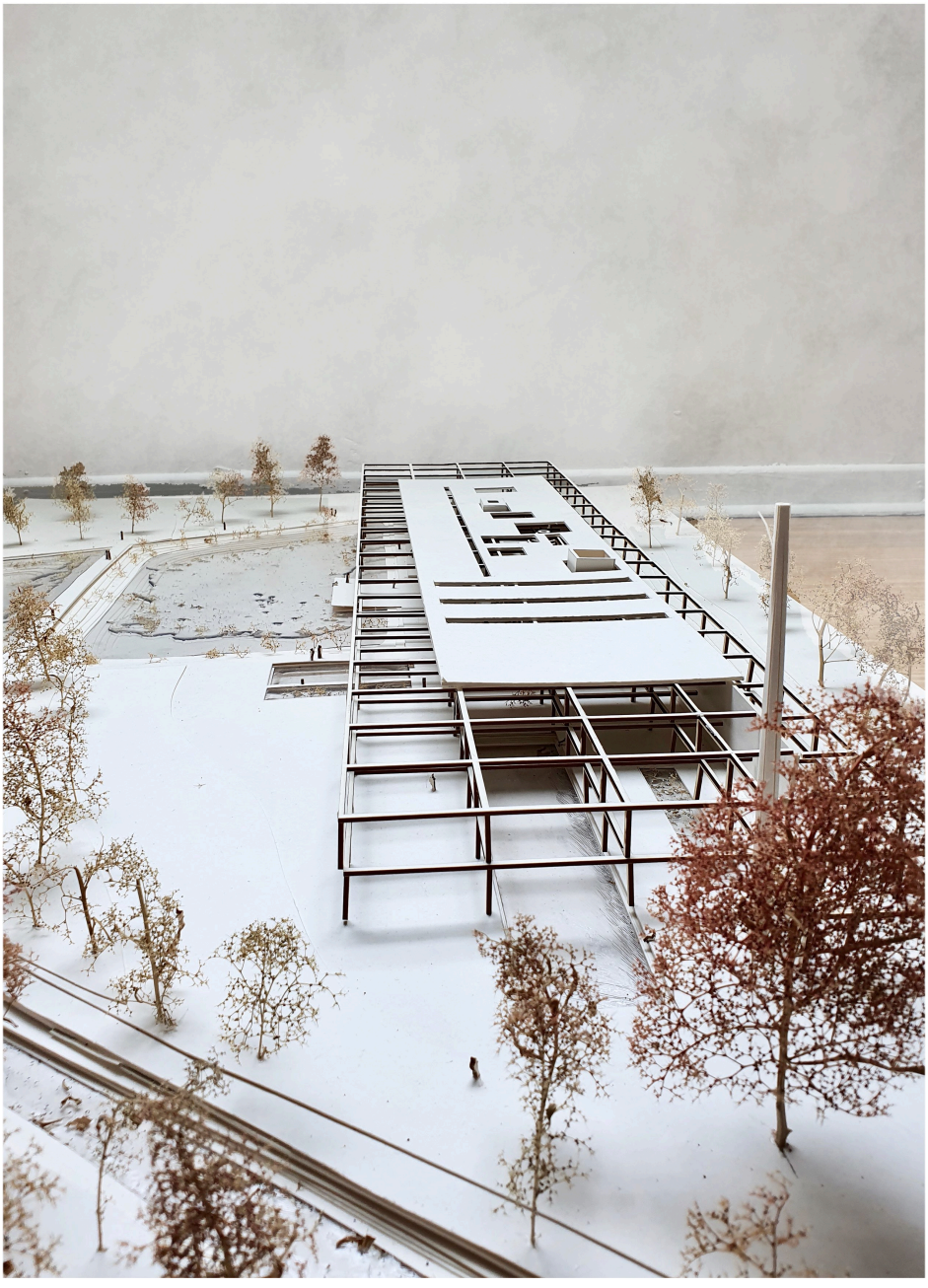
Les différentes hauteurs offrent des atmosphères particulières à chaque espace, ce qui est typique des thermes romains.

À l'époque, les romains se rendaient aux thermes presque tout les jours. Les bains publics étaient des lieux de rencontre et de mixité sociale, dans lesquels ils avaient un rituel culturel pour se laver et prendre soin de leur corps. Aujourd'hui, l'usage a changé mais on se rend toujours « aux thermes » pour se ressourcer et entretenir son corps grâce aux vertus de l'eau.



Une architecture symbiotique

Photo maquette



Une architecture résiliente

Photo maquette



CONCLUSION

CONCLUSION

« Si les sols constituent le corps de notre planète, l'eau est le sang qui circule dans ses veines. » Ananda Fitzsimmons.[1]

Le terre et l'eau sont les fondements de la vie sur Terre. Aujourd'hui, nous sommes déconnectés de notre système naturel. Le sol n'est pas seulement un support, il regorge de vie. Il permet aussi l'infiltration et le bon fonctionnement du cycle de l'eau.

