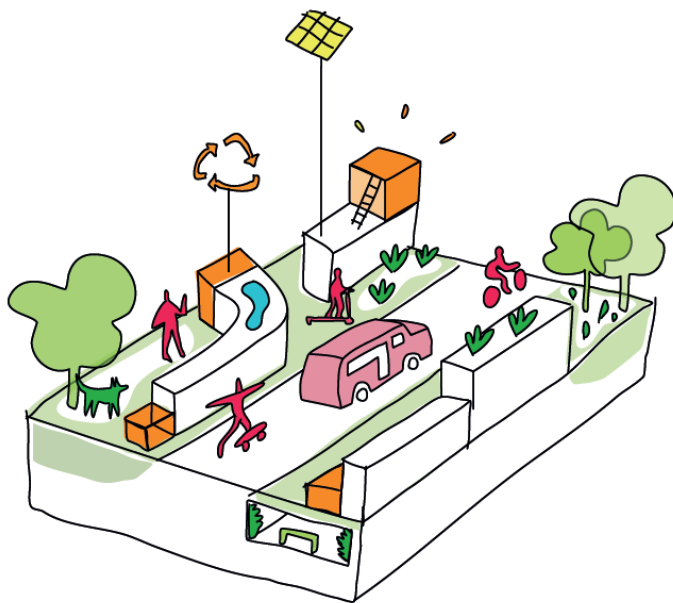


# ADAPTATION CLIMATIQUE ET PROJETS URBAINS



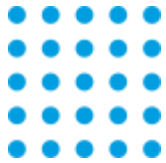
Walter Vetterli, directeur  
Service de l'environnement et des  
risques majeurs



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

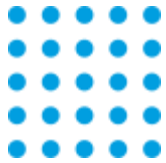
Département du territoire  
Office cantonal de l'environnement



# CONTEXTE

- **Démarches transversales portée** par plusieurs offices cantonaux (OU, OCEV, DDC, OCAN, OCEau)
- **Cadre stratégique**
- **> Plan climat – Fiche 4.5**
  - Analyser l'impacts des projets sous l'angle des ICU
  - Etablir des fiches de recommandations pour faciliter l'intégration de mesures
- **> Démarche COOL CITY, programme d'intégration des principes d'adaptation aux changements climatiques"**





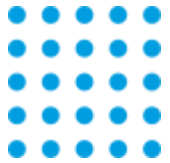
# OBJECTIFS DE LA PUBLICATION

- **Questions posées**

- Comment mieux intégrer les enjeux du microclimat urbain dans les projets ?
- Comment mieux expliquer / justifier les choix de projet au regard de l'objectif de lutte contre les ilots de chaleur urbain ?

- **Objectifs de la démarche**

- Développer les compétences des porteurs de projet au sein de l'Etat (volet connaissance) et à l'extérieur
- Fournir une méthode simple et un appui technique (volet méthode)



# MISE EN OEUVRE

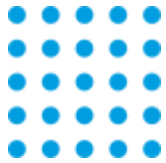
- **Temps 1** : élaborer et proposer une formation théorique de base permettant d'acquérir et de consolider un socle commun de connaissance avec un premier groupe d'une centaine de personnes

= > **Réalisé entre janvier et juillet 2023**



- **Temps 2** : élaborer un guide, manuel d'aide à la conception et à l'analyse des choix de projet

