

# GUIDE

## “RAFRAÎCHIR L’ESPACE PUBLIC”



# GUIDE « Rafraîchir l'espace public »

## Sommaire

1-Introduction.....	3
2-Présentation du Guide.....	4
3-Fondamentaux	
3-1 Définitions essentielles.....	5
3-2 Rafraîchir l'espace : pourquoi et comment ?.....	6
4-Modalités opérationnelles de mise en oeuvre	
4-1 La combinaison la plus "rafraîchissante" : Combinaison Eau-Sol-ARbre& végétalisation (CESAR).....	8
4-2 Les matériaux & revêtements à ne pas négliger.....	27
4-3 Des dispositifs d'accompagnement, complémentaires ou temporaires.....	31
5-Les bons réflexes tout au long du projet : Quelles actions pour adapter l'aménagement aux fortes chaleurs ?.....	37
6-Evaluer le potentiel de rafraîchissement d'un aménagement.....	44
7-Annexes.....	47
* Aide aux calculs des indicateurs	
* Glossaire	
* Pour aller plus loin :	
Chaleur et fraîcheur :	
• Chaleur et inconfort : pourquoi a-t-on chaud ?	
• L'effet d'îlot de chaleur urbain et le stockage de la chaleur	
• Quelles stratégies d'adaptation sont déployées par un individu ?	
• Précision concernant la fraîcheur	
CESAR :	
• Analyse des différents bénéfices selon les structures végétales	
• Fonctionnement des végétaux	
• Facteurs essentiels pour la croissance des végétaux	
• Rôle rafraîchissant des végétaux	
• Gestion intégrée des eaux pluviales : un atout rafraîchissant	
• Focus sur les mares et plans d'eau	
• Focus sur la compatibilité fertilité des sols et portance	
Dispositifs de rafraîchissement :	
• Réglementation relative à l'installation et la maintenance des brumisateurs	
* Bibliographie	

# 1 – INTRODUCTION

**Accélérer l'adaptation de la métropole nantaise au changement climatique impose de penser l'aménagement des espaces publics sous un angle nouveau.** Cet engagement, inscrit dans différentes politiques publiques de Nantes métropole (« nature et biodiversité », « énergies-climat », « conciliation et usages des espaces publics », "longévité", "gestion des eaux pluviales urbaines" et "préservation de la ressource en eau"), se traduit par une forte ambition de désimperméabilisation, de végétalisation, de gestion intégrée de l'eau pluviale et de confort des usager·ère·s sur ces espaces.

**S'adapter localement à l'évolution du climat et à ses conséquences environnementales est urgent.** Si limiter les changements climatiques est une nécessité absolue, à travers une diminution drastique des émissions de gaz à effet de serre, le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 2022 souligne aussi l'urgence de mettre en œuvre toutes les mesures nécessaires pour s'adapter à l'évolution des dynamiques climatiques locales, et plus généralement aux transformations de nos environnements. Il rappelle aussi l'importance de combiner lutte contre le changement climatique et préservation de la biodiversité, deux enjeux clés de l'adaptation.

**Les évolutions actuelles ne représentent qu'un avant-goût de nos conditions de vie futures.** Nantes et sa région ont connu au cours l'été 2022 des vagues de chaleur inédites, illustrées par des températures locales atteignant 42°C, et de nombreux records ont été atteints ou dépassés aux quatre coins de l'Hexagone ou en Europe. Toujours à l'été 2022, une sécheresse extrême a provoqué le placement du secteur Loire-eau potable en crise<sup>1</sup> (niveau 4/4) pendant la période estivale. Enfin, des incendies d'origine accidentelle ont été accentués par les effets combinés de la chaleur et de la sécheresse (Prairie de Mauves, par exemple). Sur une telle période, les habitant.e.s sont plus exposé.e.s à une dégradation de leur santé et notamment pour les plus sensibles (déshydratation, aggravation des pathologies liées à la chaleur, avec des chiffres de surmortalité constatés<sup>2</sup>), tandis que le niveau de confort est en moyenne considérablement dégradé.

**L'espace public, en particulier dans les centres urbains denses de notre métropole, peut devenir trop inhospitalier en conditions chaudes** pour permettre le ressourcement et un bon confort d'usage. Le phénomène est en effet renforcé dans les zones urbaines où la ventilation des espaces peut être réduite du fait de la densité des constructions, et où la forte minéralisation et le peu de végétation favorisent à la fois l'absorption puis le stockage de la chaleur (causant une surchauffe, la nuit) et aussi la montée en température des surfaces (sols, façades et mobiliers). D'où la nécessité de concevoir et entretenir les espaces publics pour limiter et faire face à la surchauffe observée.

**Ce guide est conçu pour accompagner tous les acteurs de l'aménagement.** L'objectif est d'aménager des espaces « rafraîchis » et accueillants, dans une approche systémique des enjeux écologiques sur l'espace public : préservation de la ressource en eau, prévention des inondations, développement de la biodiversité et de la trame brune, lutte contre les inégalités de santé, réduction de l'impact carbone, etc.

<sup>1</sup> Les arrêtés sécheresse quasi systématiques depuis plusieurs années sur le département de Loire-Atlantique démontrent la tendance à la raréfaction de la ressource en eau qui va au-delà d'un phénomène annuel ponctuel. Pour consulter les arrêtés en vigueur et passés, une ressource ministérielle en ligne existe : <http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluvia>

<sup>2</sup> Bulletin de santé publique, été 2022, Pays de la Loire :

[https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/486496/document\\_file/bsp\\_canicule\\_pays\\_de\\_loire\\_nov\\_2022\\_vdef.pdf?version=2](https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/486496/document_file/bsp_canicule_pays_de_loire_nov_2022_vdef.pdf?version=2)

## 2 – PRÉSENTATION DU GUIDE

### Quels objectifs ?

Ce guide est un **outil d'aide à la conception et à la rénovation d'espaces publics adaptés au changement climatique**. Intégré à la Charte d'aménagement des espaces publics de Nantes métropole, il traduit de manière opérationnelle les ambitions portées par la collectivité en termes d'adaptation aux fortes chaleurs. Il a pour but de répondre **de manière intégrée** aux attentes en termes de :

- **Conception** : quelles solutions concrètes sont à mettre en œuvre sur l'espace public ?
- **Entretien et gestion** : quelles conséquences ces solutions ont-elles sur les pratiques ? Quels éventuels changements à opérer ?

### À destination de qui ?

Il est à destination des acteurs de l'aménagement chargés de la conception des espaces publics, des interventions de réfection aux opérations d'aménagement de toute taille : chef-fe-s de projet de Nantes métropole (Direction Espace Public / Pôles de proximité (bureaux d'études & gestionnaires) / Direction Nature et Jardins / Direction du Cycle de l'eau / Département Urbanisme et Habitat), aménageurs, maîtres d'oeuvre privés.

### Quel contenu ?

Il contient différents volets qui peuvent être consultés de manière indépendante et selon les besoins et attentes du lecteur :

→ **Partie 3.1 - Éléments de définition et de compréhension** sur le rafraîchissement urbain, les îlots de chaleur, la surchauffe urbaine, l'inconfort thermique, l'impact de la chaleur sur la santé, les enjeux et les solutions d'aménagement mobilisables sur l'espace public ;

→ **Partie 3.2 - Principes généraux d'aménagement pour adapter les espaces publics à la chaleur** : priorité donnée aux solutions fondées sur la nature, à l'ombrage, importance d'adapter le projet aux enjeux du site et de combiner les solutions ;

→ **Partie 4 - Modalités opérationnelles de mise en œuvre** : Pour chaque typologie de solutions (solutions fondées sur la nature, choix de matériaux de revêtement et dispositifs de rafraîchissement), éléments techniques, points de vigilance, contraintes, réglementations. Ces parties comprennent des illustrations, des références, des outils et des ressources complémentaires.

→ **Partie 5 – Introduction de ces principes dans le déroulement des projets d'aménagement** : présentation des actions à réaliser, au fur et à mesure de l'avancement du projet, spécifique à la question des aménagements pour rendre l'espace plus résilient à la chaleur ;

→ **Partie 6 – Modalités opérationnelles d'évaluation** : Proposition d'indicateurs et d'une méthode pour évaluer le niveau de rafraîchissement d'un projet d'aménagement.

### Comment a-t-il été élaboré ?

Il est le fruit d'un travail transversal avec les différentes directions et services impliqués dans l'aménagement des espaces publics : Direction de l'espace public, Direction de l'animation de la transition écologique, Direction du cycle de l'eau, Direction nature et jardins, Direction aménagement et urbanisme, Pôles de proximité, afin d'aboutir à un document partagé et porté par tou-te-s. Des ateliers de travail ont été organisés en 2022 et 2023 pour élaborer ce guide.

# 3 – FONDAMENTAUX

## 1 – Définitions essentielles

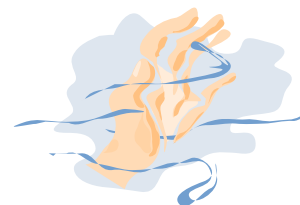


### Espaces frais

Un espace est frais s'il permet, en conditions chaudes, une absence d'inconfort thermique ou un ressenti de fraîcheur lorsqu'on pratique l'activité prévue par son aménagement (circulation, repos, pratique sportive, etc..). Par exemple on caractérise un espace comme frais s'il comporte des assises pour se restaurer, se ressourcer, se reposer, et que l'on s'y sent au frais pour ces activités.

### La fraîcheur, qu'est-ce que c'est ?

La fraîcheur est estimée sur la base de critères objectifs (température de l'air, humidité notamment), mais ce jugement est subjectif, car dépendant des individus qui expérimentent l'espace (grande variabilité des perceptions entre les individus). Opérationnellement, la fraîcheur est une qualité que l'on confère à un espace après avoir comparé des caractéristiques physiques à une référence, et après son évaluation par les usagers. Obtenue de cette manière, cette qualité permet d'affirmer que l'on y ressentira probablement de la fraîcheur, à un certain degré.



### Les îlots de fraîcheurs urbains (IFU), les parcours frais, ...

Ces espaces n'ont pas été définis de manière scientifique ou réglementaire, ni normalisés. En l'absence de définition précise et opérationnelle, on peut considérer qu'il s'agit d'espaces frais à l'échelle de l'utilisateur, dont la surface est de l'ordre de plusieurs mètres carré ou d'un linéaire d'une dizaine de mètres au moins pour les parcours frais. Ce sont des espaces où en conditions de fortes chaleurs, le ressenti de la fraîcheur et l'accès à cette fraîcheur sont garantis, apportant confort et satisfaction aux usagers.



### Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain (ICU) ?

Ce phénomène (ou sa conséquence) est à l'origine de la surchauffe urbaine : de nuit, l'air en centre-ville et dans les zones péri-urbaines est en moyenne plus chaud qu'en milieu rural. On utilisera de préférence le terme "effet d'îlot de chaleur urbain" (abrégé effet ICU) car il s'agit bien d'un phénomène à l'échelle urbaine, et non à une échelle locale (=d'un aménagement).

### Qu'est-ce que la surchauffe urbaine ?

On l'associe à la fois à l'effet d'îlot de chaleur (ICU) et à l'inconfort chaud local. Elle englobe la problématique de chaleur à toutes les échelles d'une zone urbaine.

### A RETENIR

#### Notion d'échelle spatiale :

**ICU** : s'évalue, de nuit, à l'échelle de la zone urbaine principalement avec la température d'air

**IFU** : s'évalue, de jour, à une échelle fine avec une température ressentie (indice de confort thermique) qui prend en compte la température d'air mais aussi le rayonnement, le vent, l'humidité,...

## 2 – Rafraîchir l'espace : pourquoi et comment ?

- ❑ **prévenir l'apparition d'un inconfort thermique**, aux horaires de fréquentation et lors des fortes chaleurs :
  - ☞ Rendre les espaces en moyenne plus frais ;
  - ☞ Agir en priorité sur les zones où l'ICU est plus intense ;
- ❑ **constituer en plusieurs endroits des îlots de fraîcheur, reliés par des parcours frais** pour permettre aux usagers sensibles à la chaleur :
  - ☞ de séjourner au cours de la journée dans des lieux frais favorables au ressourcement ;
  - ☞ d'emprunter des trajets confortables en conditions de fortes chaleurs ;
- ❑ **faciliter l'accès à l'eau potable** pour l'hydratation de tou-te-s (essentielle pour la fonction vitale de la transpiration), notamment lors des déplacements et dans les lieux propices au ressourcement et aux activités extérieures ;
- ❑ **contribuer à réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain**.

**Rafraîchir l'espace public** vise à faciliter l'adaptation aux fortes chaleurs des habitant-e-s en repensant l'espace public. Il s'agit de mettre en oeuvre **des solutions d'aménagement** qui, pour être les plus adaptées et performantes au regard du confort thermique et/ou de l'effet d'îlot de chaleur, doivent être **combinées et contextualisées à chaque secteur**, à son environnement et à ses enjeux, et **pensées le plus en amont possible, dès les phases d'analyse du site**.

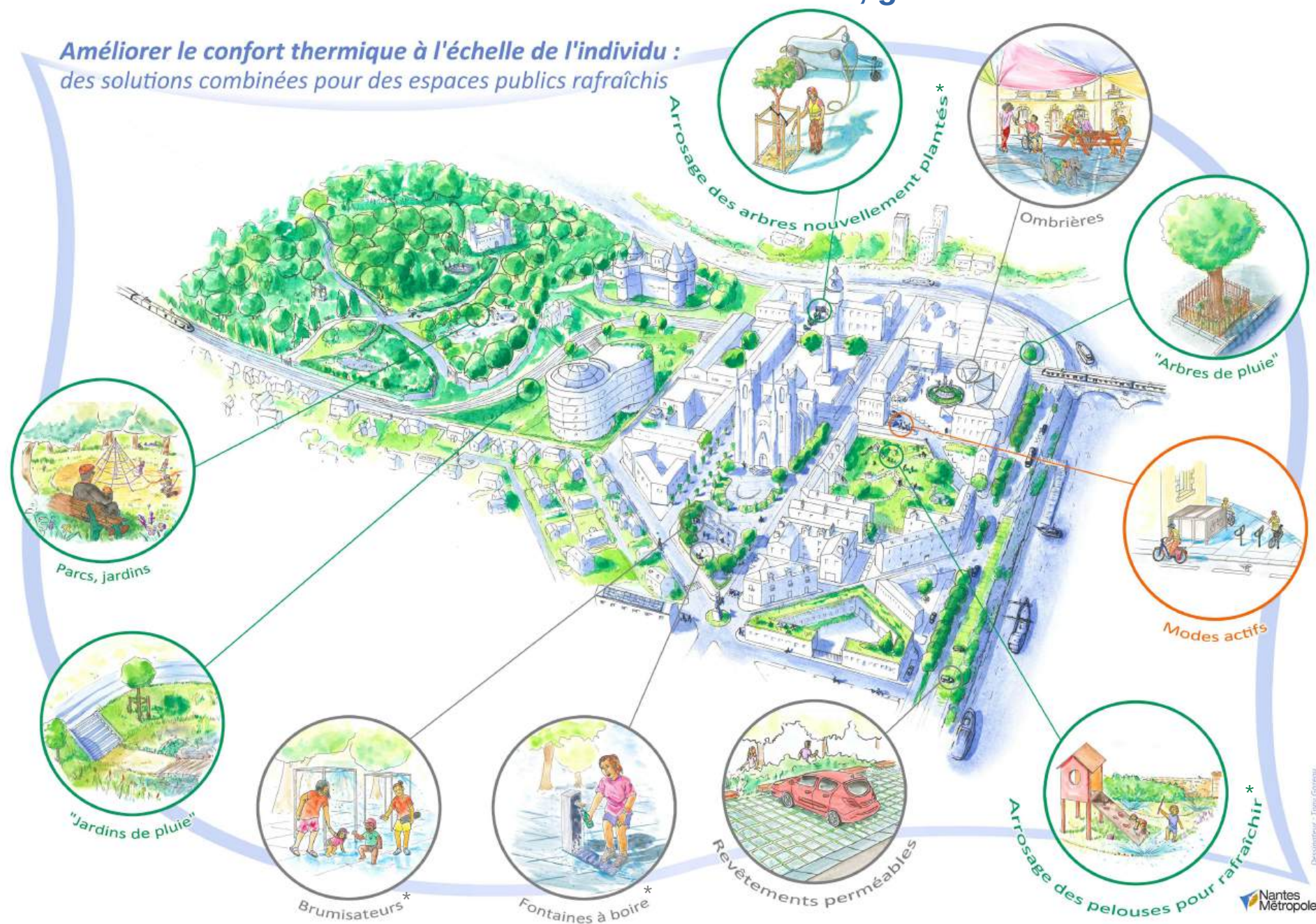
On classe généralement ces solutions, au niveau local, en trois catégories (cf. illustration page suivante) :



Dans ce guide, nous allons nous concentrer sur les solutions **vertes** (appelées aussi solutions fondées sur la nature) et **grises**, sans toutefois faire abstraction de l'importance des choix d'aménagement en termes de mobilité qui, sur la mise en oeuvre, relèvent directement de solutions grises (revêtements semi-perméables ou perméables à privilégier, selon les usages et les contraintes).