Nos façons de vivre et de penser se reflètent dans nos villes. Elles sont à l'image de nos modes de vie et de notre société capitaliste. Nous avons longtemps tourné le dos à l'eau et recouvert nos sols de matériaux imperméables. La Ville occidentale s'est développée en totale rupture avec la nature.

Aujourd'hui, les villes sont en transition.

« Les utopies d'aujourd'hui sont les réalités de demain », Victor Hugo.

Remplacer des stations d'épuration par des jardins, ce n'est plus une utopie.

Ce mémoire montre que les principes symbiotiques peuvent s'appliquer en ville, à l'urbanisme. Ainsi, on peut tendre vers une « ville-écosystème »; et vers un urbanisme esthétique, productif et fonctionnel.
Les systèmes de phytotechnologies permettent de concevoir des stations d'épuration complètement végétales mais peuvent aussi se retrouver partout dans nos villes, en toitures, en voiries, au bord des immeubles, sans avoir besoin d'une grande surface au sol.

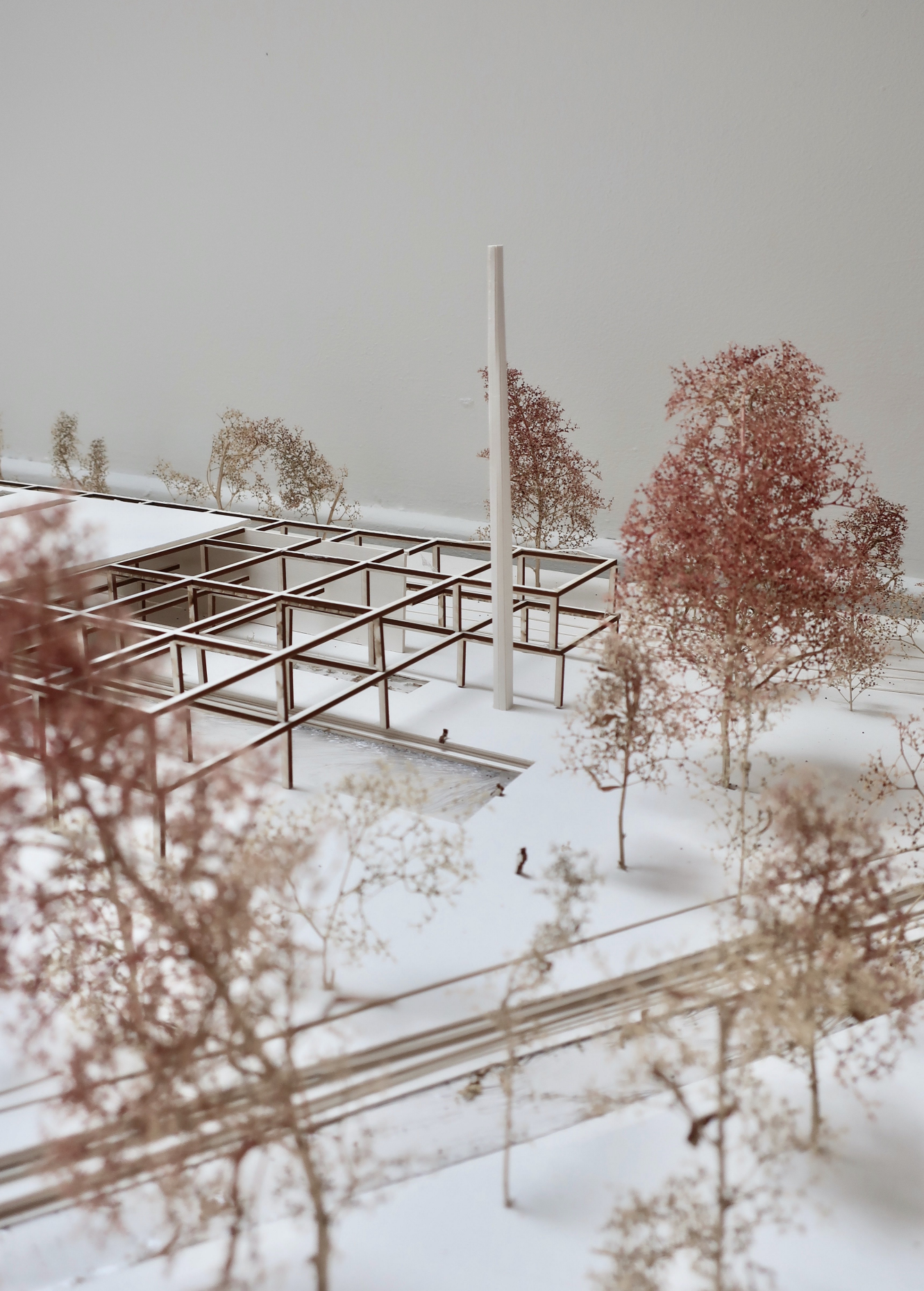
[1] Texte écrit par Ananda Fitzsimmons, *« LA TERRE, MON CORPS; L'EAU MON SANG: LA VRAIE VALEUR DE LA NATURE » 2021.* https://regenerationcanada.org/fr/earth-my-body-water-my-blood-accounting-for-nature/. Elle fait partie du mouvement « Régénération Canada » qui s'engage a prendre des mesures pour régénérer la terre et l'eau.