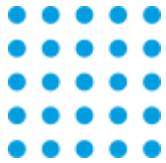
= > **Publié en juin 2024**



# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Objectifs

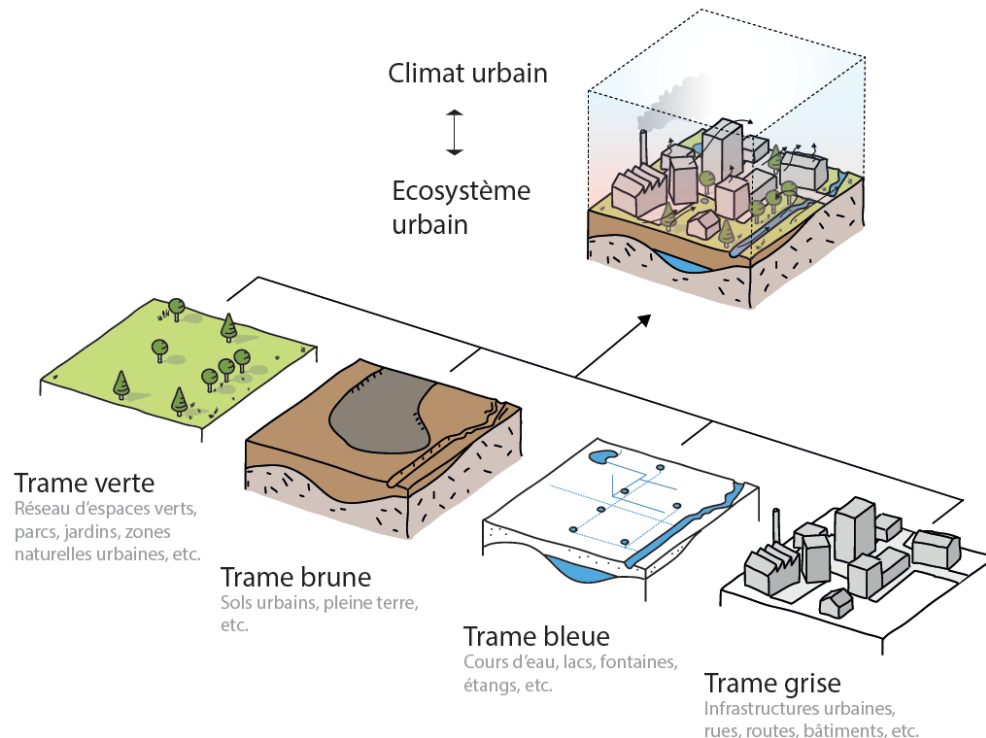
- **Favoriser la prise en compte des question d'adaptation au changement climatique**, le plus en amont possible, dans toutes les planifications de propre
- **Encourager à une réflexion contextualisée** à travers un catalogue de questions à se poser à chaque étape du projet
- **Proposer des leviers d'actions** à la bonne échelle pour les rendre plus efficients
- **Publics-cibles** : d'abord le personnel de l'Etat, puis un public plus larges; communes, mandataires pour favoriser la transmission et diffusion de connaissances (culture/réflexe ICU)

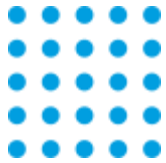


# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Structure

- **Organisé selon la ligne de vie d'un projet:** diagnostic, phase planification, phase projet
- Pour chaque phase, les leviers d'actions sont déclinés **selon les trames constitutives de l'environnement urbain**





# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Thèmes traités



### Phase planification

- Intégration par la création de sols vivants
- Intégration par l'arborisation
- Régénération et végétalisation des sols urbains
- Les étendues d'eau
- Gestion des eaux pluviales
- Adaptation par la morphologie urbaine
- Diminution des surfaces minérales et imperméables



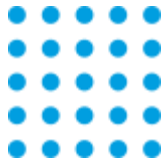
### Phase de projet : espace public

- Arborisation des espaces urbains
- Eaux d'agrément : fontaine, jeux d'eaux, bassin
- Matérialité et couleur des revêtements de sol
- Dispositifs d'ombrage



### Phase de projet : bâtiment

- Façades végétalisées
- Toitures végétalisées ou végétation sur dalle
- Gestion des eaux pluviales des bâtiments
- Matérialité des éléments construits
- Dispositifs architecturaux



# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Fiches pour chaque thèmes - structure

### Façades végétalisées

La végétalisation des façades peut se décliner sous différentes formes : pleine terre et jardinières avec plantes grimpantes et murs vivants. Chaque dispositif doit être adapté au contexte spécifique du projet car le type de façade végétalisée mis en place diffère en terme de consommation d'eau, d'entretien, d'apport en termes de biodiversité ainsi que d'effet climatique. Ceux-ci jouent un rôle climatique en ombrageant les façades d'appui, ce qui limite la charge thermique la journée, et en préservant des surfaces fraîches grâce à la consommation de chaleur par évapotranspiration des plantes. Ainsi, garantir les besoins physiologiques des plantes est fondamental pour assurer la durabilité et l'efficacité climatique des façades végétalisées.