# La ville « rafraîchie » : illustration des solutions vertes, grises et douces

*Améliorer le confort thermique à l'échelle de l'individu :  
des solutions combinées pour des espaces publics rafraîchis*



\* A noter que la consommation d'eau potable doit être intégrée à une stratégie globale de préservation de la ressource, afin de limiter notamment l'arrosage ou l'installation de tout équipement consommateur d'eau aux sites prioritaires (ex : sites « îlots de fraîcheur »)

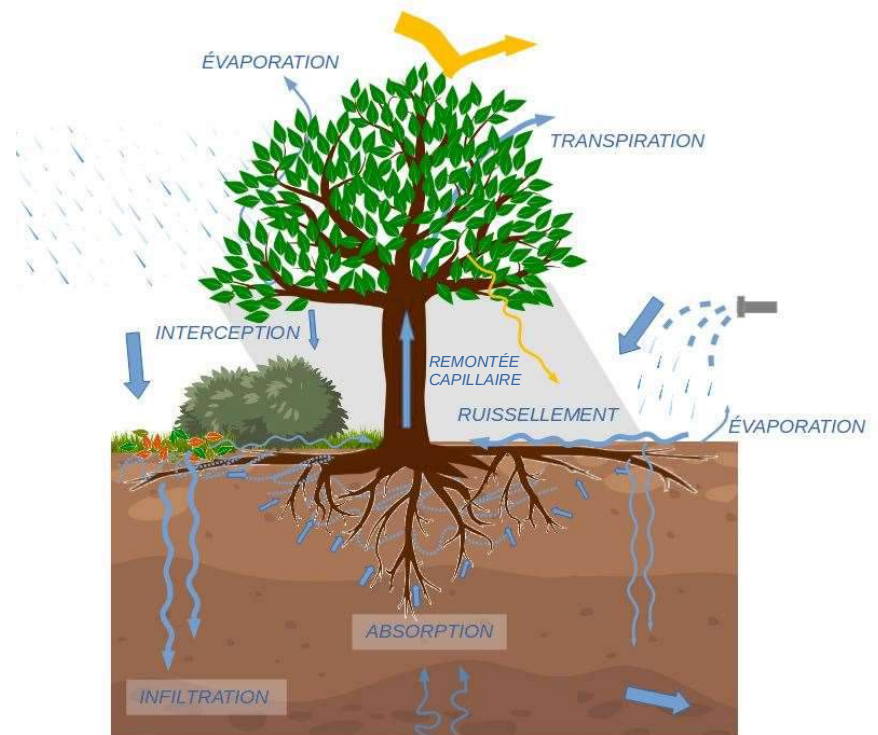
# 4 – Modalités opérationnelles de mise en œuvre

## 1 – La combinaison la plus « rafraîchissante » : eau, sol, arbre & végétation (C.E.S.AR, Combinaison Eau-Sol-ARbre-végétation )

### Pourquoi ?

Les aménagements combinant présence de l'eau, pleine terre, arbres et végétation basse sont les plus efficaces pour le rafraîchissement de l'atmosphère urbaine. L'infiltration et la rétention de l'eau par les sols profonds et vivants, l'interception des rayons solaires et l'évapotranspiration assurée par les feuilles des plantes permettent de limiter l'accumulation de chaleur et d'optimiser sa dissipation.

Attention, ce système n'est efficace qu'à certaines conditions, précisées dans ce chapitre.



### Le principe ?

Il s'agit de combiner plusieurs éléments :

- x **l'eau pluviale**, qu'il faut considérer comme une ressource à valoriser, via stockage et infiltration, avant de la laisser réintégrer son cycle naturel ;
- x **le sol**, support des plantations et réceptacle de l'eau, qui doit être vivant et profond pour présenter une fertilité suffisante et une bonne capacité de stockage de l'eau ;
- x **la végétation et en particulier les arbres**, qui doivent être les plus grands et les mieux développés possible, en bon état physiologique.

La qualité de la combinaison de ces trois éléments dépend des choix techniques réalisés lors de la conception de l'aménagement et tout au long de sa gestion et son entretien.

### Trois « règles d'or » pour des aménagements pérennes, performants et résilients

**Sobriété** : sobriété économique, en préférant des solutions peu coûteuses, mais aussi sobriété écologique, en choisissant des solutions à faible impact, en préservant les sols, la végétation et les arbres existants, et en valorisant l'eau de pluie disponible sur site.


**Autonomie** : choisir les solutions permettant aux arbres et aux plantations de se développer sans intervention humaine.

**Diversité** : miser sur le mélange et la diversité des formes végétales (herbacée, arbustes, arbres, grimpantes), la diversité des essences, la diversité des provenances génétiques.

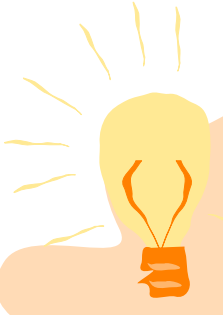


## Quelles orientations opérationnelles pour favoriser le rafraîchissement ?


- ❑ **Préserver la végétation existante, la développer et la diversifier** par des plantations (en densité et en strates)
- ❑ **Dés-imperméabiliser** au maximum, **permettre l'infiltration des eaux pluviales** à travers davantage de sols végétalisés, ou poreux.
- ❑ Prévoir des dispositifs végétalisés de **rétenion et d'infiltration des eaux**. On emploiera le terme d'« espaces verts d'infiltration » = **espaces en creux, de pleine terre et végétalisés**, conçus pour recueillir et infiltrer les eaux de pluie. Autrement dit, déconnecter des surfaces imperméables du réseau d'évacuation des eaux et privilégier leur redirection vers des noues, des « arbres de pluie » ou des jardins en creux appelés le plus souvent « jardins de pluie ».
- ❑ **Favoriser le bon développement de la végétation** pour optimiser les fonctions d'évapotranspiration et d'ombrage.
- ❑ **Accroître la fertilité et le volume de sol** disponible pour un bon développement de la végétation



*Privilégiez la pleine terre !  
Les revêtements poreux (béton, pavé ou enrobé poreux) sont perméables ou semi-perméables (= bon pour l'infiltration), mais contribuent moins au rafraîchissement de l'espace.*



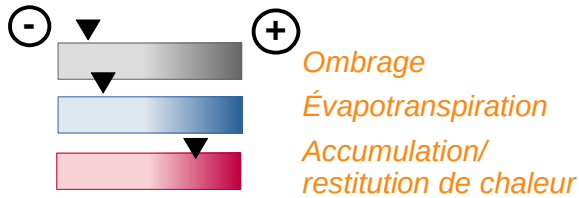
*Pendant la pluie, puis pendant un laps de temps de quelques heures à quelques jours, les sols perméables réceptionnent, retiennent et drainent **peu à peu** les eaux (plus ou moins rapidement selon la nature du sol). D'abord saturés, ils peuvent rester humides longtemps. La croissance des plantations et l'évapotranspiration associée sont donc favorisées, garantissant un meilleur maintien de la végétation et une optimisation de son pouvoir rafraîchissant.*



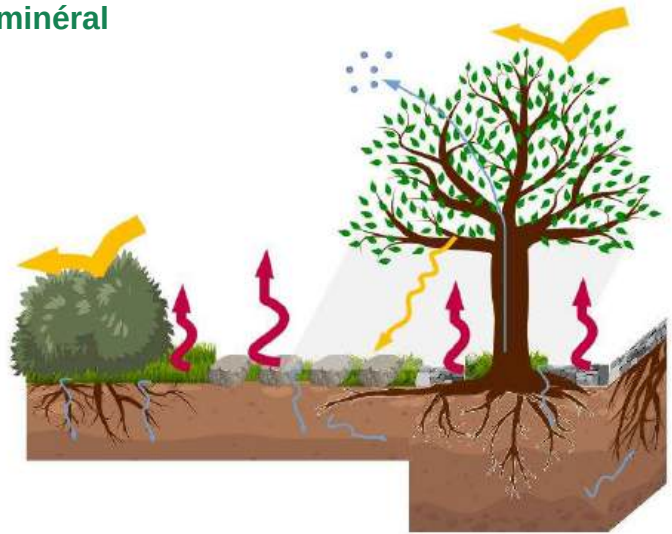
***Certains ouvrages de stockage d'eau enterrés** (structure réservoir, bassin enterré) peuvent présenter un intérêt en terme d'infiltration (avec éventuellement un drainage par le fond ou une infiltration en fond d'ouvrage), mais n'ont pas d'intérêt significatif et direct en terme de rafraîchissement. Ces techniques d'infiltration enterrées nécessitent par ailleurs la validation de la Direction du cycle de l'eau.*

## Quel niveau de rafraîchissement par CESAR (combinaison eau-sol-arbre-végétation) ?

**Niveau faible :** faible densité d'arbres ou arbre isolé, sol peu profond, revêtement en partie minéral



- 1 à 2 strates, arbres isolés
- Sols peu profonds, revêtements perméables et semi-perméables
- Faible rétention d'eau, peu d'arrosage
- Végétaux adaptés aux fortes conditions de sécheresse



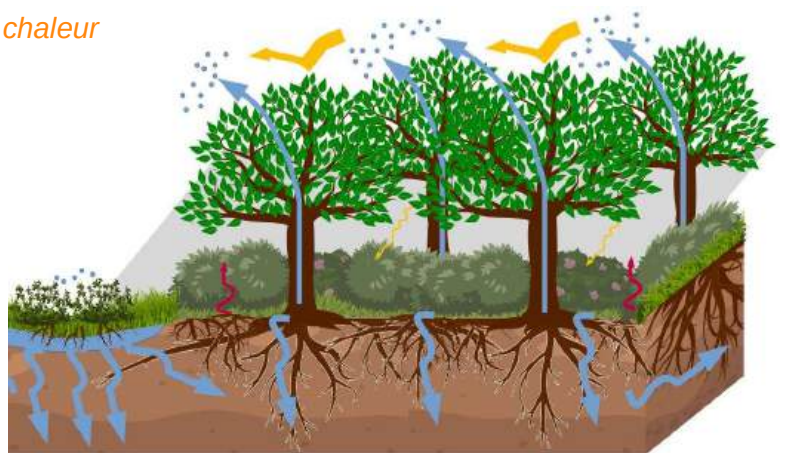
**Augmentation graduelle du rafraîchissement :**

Plus d'arbres, surface plus importante de sol fertile, plus grand volume d'enracinement pour le développement des racines, rétention d'eau plus importante

**Niveau fort :** forte densité d'arbres, sol fertile et profond, ressources en eau abondantes

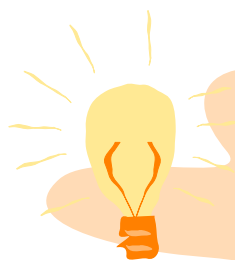


- Structure végétale de type bosquet ou bois
- 3 strates diversifiées, strate arborée dense
- Sol fertile, espaces d'enracinement continus, profonds, volume important pour les racines
- Recueil et concentration des eaux pluviales, forte rétention d'eau en profondeur, arrosage complémentaire si nécessaire
- Végétaux adaptés à la sécheresse et aux épisodes humides dans l'aménagement de recueil des eaux pluviales



## Les points de vigilance : quels choix techniques pour permettre et optimiser l'effet rafraîchissant de cette combinaison ?

Selon les choix techniques réalisés pour la végétalisation, le type de sol, et l'infiltration des eaux pluviales, les résultats en termes de rafraîchissement et de résilience des aménagements sont variables : les sols riches, profonds et continus en surface, les apports en eau importants par récupération des eaux pluviales, la multiplication et la diversification des strates végétales, garantissent les conditions favorables au rafraîchissement (ombrage et évapotranspiration maximisés par le développement optimal de la végétation, limitation de chaleur accumulée, apports et la rétention en eau).



### Choisir l'emplacement des arbres

L'emplacement des plantations, notamment vis-à-vis des bâtiments, de l'orientation de la rue par rapport à la course du soleil, joue sur le potentiel de rafraîchissement des espaces publics.

Par exemple, un alignement central d'arbres est intéressant dans une rue orientée Nord-Sud, alors que dans une rue orientée Est-Ouest, mieux vaut privilégier un alignement latéral sur le trottoir Nord\*.



### L'eau

- 1 – Optimiser l'arrosage : le raisonner et l'adapter aux besoins réels des végétaux
- 2 – Augmenter les apports d'eau en valorisant les eaux pluviales



### Le sol

- 1 – Augmenter le volume de terre accessible aux racines des végétaux
- 2 – Faire avec les terres en place



### Les végétaux

- 1 – Préserver les arbres et autres plantes existants
- 2 – Choisir des techniques de plantation appropriées
- 3 – Planter des essences adaptées au contexte local
- 4 – Adapter le mode de conduite des végétaux aux essences et au contexte local



## L'EAU

### **1. Optimiser l'arrosage : un arrosage raisonné et adapté aux besoins des végétaux**

Le pouvoir rafraîchissant est d'autant plus fort que les arbres et les végétaux disposent d'une ressource en eau suffisante. Lorsque les réserves en eau sont épuisées, les végétaux ne transpirent plus et se mettent au repos, et en cas de stress hydrique sévère, dépérissent.

L'arrosage est nécessaire pour assurer la reprise des végétaux et des arbres nouvellement plantés, même lorsqu'ils sont sélectionnés pour être résistants à la sécheresse. La forme du système racinaire est façonnée par le type d'arrosage, qui doit favoriser la formation d'un système racinaire bien développé et efficace, capable de puiser l'eau dans l'ensemble du volume de sol, et surtout en profondeur.

Les besoins en eau sont variables selon les cas :

- Les arbres issus de semis sont de loin les plus performants et n'ont pas besoin d'arrosage car ils s'enracinent profondément dès la première année.
- Les jeunes plants (plants forestiers, moins de 3 ans) deviennent rapidement autonomes mais doivent souvent être suivis en arrosage pendant au moins un an.
- Les baliveaux et les arbres tiges sont généralement arrosés pendant deux à trois ans.
- Les arbres adultes n'ont pas besoin d'être arrosés
- Les vivaces et arbustes ont besoin d'être arrosés pendant 2 ans environ (période de confortement), afin de garantir un bon enracinement. Une fois bien développés, les vivaces et arbustes n'ont pas besoin d'arrosage. Cela peut cependant être parfois nécessaire en été pour les végétaux plus sensibles à la sécheresse.



#### **BONNES PRATIQUES**

- A la plantation, modeler une cuvette d'arrosage au pied des arbres pour faciliter l'alimentation en eau.
- Arroser à la base de la plante de manière à humecter le sol autour des racines, puis élargir en 2<sup>e</sup> année pour suivre le développement racinaire
- Éviter l'arrosage systématique, bannir l'arrosage par aspersion, arroser de préférence le matin
- Privilégier les arrosages peu fréquents et abondants pour éviter le développement superficiel des racines
- Pour les massifs d'arbustes et de vivaces, maîtriser les quantités d'eau apportées grâce aux systèmes de goutte à goutte
- Utiliser le paillage. Le paillage est très efficace pour réduire à la fois la concurrence par les autres plantes, et limiter les pertes en eau par évaporation. En revanche, le paillage peut colmater les grilles et réseaux d'évacuation.

*Ci-contre : les arbres ont bénéficié de l'arrosage automatique de la pelouse et ont disposé leurs racines en surface. Quand l'arrosage a été stoppé et que la sécheresse est venue, les arbres ont subi un stress hydrique très important. ©Nantes Métropole, août 2022.*



Pour aller plus loin : l'eau stockée peut être utilisée pour pratiquer le « sur-arrosage » qui consiste à apporter de l'eau aux arbres et à la végétation en période estivale afin qu'ils la diffusent dans l'atmosphère et contribuent ainsi au rafraîchissement de cette dernière. La Métropole de Lyon a expérimenté dans ce domaine.

> ex : aménagement avec stockage dédié pour utilisation de l'eau différée : Lyon, Avenue de Garibaldi)

<https://www.grandlyon.com/actions/lyon-rue-garibaldi>

<http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/assets/articles/documents/favoriser-l-infiltration-et-la-reutilisation-des-eaux-pluviales.pdf>



## 2. Augmenter les apports d'eau en valorisant les eaux pluviales

### Un chiffre à retenir = 6 mm/h

→ c'est la **capacité d'infiltration d'un sol argileux** (considéré comme très peu perméable).

→ C'est aussi l'**intensité d'une pluie d'occurrence mensuelle sur Nantes** (pluie courante). Cette intensité n'est dépassée que pendant quelques dizaines d'heures par an (pluies plus exceptionnelles).

→ Ainsi, les pluies courantes (mensuelles) représentent environ **90 % du volume annuel des précipitations**, mais elles sont relativement faciles à infiltrer, même avec un sol peu perméable (argileux par exemple).

→ Si l'on arrive à concevoir l'espace public pour infiltrer 6 mm d'eau par heure dans des « espaces verts d'infiltration », on récupérera ainsi 90 % de la volumétrie annuelle de pluie, soit un apport non négligeable pour les végétaux et les sols, et ceci sans main d'œuvre pour l'arrosage, ni consommation d'eau potable.

### BONNES PRATIQUES

#### - Supprimer les obstacles entre le ruissellement et les espaces verts pour augmenter les apports d'eau aux plantations:

→ vérifier qu'il n'y a ni bordures ni voliges, ni grilles ou avaloirs sur le chemin de l'eau, qui l'empêcheraient de s'infiltrer dans les espaces verts.