La ville est un carrefour où se rencontrent de nombreux acteurs et de nombreuses fonctions. Plus de la moitié de l'humanité vit désormais en ville. Composer avec la nature permet d'intégrer la biodiversité à l'échelle des aménagements et des projets urbains, mais aussi à l'échelle de l'architecture.

Le projet développé à travers ce mémoire, se situe sur une friche industrielle, dégradée et polluée par nos modes de vies. L'application de la phytoremédiation dans ce paysage urbain permet une réelle résilience.
Ce paysage devient complètement végétal et vivant. Nos déchets sont recyclés et sont source de production et de biodiversité. **La phytoremédiation se traduit dans l'espace.** La récupération de l'eau de pluie permet de structurer nos voiries par des noues paysagères. L'épuration de l'eau permet de bénéficier de zones humides en ville, des espaces de balade et de biodiversité, répondant aux problèmes de réchauffement climatique. Ce principe permet de recycler l'eau et donc, de réduire le pompage de nos nappes phréatiques.

Cette eau est réutilisée dans l'architecture, dans des bassins de baignade au service du bien-être de la population. Les bassins de régénération créent des limites et des seuils dans l'architecture. Ces systèmes permettent aussi de produire de la biomasse qui est recyclée en énergie verte pour chauffer nos bâtiments.

L'aménagement régénérateur a donc beaucoup d'avantages pour nos villes et permet d'atteindre des cycles de régénération. Il améliore le bien-être de tous les êtres vivants (humains et non humains).



Malgré tous ces avantages, la phytoremédiation est encore peu connue de tous, et peu utilisée dans nos villes. Pourtant, techniquement c'est une solution possible et efficace. Je pense que les freins sont surtout culturels et administratifs, ce n'est pas seulement un manque d'espace. Nous vivons dans une société qui s'est développée en ignorant le vivant, mais cela change jour après jour. Les villes commencent à s'ouvrir de plus en plus à ces nouveaux systèmes.

Le rôle des architectes aujourd'hui est de prendre en compte le vivant. Pour cela, il faut le comprendre. On utilise souvent la nature comme simple aspect esthétique sans considérer ses besoins. Elle est souvent utilisée comme un élément de décoration, un ornement, dans les projets d'urbanisme et d'architecture (on verdit le plan ou la maquette et on plante quelques arbres que l'on nomme « forêts urbaines »). Il faut (re)considérer la nature comme un écosystème dont nous faisons partie et prendre en compte tous les éléments (sol, eau, flore, faune, organismes visibles et non visibles). Cette considération permet des avantages considérables pour nos villes et notre bien-être.

La phytoremédiation est un exemple de réconciliation entre activité humaine et nature. Cette symbiose entre l'homme et le vivant permet d'accélérer un processus de régénération que la nature aurait engagé seule si nous n'étions pas là.

Je pense que c'est l'association entre les différents corps de métier tels que les architectes, les urbanistes, les paysagistes, mais aussi les artistes, les écologues, les ingénieurs qui permet d'élargir nos possibilités. Aujourd'hui, les agences d'architecture et de paysage privilégient ces associations (des écologues, spécialistes en écologie et biodiversité, travaillent au sein des agences).

Nos connaissances se rencontrent. Les choses changent. La ville évolue.

BIBLIOGRAPHIE

Livres

CLERGEAU, Philippe. ***Urbanisme et biodiversité***. Apogée, 2020.

DELANNOY Isabelle. ***L'économie symbiotique***. Actes Sud, 2017.

GUILLET Philippe. ***Le guide des piscines naturelles et écologiques***. Eyrolles, 2010.

ILLOVIC Sébastien et BONNARME Vincent. ***Ces plantes qui guérissent l'habitat***. Eyrolles, 2011.

SERVIGNE Pablo et RAPHEL Stevens. ***Comment tout peut s'effondrer.*** Seuil, 2015.

Sites internets

https://www.phytorestore.com/, Entreprise Phytorestore.

https://fr.symbiotique.org/fr/, l'Économie Symbiotique.

https://regenerationcanada.org/, Mouvement Régénération Canada.

https://mutabilis-paysage.com/, Mutabilis Paysage et Urbanisme.

https://www.ademe.fr/, ADEME Agence de la transition écologique.

https://www.eau-artois-picardie.fr/, Agence de l'eau.

https://adopta.fr/, La gestion durable des eaux pluviales.

Documents pdf

Métropole Européenne de Lille. ***Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, La Branche de Croix,*** 2020. https://www.nord.gouv.fr/content/download/74627/458584/file/Pieces_5-11.pdf.

Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Nord, ***Stratégie locale de gestion des risques d'inondation, Deûle et Marque***, https://www.nord.gouv.fr/content/download/35832/252115/file/Deule_Marque_INTERACTIF.pdf

DUPONT Dominique, architecte dplg, ***L'assainissement écologique des eaux usées domestiques***, 2008. https://www.doc-developpement-durable.org/file/eau/gestionEauxUsees-EauxGrises-Lagunage/phyto-epuration/L-assainissement%20%C3%A9cologique%20des%20eaux%20us%C3%A9es%20domestiques.pdf

BERT Valérie, ADEME, INERIS, ***Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués***, 2012. https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/phytotechnologies-ademe-2013-1463054029.pdf.

RAJAONARIVELO Fanjatiana Justoberthe, Mémoire de fin d'étude en Biologie Végétale, ***La faisabilité de la phytoépuration des eaux usées dans la ville de Toliara***, 2013, https://www.doc-developpement-durable.org/file/eau/gestionEauxUsees-EauxGrises-Lagunage/phyto-epuration/faisabilit%C3%A9%20de%20la%20phyto%C3%A9puration%20des%20eaux%20us%C3%A9es%20dans%20la%20ville%20de%20Toliara.pdf

ADB Headquarters, ***Innovation for Resilient and Smart Communities, Shanghai Houtan Park***, 2015, https://events.development.asia/system/files/materials/2015/05/201505-shanghai-houtan-park-landscape-living-system.pdf..

Métropole Européenne de Lille, ***Le plan bleu de Lille Métropole***, 2011, https://www.caue-nord.com/SPASSDATA/ALGEDIM/QOKQWR/D189/D18912.pdf

Par l'Eurométropole Lille Tournai Courtrai, ***L'Espace bleu de l'Eurométropole***, 2017, https://www.adu-lille-metropole.org/wp-content/uploads/2017/10/4.-Studio-Paola-Vigano.pdf

Articles

Par Vincent Lucchese, ***Une fois qu'un écosystème s'effondre, on ne peut plus revenir en arrière***, novembre 2018, https://usbeketrica.com/article/ecosysteme-effondre-revenir-arriere, consulté le 9 novembre 2020.

Par Novethic, **Cinq chiffres à connaitre pour comprendre la crise mondiale de l'eau »,** 29 aout 2019, https://www.novethic.fr/actualite/environnement/eau/isr-rse/cinq-chiffres-a-connaitre-pour-comprendre-la-crise-mondiale-de-l-eau-147636.html, consulté le 28 décembre 2020.

Par Elodie Vieille-Blanchard, ***Le rapport au Club de Rome : stopper la croissance, mais pourquoi ?*** , 15 mars 2012, https://reporterre.net/Le-rapport-au-Club-de-Rome-stopper-la-croissance-mais-pourquoi, consulté le 28 décembre 2020.

BIBLIOGRAPHIE

Par Peter ROGERS, ***Faire face à la crise de l'eau***, 30 novembre 1999, https://www.pourlascience.fr/sd/environnement/faire-face-a-la-crise-de-leau-1528.php, consulté le 2 janvier 2020.

Par Futura Sciences, ***Jour du dépassement : l'humanité a déjà épuisé les ressources annuelles de la Terre***, 28 juillet 2019, https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/developpement-durable-jour-depassement-humanite-deja-epuise-ressources-annuelles-terre-63853/, consulté le 3 janvier 2020.

Par Nobatek Institut pour la transition énergétique, ***Repenser la ville en s'inspirant de la nature,*** 2018, https://blog.nobatek.inef4.com/repenser-la-ville-en-sinspirant-de-la-nature/, consulté le 27 avril 2020.

Par Peter Newman, Institut Paris Region, ***La ville régénérative : un nouveau concept***, 22 janvier 2020, https://www.institutparisregion.fr/amenagement-et-territoires/la-ville-regenerative-un-nouveau-concept/, consulté le 4 mai 2021.

Par Publica Awards, ***Zones d'immersion temporaire éco-intégrées de Willemeau,*** 2012. https://publica-brussels.com/fr/zones-dimmersion-temporaire-eco-integrees-de-willemeau/, consulté le 20 avril 2021.

Vie Publique, ***Réhabiliter les friches : une opportunité environnementale et économique ?***, 12 février 2021, https://www.vie-publique.fr/en-bref/278496-rehabiliter-les-friches-un-levier-environnemental-et-economique#:~:text=Quelles%20friches%20%3F,commerciales%20et%20administratives%20sont%20inconnus, consulté le 2 avril 2021.

Par Audrey Freynet, ***Exclusif : la carte des sols pollués de la métropole de Lille***, 11 janvier 2019, https://www.mediacites.fr/enquete/lille/2019/01/11/exclusif-la-carte-des-sols-pollues-de-la-metropole-de-lille/, consulté le 15 avril 2021.

Par Gilles Marchal, Entre Croix et Villeneuve d'Ascq, coulera bientôt une rivière ! , 26 février 2021, https://www.lavoixdunord.fr/946697/article/2021-02-26/et-au-milieu-entre-croix-et-villeneuve-d-ascq-coulera-bientot-une-riviere?&pwback, consulté le 4 mars 2021.