#### LEVIERS D'ACTION

- Protection solaire façade sud ;
- Mur aveugle ;
- Type de végétalisation de façades : pleine terre et jardinière avec plantes grimpantes.

#### INFLUENCE CLIMATIQUE

- ☀ • Ombrage des façades, diminution de la charge thermique ;
- ☀ ☁ • Surfaces « fraîches » grâce à l'évapotranspiration pour autant que l'apport d'eau soit suffisant.

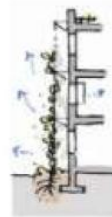


**Schéma 11**  
Effet de la façade végétalisée. La végétalisation permet d'ombrager la façade d'accroche, tandis que l'évapotranspiration de la plante permet de préserver une température de surface fraîche. (Source : ADÉME)



Plan Les-Quatres (Source : COORSA)



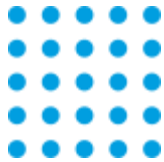
#### POINTS À CONSIDÉRER

- La façade végétalisée peut-elle enrichir les qualités paysagères et la biodiversité dans des environnements fortement minéralisés ?
- Le choix du type de façade végétalisée a-t-il tenu compte de la consommation d'eau et de l'entretien ?
- Les possibilités d'acheminement d'eau pluviale, soit par apport direct, soit par stockage-arrosage, ont-elles été prises en compte dans le choix de la situation et du type de façade végétalisée ?
- La situation de la façade, incluant son orientation et son environnement, est-elle propice à la végétalisation ?
- Les dispositifs architecturaux autres que la végétalisation de la façade sont-ils plus adaptés dans cette situation ? (voir 5.3 « Dispositifs architecturaux »)
- Les conditions d'entretien et les besoins physiologiques des plantes sont-ils assurés même en période de sécheresse ?



#### POINTS DE VIGILANCE

- **Choix des plantes**  
Les espèces indigènes (se référer à la liste officielle des espèces invasives de l'OFEV) doivent être privilégiées afin de favoriser la biodiversité.
- **Besoins des plantes**  
Les besoins physiologiques des plantes sont cruciaux dans la conception des façades végétalisées, influençant directement l'entretien et l'approvisionnement en eau. Une attention particulière à ces aspects dès le début du projet assure des conditions optimales pour la croissance et la durabilité des végétaux intégrés.
- **Gestion de l'eau et de l'entretien**  
Certains types de façades végétalisées nécessitent beaucoup d'eau et d'entretien. Il est crucial d'intégrer des solutions comme la récolte des eaux pluviales et des systèmes d'irrigation efficaces dès la conception du projet.
- **Pertinence de la végétalisation**  
Dans certains contextes, d'autres solutions architecturales peuvent être plus efficaces que la végétalisation pour réduire la charge thermique des surfaces. Une analyse approfondie des besoins physiologiques des plantes et des objectifs de la façade végétalisée (apport de biodiversité par exemple) doit être prise en compte pour choisir la meilleure approche, tenant compte de l'eau, du sol et de l'entretien.



# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Exemple planification

### PHASE DE PLANIFICATION

### Intégration par la création de sols vivants

Le sol est un facteur clé pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres. Poreux et hydraté, il pourra accueillir de la végétation, laquelle dépendra principalement des facteurs géographiques et climatiques. Le sol doit être **appréhendé** comme un espace tridimensionnel qui évolue dans le temps, un organisme autonome et une espèce parapluie qui permet à d'autres espèces, notamment végétales, de s'y installer et s'y développer. Les sols vivants existants et végétalisés doivent être protégés et maintenus ou au besoin reconstitués en milieu urbain, de manière à être en capacité de rafraîchir le milieu. L'approche la plus courante consiste à partir du besoin des arbres, puis **planifier** le sol qui permettra leur croissance. Une autre approche propose de planifier la revitalisation à large échelle des sols urbains, puis, après un temps d'observation, déterminer les arbres qui peuvent y être plantés.