→ les grilles et avaloirs peuvent être remplacés après les espaces verts si besoin, pour évacuer un éventuel trop-plein.

→ des bordures « transparentes » hydrauliquement (= laissant passer l'eau) peuvent-être utilisées (bordure noyée, ajourée, entrecoupée).

→ continuité piétonne : pour conduire l'eau vers les espaces végétalisés sans rupture de niveau pour le piéton, il est possible d'intégrer des caniveaux maçonnés dans le trottoir ou d'utiliser des caniveaux gargouille, caniveaux du type Birco ou équivalent.



**Voir typologie Niveau 1 (page n°22)**

#### - Créer des « espaces verts d'infiltration » : positionner et aménager en creux les espaces verts projetés, aux points bas du projet, et/ou créer des tranchées d'infiltration au droit des espaces verts (arbres de pluie par exemple)

→ Le volume de ces dispositifs de stockage temporaires dépendra de la perméabilité du sol : la vitesse d'infiltration de l'eau (mm/h) sera limitée par la nature du sol, et l'ouvrage devra se vidanger en 24 à 48h maximum pour éviter la stagnation d'eau. Privilégier les espaces de faible profondeur (<40 cm) pour des raisons de sécurité.

→ Une noue d'infiltration, bassin à sec ou autre espace vert dédié à l'infiltration des eaux pluviales, ne sera pas une zone humide ni une zone « en eau ». La présence d'eau ne sera que temporaire, et uniquement liée à la pluviométrie récente. En revanche, ces zones bénéficieront de davantage d'eau, plus longtemps, pendant et après chaque pluie.

→ Étudier et aménager le cheminement de la surverse en cas de débordement : la diriger vers l'exutoire naturel sur l'espace public, et créer si besoin des grilles ou avaloirs complémentaires à l'aval du dispositif (pas en amont ou en fond d'espace vert)

→ En cas d'évacuation par grille ou avaloir, éviter le paillage qui favorise leur obturation



**Voir typologie Niveau 2 (page n°24)**

- En complément des espaces végétalisés, privilégier les matériaux de revêtement (semi-)perméables, là où les contraintes fonctionnelles le permettent (stationnement et cheminement piéton en fonction des exigences d'accessibilité).



Pour aller plus loin : infiltrer l'eau provenant des toitures des bâtiments (passant par les gouttières), pour encore plus de fraîcheur, et moins de saturation des réseaux ! En concertation avec les riverains, les gouttières des bâtiments peuvent être déconnectées du réseau d'eaux pluviales afin de gérer les eaux en surface et diriger le ruissellement vers des « espaces verts d'infiltration » sur l'espace public. Attention, il ne s'agit pas de diriger les eaux des toitures vers le trottoir ou la voirie mais bien de les infiltrer dans des espaces végétalisés.

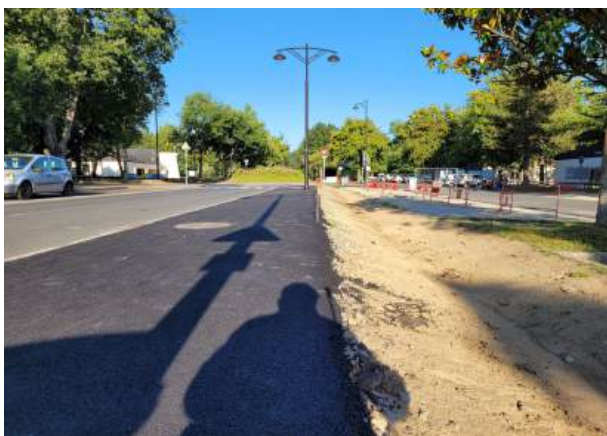
Pour plus d'informations, exemples et bonnes pratiques de gestion intégrée des eaux pluviales, voir <https://metropole.nantes.fr/eaux-pluviales> --> "**Les démarches pour un professionnel ou aménageur**"



## Contre-exemples

### Une noue pour collecter les eaux de trottoir

*Hélas, une erreur de nivellement a été commise en phase chantier : le trottoir pente vers la voirie et non vers la noue.*



©Nantes Métropole

### Augmenter dès que possible les espaces de pleine terre

*Cependant, l'espace vert aurait pu collecter les eaux du parking mais il n'est pas décaissé et le ruissellement du parking s'écoule dans l'avaloir.*



©Nantes Métropole

### Une noue pour recueillir les eaux de parking

*Cependant, la pose d'une grille en fond de noue fait s'écouler les eaux dans le réseau sans qu'elles ne puissent s'infiltrer.*



©Nantes Métropole



©Nantes Métropole

### Végétaliser et gérer les eaux pluviales

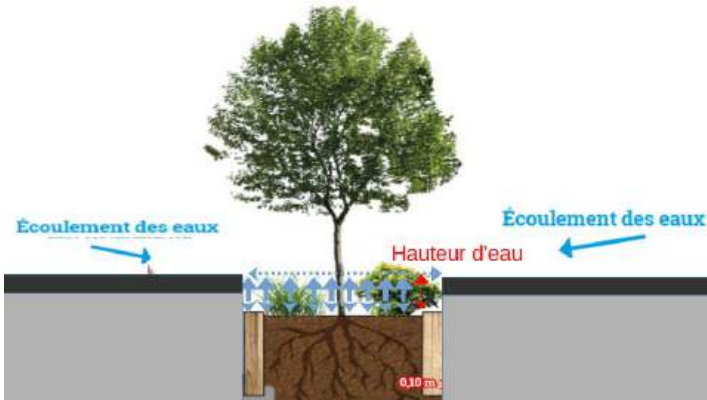
*Les espaces végétalisés assurent une part de stockage et d'infiltration des eaux pluviales mais la présence de bordures fragmente le sol et ne permet pas les échanges (ruissellement, capillarité, micro-faune/flore...) entre les différentes surfaces.*



## Exemples

### Schéma de principe d'un arbre de pluie

Ici, aménagement en creux, en contre-bas des surfaces imperméabilisées dont on veut collecter le ruissellement (le volume de stockage de l'eau correspond au volume à ciel ouvert)



Livret technique *Les arbres de pluie*  
©Métropole du Grand Lyon



Cour privée à Paris : jardin de pluie.  
(avec l'autorisation de l'APUR)

### Intégrer des espaces verts d'infiltration

Les espaces verts sont situés en creux avec des bordures ajourées et les eaux pluviales de la voirie ruissellent vers ces espaces.



©Seattle Public Utilities



La Courneuve : Noue végétalisée avec ruissellement direct (avec l'autorisation de l'APUR)



©Seattle Public Utilities



Illustration extraite du Guide « BERNALILLO COUNTY GREEN STORMWATER INFRASTRUCTURE »

## LES SOLS ET LES SUBSTRATS

### 1- Augmenter les volumes de terre disponibles

Il est recommandé de bannir la notion de « fosse de plantation » et de lui préférer celle « d'espace d'enracinement », plus large, connecté, plus en adéquation avec les besoins réels des arbres.

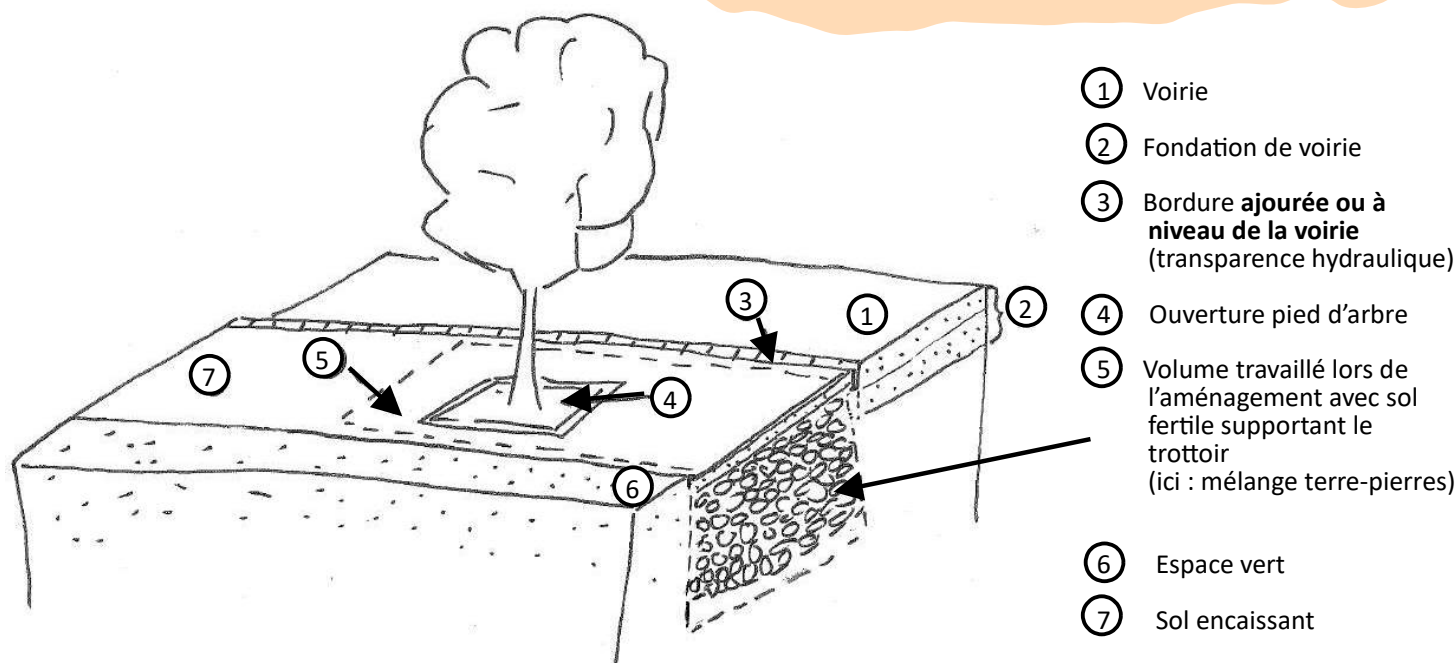
Raisonner la conception des espaces souterrains et des aménagements en veillant à offrir aux racines un sol en qualité et quantité suffisantes permet d'assurer le bon développement des végétaux.

Augmenter les volumes de terre et la profondeur d'enracinement pour les plantations, et veiller à leur qualité (porosité, fertilité, capacité de stockage et de drainage, composition) permet :

- de favoriser un sol structuré, aéré et d'augmenter le volume de terre prospectable et utilisable par les racines, et de favoriser un bon enracinement
- d'augmenter la réserve utile du sol, la quantité d'eau stockée dans les pores du sol et utilisable par les plantes
- de recueillir et stocker les eaux pluviales de l'aménagement
- d'assurer une continuité et une connexion (avec les autres arbres, entre le sol et le sous-sol et les nappes phréatiques)
- de favoriser la vie du sol, d'augmenter la quantité de nutriments présents, de créer les conditions favorables aux cycles naturels (carbone, matière organique)

Rappel : un arbre de grand développement ne peut atteindre ses dimensions normales dans un sol pauvre, un sol de faible volume, un sol compacté ou un sol sec. En d'autres termes, un arbre ne peut passer sa vie dans une fosse de plantation de 10 m<sup>3</sup>. La surface au sol disponible est tout aussi importante que la profondeur du sol.

Un arbre peut se développer dans un sol superficiel (c'est-à-dire de moins de 40 cm d'épaisseur), ce qui compte c'est la **surface de sol disponible**, les racines se propagent principalement dans les premiers décimètres du sol.



#### BONNES PRATIQUES

Profondeurs recommandées selon les strates :

Ces recommandations sont des **minima** recommandés pour les plantations.

- minimum 30 cm pour la strate herbacée
- minimum entre 50 cm et 70 cm pour les arbustes (en fonction de leur dimension adulte)
- minimum 80 cm, optimum 120 cm pour les arbres

Il faut toujours viser l'augmentation des volumes, à la fois par la **surface** et la **profondeur** de terre mise à disposition des plantes.





## **2- Faire avec les terres en place**

La terre végétale utilisée dans les plantations provient le plus souvent du décapage de terres agricoles. Afin de préserver cette ressource, et dans une logique de réemploi et de sobriété, il est pertinent d'utiliser les matériaux en place.

Le principe de base est le suivant :

- Découpe et décollement de la couche d'asphalte / béton / enrobé
- Décompaction et évacuation des granulats supérieur à 50 mm
- Ajout et mélange de terre végétale et/ou compost de déchets verts au matériau en place

Préalablement, il est nécessaire de connaître la composition et la qualité agronomique des terres en place, et la présence éventuelles de polluants.

Il est ainsi recommandé de réaliser une analyse agronomique en laboratoire, du sol (jusqu'à 40 cm) et du sous-sol (entre 40 et 80 cm, les racines des arbres prospectant notamment en profondeur), qui permettra d'affiner les préconisations pour le remplacement des matériaux s'ils sont jugés trop pollués, et/ou d'amendements pour en améliorer la fertilité.



Limiter l'import de terres arables



## LES VÉGÉTAUX

### 1- Préserver l'existant :

Lorsque de la pleine terre, de la végétation et des arbres préexistent, il est essentiel de les préserver et de les renforcer plutôt que de les remplacer par de nouvelles plantations. En effet, les végétaux en place sont bien installés et ancrés dans le sol. Ils assurent un niveau de rafraîchissement que ne procureront pas, avant de nombreuses années, de nouvelles plantations, de moindre dimensions, et dans des sols nouvellement créés ou importés, en cours de structuration.

### 2- Le choix des techniques de plantation : planter petit !

Lorsqu'elles sont issues de semis, les plantules commencent par mettre en place un système racinaire profond grâce auquel elles vont rapidement pouvoir s'affranchir des risques liés au manque d'eau.

Il est encore plus intéressant, car peu cher et très performant, de favoriser le développement des arbres à partir des graines : soit en veillant à garder les arbres ayant germé spontanément (s'ils sont bien positionnés), soit en favorisant ou en réalisant des semis.

La régénération naturelle est une pratique forestière courante dont il est possible de s'inspirer dans les espaces publics. Le semis nécessite cependant une bonne maîtrise de la récolte des graines et des conditions de leur germination. Jeunes plants ou semis, ces deux techniques nécessitent un suivi des arbres pendant plusieurs années pour réguler les effets de concurrence et pour assurer les tailles de formation. Ces solutions sont exigeantes et requièrent des compétences en arboriculture ornementale.



Autre processus naturel qu'il est intéressant d'exploiter : le drageonnement et le rejet de souche. Dans les deux cas, l'arbre fait preuve de sa capacité à construire de nouvelles tiges à partir de ses racines (les drageons), ou de sa souche (les rejets). Avec le temps, ces nouvelles tiges s'affranchissent du pied-mère ou de la souche originelle et deviennent de nouveaux arbres. Dans les deux cas, ces nouvelles tiges utilisent les racines existantes et disposent donc d'une forte autonomie et d'une bonne capacité d'exploitation du sol.

Concernant la plantation, la règle est simple : **plus jeune est le plant, meilleure est sa reprise**. En effet, les opérations de culture en pépinière visent à restreindre le système racinaire pour pouvoir transplanter le jeune plant et maîtriser son développement jusqu'au moment de sa vente. Or, le système racinaire voit ses capacités de plus en plus réduites au fur et à mesure du grossissement des plants. Planter un arbre tige revient donc à planter un arbre déjà âgé avec une moindre aptitude à fabriquer de nouvelles racines. C'est pour cela qu'il est nécessaire de l'accompagner les premières années en pratiquant des arrosages saisonniers, d'où une plus grande sensibilité aux conditions de sol et aux épisodes de sécheresse. Les arbres plantés petits seront donc rapidement aussi développés que les arbres plantés plus gros.

Pour les vivaces et les arbustes, le principe est le même. Il est recommandé de planter le plus petit possible, afin de favoriser un meilleur développement racinaire et un meilleure adaptation au lieu d'implantation.



### 3- Le choix des espèces :

#### BONNES PRATIQUES

Il est important de sélectionner les espèces en fonction des contraintes du site :

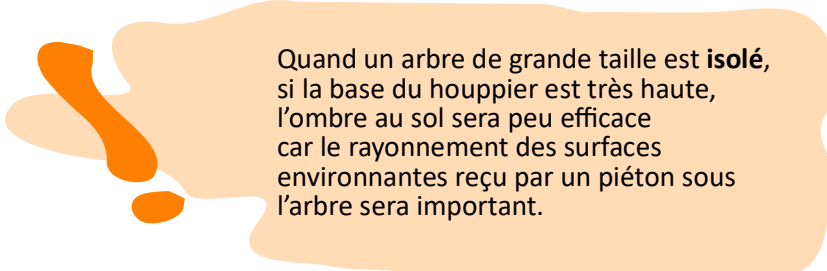
- profondeur et volume de sol disponible, fertilité, facteurs limitants
- apports en eau, humidité
- ensoleillement, exposition aux vents
- (sur)fréquentation du site
- niveaux d'entretien, contraintes spécifiques (ex : toxicité et enfants, feuilles glissantes ou fruits et voie cyclable, miellat collant et mobilier, etc.)
- espace disponible (gabarit lié aux circulations, proximité des infrastructures et des équipements)
- risques sanitaires
- espèces naturellement présentes

#### Des espèces rafraîchissantes ?

La priorité doit être donnée à fournir les conditions favorables aux arbres et à la végétation, afin d'optimiser leur développement et de limiter le stress hydrique, quel que soit le végétal choisi. C'est dans ces conditions que le potentiel de rafraîchissement sera optimisé.