Par La Métropole Européenne de Lille, Bassins de rétention d'eau, https://www.lillemetropole.fr/votre-metropole/grands-projets/grands-projets-dequipements/bassins-de-retention-deau, consulté le 5 avril 2021.

Par Frédérique Triballeau et Marc Barra, ***Faire la ville nature***, 2 octobre 2019, https://dixit.net/ville-nature/, consulté le 15 mai 2020.

ICONOGRAPHIE

Première de couverture : Illustration de l'auteur.

Illustrations de chapitre p12, p18, p24, p82, p138, p182: Illustration de l'auteur.

Figure 1 : p28. W.Streffen, ***Tableau de bord de l'Antrhropocène***, 2015, tiré du livre *Comment tout peut s'éffondrer de P.Servigne et R.Stevens* 2015.

Figure 2 : p30. World Resources Institute. Les zones les plus concernées par les pénuries d'eau en 2040. www.wri.org.

Figure 3 : p32. Photo libre de droit , Source : https://www.pexels.com/fr.

Figure 4 : p34. Illustration de l'auteur.
Inspirée d'une illustration de Surfrider Foundation Europe (association mondiale dans le combat pour la protection de l'océan et de ses usagers), https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau.

Figure 5 : p37. Illustration de l'auteur.

Figure 6 : p38. ***Le débordement de la station d'épuration de Grimonpont à Wattrelos***. Photo tiré de l'article de La Voix Du Nord *« Pourquoi la station d'épuration de Wattrelos voit se profiler un gigantesque chantier »*.

Figure 7 : p40. Arnold Architecte, La station d'épuration de Achères, Septembre 2010, http://www.arnoldarchitecte.fr/.

Figure 8 : p42. Jean-Paul Van der Elst, Illustration, https://www.mediacites.fr/enquete/lille/2019/01/11/exclusif-la-carte-des-sols-pollues-de-la-metropole-de-lille/.

Figure 9 : p44. Métropole Européenne de Lille (MEL), https://www.adu-lille-metropole.org/wp-content/uploads/2019/05/etude_approche_vacance_web.pdf.

Figure 10 : p48. Illustration de l'auteur.

Figure 11 : p50. Eaufrance, ***L'eau potable et l'assainissement***, 2019, https://www.eaufrance.fr/leau-potable-et-lassainissement.

Figure 12: p54. Caroni Sogea (photo 1), Lecygne Vincent (Photo 2), Métropole Européenne de Lille, 2017, https://www.lillemetropole.fr/votre-metropole/grands-projets/grands-projets-dequipements/bassins-de-retention-deau.

Figure 13 : p56. Illustration de l'auteur.

Figure 14 : p58-59 Illustration de l'auteur.

Figure 15 : p60 Illustration de l'auteur.

Figure 16 : p62. Illustration de l'auteur.

Figure 17 : p64. Illustration de l'auteur.

Figure 18 : p66. Illustration de l'auteur.

Figure 19 : p68. Illustration de l'auteur.

Figure 20 : p70. Photo de l'auteur.

Figure 21 : p72. ***Root Systems of Prairie Plants***, https://matilijasyh.wordpress.com/2011/08/30/root-system-of-prairie-plants-in-illinois/.

Figure 22 : p78. Bouygues Construction, https://www.bouygues-construction.com/realisations/station-depuration-de-marquette-lez-lille.

Figure 23 : p78. Parc Houtan, Shanghai, 2010 https://events.development.asia/system/files/materials/2015/05/201505-shanghai-houtan-park-landscape-living-system.pdf

Figure 24 : p86. ADEME, Incinération, 2020, https://www.selecdepol.fr/fiche-technique/incineration.

Figure 25 : p86. Dessin de l'auteur.

Figure 26 : p88. ADEME, Bert Valérie, 2017, https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/phytotechnologies-ademe-2013-1463054029.pdf.

Figure 27 : p90. Illustration de l'auteur.

Figure 28 : p94. Métropole Européenne de Lille (Photo 1), https://www.deulemont.fr/lagunage/.
FRUTIER Philippe (photo 2), https://survoldefrance.fr/affichage2.php?&departement=Nord+%2859%29&top20=1&f=140&img=13730&prev_suiv_link=1.

Figure 29 : p96. AGGRACONCEPT, Phytoépuration en assainissement individuel, http://www.aggraconcept.com/phytoepuration%20en%20assainissement%20individuel.php.

Figure 30 : p96. Tableau fait par l'auteur.

ICONOGRAPHIE

Figure 31 : p98. Jacquet Thierry, Phytorestore, https://www.phytorestore.com/.

Figure 32 : p100-101. Jacquet Thierry, Phytorestore, https://www.phytorestore.com/fr/coupes-de-principes/traitement-de-l-eau.html.

Figure 33 : p102. Google Earth, Station d'épuration de Honfleur.

Figure 34 : p104. Photo de l'auteur.

Figure 35 : p104. GoogleMaps, Les bassins filtrants de Leers, 2021.

Figure 36 : p105. Illustration de l'auteur. Fond de plan : Métropole Européenne de Lille (MEL).