#### LEVIERS D'ACTION

- Typologies de sols<sup>1</sup> :
  - espaces de pleine terre avec sols naturels vivants y c. sols pseudonaturels reconstitués ;
  - sols construits, anthropiques y c. technosols, sols artificiels ou restauration des sols dégradés ;
  - sols bruts scellés en totalité (par du ciment ou bitume) ou partiellement scellés (pavés).
- % surfaces sols naturels ou revitalisés existants (pleine terre, sols sur dalle) et projetés
- Aptitude du sol à réaliser l'ensemble de ses fonctions écologiques<sup>2</sup> (= qualité du sol).

#### INFLUENCE CLIMATIQUE

- ☀ ☾ • Absorption de l'énergie thermique par évaporation de l'eau ;
- ☀ ☾ • Inertie thermique du sol liée à sa teneur en eau.

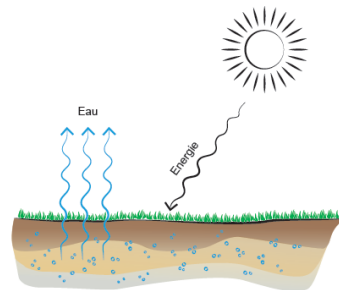


**Schéma 1**  
Effet climatique du sol. L'évaporation de l'eau utilise de l'énergie thermique. Un sol humide ralentit le réchauffement de l'environnement.  
(Source : Bastien Guex – GESDEC – 2024)



Sol technique en coupe – Stade des Cherpines (Crédit photo : B. Guex)



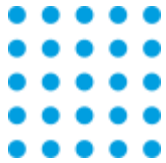
#### POINTS À CONSIDÉRER

- Le projet privilégie-t-il la préservation des sols présents sur le site ?
- Le projet conserve-t-il ou crée-t-il des espaces de pleine terre (taux de sols naturels ou pseudonaturels) ?
- Le projet revitalise-t-il des sols anthropiques dégradés ?
- La stratégie de création de sols naturels est-elle optimisée afin d'atténuer efficacement l'effet d'îlot de chaleur urbain ?
- Les besoins de surfaces portantes pour la mobilité (fonction support) et de surfaces meubles (fonctions écologiques du sol) ont-ils bien été évalués ?
- Le projet est-il basé sur un diagnostic pédologique et/ou géologique pour adapter ses objectifs à l'état existant ?
- Le projet a-t-il contrôlé le niveau de pollution du sol ou du terrain avant de proposer de nouveaux usages ?
- Le projet favorise-t-il la réutilisation des sols et des roches provenant du site ?



#### POINTS DE VIGILANCE

- **Saisonnalité des travaux sur les sols**  
Il faut intervenir sur les sols lorsqu'ils sont le moins fragile, c'est-à-dire ressués (l'eau a quitté les pores les plus gros pour ne rester que dans les plus petits). Les sols secs sont plus résistants au tassement. C'est pourquoi les travaux sur les sols doivent être planifiés entre le printemps et l'automne.
- **Une ressource naturelle non renouvelable**  
Les matériaux issus des sols ont nécessité plusieurs milliers d'années pour se constituer. C'est une ressource qui se raréfie localement et globalement. Un déficit cantonal en terre végétale provenant de la couche supérieure du sol (horizon A) est déjà constaté. A ce titre, la ressource sol doit être utilisée à bon escient. Par exemple, l'utilisation de terre végétale pour la constitution de mélanges terre-pierre qui serviront de fondation à des voiries ou de technosols n'est pas toujours nécessaire.
- **Porosité, la valeur clef**  
Le sol est constitué d'une fraction solide et de vides dans lesquels circulent l'air, l'eau et les racines. La compaction nécessaire aux surfaces pour la mobilité va à l'encontre de la porosité du sol, laquelle est fondamentale pour la réalisation de ses différentes fonctions écologiques.



# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Exemple espaces publics – eaux d'agrément

### LEVIERS D'ACTION

- Aménagement de l'espace public.