Cependant, les espèces ne sont pas toutes équivalentes du point de vue de leur pouvoir rafraîchissant. Plusieurs facteurs interviennent :

- les dimensions adultes (la grandeur de l'espèce)
- les caractéristiques du feuillage (densité, répartition, persistance ou caducité)
- la résistance à la sécheresse



Quand un arbre de grande taille est **isolé**, si la base du houppier est très haute, l'ombre au sol sera peu efficace car le rayonnement des surfaces environnantes reçu par un piéton sous l'arbre sera important.

Par exemple, l'outil SESAME (Services EcoSystémiques des Arbres Modulé à l'Espèce) a classé de nombreuses essences d'arbres en fonction des services et des contraintes qu'ils peuvent apporter (en se plaçant dans l'hypothèse d'un arbre adulte, en bon état sanitaire et sans restriction hydrique).

Ainsi, la capacité des espèces à réguler le climat local est évaluée en se basant sur différentes caractéristiques morphologiques des arbres et des feuilles (persistance, rugosité des feuilles, taille moyenne des arbres,..).

Les espèces les plus résistantes développent des stratégies efficaces contre le stress hydrique, mais ont souvent des feuillages restreints, peu denses, limitant les échanges et les pertes d'eau, donc moins d'évapotranspiration et offrant un ombrage moins dense.

Il s'agit donc de trouver un bon équilibre entre choix d'espèces résistantes à la sécheresse et plantation d'espèces un peu moins tolérantes, mais dans les conditions les plus favorables pour limiter le stress hydrique (espèces au feuillage dense, large, aux fortes capacités de régulation, même lors d'épisodes de sécheresse modérée).

Pour les « espaces verts d'infiltration » :

Il est recommandé, pour les aménagements à forte concentration et infiltration des eaux pluviales, de sélectionner des ligneux et herbacées qui supportent des situations d'hydromorphie, ainsi que des herbacées à large plasticité, adaptées aux situations d'alternance humidité/sécheresse et à une certaine hauteur de submersion. Plus la diversité en végétaux sera importante, plus son efficacité en terme d'infiltration sera grande (rôle des racines). Pour rappel, un espace vert d'infiltration n'aura pas les caractéristiques d'une zone humide, puisqu'il sera sec la majorité du temps.



## Diversifier pour mieux pérenniser



La diversification des espèces est une des clés de réussite pour des aménagements résistants et résilients. En effet, plus les espèces seront diversifiées, **plus les cortèges végétaux ainsi formés peuvent s'adapter aux variations locales de qualité de sol, d'humidité, de fertilité, etc.** Les espèces en mélange sont aussi plus résistantes aux maladies et aux attaques de ravageurs (ex : pyrale du buis, chancre coloré du platane). Il est également recommandé de favoriser la diversité génétique, c'est-à-dire de **favoriser les plants issus de semis**. Les plants issus de bouturage ou de marcottage sont des clones génétiques pareillement sensibles aux agressions du milieu.

Diversifier les strates végétales (herbacées, arbustives, arborées), avec **des espèces intéressantes pour la faune** (favorables aux pollinisateurs, aux oiseaux granivores, etc.) est aussi un moyen de proposer différents habitats et ressources alimentaires pour une large gamme d'espèces végétales et animales. Un aménagement diversifié, composé de plusieurs strates sera d'autant plus fonctionnel pour infiltrer les eaux de pluie, réguler les températures et l'humidité ambiantes, tout en étant un espace refuge pour la biodiversité. **Les espèces indigènes présentent un fort potentiel écologique** car elles sont liées à un cortège important d'espèces d'insectes, d'arthropodes, d'oiseaux, de mammifères, de champignons, de plantes... Leur présence est donc un atout de première importance pour la renaturation des sites urbains ou artificialisés et pour la reconnexion des espaces naturels.

L'**adaptation des espèces indigènes** aux espaces publics de la métropole est plutôt bonne. Cependant, les caractéristiques micro-climatiques et pédologiques des sites urbains diffèrent parfois de manière importante de celles des forêts, des milieux naturels ou ruraux. Les gammes végétales sont donc constituées d'espèces indigènes mais aussi d'espèces exotiques ou horticoles, mieux adaptées à certaines conditions urbaines, ou répondant à d'autres enjeux (paysage, patrimoine historique ou botanique).

Les espèces exotiques ou horticoles sont celles dont l'aire de répartition naturelle est éloignée du territoire métropolitain. La Ville de Nantes a une longue tradition d'acclimatation des plantes exotiques. Les plantes dites de collection sont donc nombreuses dans les parcs et jardins de la métropole mais en ont aussi débordé les limites pour s'installer dans les rues et les places. De nombreuses espèces exotiques présentent des potentialités manifestes pour vivre dans les contextes secs et chauds de la plupart des espaces publics de la métropole. Par contre, ces espèces n'ont que peu, ou pas du tout, d'intérêt sur le plan écologique.

De même, la ville de Nantes a expérimenté dès les années 2000 les « arbres d'avenir » puis les « **boisements d'avenir** ». Il s'agit de plantations sur des surfaces modestes (moins de 100m<sup>2</sup> pour les arbres d'avenir, moins de 1000m<sup>2</sup> pour les boisements d'avenir) constituées d'herbacées, d'arbustes et d'arbres. La composition est directement inspirée des associations naturelles des plantes dans la nature. Trois contextes de sol ont été identifiés sur le territoire communal, auxquels répond une palette végétale particulière. Les plantations sont protégées par une ganivelle, les plants sont jeunes, certaines herbacées sont semées. La densité est forte. Les plantations font l'objet d'un suivi annuel ce qui permet d'observer les réussites et les échecs en termes d'implantation des diverses espèces et aussi de déterminer et programmer les interventions d'entretien. Ces dispositifs ne sont pas arrosés.

Il s'en plante un ou deux chaque année.

Ces dispositifs, créés en régie, diffèrent par de nombreux aspects des mini-forêts dont le bilan, notamment financier, s'avère plus que mitigé.



#### 4- Mode de conduite / taille :

L'effet rafraîchissant des arbres est directement lié à la surface de feuilles (ou surface foliaire). Cette surface dépend de l'âge de l'arbre, de son état, de son espèce (la densité du feuillage varie d'une espèce à l'autre) mais aussi de son mode de taille !

Les arbres dont la silhouette se rapproche du port naturel de l'espèce sont dit **de** forme libre. A l'inverse, les arbres taillés en rideau ou en tête de chat sont dit **de** forme architecturée.

Si l'espace aérien est dégagé et suffisant, il est recommandé de conduire les arbres en port libre, afin d'optimiser le rafraîchissement apporté par le houppier via l'ombrage et l'évapotranspiration.

Les formes architecturées sont à réserver à des sites particuliers où la mise en valeur du paysage et/ou du patrimoine bâti prévaut. Le choix des formes contenues en rideau ou en tête de chat doit toujours être raisonné car les charges d'entretien sont fortes (les tailles sont réalisées tous les ans ou tous les deux ans).



*Les magnolias du cour des 50 otages à Nantes sont désormais libérés des tailles annuelles, à l'exception de deux d'entre eux pour l'accès pompiers. Certains voient leur tronc dégagé de leurs branches basses. Ces deux actions visent à augmenter l'ombrage et permettre aux habitants de mieux en profiter.*



*Ces tilleuls, autrefois conduits en tête de chat, ont été convertis et sont laissés en forme libre. L'ampleur et la hauteur des houppiers ont été multipliés. Les traits jaunes indiquent l'emplacement des coupes originelles.*

## Concrètement, quelles solutions pour les accompagnements de voirie ?

Les typologies ci-dessous servent à guider les choix d'aménagement, sur les espaces d'accompagnement de voirie, pour optimiser le pouvoir rafraîchissant des espaces publics à aménager ou à requalifier.

Par un travail de combinaison des éléments eau/sol/végétation, ces cas-types donnent à voir les différentes orientations techniques cherchant à maximiser la pleine terre (trame brune) et l'infiltration de l'eau pluviale. Le développement et la santé des végétaux, si possible implantés en creux, n'en seront que meilleurs. Ne pas oublier d'associer, tant que possible, les trois strates de végétation.

A noter que tout aménagement dépendant du contexte du site, ces cas pratiques ne sauraient réunir tous les cas particuliers. Le projet d'aménagement se conçoit à partir du contexte et des enjeux du site et cherchera à adapter les solutions proposées.

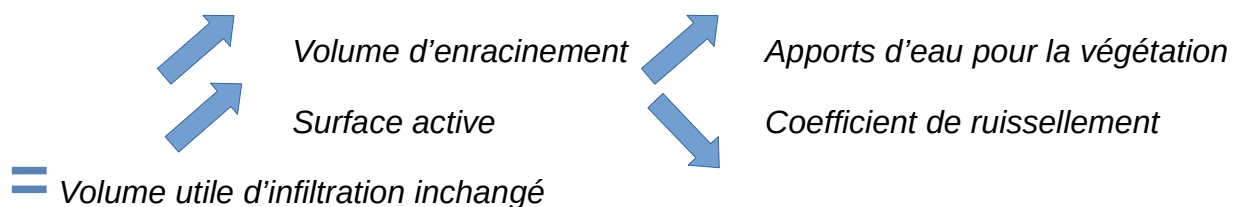
Ces typologies d'aménagement sont présentées dans un ordre croissant en termes d'ambition de rafraîchissement.

Il est à noter que ces typologies de solution ont été travaillées avec les services des différentes directions de Nantes métropole (DATE, DCE, DEP et DNJ), pour croiser les différents enjeux portés autant au niveau de la conception que de la gestion des espaces publics.

### Niveau 1 : « Débitumer » et planter

- Réduire les surfaces imperméables (=diminution du coefficient de ruissellement)
- Valoriser la ressource en eau en supprimant les obstacles au cheminement du ruissellement vers les zones végétalisées
- Augmenter le volume/espace d'enracinement

**Cette amélioration n'inclut pas de volume utile pour le stockage et l'infiltration d'eau pluviale.**



Attention à la préservation des arbres et leur système racinaire lors des travaux de requalification – prévoir un décompactage sur fosse existante si besoin avant d'ajouter des plantations – ne pas installer d'avaloirs ou grilles en amont des espaces de pleine terre

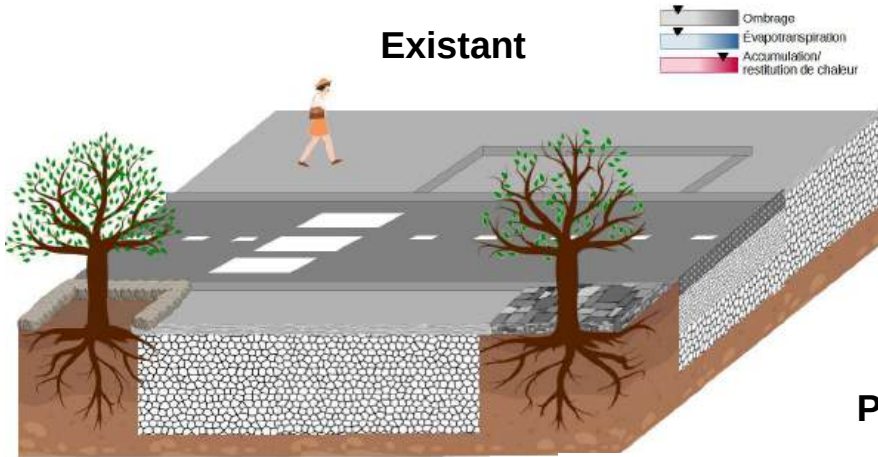
### Niveau 2 : Déconnecter les eaux et créer les « espaces verts d'infiltration »

- Désimperméabiliser au maximum (pleine terre sinon revêtements semi-perméables) et créer un volume utile pour le stockage et l'infiltration d'eau pluviale à ciel ouvert.

Soit on plante dans des espaces creux dans un aménagement neuf, soit on surélève les surfaces de voirie autour des fosses d'arbre existantes pour que les eaux de ruissellement puissent être captées gravitairement dans l'espace vert en contrebas.



## Niveau 1 : « Débitumer » et planter

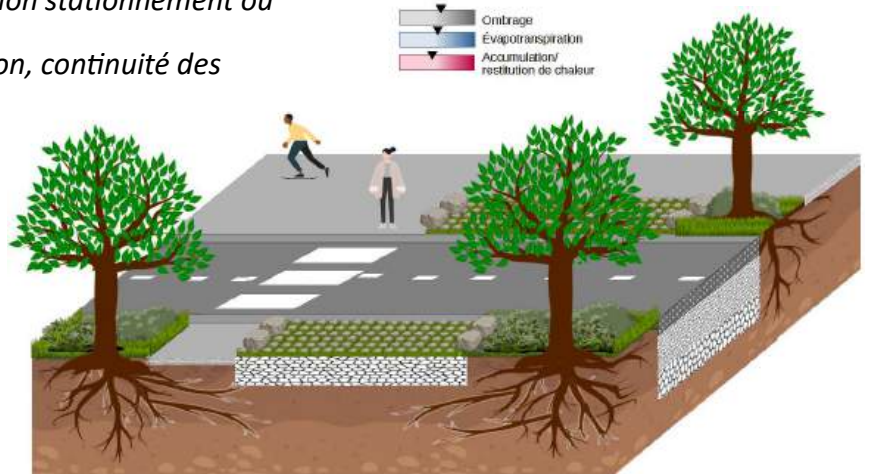


## Propositions d'aménagement

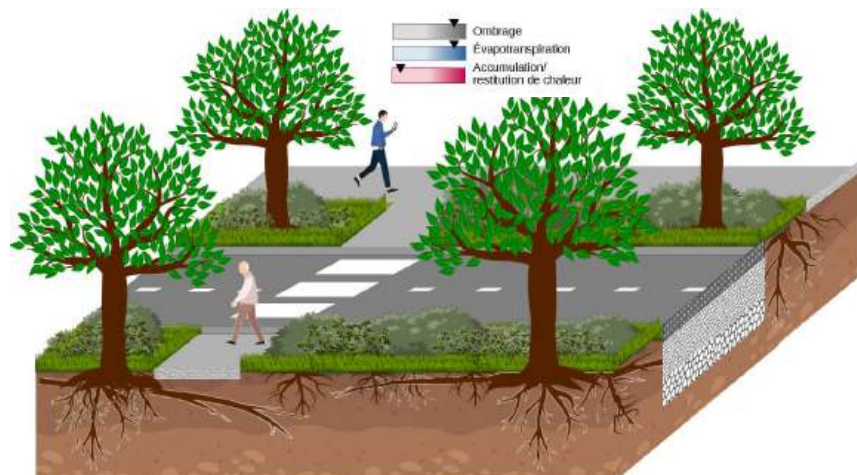
> Désimperméabilisation, agrandissement des surfaces végétalisées et de pleine terre  
 Suppression des bordures



> Désimperméabilisation / création stationnement ou trottoir perméables  
 Plantation d'arbres, végétalisation, continuité des fosses de plantation  
 Suppression des bordures, bordures ajourées



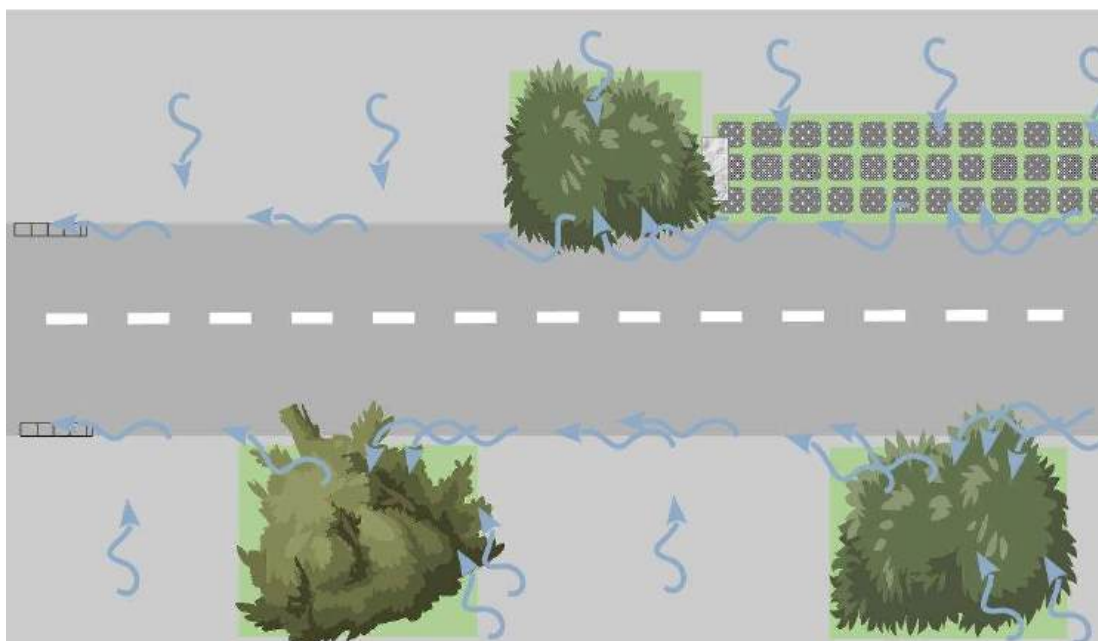
> Désimperméabilisation, suppression bande de stationnement ou de trottoir  
 Plantation d'arbres, végétalisation, continuité des fosses de plantation  
 Pas de bordures




Augmentation du rafraîchissement

## Niveau 1 : « Débitumer » et planter (suite)

Ce schéma donne à voir le chemin de l'eau.  
Elle passe dans les espaces verts (pas d'obstacle à l'écoulement = pas de bordure)  
et elle est évacuée en point bas dans le réseau.  
Il n'y a pas à proprement parler de surfaces déconnectées du réseau d'eau, mais le ruissellement est réduit.

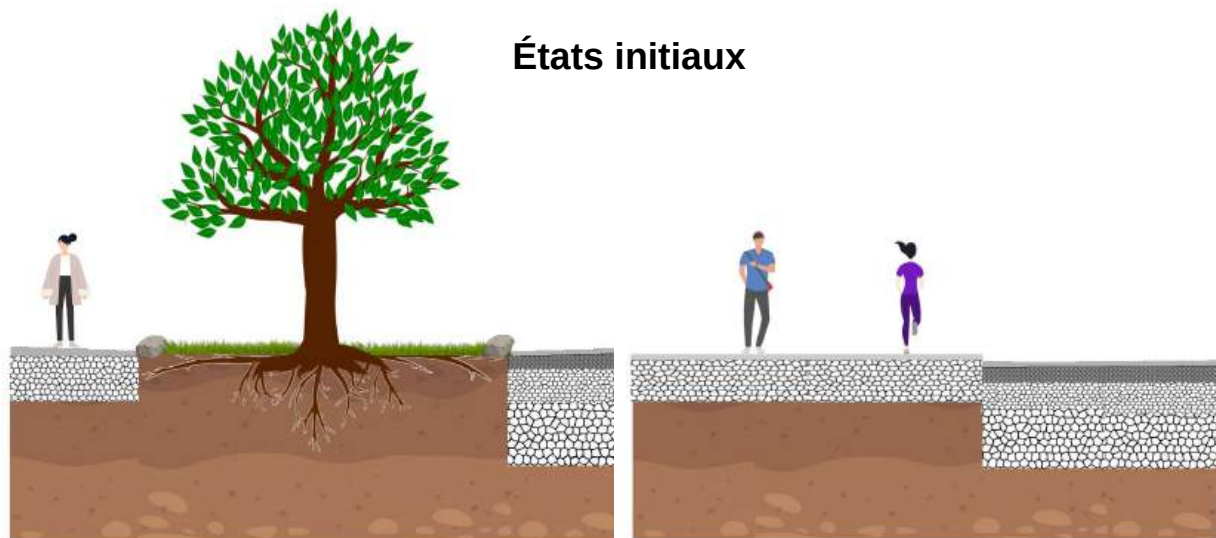


 Chemin de l'eau



## Niveau 2 : Déconnecter les eaux et créer les « espaces verts d'infiltration »

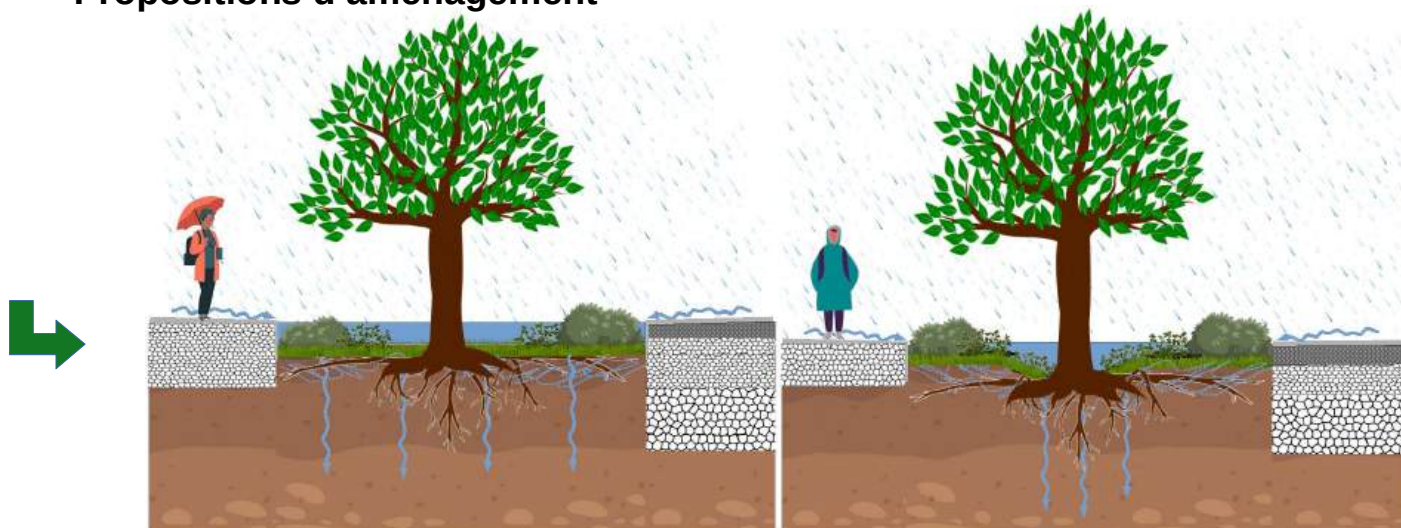
### États initiaux



Espace de plantation avec bordure

Absence de plantations

### Propositions d'aménagement



Surélévation trottoir et chaussée

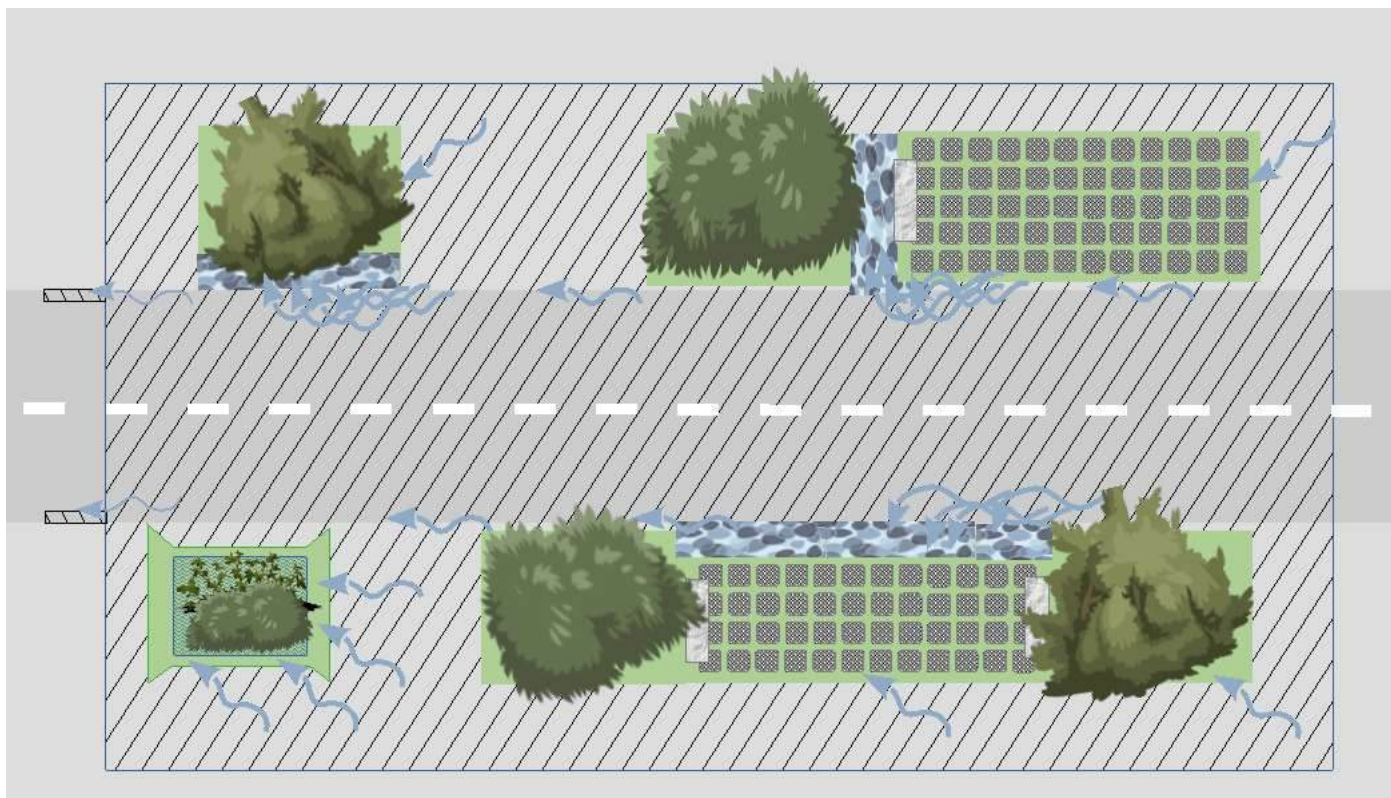
Création d'un espace vert d'infiltration, en creux



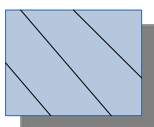
Création de tranchées d'infiltration et suppression des bordures, en bordure de fosse de plantation

Création de tranchées d'infiltration sous surface semi-perméable, combinaison possible avec espace d'infiltration en creux

## Niveau 2 : Déconnecter les eaux et créer les « espaces verts d'infiltration » (suite)



Chemin de l'eau = elle passe dans les espaces verts (pas d'obstacle à l'écoulement = pas de bordure) et elle est stockée, puis infiltrée dans les tranchées d'infiltration ou les espaces verts d'infiltration



Surface déconnectée du réseau pour les pluies courantes = surface dont le ruissellement généré par une pluie courante est infiltré \*\*

## 2-Le choix des revêtements de voirie : à ne pas négliger

Les revêtements utilisés sur l'espace public peuvent aggraver le **phénomène d'îlot de chaleur à l'échelle urbaine** ou le **phénomène local d'inconfort thermique du piéton**. En effet, les revêtements utilisés ont des comportements thermiques différents selon la **nature** (couleur, texture, épaisseur, composition chimique,...) **des couches de matériaux** (revêtement de surface ET couches de matériaux sous-jacents) et les **conditions de site** (exposé/ombragé, configuration géométrique, proximité et hauteur du bâti, périodicité diurne/nocturne, orientation, présence d'arbres et de végétation, gestion des eaux pluviales ...). *En simplifiant, on peut considérer que le revêtement de surface joue le rôle de capteur de l'énergie solaire le jour et la structure sous-jacente le rôle de réservoir d'énergie qui restitue plus ou moins fortement la chaleur la nuit.*

On ne manquera pas de rappeler que le meilleur « revêtement » pour s'adapter aux fortes chaleurs est la pleine terre, support de végétalisation, infiltrant les eaux pluviales, à court et long terme. Cependant, le contexte urbain, les usages et les besoins de l'espace public ont introduit une gamme de revêtements très variés dont le choix n'est pas à négliger pour trouver le meilleur compromis au profit du confort des usagers.

### 2-1 Éléments de compréhension

**Pour commencer**, le soleil est la source principale, quasi unique du réchauffement des surfaces. En milieu extérieur, **l'exposition au soleil détermine la quantité de chaleur absorbable par une surface.**

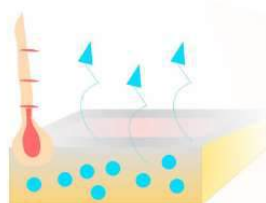


La capacité à réfléchir - ne pas absorber – l'énergie solaire est traduite par un paramètre, l'albédo, sa valeur allant de 1 (tout réfléchir), à 0 (tout absorber). **L'albédo détermine, avec l'exposition solaire, la quantité d'énergie absorbée.** On peut classer les surfaces ainsi :



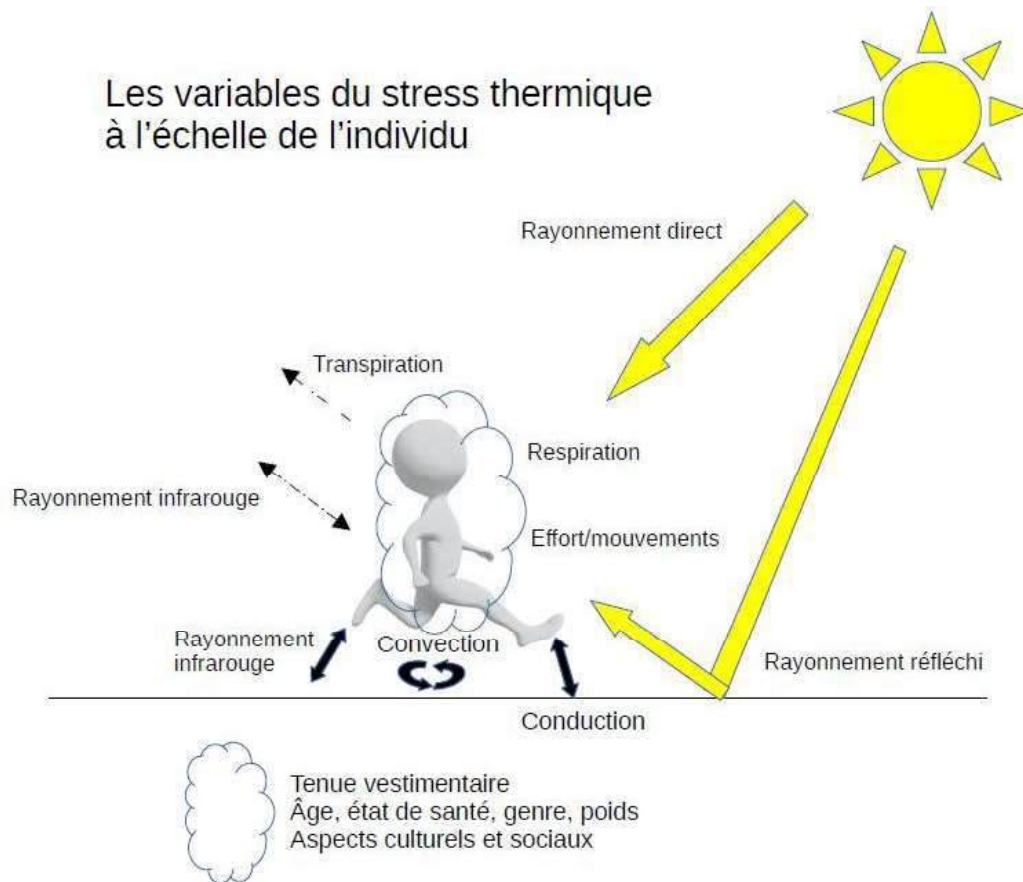
**Ensuite**, la quantité d'eau dans la structure détermine la quantité d'énergie accumulée, et ainsi sa vitesse de réchauffement de jour, et sa vitesse de refroidissement nocturne.

4 : En s'évaporant, l'eau présente dans le revêtement **dissipe tout ou partie de la chaleur**, la couche superficielle se réchauffe moins et l'énergie absorbée disparaît du revêtement et du sol.



On évalue alors **la capacité du revêtement à infiltrer l'eau dans son volume** (permabilité, porosité) **ainsi qu'à retenir une partie** de cette eau près de la surface (pour rester humide).

Pour le piéton en pleine journée, le confort thermique ressenti dépend en partie de la nature et de l'albédo du revêtement exposé au soleil sur lequel il évolue mais aussi d'autres paramètres qui peuvent provoquer un stress thermique : la transpiration, la respiration, l'habillement, l'humidité ambiante, le vent, l'effort ...



(Havenith, 1999)

Les **surfaces claires** induisent un rayonnement réfléchi important (cf. une piste de ski) : le piéton est exposé à un **rayonnement solaire venu du haut ET du bas** (double exposition).

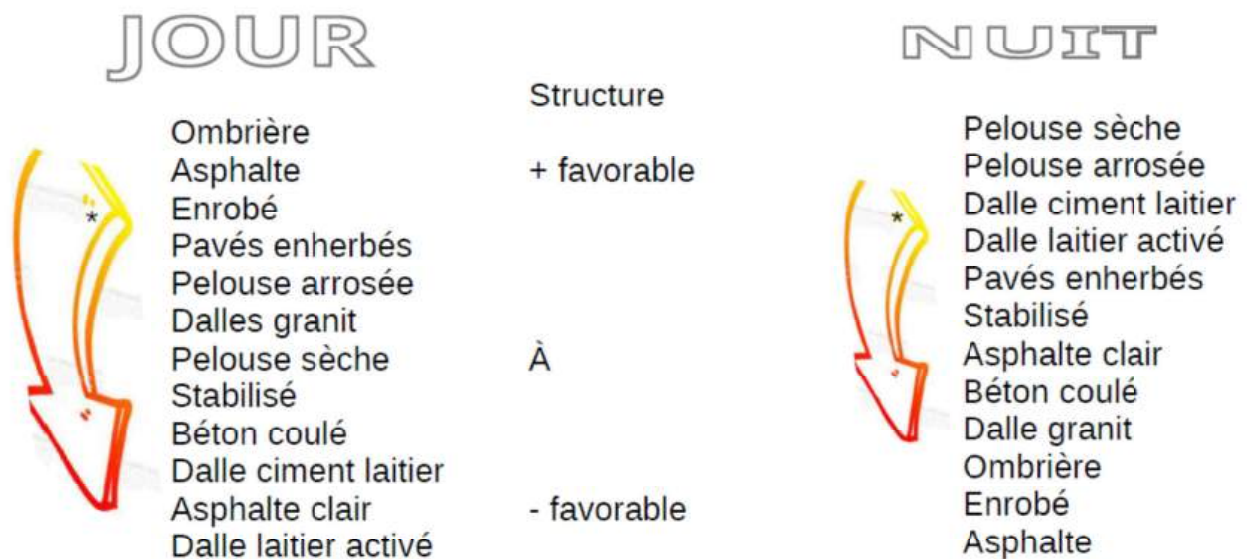
**Sur une surface exposée au soleil, sans ombrage, choisir un matériau de couleur claire (albédo fort) au sol ou sur les parois des bâtiments proches du piéton, c'est augmenter le potentiel d'inconfort thermique pour les usagers de l'espace.** Par ailleurs, le risque d'éblouissement peut aussi réduire le confort d'usage. En revanche, sur des surfaces moins intensément fréquentées ou avec des parcours partiellement ombragés, les revêtements clairs permettent de limiter fortement le phénomène de surchauffe nocturne.

Les surfaces claires sont à réserver aux surfaces en hauteur (toiture) pour que le rayonnement réfléchi puisse librement rejoindre l'atmosphère, sans être intercepté par des bâtiments et des usagers. Il faut également veiller au bon entretien des surfaces claires sinon elles deviennent grises et on perd le bénéfice réfléchissant !

## 2-2 Classement des matériaux issus de l'étude LIFE (Ville de Paris, Université Paris Cité – Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain - 2022)

Le classement se base sur la somme des effets de la convection (transfert d'énergie entre l'air ambiant et la surface du revêtement) et de la radiativité (somme du rayonnement solaire réfléchi et du rayonnement émis et réfléchi dans l'infrarouge pour le revêtement) des différents matériaux testés dans le cadre de cette étude :

## Classement de matériaux



\*Ecart beaucoup plus faible entre les matériaux la nuit, par rapport au jour

(Article RGA n°994, octobre 2022, auteurs : Antoine Lemée, Jérôme Lefebvre, Sophie Parison)

### De jour :

- les matériaux à faible albédo (sombre) sont ceux qui s'échauffent le plus ;
- les matériaux à fort albédo (clair) sont moins favorables aux piétons. Selon le matériau, la radiativité de surface renvoie 45 à 85 % du rayonnement solaire vers le piéton ;
- la chaleur conduite au sein de la structure du revêtement influe très peu sur le stress thermique du piéton ;
- les pelouses s'échauffent beaucoup ;
- la peinture athermique permet de diminuer la température de 8° C sur la surface de l'asphalte ; la baisse est de 5°C pour l'asphalte clair ;
- l'ombrière est la solution la plus intéressante pour le piéton (réduction de moitié du rayonnement solaire).

### De nuit :

- les pelouses à faible inertie thermique se rafraîchissent rapidement et sont les moins chauffantes
- les structures à plus forte radiativité sont celles qui émettent le plus d'infrarouges donc les plus chaudes et celles avec le plus faible albédo.

**Les 2 principes à retenir :**

→ Plus l'albédo du revêtement au sol est élevé (matériau clair), plus il réfléchit le jour et gêne le confort thermique du piéton à proximité directe. En revanche, la nuit, il restitue moins de chaleur.

→ A l'inverse, un matériau sombre au sol est plus favorable au piéton de jour, par contre il restitue plus de chaleur la nuit.

La couleur du revêtement devra donc être choisie au cas par cas en fonction des usages. Par exemple, on évitera un revêtement très clair sur un espace très exposé au soleil, très fréquenté par les piétons avec des fonctions de rencontre ou d'attente.

**Nota :** l'ombrière ou l'ombrage végétal reste la meilleure solution pour limiter l'inconfort thermique du piéton.

**Un Référentiel de revêtements de voirie de Nantes métropole est en cours d'élaboration (mis en ligne prochainement) intégrant les paramètres concourant au rafraîchissement**

A noter que ce référentiel comprendra 32 fiches réparties en 2 groupes : les revêtements modulaires et les revêtements non modulaires.

Chaque matériau fera l'objet d'une fiche décomposée selon 6 parties :

1 : normes et conditions d'utilisation (aspects techniques sur le revêtements)

2 : usages principaux

3 : confort déplacement usagers

4 : gestion-entretien

**5 : paramètres environnementaux**

6 : ratios indicatifs

Dans les paramètres environnementaux, il est prévu que figurent notamment pour chaque matériau (quand la donnée ou l'évaluation existe) : la valeur d'albédo, l'évaluation en termes de confort thermique de jour, l'évaluation en termes de surchauffe nocturne. **Cette classification reprendra les éléments présentés précédemment.**

### 3- Des solutions d'accompagnement, complémentaires ou temporaires

Sur des espaces particulièrement exposés et fréquentés, lorsque la végétalisation n'est pas possible ou insuffisante pour permettre un ombrage et finalement un rafraîchissement à la mesure de l'usage, l'installation de mobiliers supplémentaires peut être envisagée. Ces dispositifs « artificiels » type ombrières, voiles d'ombrage, fontaines à eau, brumisateurs, jeux d'eau peuvent, dans certains cas, répondre aux besoins d'espaces fortement fréquentés en période estivale.

*Comme tout élément de programme, le choix d'un de ces dispositifs fera l'objet d'une instruction au sein de la Revue de Projet DEP de Nantes métropole, dans le cadre de la présentation du projet d'aménagement dans lequel il aura été travaillé.*

#### Quels questionnements préliminaires sur l'espace du projet ?

Il s'agit de considérer plusieurs éléments en phase diagnostic :

- x **L'usage existant ou souhaité du lieu : espaces de rencontre, de repos, de ressourcement, d'animations ?**
- x **Son environnement : densité de population, Quartier Prioritaire de la Ville, proximité à un ou plusieurs établissements sensibles, pôle de transports inter-modal, terrain de sports, aire de jeux, espaces de pratiques libres,... ?**
- x **Ses caractéristiques : exposition au soleil, densité de la végétation/surface de canopée, mobiliers existants, présence de l'eau,... ?**
- x **Sa taille, sa capacité d'accueil, son accessibilité : permet-il une appropriation par tou-te-s ?**

La crise de l'été 2022 impliquait une sécheresse exceptionnelle. Dans de telles périodes de canicule/sécheresse, qui vont s'intensifier par leur fréquence et leur durée, l'usage de l'eau comme moyen de rafraîchissement est en question.

**Les arrêtés préfectoraux en limiteront l'usage.** L'arrêt préfectoral cadre sécheresse du 29 mai 2020 définit une coupure des fontaines à eau perdue (non recyclée) à l'atteinte du niveau 2 (alerte). Cette consigne conduira, sauf accord favorable à une demande de dérogation, à un arrêt de ces installations pendant les périodes où leur usage serait le plus attendu.

**Le souci d'image de la collectivité sera aussi très régulateur.** Au delà de cet arrêté, à l'été 2022, quasiment toutes les fontaines ont été coupées pour réaliser des économies d'eau et pour une question d'"exemplarité" de la collectivité.

**Les dérogations pour continuation d'usage seront plus difficiles à obtenir.** En 2022, le miroir d'eau (usage à l'échelle métropolitaine, attractivité touristique), la cascade Misery et les fontaines à boire ont été maintenus suite à arbitrage en réunion de crise. Des décisions pourraient être plus restrictives à l'avenir (dérogations fortement réduites par la Préfecture).

## 1 – Dispositifs utilisant de l'eau potable

Dans tous les cas, parmi les dispositifs de rafraîchissement utilisant l'eau potable, l'installation des bornes-fontaines ou fontaines à boire pour hydrater les usager·ère·s devra être étudiée en priorité car elle représente la solution la plus efficace pour hydrater et rafraîchir les personnes (en favorisant la transpiration, processus primordial de régulation de la température corporelle), sans dépense excessive en eau potable. Ce mobilier répond aussi à d'autres enjeux : réduction de l'usage du plastique, accès à tou·te·s à l'eau potable. Il peut, selon les modèles, proposer un jet ludique en complément (fontaine 2 en 1).

### Fontaines à boire

Ce type de mobilier permet de boire, remplir une gourde/bouteille, se rafraîchir (cf. ci-dessous des modèles présents sur le territoire métropolitain).



©Nantes Métropole



©Nantes Métropole

Fontaine à eau en saillie de toilettes publiques



©Nantes Métropole

Pour maximiser la valorisation de l'eau utilisée : situer les bornes fontaines proches d'espaces verts et diriger le trop plein d'eau vers ces espaces

Actuellement, 29 fontaines à boire ou bornes-fontaines sont installées sur l'espace public à Nantes (ainsi que 26 dans les parcs et jardins et 3 sur le reste de la métropole). Actuellement, le déploiement est réalisé au travers des projets portés par les pôles et les aménageurs et lors de de l'équipement des sites de sport/jeux et de certaines places.

*Le coût d'installation d'une fontaine est d'environ 10 000 € TTC mais ce coût dépend du modèle retenu, de la proximité des réseaux et des matériaux de pavage. La gestion annuelle est évaluée à près de 1 000 € TTC (contrôle par un fontainier, hivernage/deshivernage).*

Une enquête auprès des usagers a été réalisée en 2021 et 2022 pour connaître leur consommation en eau et les pratiques et attentes vis-à-vis de ces installations.

Les principaux éléments qui ressortent déjà de cette enquête sont les suivants : les bornes sont parfois peu visibles ou mal identifiées, elles sont plus fortement utilisées à proximité de sites de sport et aires de jeux, et en général des réticences d'utilisation ont été relevées en termes d'hygiène ou de doute sur la potabilité.

Un guide spécifique qui aura pour vocation de mieux accompagner, notamment les pôles et les aménageurs, lors de projet d'installation sera publié courant 2023.

Des fontaines 2 en 1, utilisées dans des villes comme Paris pourraient être aussi installées pour répondre aussi à des fonctions d'aspersion, en plus de la fonction d'hydratation



©WaterConnect



©Vaulot-Ghm



©Fountain's Concept



## Brumisateurs

Les brumisateurs n'apportent qu'une fraîcheur éphémère. Celle-ci est limitée aux personnes qui se trouvent dans la zone d'aspersion (baisse de la température d'air  $<1^{\circ}\text{C}$  au-delà d'1 m). La baisse de température à la surface de la peau peut toutefois être très importante : en mouillant la surface de la peau, on génère de l'évaporation donc du rafraîchissement. Lorsque la température de l'air dépasse la température de la peau ( $35^{\circ}\text{C}$ ), l'évaporation est en effet le SEUL moyen de dissiper les calories (en plus, bien sûr, de limiter les apports de chaleur par rayonnement, en se plaçant à l'ombre). Néanmoins, la capacité à transpirer (et donc de boire de l'eau) est primordiale. **Combiner eau et ombrage à proximité rend le dispositif beaucoup plus performant, en permettant d'aller se reposer une fois mouillé-e, prolongeant ainsi l'effet rafraîchissant.**

Les dispositifs de brumisation (ou les jeux d'eau) peuvent véhiculer une image de gaspillage de la ressource en eau contradictoire avec les engagements de la collectivité, surtout en période de sécheresse. Même si la consommation reste faible comparée à d'autres équipements, ces dispositifs de rafraîchissement représentent des coûts de gestion pour réaliser la maintenance et les contrôles sanitaires de l'eau alors que le budget de fonctionnement des collectivités est de plus en plus contraint. Tout nouveau projet d'installation doit être étudiée au stade des premières études (entre le programme et l'avant-projet) avec une estimation du coût global (y compris la gestion) au stade du choix.



Paris Plages à Paris sur les quais de Seine  
©Radio France - Nathanaël Charbonnier



Parc Pinçon © Crédit photo : Ville de Bordeaux



Kiosque brumissant et ludique de Water Connect installé à Orly - ©WaterConnect



Miroir d'eau à Nantes - ©Coolscapes Project

## Fontaines ornementales

Les fontaines ornementales ne sont pas préconisées dans l'objectif d'un rafraîchissement car elles ont peu d'impact. Elles présentent une (trop) légère capacité à rafraîchir l'air ambiant et seulement à proximité immédiate ( $<1^{\circ}\text{C}$  principalement grâce aux gouttelettes projetées par les jets d'eau). Ce type de fontaines ne représente pas un dispositif de rafraîchissement efficace. Seule la zone en eau – non utilisée par le public sauf baignades exceptionnelles (interdites) – offre une source de fraîcheur. Sans compter qu'elles sont souvent situées en plein soleil !



Place Royale à Nantes

## Miroirs d'eau

**Les miroirs d'eau sont des dispositifs qui entrent dans la catégorie des jeux d'eaux.**

Ce sont des dispositifs très coûteux en investissement et en fonctionnement (entretien et contrôle) avec une consommation importante en eau. Au-delà de la fonction de rafraîchissement très utilisée en été, mais qui n'a d'effet qu'à l'intérieur du dispositif, ils représentent aussi une fonction ludique pour le jeune public et un point de rencontres et d'attractivité touristique. Ils représentent un lieu d'animation et de mixité sociale plébiscité dès les premières chaleurs.



©Thomas Bernard

## Pataugeoires



©Nantes Métropole

Avec moins de 40 cm de profondeur, ces dispositifs sont néanmoins très consommateurs d'eau. Une vidange est nécessaire 2 fois par semaine (et plus, si nécessaire), en cas de pollution accidentelle). Une réflexion est en cours pour recycler l'eau des pataugeoires. Certaines fonctionnent en circuit fermé.

**Ces jeux d'eau, au nombre de 17 à Nantes, sont des bassins ouverts à la baignade accessibles gratuitement 7j/7 de juin à septembre.**

Les pataugeoires sont particulièrement appréciées par les familles, pour certaines captives de la ville lors des fortes chaleurs.

ÉTÉ 2023

### LES PATAUGEOIRES DE NANTES

17 pataugeoires et 3 aires de jeux d'eau ouvertes du 1<sup>er</sup> juin jusqu'à fin août.



ALL@NANTES 02 40 41 9000  
metropole.nantes.fr

©Nantes Métropole

## 2 – Dispositifs d'ombrage

Ces dispositifs ont pour vocation à améliorer le confort thermique sur des espaces publics à la fois très fréquentés et fortement exposés au soleil, et où la plantation d'arbres n'est pas possible (notamment du fait des réseaux souterrains) ou avec des sujets encore trop jeunes.

Ces mobiliers peuvent donc être installés de manière pérenne ou temporaire sur un site, tout en sachant qu'ils sont, de toute façon, installés temporairement sur l'espace public (très souvent de juin à septembre) pour répondre à l'enjeu d'ombrage sur la période estivale.



Toiles tendues dans le centre-ville d'une commune du Cher ©Guillaume Blanc

Les ombrières permettent à la fois d'améliorer fortement le confort thermique des usagers qu'elles protègent mais aussi de réduire l'échauffement des revêtements et le stockage de chaleur (plus ou moins important selon le(s) matériau(x) au sol) qui se trouvent aussi protégés du rayonnement solaire. Elles ont donc à la fois un impact à l'échelle de l'individu mais aussi à l'échelle du phénomène d'îlot de chaleur urbain (avec une plus faible restitution de chaleur la nuit).

La ville de Paris a mené une expérimentation en 2020 et a pu montrer un gain de 10 degrés entre la température des revêtements aux abords de l'ombrière et sous le mobilier.

Actuellement, sur le territoire de Nantes métropole, aucune ombrière n'a été installée ni testée. Des réflexions ont été lancées dans le cadre de projets d'aménagement. Restent ouvertes des questions sur la mise œuvre (pose, dépose, stockage notamment).

Ces dispositifs existent, néanmoins, dans de nombreuses villes en France, en particulier dans des centre-villes (artères commerciales, secteurs piétonniers), mais aussi dans des établissements publics ou à leurs abords (places), des cours d'école, des jardins, sur des pelouses très exposées, sur des aires de stationnement...

Les ombrières peuvent être des pergolas, des parasols, des voiles d'ombrages en matière perméable ou en mailles métalliques, des structures en bois, en métal, des préaux en toile tendue, ...



Ombrière-miroir géante à Marseille ©Ignacio Requena-Ruiz



Ombrière type pergola à Paris ©Mairie de Paris

### 3 – D'autres dispositifs aux impacts variables

D'autres dispositifs existants : les peintures qui réfléchissent le rayonnement infrarouge du soleil, des bancs « rafraîchissants » (circulation d'eau par un réseau de froid), des flaques d'eau, des structures végétalisées en bac,...

En annexe, un focus sur les mares et pièces d'eau.

Banc de sable

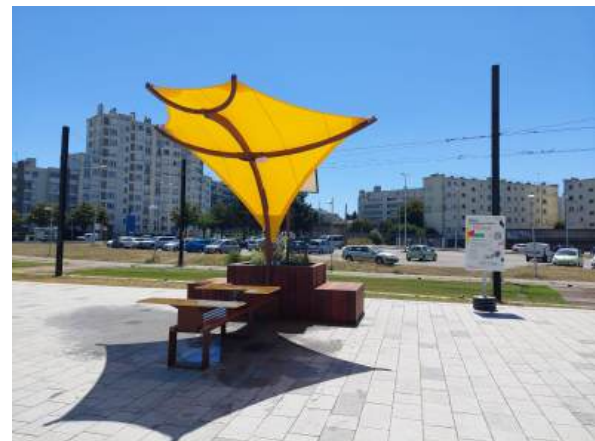


Format Raisin à Nantes ©QUB

Coasis à Rezé ©Spie Batignolles Vallia



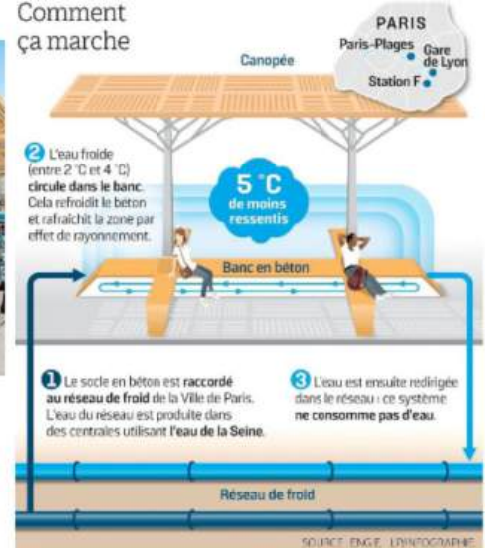
Climespace à Paris (Engie)



Banquise urbaine à Paris



Comment ça marche



# 5 – LES BONS REFLEXES TOUT AU LONG DU PROJET : quelles actions pour adapter l'aménagement aux fortes chaleurs ?

Les solutions favorables au rafraîchissement doivent être pensées le plus en amont possible, **sur la base d'un état des lieux ciblé préalable à l'établissement du programme.**

Pour rappel, **la combinaison prioritaire à déployer est celle appelée CESAR (combinaison eau-sol-arbre& végétation).** La combinaison de solutions à mettre en oeuvre est établie en fonction du site et de son environnement et répond aux enjeux propres au projet d'aménagement.



Cette frise chronologique, complétée ci-après :

-présente, dans un premier temps, les éléments-clés à prendre en compte

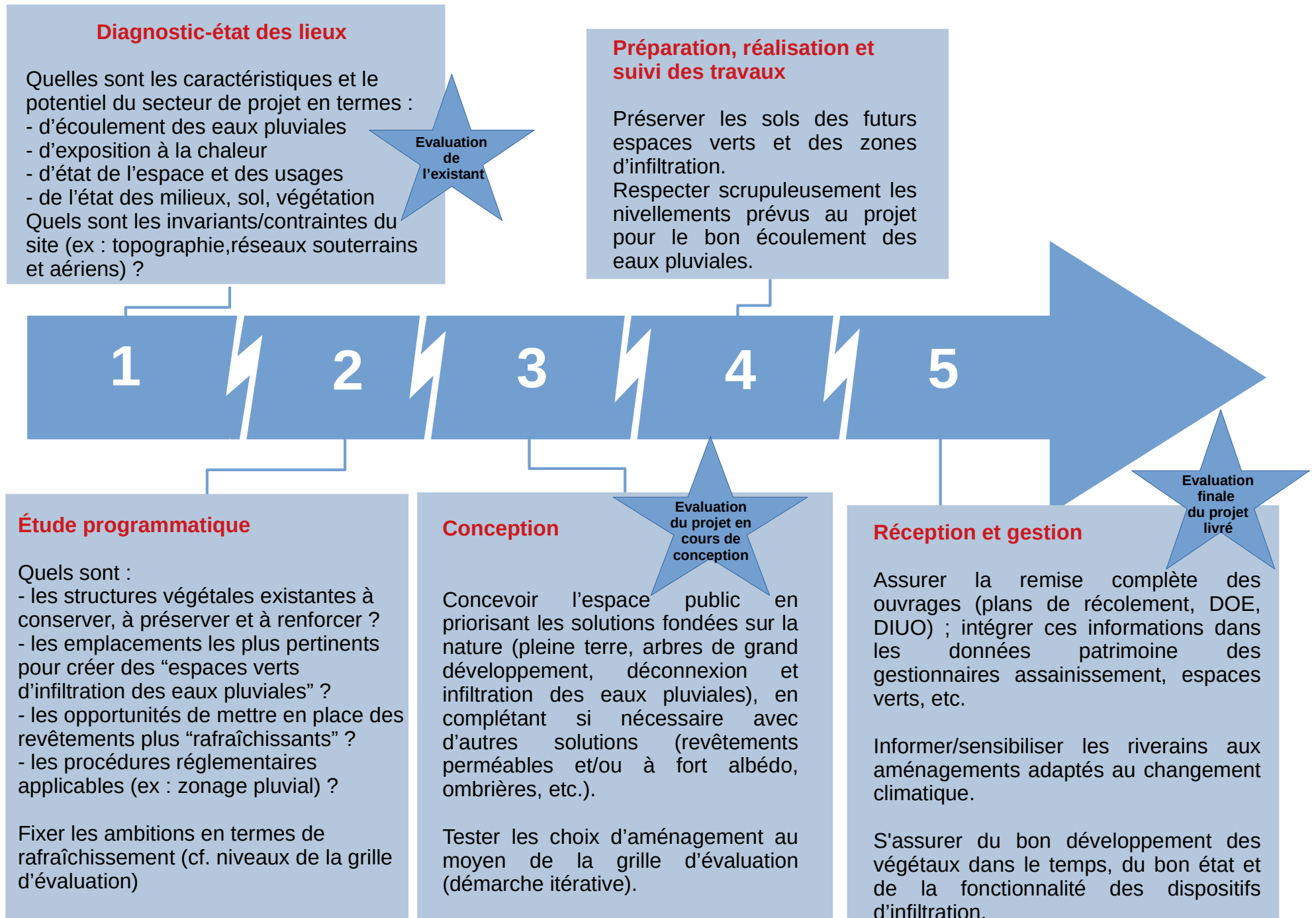
-détaille, dans un second temps, chaque étape pour donner de l'ambition à l'aménagement en termes d'adaptation aux fortes chaleurs et optimiser le confort thermique à l'échelle du piéton.

La grille d'évaluation (cf.chapitre 6 du Guide) est un support pour questionner et améliorer le projet en testant différentes solutions et choix d'aménagement. Les résultats peuvent être aussi un outil de valorisation du projet en réponse aux enjeux d'adaptation au changement climatique.

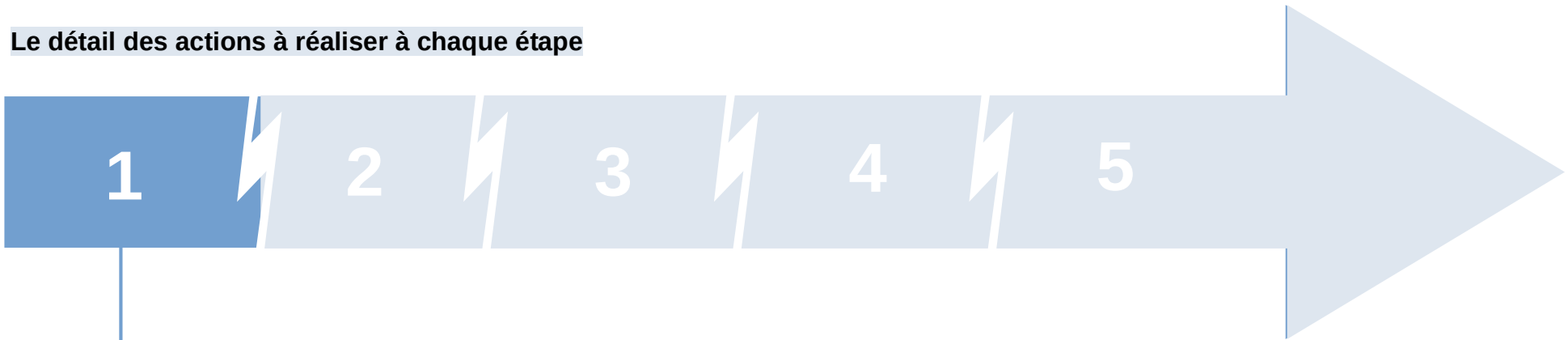
Cet outil de management de projet a vocation :

- à dresser l'état des lieux du site, à évaluer le potentiel du site existant en matière de rafraîchissement
- en phase programme, à fixer, par la maîtrise d'ouvrage, les niveaux d'ambition à atteindre sur chacun des indicateurs et donner ainsi le cap pour le travail à réaliser par la maîtrise d'oeuvre
- en phase itérative de conception du projet, à mesurer l'impact des solutions choisies au regard des objectifs fixés
- à la livraison du projet, à mettre en évidence le résultat obtenu au regard des ambitions sur le volet d'adaptation aux fortes chaleurs.

## Présentation des éléments-clés à considérer pour donner de l'ambition en termes de rafraîchissement



## Le détail des actions à réaliser à chaque étape



### Diagnostic - État des lieux

#### Caractéristiques du site et de ses abords :

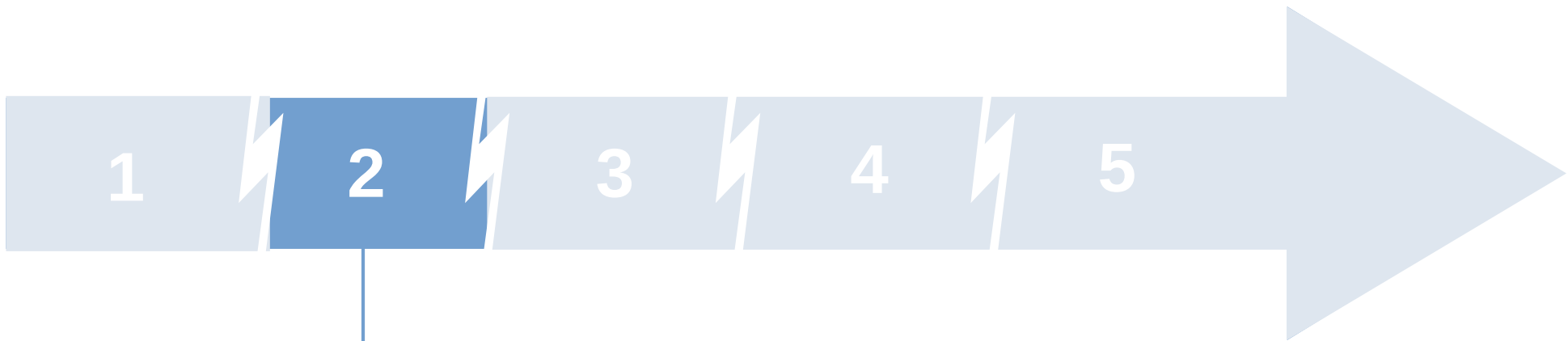
- enjeux micro-climatiques (îlot de chaleur, circulation des vents, morphologie urbaine, ombres portées)
- contraintes en termes d'usages (circulation, gabarit, pratiques sur l'espace public (repos, marche, sport, etc.))
- enjeux liés au paysage
- enjeux en termes de biodiversité (connexion écologique à maintenir/rétablir)
- faisabilité liée aux réseaux aériens ou enterrés
- potentialités des arbres et des structures végétales déjà présentes

#### Eaux pluviales :

- y-a-t-il des problématiques d'inondation sur site ou à l'aval?
  - quelles sont les prescriptions du zonage pluvial (infiltration et stockage des eaux) et du PLUm (risque inondation par ruissellement?)?
  - quel est le cheminement naturel de l'eau sur l'emprise du projet? D'où vient l'eau (surfaces voirie, toitures, gouttières, etc.) ?
- Où sont les points bas? Les exutoires (grilles, avaloirs, fossés etc) sont-ils suffisants et bien positionnés ?

#### Sols :

- quelles sont les caractéristiques pédologique, hydrogéologique et agronomique des sols? (voir expertise DNJ ou faire appel à un BE spécialisé si enjeu sur le site)



### Etude programmatique

\*Quels sont les objectifs du projet ? Quel niveau d'ambition en termes de fraîcheur, de plantation, d'infiltration des eaux pluviales ?

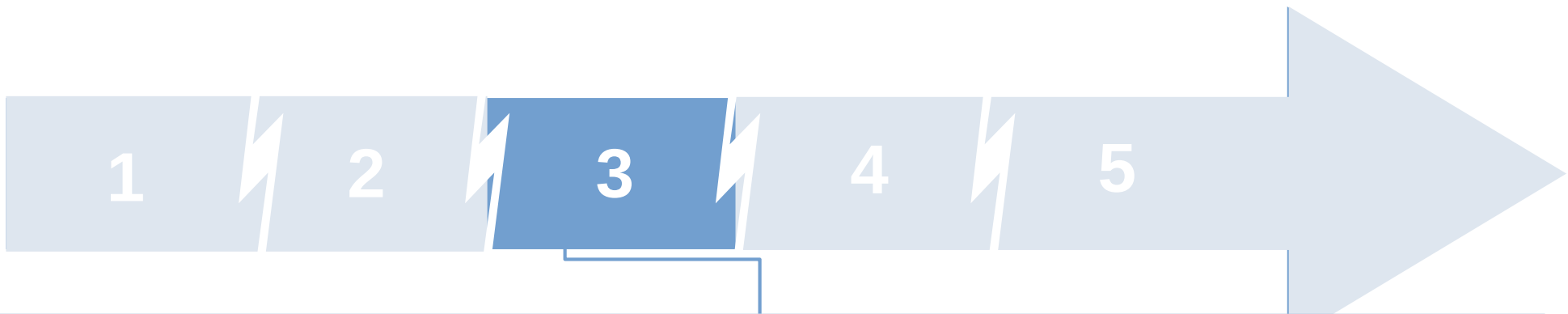
\*Quels sont les emplacements les plus pertinents pour créer des "espaces frais" (espaces de pleine terre végétalisés, espaces verts d'infiltration des eaux pluviales) ?

- Quels sont les obstacles souterrains à la plantation et la végétalisation ?
- Quels sont les points bas du site ?
- Quelles sont les caractéristiques des sols (perméabilité, pollution, fertilité, niveau de la nappe) aux points bas du projet (commander une étude géotechnique avec essais d'infiltration)
- Quel serait le ratio surface imperméabilisée/surface d'infiltration (ne pas dépasser 10 pour réduire les risques de colmatage et dysfonctionnement) ?

\*Quelles sont les éventuelles procédures réglementaires applicables (procédure loi sur l'eau et prescriptions du zonage pluvial applicables en fonction de la surface imperméabilisée, notamment) ?

\*Comment préserver et renforcer les structures végétales présentes, quelles propositions de structures végétales à planter : nature, superficie, rôles, effets attendus ?





## Conception

### Végétalisation

\*Quel choix pour les gammes et structures végétales ? À étudier en fonction :

- des conditions du site (ensoleillement, vents, type de sols, etc..)
- des essences végétales présentes naturellement
- des quantités d'eau apportées ou collectées. Végétation spécifique à prévoir en cas d'immersion temporaire de la végétation.
- des charges d'entretien induites : renouvellement (ex : plantes annuelles), taille des arbustes, arrosage (ex : gazon), fauche (ex : prairie), tonte (ex : gazon), taille des arbres (entretien, architecturée...)
- de la compatibilité avec les usages présents et futurs : gabarits (piétons, cyclistes, voitures, camions, bus, tramway, trains, couloirs aériens...), répartition de l'ombrage (ex : ombrager de préférence les zones de repos et de circulation piétonne), distances vis-à-vis des bâtiments et des émergences (feux tricolores, caméras de vidéo-surveillance, enseignes, candélabres), marchés de plein vent, fêtes foraines, manifestations populaires, rassemblement (ex : fan-zone)
- de la nécessité de contribuer à la trame verte et bleue (introduction d'au moins 50 % d'arbres et arbustes d'espèces indigènes, structures végétales à plusieurs strates, continuités et connexion) : nécessité de varier la palette végétale
- d'autres attentes (ex : arbres nourriciers, végétalisation participative, etc.
- des risques sanitaires (ex : Chalarose du frêne, chancre coloré du platane...)

\*Où placer les structures végétales sur le site pour un gain maxima en termes de confort thermique (penser l'ombrage vis-à-vis de la course du soleil et du bâti).

\*Quels dispositifs de protection des arbres et des formations végétales existants, des sols en place ?

\*Quel protocole de récupération puis réemploi des matériaux ?

\*Quelle préparation des sols ?

\*Quelle technique de plantation, quelle stratégie de développement de la canopée : régénération naturelle, semis, recépage, recrutement des drageons, plantations ?

### Gestion des eaux pluviales

\*De quelles surfaces veut-on collecter et infiltrer le ruissellement? Les espaces verts sont-ils projetés sur le cheminement de l'eau ?

\*Le ruissellement peut-il s'y écouler sans obstacle? (nivellement, pentes de voirie, caniveaux, obstacles : bordures, voliges etc)

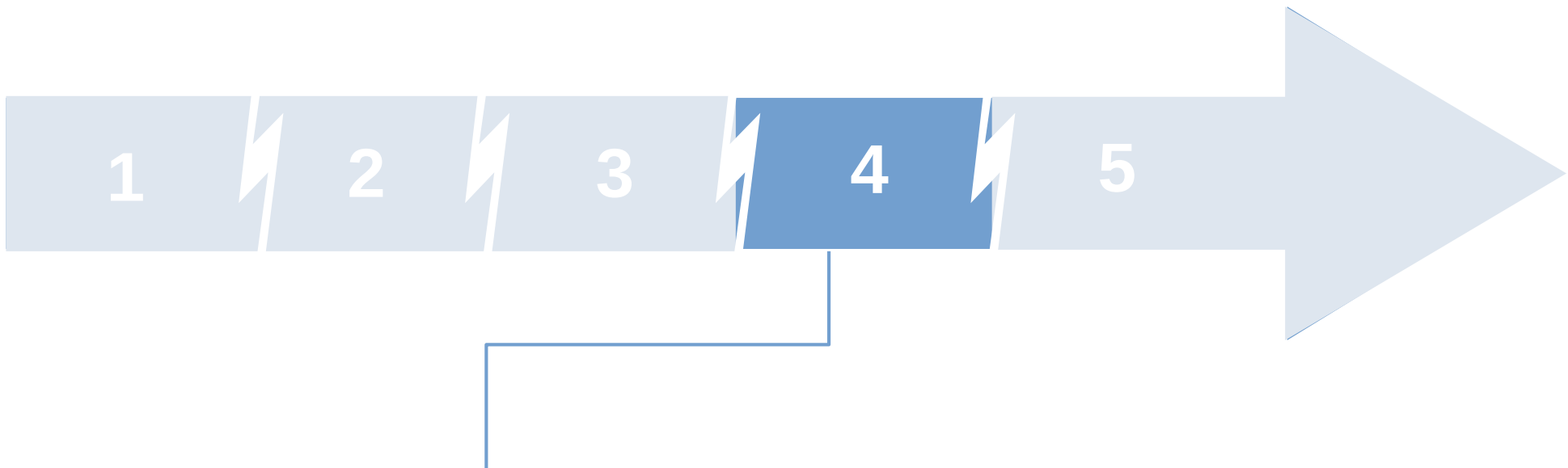
\*Comment les espaces d'infiltration sont-ils dimensionnés (arrivée d'eau, forme, profondeur, volume, profil en travers/long, type de surverse)? Le dimensionnement répond-il à l'ambition fixée (déconnexion de X % des surfaces imperméabilisées, avec infiltration de 6 ou 16 L/m<sup>2</sup> imperméabilisé)?

\*Quelle est la perméabilité du sol à l'emplacement exact des espaces infiltrant ? Prévoir un test de perméabilité type MATSUO pour évaluer la perméabilité du sol à l'emplacement exact des espaces infiltrants : le temps de vidange par infiltration sera-t-il acceptable (24-48h max) ?

\*En cas de débordement, où ira l'eau? Positionner les grilles/avaloirs à l'aval uniquement des espaces verts (pas en amont ni en fond) pour y infiltrer au maximum

### Revêtements :

\*Quel bilan des surfaces perméables/semi-perméables/imperméables AVANT et APRÈS aménagement projeté (calcul du coefficient de ruissellement) ?

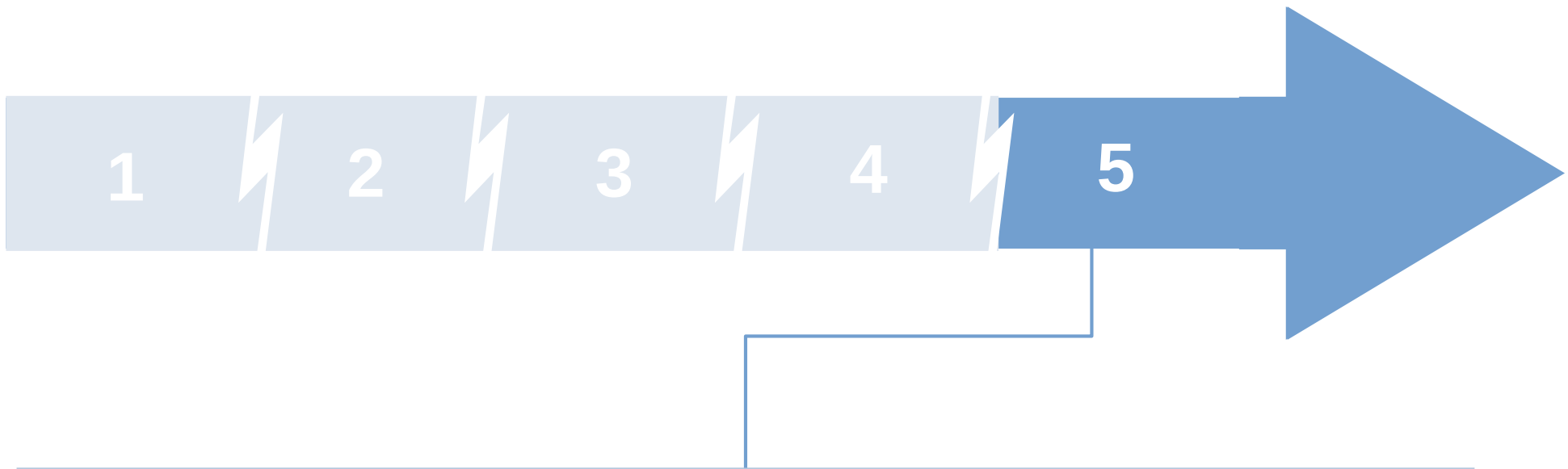


### Préparation, réalisation et suivi des travaux

- \* Demander, dans l'album photo en phase chantier, notamment les prises de vue des interfaces et mesures de protection racines/réseaux
- \* Vérifier tout particulièrement lors des visites de chantier les nivellements et pentes (en lien avec l'écoulement désiré des eaux pluviales)
- \* Pour conserver leur capacité d'infiltration : préserver les espaces verts d'infiltration vis à vis de l'accumulation de particules fines (réaliser l'ouvrage après le gros œuvre ou assurer une protection efficace) et empêcher la circulation des engins de chantier sur ces espaces, pour ne pas compacter les sols (prévoir une prestation de décolmatage si besoin en fin de chantier)
- \* Pour éviter le lessivage de la terre végétale : terrasser en fin d'été, engazonner / planter aussitôt après les terrassement, attendre que la végétation ait poussé avant de mettre les espaces verts en eau/en service, et éviter de mettre en service juste avant la saison la plus pluvieuse
- \* Pour éviter l'endommagement des ouvrages : prévoir des dispositifs de protection en phase chantier selon les besoins (par exemple : potelets empêchant de circuler dans l'emprise des ouvrages, débourbeur/déshuileur pour le piégeage des fines et graisses...)
- \* Prévoir et vérifier les dispositifs de protection des arbres et de la végétation en phase chantier  
Cf. Guide de protection des arbres en phase chantier de Nantes Métropole :  
[https://naonantes.nantesmetropole.fr/jcms/12604674\\_DBDocumentNaonantes/fr/pa-guide-protection](https://naonantes.nantesmetropole.fr/jcms/12604674_DBDocumentNaonantes/fr/pa-guide-protection)
- \* Adapter les périodes de plantations aux cycle des plantes



*Dispositif de protection d'une noue à installer dès la phase chantier (avec l'autorisation de AREA).*



### Réception et gestion

- \* Après réception, transmission du dossier d'ouvrage (DOE) et du Dossier d'Intervention Ulérieure sur l'Ouvrage (DIUO) au gestionnaire et intégration dans le SIG pour garder en mémoire les différentes fonctions (hydraulique notamment)
- \* Informer les riverains sur la fonction hydraulique des ouvrages (prévention et vigilance sur déchets, obstruction, intérêt du bon écoulement etc)
- \* S'assurer de la santé des végétaux, notamment en phase de confortement, lors des changements de saison et d'épisodes de sécheresse ou de fortes pluies et veiller au bon fonctionnement des dispositifs de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert. Préserver au maximum les espaces végétalisés des opérations de viabilité hivernale (limiter le salage des voies si les eaux ruissellent dans les espaces verts, privilégier le sablage).
- \* Ramasser et exporter les déchets, limiter les résidus de fauche et végétaux (feuilles, branches) pour ralentir l'envasement et le colmatage des ouvrages en creux.
- \* Vérifier les densités de plantations, gammes végétales, reprise de la végétation. S'assurer d'un entretien de la végétation adapté à la période de reprise des végétaux (arrosage, taille, etc.)

# 6 – ÉVALUER LE POTENTIEL DE RAFRAÎCHISSEMENT D'UN AMÉNAGEMENT

Au delà des éléments pédagogiques et des solutions opérationnelles à mettre en œuvre, ce guide a pour vocation aussi à mettre à disposition un outil d'évaluation des projets, sous l'angle du rafraîchissement, mobilisable dès les premières phases de travail, de l'état des lieux du site, puis au cours de la conception de l'aménagement jusqu'à la livraison.

## Objectifs :

→ Donner les moyens aux chef-fe-s de projets de qualifier l'état existant du site en termes de confort thermique, de fixer des objectifs sur les différents leviers du rafraîchissement, et d'évaluer leur projet d'aménagement tout au long du travail de conception. Cette évaluation permet aussi d'objectiver les choix réalisés, en comparant les données initiales (état existant) et les données en cours de conception :

\* suis-je en train de produire un îlot de fraîcheur potentiel ?

\* dans quelle mesure suis-je en train d'améliorer le confort thermique de l'espace, l'été ?

## Principe :

Les chef-fe-s de projets pourront évaluer l'aménagement par comparaison (avant/après ou entre scénarios d'aménagement) au travers :

\* d'une **carte d'identité** de l'aménagement (issue des indicateurs de la Revue de projet DEP) :

**% surfaces perméables sur la surface totale du projet**

**Nombres d'arbres plantés**

**Taux d'arbres sains préservés**

**% surface pleine terre**

**Indice de canopée**

\* d'un **graphique type radar suivant 6 indicateurs avec 4 niveaux d'ambition : très faible, faible, moyen, fort** :

A noter que le confort thermique d'un individu sur un espace donné est associé à une combinaison d'éléments : végétation, pleine terre, ombrage, présence de l'eau sur le site mais aussi assises et parcours à l'ombre. Aussi, l'évaluation ne peut se faire par un indicateur unique ou global et il est intéressant de pouvoir mesurer chacun des éléments concourant au potentiel de rafraîchissement pour rendre compte de la performance de l'aménagement.

### - Structures végétales

= évaluer le potentiel d'évapotranspiration et de limitation de l'échauffement notamment via la densité et la composition végétale

### - Coefficient de ruissellement

= évaluer la part de surfaces perméables et semi-perméables par rapport à la surface totale du projet

### - % de surface déconnectée du réseau d'eau

= évaluer la surface du projet dont le ruissellement (pour une pluie courante 6 à 16 mm) pourra intégralement être infiltrée dans des espaces verts totale du projet

### - Indice de canopée

= évaluer la surface ombragée produite par les arbres sur la surface totale du projet

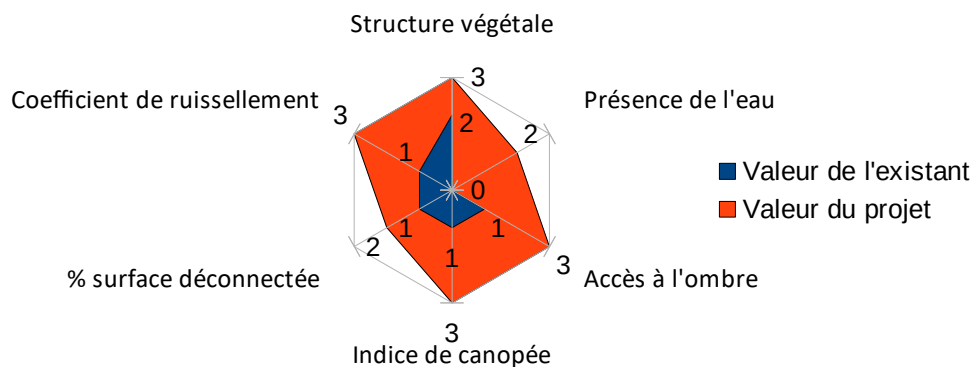
### - Accès à l'ombre

= évaluer la présence d'assises et/ou de parcours à l'ombre sur le périmètre du projet

### - Présence de l'eau

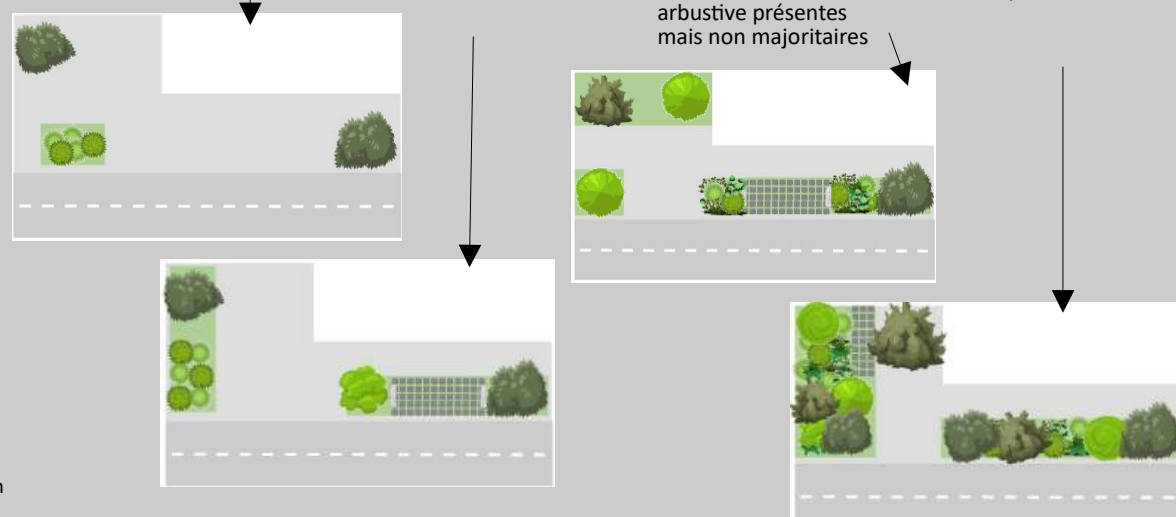
= évaluer la présence de dispositif type fontaine à boire ou brumisateur

## Exemple de rendu graphique entre état initial et projet



### AMBITION DU PROJET

Échelle de valeur :  
 0 - très faible  
 1 - faible  
 2 - moyen  
 3 - fort

Ambition	0 (très faible)	1 (faible)	2 (moyenne)	3 (forte)
<b>Structure végétale</b>  	Pas ou peu de végétation < 5 % de la surface  1 strate unique ou 2 strates non associées, espaces végétalisés non diversifiés, non continus	5 % < Surface végétalisée > 10 %  2 strates associées, espaces végétalisés peu diversifiés, pas nécessairement continus  Herbacées quelques vivaces et graminées Peu d'arbres et d'arbustes et arbres isolés	10 % < Surface végétalisée < 25 %  Présence des 3 strates, mais pas nécessairement associées  Espaces végétalisés assez diversifiés, pas toujours continus  Strates arborée et arbustive présentes mais non majoritaires	Présence des 3 strates associées sur une surface >25 % du projet  Espaces végétalisés le plus souvent continus, diversifiés  Strate arborée et arbustive denses, majoritaires sur le projet, arbres et arbustes existants préservés
<b>Coefficient de ruissellement</b> = désimperméabilisation (voir annexe pour l'aide au calcul)	0,8 < C	0,7 < C ≤ 0,8	0,5 < C ≤ 0,7	C ≤ 0,5
<b>% de la surface projet déconnectée du réseau d'eaux pluviales via infiltration dans des espaces végétalisés à ciel ouvert</b> déconnexion = → secteur unitaire = 6 L/m² imperméabilisé // → secteur séparatif = 16 L/m² imperméabilisé (voir annexe pour l'aide au calcul)	0 %	0 % < - ≤ 10 %	10 % < - ≤ 30 %	> 30 %
<b>Indice de canopée</b> (calcul à 20 ans à comparer avec l'existant – voir annexe pour l'aide au calcul)	Pas d'arbre	0 % < - ≤ 10 %	10 % < - ≤ 30 %	> 30 %
<b>Accès à l'ombre</b>	Pas d'assises à l'ombre	1 assise* à l'ombre en après-midi	Plusieurs assises* à l'ombre <b>ou</b> un parcours à l'ombre pour traverser l'aménagement en après-midi	Plusieurs assises* à l'ombre <b>et</b> au moins 1 parcours "frais" tout au long de la journée
<b>Présence de l'eau</b>	Pas de point d'eau	1 fontaine à boire à moins de 100m	1 fontaine à boire à moins de 50m	1 fontaine à boire à moins de 50m <b>et</b> 1 dispositif type pataugeoire brumisateur

\*avec accoudoirs pour faciliter l'usage et le confort de tou-te-s

**Merci aux partenaires extérieurs pour leurs relectures et conseils :**

Sophie HERPIN, Institut de Recherche des Sciences et Techniques de la Ville (IRSTV)

Marjorie MUSY, Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA)

Antoine LEMEE, Ville de Paris

Fabrice RODRIGUEZ, Université Gustave Eiffel