Figure 37 : p106-107. Jacquet Thierry, Phytorestore, https://www.phytorestore.com/fr/coupes-de-principes/traitement-de-l-eau.html.

Figure 38 : p108. Illustration de l'auteur. Inspirée des illustrations du livre de ILLOVIC Sébastien et BONNARME Vincent. *Ces plantes qui guérissent l'habitat*.

Figure 39 : p110. Constructions et Développements Urbains (CDU), Photo Maquette (photo 1), https://www.c-du.com/sites/default/files/publications/plaquette_qcc_-_web.pdf.
Le Moniteur, Eco-quartier sans surcoût : la démonstration de Palaiseau (Photo 2), 2016, https://www.lemoniteur.fr/article/eco-quartier-sans-surcout-la-demonstration-de-palaiseau.1375839.

Figure 40 : p114. OLM Paysagistes, ***plan masse***, http://agence-atm.com/wp-content/uploads/2020/02/BOOK-2002-27B.pdf.

Figure 41 : p115. ATM, ***coupe des noues urbaines,*** http://agence-atm.com/wp-content/uploads/2020/02/BOOK-2002-27B.pdf

Figure 42 : p116. Nature & Us, ***les radeaux végétalisés***, https://detours.canal.fr/radeaux-vegetalises-bientot-depolluer-seine/.

Figure 43: p118. Abbadie H, Mutabilis Paysage et Urbanisme, Photos du parc de l'île, Nanterre, https://mutabilis-paysage.com/projet/parc-du-chemin-de-lile/.

Figure 44 : p120. Mutabilis Paysage et Urbanisme, Plan du parc de l'île, Nanterre, https://mutabilis-paysage.com/projet/parc-du-chemin-de-lile/.

Figure 45 : p121-122. Jacquet Thierry, Phytorestore, Coupe du parc de l'île, Nanterre, https://www.phytorestore.com/fr/parcs-naturels-urbains/item/61-nanterre.html.

Figure 46 : p122. Iwan Baan, Photo de la piscine naturelle de Riehen, https://iwan.com/portfolio/naturbad-riehen-switzerland/.

Figure 47 : p124-125. Illustration de l'auteur.

Figure 48: p126. Ville de Combloux, Photo de la piscine biologique de Combloux, https://ete.combloux.com/equipement/1/202175-plan-d-eau-biotope.html.

Figure 49 : p128. Agence Coste Architectures, Photos de la piscine de Montreuil, https://www.coste.fr/piscine-des-murs-a-peches.html.

Figure 50 : p130. Atelier Pascal Gontier, Vision de la piscine olympique écologique, 2003, http://www.pascalgontier.com/?portfolio=piscine-olympique-ecologique-paris.

Figure 51 : p132. Atelier Pascal Gontier, Plan, 2003, http://www.pascalgontier.com/?portfolio=piscine-olympique-ecologique-paris.

Figure 52 : p132. Atelier Pascal Gontier, Vision du bassin principal, 2003, http://www.pascalgontier.com/?portfolio=piscine-olympique-ecologique-paris.

Figure 53 : p133. Atelier Pascal Gontier, Coupe, 2003, http://www.pascalgontier.com/?portfolio=piscine-olympique-ecologique-paris.

Figure 54 : p136. ADEME, Bert Valérie, 2017, https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/phytotechnologies-ademe-2013-1463054029.pdf.

Figure 55 : p140. Illustration de l'auteur. Comprend un plan de la Métropole Européenne de Lille (MEL), https://www.lillemetropole.fr/.

Partie 3 : p141 à p189 : les photos et illustrations appartiennent toutes à l'auteur.

Sauf exception :
p184. *Ancienne coupe, Les Thermes de Caracalla*, https://www.vanupied.com/rome/monument-rome/thermes-de-caracalla-a-rome-ruines-gigantesques-quartier-antique.html

ANNEXES



Photo maquette

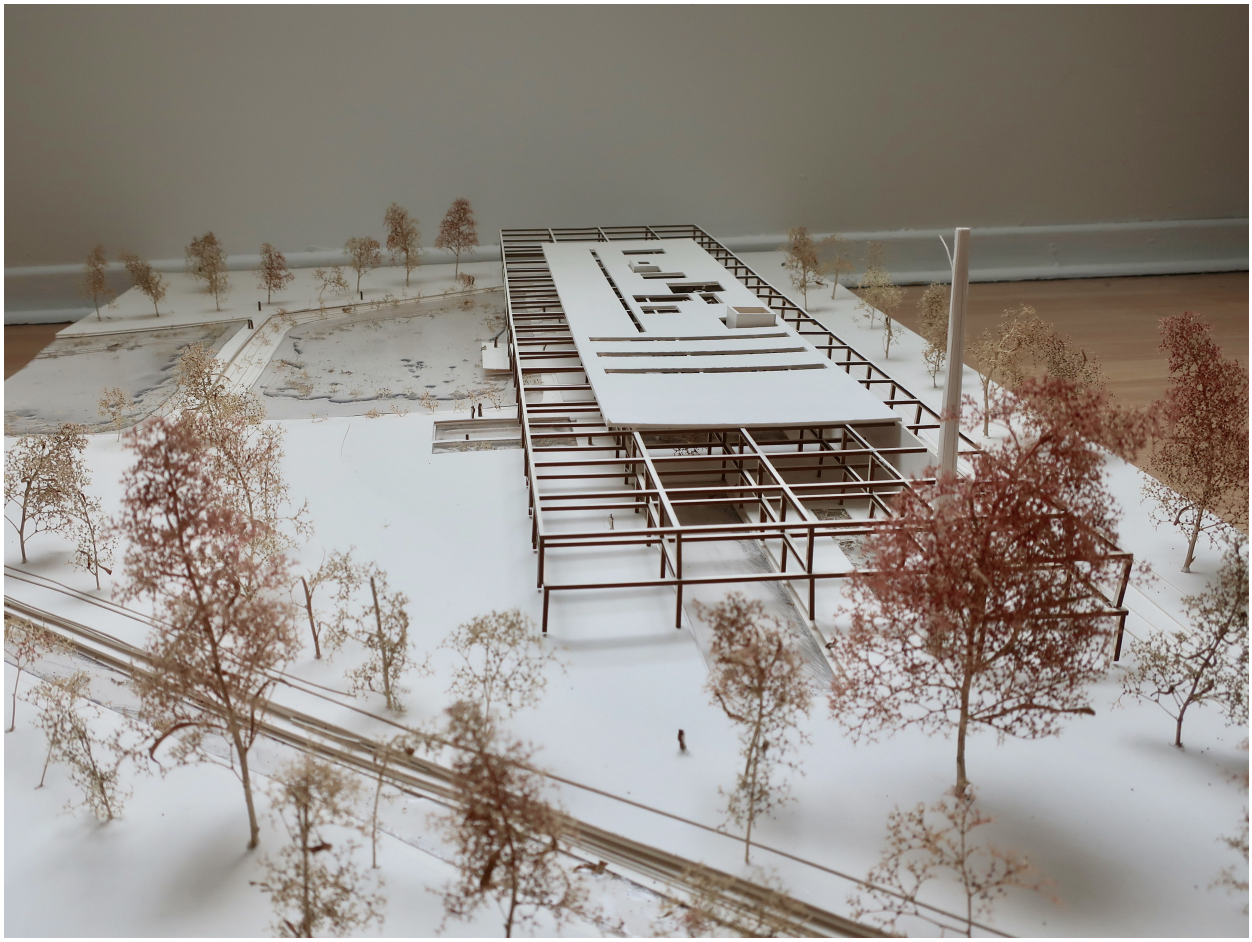


Photo maquette



Vue 3D
de l'auteur



Vue 3D
de l'auteur

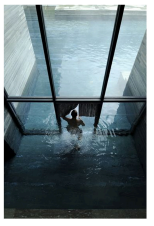
ANNEXES

Les thermes de Vals, Zumthor



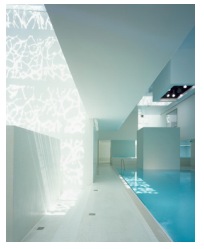


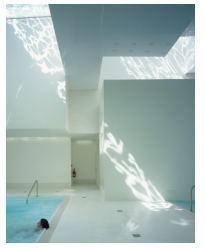




Les bains des Docks, Jean Nouvel



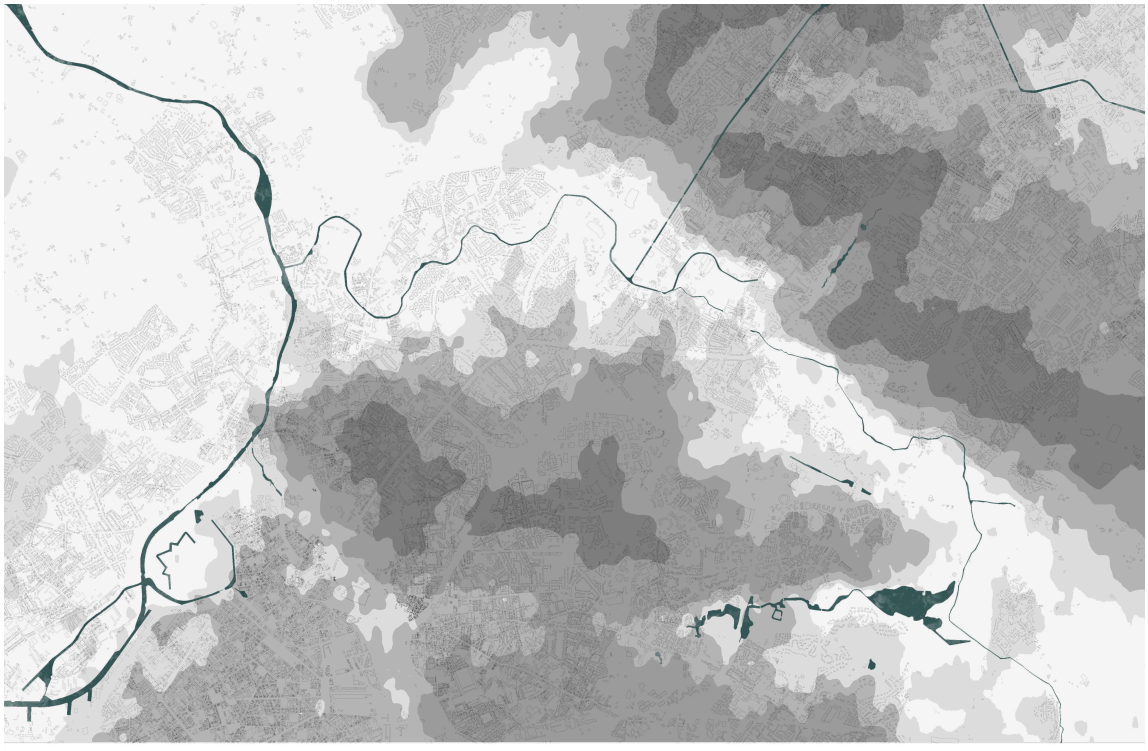




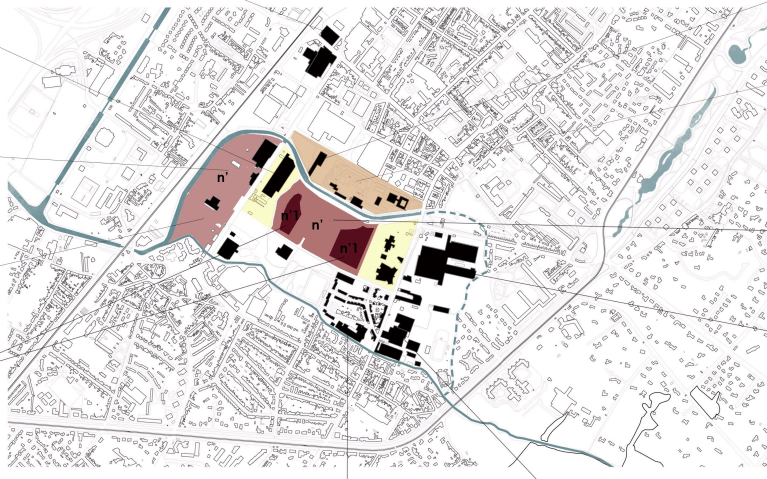
Inspirations

Sources : http://www.jeannouvel.com/projets/complexe-aquatique-les-bains-des-docks/

https://www.archdaily.com/13358/the-therme-vals



Topographie de la Branche de Croix : bassin versant



Deux secteurs classés BASOL et classé «n» dans le PLU.
Friche Rhone Poulenc : usine chimique, pharmaceutique et transformation de produits pétroliers
Friche Cornu : On y stocké des matériaux ferreux. Pollutions aux hydrocarbures et métaux sur une profondeur de 50cm.
Deux zones de la friche Rhone-Poulenc sont classées «n1». Il s'agit d'anciens bassins de rétention d'eau: eau pollués confinés depuis 2000.

La pollution des sols sur la Branche de Croix

Illustration de l'auteur

Source : BASOL



Vue aérienne de la Branche de Croix

Source : Bimmap



1932



1955



1976



2000

Photo aérienne ancienne

Source : géoportail

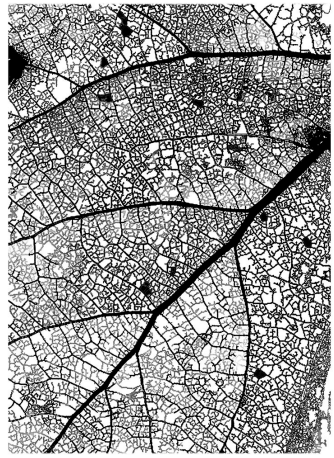


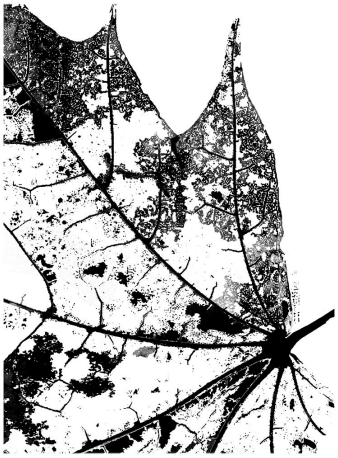
Photo aérienne ancienne

Source : géoportail

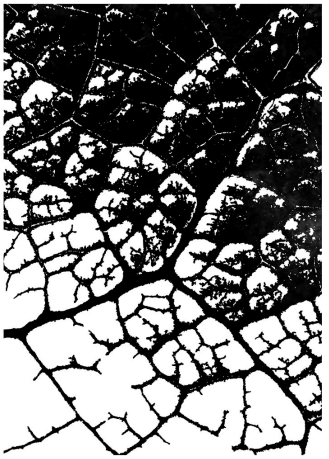












Travail de fin d'études

Clara DEPINOY

Juin 2021