### INFLUENCE CLIMATIQUE

- ☀ ☁ • Effet de brumisation ;
- ☀ ☁ • Possibilité de contact avec l'eau pour les habitantes et habitants ;
- ☀ ☁ • Réflexion des températures fraîches du ciel.

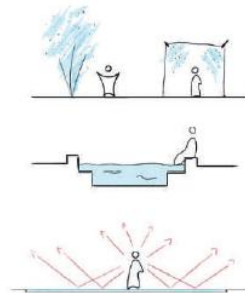


**Schéma 8**  
Les effets climatiques des aménagements liés à l'eau varient en fonction de leur forme, ce qui influence différemment le confort des usagers et usagères. (Source : ADEME, redessiné et modifié par LECEA-HEPIA, 2024)



Quartier de l'Étang – Vernier (Crédit photo : F. de Limoges)



### POINTS À CONSIDÉRER

- Est-ce que des fontaines fournissent de l'eau potable ?
- Les fontaines peuvent-elles être équipées de jets d'eau pulvérisateurs pour créer un effet de brumisation ?
- Peut-on envisager l'installation d'un dispositif de miroir d'eau dans les espaces dégagés et peu ombragés ?
- Peut-on envisager l'installation de jeux d'eau pour permettre à la population de se rafraîchir ?
- Est-il possible de concevoir un système de brumisation dans les zones les plus critiques en termes de confort climatique ?
- Est-ce que l'aménagement des plans d'eau offre la possibilité aux habitantes et habitants d'avoir un contact avec l'eau ?
- Est-ce que le projet permet de créer de nouveaux écosystèmes aquatiques, permanents ou temporaires ?
- Le projet est-il pensé en réfléchissant aux chemins de l'eau ?
- Les réflexions sur l'eau intègrent-elles celles sur la végétation et sur le sol (trityque Eau-Sol-Arbre/Végétation) ?



### POINTS DE VIGILANCE

- **Importance des jeux d'eau, fontaines et bassins**  
Les fontaines et petits bassins ont un impact climatique limité, mais ils contribuent au bien-être des habitantes et habitants par temps chaud, surtout s'ils offrent la possibilité de se baigner ou si leur eau est potable.
- **Aménagements d'eau de grande ampleur**  
Les aménagements d'eau de grande ampleur contribuent à réduire la température moyenne radiative à proximité en raison de la fraîcheur de leur surface.
- **Conditions pour les miroirs d'eau**  
Les dispositifs de miroir d'eau ont un effet rafraîchissant efficace uniquement dans un environnement dégagé, avec une grande partie du ciel visible. En l'absence de ces conditions, la surface d'eau peut refléter les façades des bâtiments, ayant des températures de surface bien supérieures à celle du ciel.

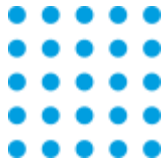


Gare de Chêne-Bourg (Crédit photo : S. Fruehauf)



Parc Aux-Folies – Bellevue (Crédit photo : Vimade)





# GUIDE METHODOLOGIQUE

## Diagnostic

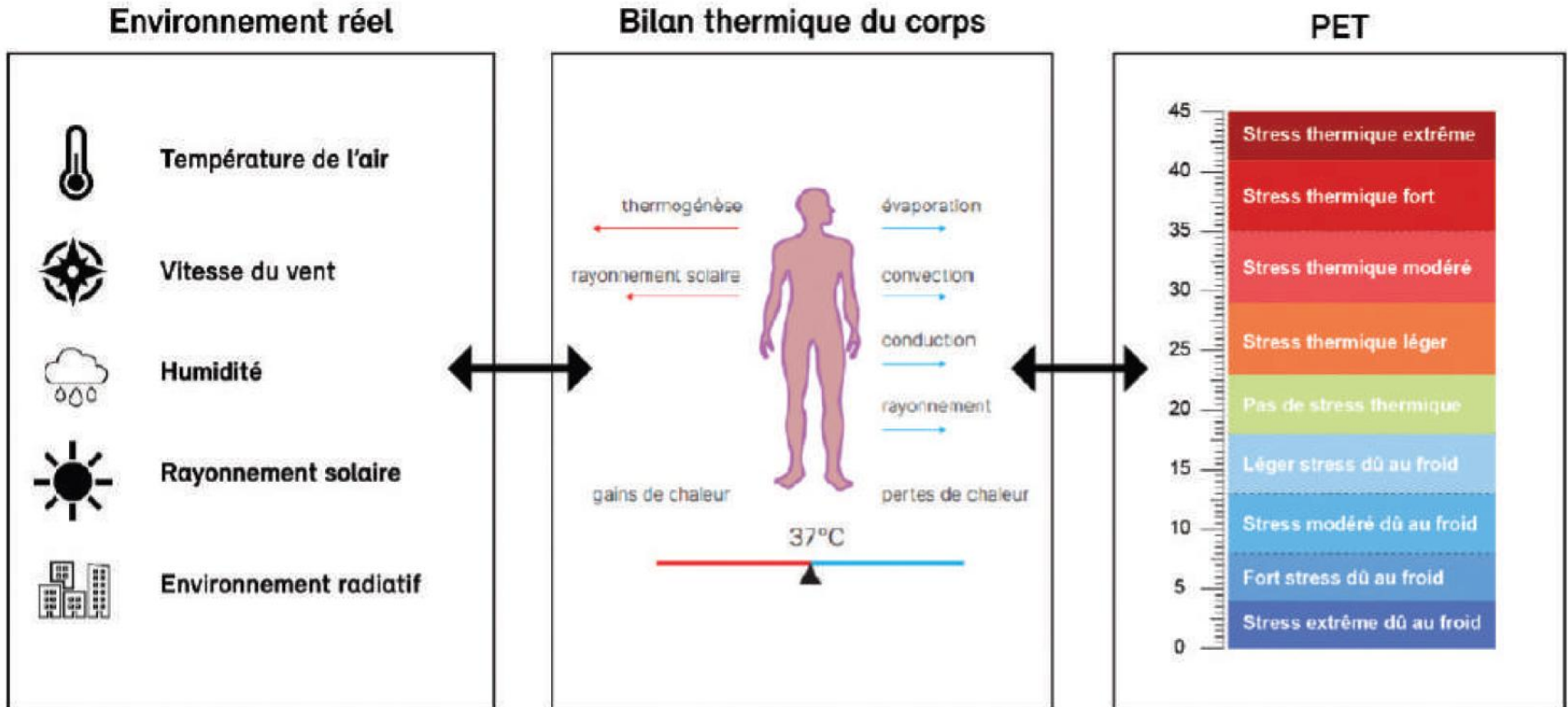




**Fig. 3**

Illustration du phénomène d'ICU

(Source : ADEME – Rafrâichir les villes, des solutions variées – 2021 – Illustration TRIBU)



P0

P1

P2

P3

### Cartes des paramètres climatiques actuels et futurs



- Carte diurne  
*Température réelle et température ressentie (PET)*



- Carte nocturne  
*Température réelle, îlot de chaleur, débit d'air froid, vitesse et direction du vent*

P0

P1

### Cartes d'analyse climatique nocturne



- Carte nocturne  
*Zones de processus et de génération d'air froid, zones d'impact et débit d'air froid des espaces de compensation, effet d'îlot de chaleur dans l'espace d'action, vitesse et direction du vent*

P1

### Cartes indicatives de planification



- Carte diurne  
*Situation bioclimatique des espaces d'action, importance bioclimatique des espaces de compensation*



- Carte nocturne  
*Zones de processus, de génération et d'impact de l'air froid, situation bioclimatique des espaces d'action, importance bioclimatique des espaces de compensation*

**Fig. 4**

Familles de cartes (voir Analyse climatique du canton de Genève, chapitre 6)

(Source : Analyse climatique du canton de Genève – Guide de l'utilisateur<sup>5</sup>)



[Adaptation climatique et projet urbain | ge.ch](https://www.ge.ch/docuemnt/adaptation-climatique-projet-urbain)

<https://www.ge.ch/docuemnt/adaptation-climatique-projet-urbain>

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION