

LARCB2295 Atelier TFE territoire [2026]

Université Catholique de Louvain

Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (Site de Bruxelles)

LA VILLE À CHAUD !

Bruxelles face aux îlots de chaleur urbains

Travail de fin d'étude dans l'obtention d'un master en architecture de

Victoria Vanechem

Co-promoteur.rice

Chiara Cavalieri

Pietro Manaresi

Co-promotrice experte

Maidier Llaguno-Munitxa

Abstract

Ce mémoire part d'un constat alarmant : sous l'effet du dérèglement climatique, les villes deviennent invivables en été, étouffées par le phénomène des îlots de chaleur urbains (ICU). Ce piège thermique, amplifié par la minéralisation des sols, la densité du bâti, l'absence de végétation et l'augmentation du nombre de vagues de chaleur (VDC), transforme l'espace public en fournaise et aggrave les inégalités sociales, frappant le plus durement ceux qui ne peuvent fuir la chaleur.

Ce travail se concentre sur Bruxelles et cherche à repenser l'espace public existant non bâti pour le rendre à nouveau respirable. La démarche s'appuie sur la métaphore de l'archipel empruntée à Ungers et Koolhaas et détournée, la ville est pensée comme un archipel thermique flottant en mer urbaine, dont les îles de chaleur doivent être transformées en îles de fraîcheur (refuges climatiques). En multipliant et reliant ces refuges, leur effet rafraîchissant se démultiplie à l'échelle du territoire. Le projet mobilise quatre ingrédients fondamentaux, l'eau, l'ombre, le vert et le vent, et les combine en objets architecturaux modulaires et réversibles.

Trois lieux-cibles bruxellois, une place, une rue et un espace résiduel servent de laboratoires pour démontrer comment ces interventions peuvent rafraîchir la ville tout en remplaçant le piéton et la nature au cœur de l'espace public.

Mots-clés

Îlot de chaleur urbain, Îlot de fraîcheur, Paysage urbain, Espace public, Changement climatique, Résilience urbaine, Dispositif, Abri, Végétalisation, Île

Fiche d'engagement du copromoteur·eur·rice-expert·e

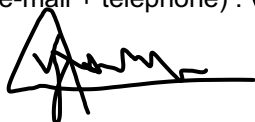
Identification de l'étudiant·e

Nom, prénom : VANEKEM Victoria

Sujet du travail théorique (titre provisoire) : Îlots de chaleur urbain

Coordonnées (e-mail + téléphone) : victoria.vanekem@student.uclouvain.be 0472 96 36 33

Signature :



Identification du·de la copromoteur·eur·rice-expert·e

Nom, prénom : LLAGUNO Maider

Coordonnée (e-mail + téléphone) : maider.llaguno@uclouvain.be

Institution : LOCI/LAB UCLouvain

Titre / fonction : Associate professor

Domaine de compétence : Architecture et Climat

Engagement

Je confirme avoir pris connaissance de la note résumant le déroulement du travail de fin d'étude *en et sur* l'architecture du master en architecture et l'UCLouvain, site de Saint-Gilles.

Je confirme ma disponibilité à agir en tant que copromoteur·rice-expert·e pour l'étudiant·e identifiée ci-dessus.

Fait à Bruxelles

Le 27-11-2025

Signature :



TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES *EN ET SUR* L'ARCHITECTURE [LBARC2200]

DECLARATION DE DEONTOLOGIE à intégrer aux documents du TFÉ

Considérant que le plagiat est une faute inacceptable sur les plans juridique, éthique et intellectuel ;

Reconnaissant que le Règlement Général des Etudes et Examens de l'UCLouvain précise la notion de plagiat et décrit les procédures et sanctions liées à sa pratique : <https://uclouvain.be/fr/etudier/reglement-general-des-etudes-et-des-examens.html>

Notant que les étudiant·e·s sont sensibilisé·e·s aux questions d'intégrité intellectuelle durant leur parcours académique et que le site web de l'UCLouvain met à disposition des ressources spécifiques sur le sujet : <https://uclouvain.be/fr/etudier/lutter-contre-le-plagiat.html>

Je déclare sur l'honneur que ce travail de fin d'étude a été écrit et dessiné de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (dessins, maquettes, idées, phrases, graphes, tableaux, ...) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

Notant qu'un travail universitaire est le fait d'une production personnelle, réflexive et critique, je déclare en outre avoir fait l'usage suivant des outils d'intelligence artificielle de type agent conversationnel et/ou de production graphique :

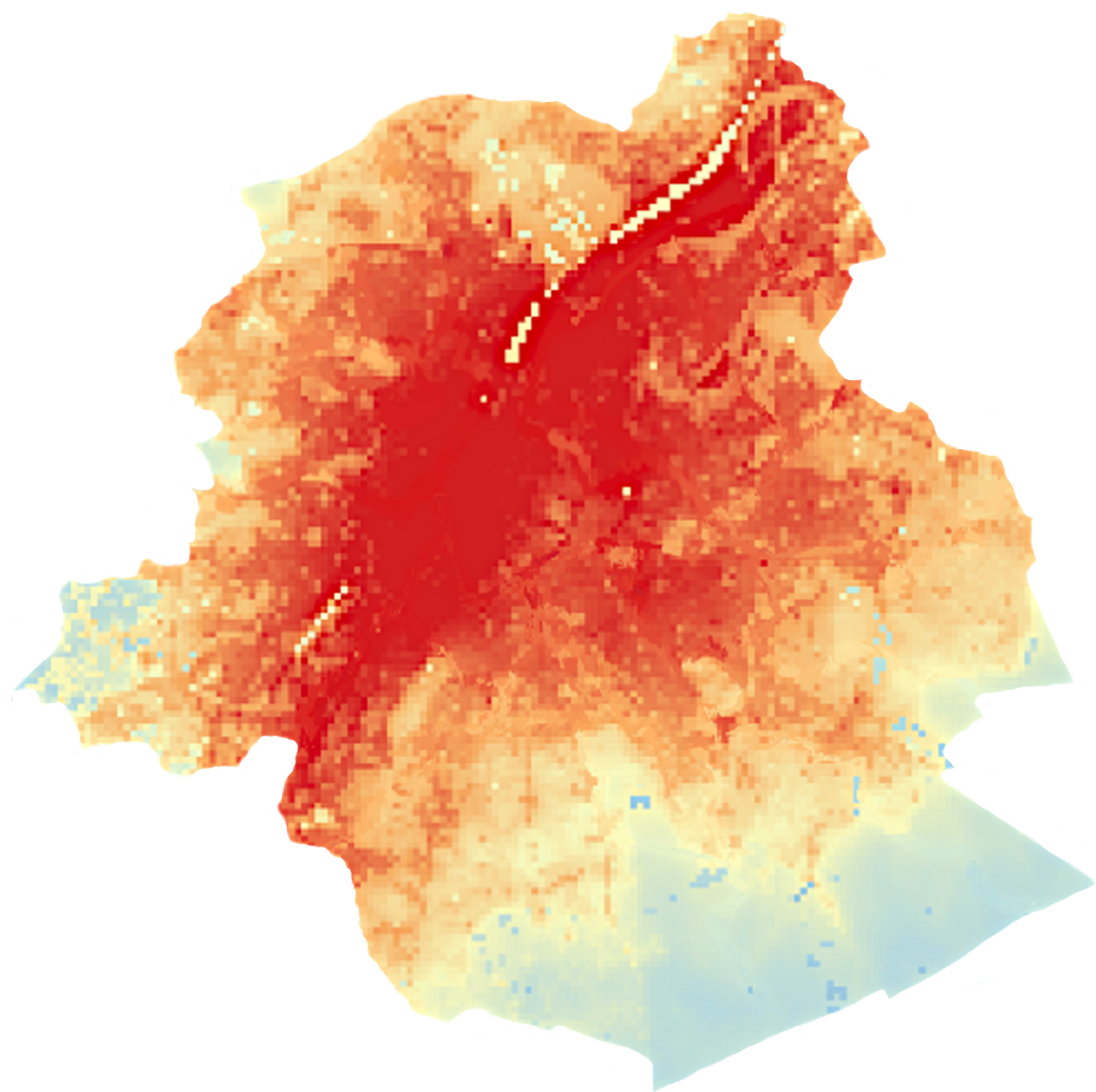
	Oui	Non
J'ai utilisé l'IA	X	
J'ai utilisé l'IA pour produire/retravailler des images, auquel cas une mention explicite est indiquée en légende desdites images ;		X
J'ai utilisé l'IA pour retravailler/traduire mon texte, auquel cas une mention explicite est indiquée en préambule ;	X	
J'ai utilisé l'IA pour récolter/compiler des données, auquel cas une mention explicite des requêtes formulées et des réponses reçues de l'IA est indiquée dans la section présentant la méthode de recherche ;		X
J'ai utilisé l'IA pour synthétiser/analyser de l'information, auquel cas la réponse produite par l'IA est utilisée comme source secondaire faisant l'objet d'une analyse critique personnelle explicite, impliquant que je reconnais comme miens les éléments présentés dans le travail et prends toute responsabilité à leur égard.		X

Fait à Bruxelles

Le 01.06.2026

Signature de l'étudiant·e





LA VILLE À CHAUD !

Bruxelles face aux îlots de chaleur urbains

· Victoria Vanechem ·





LA VILLE À CHAUD !

Bruxelles face aux îlots de chaleur urbains

LARCB 2295 Atelier TFE territoire

Travail de fin d'étude de
Victoria Vanekem

Co-promoteurs
Chiara Cavalieri
Pietro Manaresi

Co-promoteur expert
Maider Llaguno-Munitxa

Université Catholique de Louvain
Faculté d'architecture, d'ingénierie
architecturale, d'urbanisme
(Site de Bruxelles)

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier ma co-promotrice experte Maider Llaguno-Munitxa pour son expertise, son temps et son aide précieuse sans quoi, ce travail ne serait pas le même.

Je souhaite également adresser ma reconnaissance à mes co-promoteurs Chiara Cavaliere et Pietro Manaresi pour m'avoir suivie, épaulée et rassurée lorsqu'il était nécessaire. Merci pour votre écoute et vos retours constructifs tout au long de ce travail.

J'ai aussi une pensée chaleureuse pour mon entourage, ma famille, mes amis, je vous remercie profondément de m'avoir soutenue durant l'élaboration de ce travail mais aussi durant ces cinq années d'études.

Merci d'avoir été présents lors de ma deuxième année de bachelier, de m'avoir redonné confiance en moi et de m'avoir fait ressentir que j'étais entourée par les bonnes personnes.

À mes amis, merci, de m'avoir encouragée coûte que coûte sans toujours comprendre pourquoi j'étais si stressée par un jury à venir.

À mes amis architectes, merci pour ces années et pour l'entraide qui avec vous, a un goût différent. Nos moments de vie entre plans, maquettes et quelques verres sont si précieux à mes yeux.

À mes colocs, merci pour ces moments de rire intense alors même que c'était la crise en plein milieu de la nuit. Ces moments resteront gravés dans ma tête.

À Maman et Papa, merci de m'avoir soutenue dans les moments compliqués et d'avoir toujours répondu présents quand il le fallait.
Maman merci pour ton oreille attentive.

Table des matières

1.	<i>On étouffe</i>	10
1.1.	Le climat planétaire	
1.2.	Le climat urbain	
1.3.	Projection future	
1.4.	Les derniers étés	
1.5.	Les étés de demain	
2.	<i>Méthodologie</i>	26
3.	<i>Les îlots de chaleur urbains</i>	30
3.1.	Un îlot de chaleur urbain, qu'est-ce que c'est ?	
3.2.	Surchauffe urbaine	
3.3.	Facteurs	
3.4.	Impacts et conséquences	
4.	<i>Ressenti de la chaleur</i>	54
4.1.	Confort thermique	
4.2.	Refuge climatique	
5.	<i>L'archipel thermique</i>	64
5.1.	La ville comme un archipel	
5.3.	L'archipel thermique bruxellois	

6.	<i>Comment rafraîchir le ville ?</i>	76
6.1.	Une posture	
6.2.	Des lieux-cibles	
6.3.	Des solutions	
6.4.	Des ingrédients	
6.5.	Des actions	
6.6.	Des lieux-cibles	
7.	<i>L'archipel frais bruxellois</i>	122
7.1.	Vers une ville fraîche	
7.2.	Un archipel	
7.3.	Des îles	
8.	<i>Repenser la ville respirable pour un archipel habitable</i>	140
9.	<i>Annexes</i>	145
	<i>Bibliographie/iconographie</i>	148

1 On étouffe

1.1 Le climat planétaire

1.2 le climat urbain

1.2.1 Chaleur estivale

1.2.2 Vague de chaleur

1.2.3 Canicule

1.2.4 Îlots de chaleur urbains

1.3 Projection future

1.4 Les derniers étés

1.5 Les étés de demain



ON ÉTOUFFE

La ville a chaud et elle en a marre

Le bitume à 40 °C. Les nuits sans sommeil. Les enfants qui jouent sous des jets d'eau improvisés. Les fenêtres qui restent fermées pour empêcher le moindre filet de chaleur de rentrer.

Il n'y a nulle part où respirer.

C'est le visage du dérèglement climatique, non pas dans un futur lointain, mais aujourd'hui, dans nos rues, dans nos quartiers, dans nos villes qui brûlent en silence.

Les étés s'allongent et s'alourdissent. Ce qui était exception devient norme et ce qui était inconfort devient souffrance. Ce phénomène d'ordre planétaire est démultiplié en milieu urbain, là où l'on manque d'air, là où l'on étouffe.

Car la ville dans tout cela ne subit pas seulement le réchauffement climatique, elle l'amplifie. Le béton retient, l'asphalte accumule, la pierre rayonne. Entre densité et absence de végétation, chaque surface, chaque angle, chaque choix urbain renvoie sa chaleur vers celui qui marche et se retourne contre ses habitants sous la forme d'un phénomène encore trop peu connu du public ; les îlots de chaleur urbains (ICU). Un piège thermique aussi invisible qu'implacable qui transforme l'espace public en fournaise et l'été en épreuve de survie.

Ce mémoire part d'un constat simple, tout le monde ne peut pas fuir. Pas de résidence secondaire, pas de vacances à la mer, pour certains, la ville est l'unique horizon de l'été, subi et enduré.

C'est pour eux que ce travail cherche à repenser l'espace public existant afin d'améliorer la situation actuelle, mais surtout pour que la ville (re)devienne un endroit respirable, même au milieu de l'été.

Il n'essaye pas de réparer les erreurs du passé, mais tend à proposer une solution pour faire face à une situation qui s'aggrave année après année et tente d'apporter un peu de confort au milieu de ces canicules à répétition.

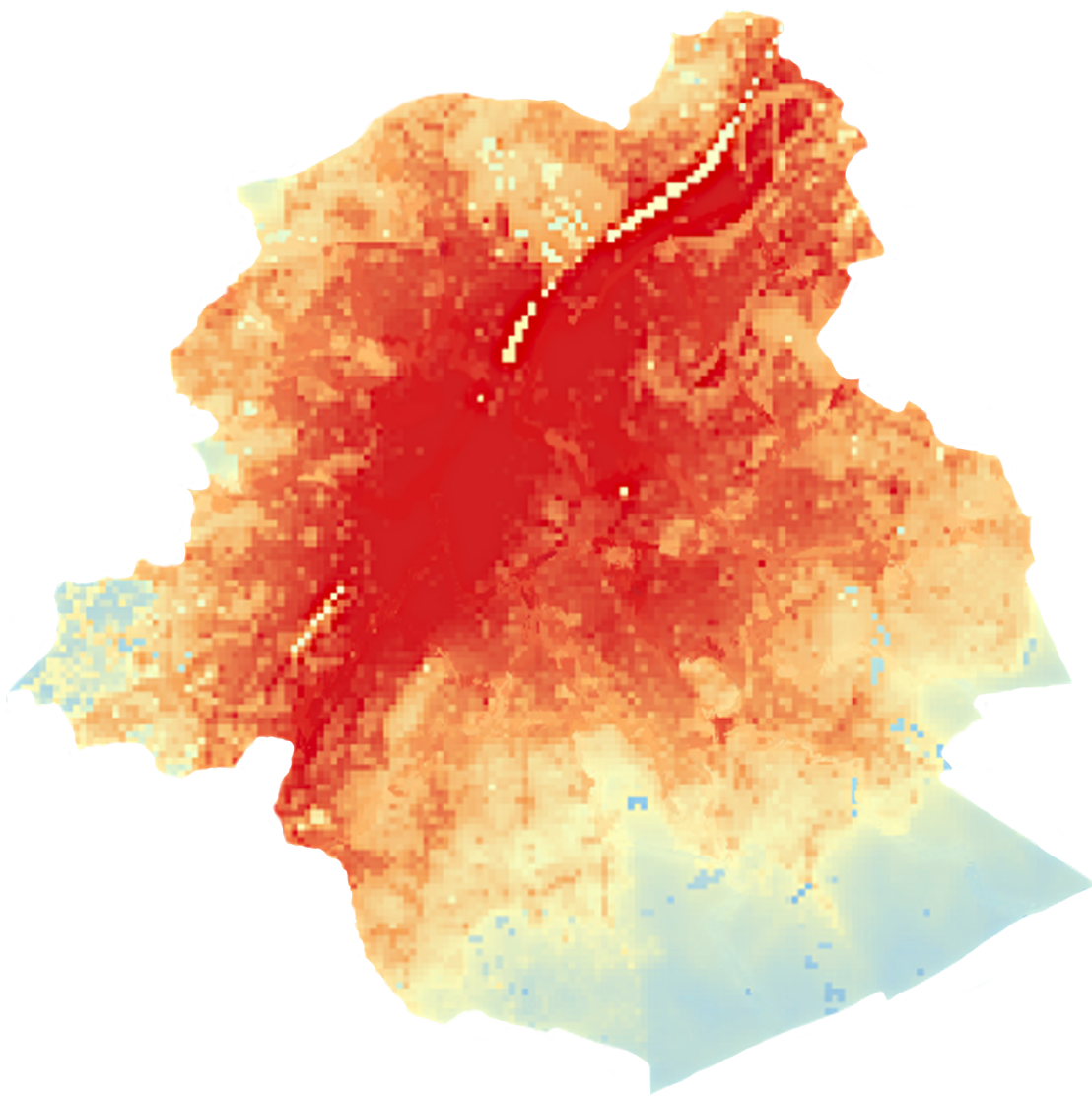


Fig.1 : Cartographie des îlots de chaleur dans la Région de Bruxelles-Capitale

1.1. Le climat planétaire

Le dérèglement climatique est un phénomène d'échelle planétaire, il touche tous les milieux, mais en impacte plus certains que d'autres selon leur géographie, leur densité et leur tissu social.

À l'échelle mondiale, on observe une hausse des températures moyennes depuis l'ère préindustrielle (1750-1850) mais l'accélération du réchauffement climatique s'accroît depuis les années 1980. Et chacune des quatre dernières décennies s'est révélée plus chaude que toutes celles qui les ont précédées depuis 1850. Cela n'a rien à voir avec une coïncidence, plus d'un siècle de combustion de combustibles fossiles et d'utilisation non durable de l'énergie sont passés par là, entraînant un réchauffement de la planète de 1,1 °C par rapport à l'ère préindustrielle¹. Ce chiffre peut paraître anodin pourtant il cache une réalité sombre. Si l'on continue sur cette voie-là, nous aurons dépassé le seuil de 1,5 °C de réchauffement d'ici à 2030 et la courbe des hausses de températures ne fera qu'augmenter exponentiellement^{2 3}.

Cette hausse globale a une source principale ; l'émission de gaz à effets de serre. Ces gaz proviennent de la combustion d'énergies fossiles en constante demande par l'homme qui libère des quantités colossales de CO₂ dans l'atmosphère et renforce le phénomène tout à fait normal d'effet de serre jusqu'à en devenir néfaste⁴.

Si on veut changer la tournure que le futur est en train de prendre, il faut agir maintenant, mais la fenêtre pour contenir ce réchauffement se referme à grande vitesse.

1.2. Le climat urbain

Le réchauffement n'est pas uniforme, il frappe plus fort certaines zones, certains écosystèmes et certains milieux de vie, parmi lesquels on retrouve le milieu urbain. Ce qui se passe en ville n'est pas un accident local, mais la manifestation la plus immédiate et la plus incarnée d'une crise globale. La réalité du réchauffement climatique, c'est la ville qui le vit fort et bien au quotidien. La ville n'est pas une victime passive qui subit simplement le dérèglement, elle l'amplifie.

1 news.un.org (2023). Climat : le GIEC publie son dernier guide de survie pour la planète. [consulté le 01.06.26]

2 Service des données et études statistiques SDES (2025). DataLab : Chiffres clés du climat France, Europe, Monde.

3 Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

4 Climat.be. Changement climatique. Les causes. [consulté le 21.04.25]

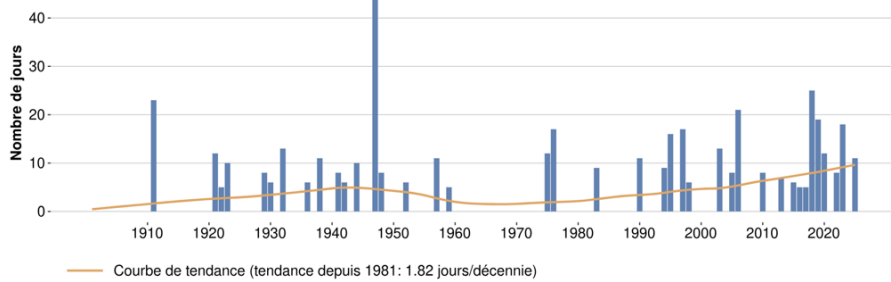


Fig.2 : Durée totale annuelle de vagues de chaleur à Uccle de 1901 à 2025.

Il y a plusieurs distinctions à faire concernant les événements ponctuels d'augmentation de température. Ils sont aussi bien présents en milieu urbain que rural pour autant leur effet se fait ressentir de manière exponentielle dans les villes. C'est pour cela que le chapitre ne traitera ces événements que dans le milieu urbain.

Avant d'aborder ces phénomènes en détail, il convient d'en préciser le cadre d'analyse. La chaleur estivale comme les épisodes de chaleur extrêmes (vagues de chaleur et canicules) ne sont pas l'apanage des villes. Ils se manifestent indifféremment en milieu urbain comme rural. Cependant, leurs effets sont considérablement amplifiés en raison de la morphologie urbaine et de ses caractéristiques propres. C'est pourquoi ce chapitre n'aborde les mécanismes et les conséquences que de l'échelle urbaine, là où leur impact sur les habitants est le plus direct et sévère.

1.2.1. Chaleur estivale

La chaleur estivale désigne l'élévation naturelle des températures plus élevée en été qu'en hiver. Elle résulte de l'inclinaison de la Terre sur son axe qui expose un hémisphère à un ensoleillement plus direct et plus prolongé durant quelques mois. L'énergie solaire reçue du soleil est plus intense ce qui réchauffe l'atmosphère.

Il s'agit d'un rythme saisonnier ordinaire en opposition aux épisodes de chaleur extrêmes qui correspondent à des dépassements anormaux des températures habituelles de saison⁵.

1.2.2 Vague de chaleur (VDC)

Les vagues de chaleur (VDC), contrairement à la chaleur estivale, sont des phénomènes météorologiques de températures anormalement élevées qui s'étendent sur l'ensemble d'un territoire. Ce sont des événements estivaux limités ponctuellement dans le temps⁶.

« En climatologie, on parle de vague de chaleur lorsqu'une température de plus de 25 °C persiste pendant au moins 5 jours de suite, dont au moins 3 jours avec 30 °C ou plus. »⁷

1.2.3. Canicule

Une canicule désigne un épisode de chaleur intense et persistant caractérisé par des températures anormalement élevées de jour comme de nuit sur une période prolongée d'au moins 3 jours consécutifs⁸. C'est cette continuité nocturne qui la distingue d'une simple journée chaude. On appelle ces nuits des nuits tropicales.

5 Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

6 Perspective.brussels (2023). Vagues de chaleur à Uccle entre 1901 et 2023 : les années 2010 et 2020 affichent des records ... [consulté le 21.04.26]

7 Institut Royal Météorologique IRM. Phénomènes particuliers : quelles sont les conditions d'une vague de chaleur ? [consulté 31.03.26]

8 Météo France. Canicule, pic ou vague de chaleur ? [consulté le 03.09.2020]



Fig. 3 : Température annuelles moyennes de la Belgique de 1901 à 2024.

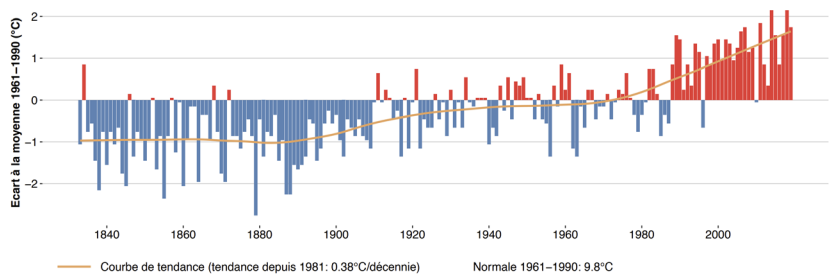


Fig. 4 : Températures moyennes annuelle à Bruxelles - Uccle de 1833 à 2019.

Lorsque la température ne redescend plus suffisamment la nuit, l'humain n'a plus le temps de récupérer et réguler sa température thermique ce qui entraîne une fatigue pouvant devenir dangereuse. Mais ces nuits chaudes continues empêchent également la récupération thermique des villes et le cercle vicieux est enclenché.

Cette rupture prolongée par rapport aux conditions thermiques habituelles de saison peut constituer un risque sanitaire réel.

1.2.4. Îlots de chaleur urbains (ICU)

Les îlots de chaleur urbains (ICU) constituent le phénomène thermique le plus marqué qui distingue la ville d'un environnement rural. Il se manifeste par un écart de températures significatif entre le centre urbain, les zones périurbaines et le milieu rural avoisinant. Ce phénomène n'est pas le fruit du hasard, il est la conséquence directe des choix d'aménagement urbain et de matériaux⁹.

Ce phénomène microclimatique n'est pas seulement une préoccupation météorologique, il a des répercussions profondes sur la manière dont les habitants vivent et habitent la ville, il influence le rapport social à la ville et renforce les inégalités sociales présentes. Lorsque les rues deviennent trop chaudes pour en profiter, c'est tout le lien social qui s'effondre et qui va se cacher au frais. La ville perd sa fonction de lieu de rencontre et de collectivité. Cette expérience n'est pas vécue par tous de la même manière, les ICU aggravent les inégalités présentes en ville. Les quartiers les plus touchés par les ICU, les plus minéralisés et les moins végétalisés sont souvent les plus défavorisés socialement. Là où les logements sont petits, mal isolés et ne possèdent pas de jardin. Mais là aussi où on n'a pas les moyens de fuir la chaleur. Ce phénomène transforme la chaleur en une épreuve supplémentaire¹⁰.

1.3. Projection

L'exception finit par devenir la norme. Les étés sont de plus en plus chauds et de moins en moins supportables et on finit par banaliser le dérèglement climatique comme si les températures subies étaient des normales de saison.

On finit par ne plus faire la différence entre la chaleur estivale, une vague de chaleur et la canicule.

À Bruxelles, par exemple, les chiffres parlent d'eux-mêmes. Depuis 1981, on compte deux jours d'été (température supérieure à 25

9 Institut d'aménagement et d'urbanisme (2010). Les îlots de chaleur : Répertoire de fiches connaissance.

10 Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

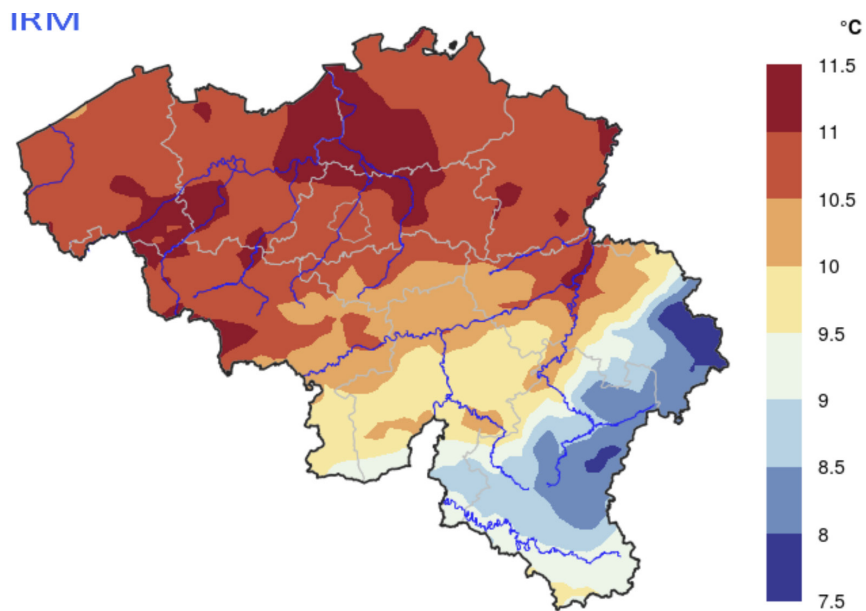


Fig.5 : Atlas climatique de la Belgique : température (en °C) annuelles moyennes pour la période 1991-2020

°C) et un jour de chaleur intense (température supérieure à 30 °C) supplémentaires par décennie. Ce qui peut sembler anodin à l'échelle d'une année, prend des proportions vertigineuses sur le long terme. Pour donner un ordre d'idée, en 30 ans, le nombre de jours dépassant 30 °C a tout simplement triplé. La ville ne se réchauffe pas de manière abstraite, mais de manière considérable, mesurable décennie après décennie.

L'institut royal météorologique (IRM) observe dans son rapport climatique 2020 que la température moyenne en Belgique a augmenté de 1,9 °C avec une nette augmentation depuis 1954. Le réchauffement des températures est compris entre 0,27 °C et 0,33 °C par décennie¹¹.

Les scénarios climatiques établis projettent une multiplication par 4 à 10 de la fréquence des vagues de chaleur d'ici à 2100 si l'on ne diminue pas radicalement l'émission de gaz à effet de serre. Autrement dit, ce qui constituait l'exception pourrait devenir une occurrence régulière, voire la norme estivale dans les décennies à venir¹².

1.4. Les derniers étés

Au cours des dernières décennies, plusieurs étés furent marquants. À commencer par l'été de 2003 qui a tout changé en Europe¹³. Plus de 15.000 morts en France¹⁴ ont généré une prise de conscience brutale. Ensuite les étés de 2019 et 2022 qui s'inscrivent dans une trajectoire de plus en plus sombre et furent les étés les plus chauds jamais enregistrés depuis 1883 et puis finalement tous les étés suivants se succèdent tour à tour sur le podium de l'été le plus chaud.

À Bruxelles, les 14 étés les plus chauds enregistrés depuis 1883 datent tous d'après l'an 2000. En près de deux siècles de données, ce sont les 25 dernières années qui concentrent les extrêmes. L'histoire climatique de la ville s'est réécrite en une génération¹⁵.

Mis à part cela, le nombre de jours de canicule par an ne cesse d'augmenter et les records de températures ne sont battus que pour être rebattus peu de temps après.

Tous ces événements ne sont plus de simples anomalies statistiques, ils marquent le début du nouveau régime.

11 Climat.be. Changements observés. Observations en Belgique. [consulté 21.04.26]

12 Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

13 Institut d'aménagement et d'urbanisme (2010). Les îlots de chaleur : Répertoire de fiches connaissance.

14 Colombert, M. (2008). Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville.

15 Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

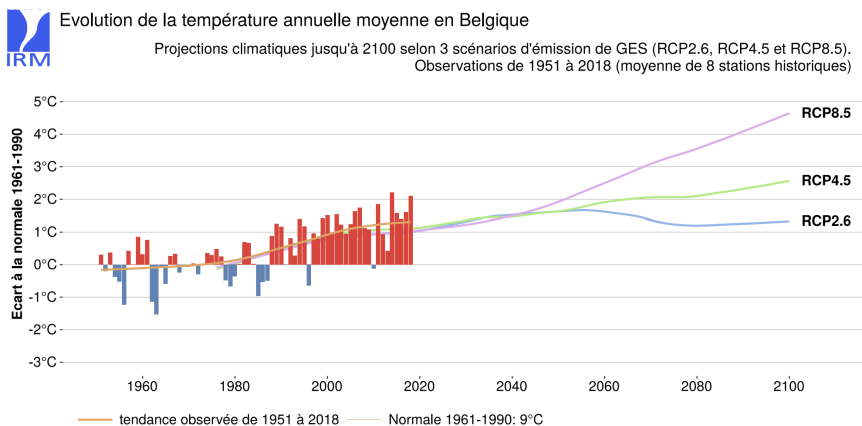


Fig.6 : Evolution de la température annuelle moyenne en Belgique.

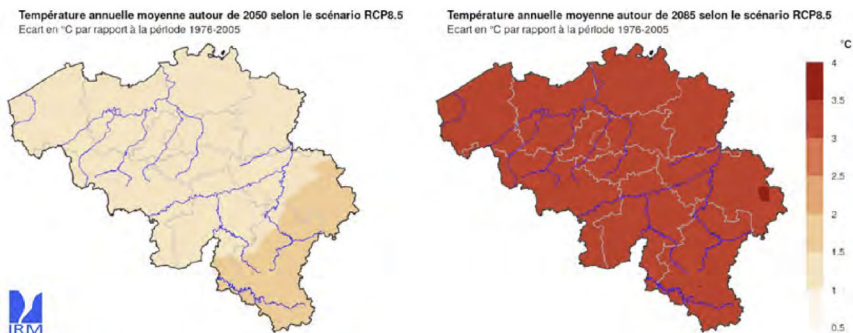


Fig. 7 : Changements de température moyenne attendus sur le Belgique pour les périodes futures 2032-2065 (à gauche) et 2071-2100 (à droite) par rapport à la période 1976-2005. Cartes réalisées sur base des projections climatiques du modèle ALARO-o avec le scénario RCP 8.5.

1.5. Les étés de demain

En observant la trajectoire de ces dernières années, on peut logiquement se poser la question de l'avenir de nos futurs étés. Serons-nous encore capable de respirer en ville ? La projection climatique apporte une réponse que l'on aurait aimée ne pas devoir formuler.

Si l'on en croit les projections climatiques du GIEC et ses différents scénarios, quel est le climat de la ville de 2100 ?

Le GIEC a créé un système de plusieurs scénarios, appelés RCP pour Representative Concentration Pathway, basés sur les hypothèses d'émission de gaz à effet de serre au cours des années à venir entre 2000 et 2100. Chaque scénario RCP traduit le forçage radiatif obtenu pour l'année 2100. Au plus la valeur du forçage radiatif est élevée, au plus le système Terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe. L'objectif étant d'émettre le moins possible de gaz à effet de serre.

RCP 2.6 correspond à un forçage de $+2,6 \text{ W/m}^2$, c'est le plus optimiste.

RCP 4.5 correspond à $+4,5 \text{ W/m}^2$.

RCP 6.0 correspond à $+6 \text{ W/m}^2$.

RCP 8.5 correspond à $+8,5 \text{ W/m}^2$, c'est le scénario le plus pessimiste¹⁶.

Les chiffres sont sans appel. Dans le cadre d'un scénario sans changement climatique (RCP 8.5), la Belgique devrait passer de 4 jours de canicule par an actuellement à plus de 50 d'ici à 2100. L'impact des canicules sera encore plus marqué à cause des îlots de chaleur urbains¹⁷.

Le nombre de jours de vagues de chaleur devrait être multiplié par 5 d'ici à 2050 et par 10 d'ici à 2100 avec des épisodes entre la mi-mai jusqu'à la mi-septembre¹⁸.

Dans cette urgence climatique, il faut continuer d'insister sur les vulnérabilités différenciées de tout un chacun qui sont doubles. On ne souffre pas tous pareil. D'un côté, selon la constitution physique (personnes âgées, nourrissons, femmes enceintes, personnes souffrant de pathologies) qui empêche de réguler correctement la température corporelle. Et de l'autre, selon la situation sociale, ce n'est pas la même chose de vivre dans un logement économiquement

16 Institut Royal Météorologique IMR. RCP. [consulté 21.04.26]

17 CERAC. Principaux risques en Belgique. [consulté 21.04.26]

18 Gouvernement de France (2025). Canicule : à quoi s'attendre et comment s'adapter.



précaire souvent petit et mal isolé contrairement à des logements frais ou d'avoir la possibilité de quitter la ville pour se réfugier au frais. La chaleur est aussi une question de justice sociale¹⁹.

Il faut commencer à agir maintenant, car l'été de demain se construit aujourd'hui, dans chaque décision d'aménagement, chaque matériau posé, chaque arbre planté ou absent. Alors que faisons-nous de nos espaces publics ?

19 www.who.int (2024). Chaleur et santé. [consulté le 21.04.26]

MÉTHODOLOGIE

Sous l'influence des îlots de chaleur urbains (ICU), Bruxelles n'est pas un endroit confortable avec un confort thermique optimal lorsque le mercure commence à grimper. Ce travail tend à chercher une solution pour rendre la capitale et tout autre milieu urbain habitable en périodes de fortes chaleurs.

Après avoir posé les bases du changement climatique et essayé de comprendre d'où proviennent ces nombreuses vagues de chaleurs estivales, il faudra analyser les notions techniques, les paramètres et les outils des ICU pour comprendre ce phénomène microclimatique dans les moindres détails.

Les ICU affectent la structure urbaine, bâtie ou non, publique ou privée. Or, intervenir sur le bâti implique des transformations lourdes, coûteuses et lentes. C'est pourquoi ce travail se concentre sur le domaine public non bâti composé des places, parcs, rues, trottoirs, et espaces résiduels qui offrent un levier d'action rapide et ciblé, permettant de lutter efficacement contre les ICU sans bouleverser la morphologie urbaine dans son ensemble.

Pour cela, le projet a emprunté la métaphore de l'archipel en faisant référence à celui de Oswald Mathias Ungers et de Rem Koolhaas dans leur manifeste « Cities within the city : Berlin as Green Archipelago »²⁰. Dans leur manifeste, Berlin est pensé comme un ensemble discontinu de morceaux de villes, fragmenté en îles d'un archipel urbain.

Ce principe d'archipel urbain a été repris, détourné et appliqué au domaine public bruxellois formant ainsi un archipel thermique flottant en mer urbaine.

20 O.M. Ungers, R. Koolhaas (1977). Cities within the city : Berlin as Green Archipelago.

Cet archipel-là reste invivable pour l'instant, il faut donc le modifier pour le rendre habitable et pouvoir ainsi s'y balader sereinement même durant la période estivale.

La modification de cet archipel se fait en transformant les îles actuelles de chaleur en îles de fraîcheur et en ajoutant de nouvelles îles fraîches à l'archipel. Car c'est en accumulant les effets de chaque lieu à l'individuel tout en créant une maille solide au sein de l'archipel que l'effet général sera démultiplié.

Bien que le projet vise à s'étendre et à impacter tout le territoire urbain bruxellois, seulement trois lieux-cibles ont été choisis suivant une catégorisation de l'espace public en trois sections des rues/trottoirs, des places/parcs et des espaces résiduels et analysés suivant une série de paramètres sensibles et objectifs.

Sur ces trois lieux-cibles, des ingrédients, des actions, des intentions et des objets architecturaux sont mis en œuvre. Ces éléments constituent un catalogue de solutions reproductibles applicables à l'ensemble des futures îles de l'archipel afin de réduire l'impact des ICU et de rendre la ville plus habitable.

L'étude de ces trois endroits spécifiques sert à montrer comment les interventions amenées pourraient être appliquées à la grande échelle du territoire urbain.

3. *Les îlots de chaleur urbains*

3.1. Un îlot de chaleur urbain, qu'est-ce que c'est ?

3.2. Surchauffe urbaine

3.3. Facteurs

3.3.1. Morphologie urbaine

3.3.2. Matériaux

Albédo

Matérialité des surfaces

Matérialité des sols

3.3.3. Imperméabilisation des sols

3.3.4. Carence en eau

3.3.5. Carence en végétation

3.3.6. Activité humaine

Transport automobile

Climatisation

Industries

3.4. Impacts et conséquences/risques

3.4.1. Environnementaux

3.4.2. Climatiques

3.4.3. Sanitaire

3.4.4. Sociaux

3.4.5. Économiques

3.4.6. Sur le confort thermique

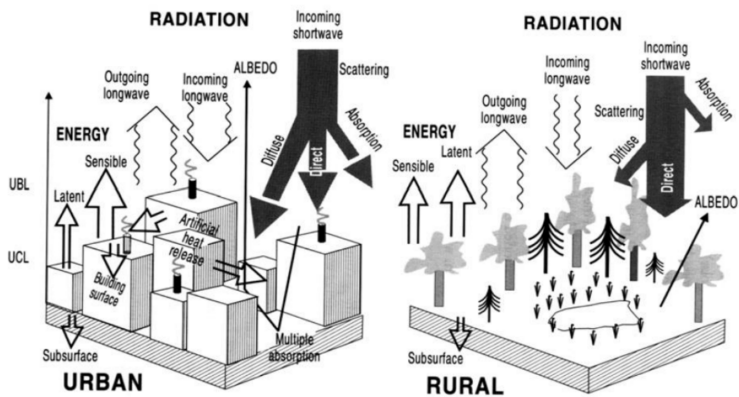


Fig.8 : Représentation schématique des différents flux d'énergie et de rayonnement au-dessus d'une zone urbaine et d'une zone rurale pour une journée avec un ciel dégagé. La largeur des flèches permet d'apprécier l'importance des flux.

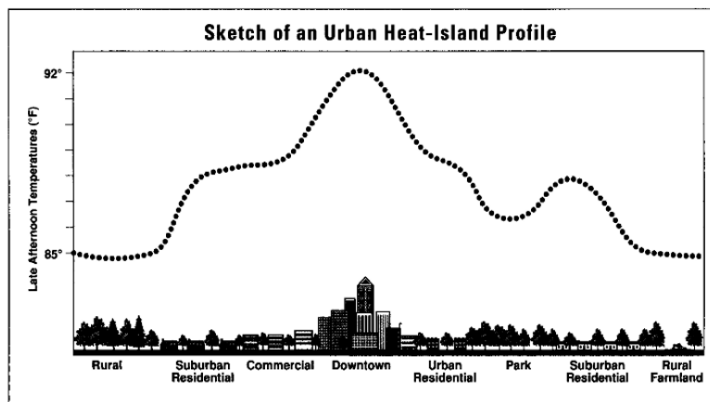


Fig. 9 : Schéma du profil des îlots de chaleur urbains.

LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS (ICU)

3.1. Un îlot de chaleur urbain, qu'est-ce que c'est ?

« L'îlot de chaleur urbain est défini comme la différence de température entre une station urbaine et une station de référence située dans un environnement rural, en dehors de la zone urbaine en question. »²¹

L'îlot de chaleur urbain est un phénomène qui se produit en ville et qui crée un microclimat spécifique urbain. La chaleur accumulée et stockée en journée est lentement restituée durant la nuit grâce à l'inertie thermique des bâtiments. Cette différence de température se traduit par une hausse des températures dans les milieux urbains par rapport aux environnements ruraux avoisinants. Cet écart peut se lire sur le thermomètre jusqu'à 10° et atteindre parfois 15 °C de différence.

Ce phénomène s'explique par la conjonction de multiples facteurs qui contribuent à la hausse du mercure. Parmi ces causes, majoritairement liées à l'urbanisation, on retrouve la morphologie urbaine et la densité du bâti, les matériaux qui composent les surfaces, l'imperméabilisation des sols, la carence en espaces verts et en eau, ainsi que l'activité humaine dite anthropique^{22 23}.

Tous ces facteurs contribuent au dérèglement du fonctionnement du système climatique qui repose sur des échanges d'énergie thermique sous forme de radiation entre l'atmosphère et la surface terrestre. C'est le dérèglement de ces transferts énergétiques qui favorise la création des ICU. L'urbanisation et les conséquences qui en résultent transforment la nature des sols et leurs propriétés, et

21 Institut Royal Météorologique IRM (2020). Rapport climatique 2020.

22 Institut d'aménagement et d'urbanisme (2010). Les îlots de chaleur : Répertoire de fiches connaissance.

23 APUR (2020). Atténuer les îlots de chaleur urbains. Cahier #5 : Méthodes et outils de conception des projets.

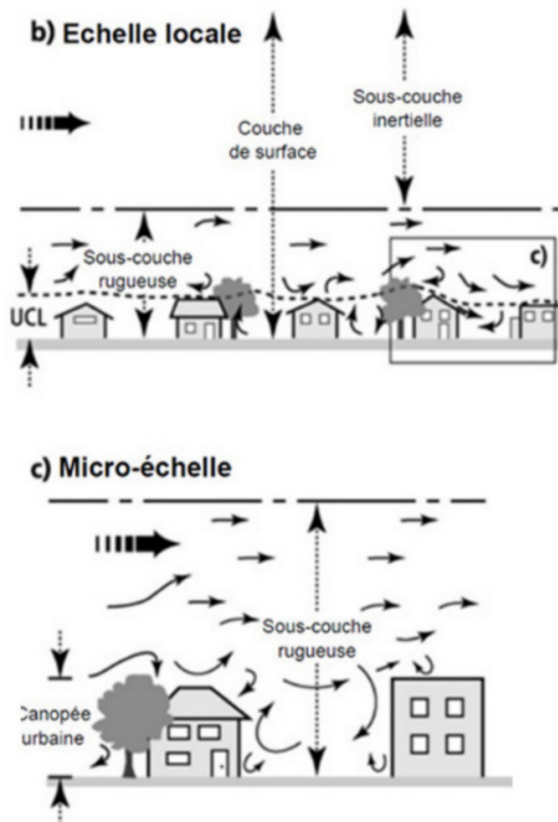


Fig.10 : Illustration des l'échelle de mesure de l'ICU de canopée et de surface en milieu urbain.

le rayonnement solaire incident (onde courte) reçu par la surface terrestre est perturbé et réparti différemment. C'est cette nouvelle redistribution de l'énergie dans l'environnement qui participe à la hausse des températures en milieu urbain.²⁴

Les ICU sont divisés en deux catégories ; les ICU de surface et les ICU atmosphériques.

Les ICU de surface concernent la température des surfaces. Ils sont mesurés par télédétection (thermographie aérienne). Les écarts de température varient fortement au cours de la journée et selon les matériaux employés, car directement liés aux propriétés physiques de ces matériaux (albédo, émissivité, capacité thermique). 80% de l'énergie thermique engendrant un ICU provient du rayonnement absorbé par les matériaux. La différence de température peut parfois atteindre 10° à 20°C entre les zones urbaines et les zones rurales environnantes.²⁵

Les ICU atmosphériques concernent la température de l'air. Ils sont mesurés par des stations météo ou des capteurs in-situ à 2 mètres du sol soit la hauteur d'un piéton. Les écarts de température ne varient pas autant que les ICU de surface, le ratio est de l'ordre de 1 ° à 5 °C. Ce phénomène se manifeste principalement durant la nuit lorsque le bâti restitue la chaleur stockée durant la journée. C'est ce genre d'ICU qui a le plus d'impact sur le confort thermique des piétons et leur santé.²⁶

L'ICU n'est donc pas simplement un phénomène climatique, mais aussi sociétale. Il révèle un déséquilibre au niveau des égalités territoriales liées au confort thermique et à la qualité de vie qui en découle. Ce point sera développé ultérieurement.

3.2. Surchauffe urbaine

La surchauffe urbaine traduit les effets généralisés de l'accumulation de chaleur. Il s'agit ainsi d'une rétention de chaleur liée aussi aux conséquences de l'urbanisation telles que la structure urbaine, le type de matériaux employés et la densité du bâti.

L'augmentation substantielle, continue et généralisée des températures est l'effet direct de la surchauffe urbaine, alors qu'il s'agit d'une hausse localisée des températures pour les ICU. La surchauffe urbaine et les îlots de chaleur urbains sont complémentaires et non interchangeables comme on pourrait le croire.

24 Gaaloul H. (2021). La lutte contre l'îlot de chaleur urbain dans le contexte du changement climatique. Cas de la Région de Bruxelles Capitale.

25 Alonso L. (2019). État des connaissances sur les îlots de chaleur urbains (ICU).

26 Alonso L. (2019). État des connaissances sur les îlots de chaleur urbains (ICU).

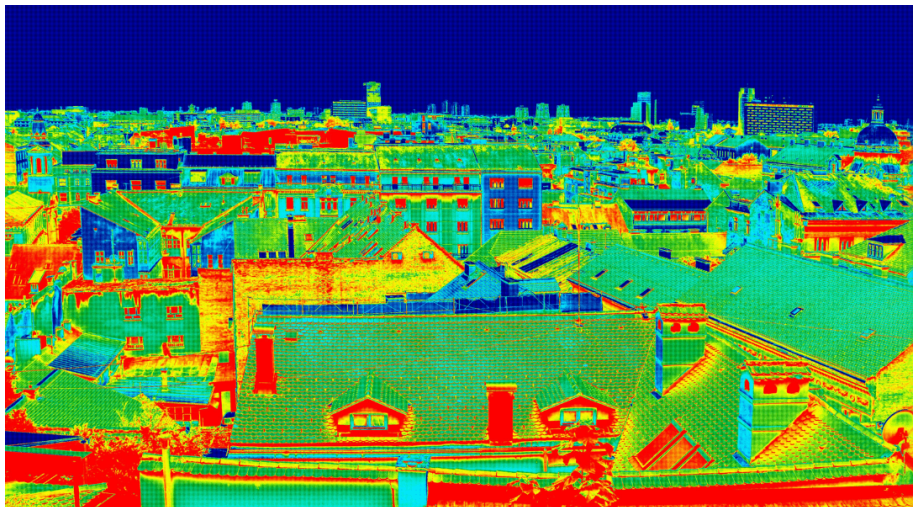


Fig. 11 : Cliché thermique, représentation du principe d'albedo

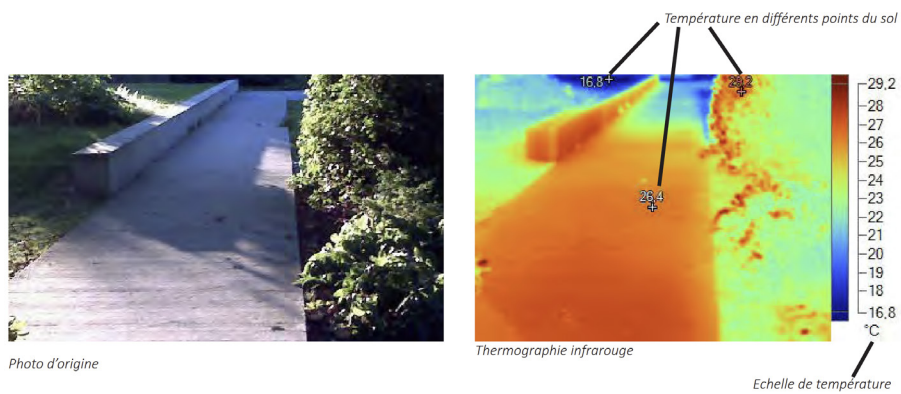


Fig. 12 : Clichés thermiques au sol (aménagement en dalle béton Rue de l'Asile à Lille)

Les ICU ne sont que la traduction ponctuelle d'un phénomène climatique bien plus large ; un réchauffement généralisé des villes.²⁷

28

3.3. Facteurs

3.3.1. Morphologie urbaine

La morphologie urbaine joue un rôle crucial dans la hausse des températures en ville. La géométrie urbaine et sa forme compacte et densément bâtie aux rues étroites et aux bâtiments élevés forment ce que l'on appelle un « canyon urbain »²⁹.

Dans ces rues, la chaleur réfléchiée et accumulée par les façades est piégée et le refroidissement naturel perturbé. La ventilation naturelle ne peut se faire correctement à cause des obstacles sur son chemin liés à la densité et l'orientation du bâti. La morphologie urbaine n'a pas été pensée pour et ne suit donc pas les couloirs naturels des vents. L'écoulement et la vitesse de ce dernier sert en vain³⁰.

3.3.2. Matériaux

Tout matériau a la capacité d'absorber l'énergie solaire reçue par rayonnement, c'est ce qu'on appelle l'inertie thermique. Ce phénomène est perturbé par un phénomène de réflexion que l'on appelle l'albédo.

Albédo

« L'albédo est le rapport entre l'énergie rayonnante réfléchiée par une surface et la quantité de rayonnement qui la frappe. Il s'exprime sous forme de fraction ou de pourcentage sans dimension et varie en fonction du type de surface, qu'il s'agisse de neige, de végétation, d'eau ou de matériaux urbains. Les variations de l'albédo influencent le bilan énergétique de la Terre, ce qui a des répercussions sur le climat et les régimes de température. »³¹

C'est donc le rapport entre l'énergie solaire reçue et l'énergie réfléchiée par une surface. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Et chaque matériau possède une valeur d'albédo qui correspond à son pourcentage de réflexivité. Les surfaces foncées possèdent une

27 Anseeuw A. (2025). La ville face aux îlots de chaleur urbains. Rafrâichir pour une ville plus habitable : exploration du quartier Dansaert.

28 Gago, E.J., Roldan, J., Ordonez, J. & Pacheco-Terres, R. (2013). "The city and urban heat islands : review of strategies to mitigate adverse effect."

29 Institut d'aménagement et d'urbanisme (2010). Les îlots de chaleur : Répertoire de fiches connaissance.

30 Hirsch, Y. (2017). Caractérisation de l'îlot de chaleur urbain et recherche d'une solution paysagère pour le site de la résidence Damrémont à Paris.

31 European Environment Agency. Albédo. [consulté 31.03.26]

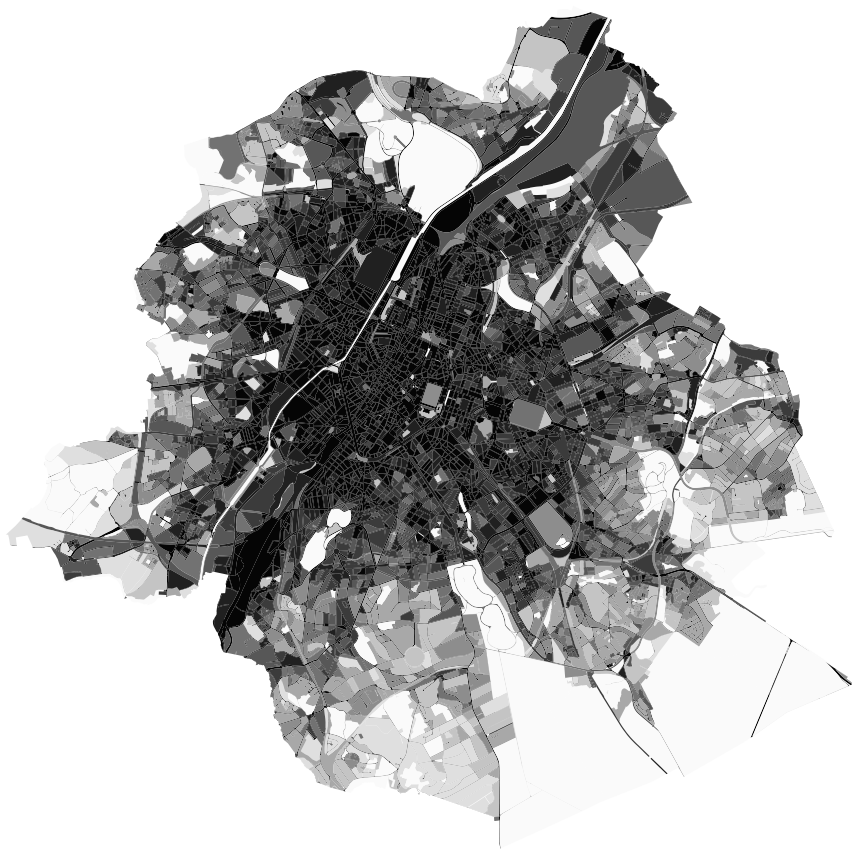


Fig. 13 : Impémeabilité du sol.

valeur de 0 ce qui signifie que toute l'énergie est absorbée et donc émet une grande quantité de chaleur. Au contraire, les surfaces claires ont une valeur de 1 qui correspond à une grande réflectivité du rayonnement et donc elles n'emmagasinent que très peu d'énergie donc ne libèrent que très peu de chaleur.

Par exemple, la neige possède un albédo pouvant atteindre 0,85 ce qui implique qu'elle réfléchit 85 % de la lumière solaire qui la frappe. Au contraire, l'océan a un albédo inférieur à 0,1 ce qui veut dire qu'il absorbe plus de 90 % de l'énergie solaire incidente en réfléchissant moins de 10 %.³²

Dans un environnement urbain, la plupart des matériaux possèdent un faible albédo absorbant une grande quantité d'énergie solaire et ne réfléchissant que très peu le rayonnement.

3.3.3. Imperméabilisation des sols

En milieu urbain, on retrouve de nombreux matériaux imperméables tels que l'asphalte ou le béton. Ces matériaux participent à la minéralisation des sols et empêchent le processus naturel d'infiltration des eaux pluviales. Ils empêchent également le phénomène d'évaporation qui est un mécanisme naturel qui permet de refroidir l'air en captant de l'énergie thermique pour que l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux. En effet, moins il y a d'eau disponible en surface, plus le rayonnement solaire va directement réchauffer les surfaces minérales et l'air et participer à la hausse des températures.

Il est donc primordial d'avoir des espaces déminéralisés où l'eau peut s'infiltrer correctement dans le sol et où le phénomène d'évaporation puisse fonctionner correctement³³.

3.3.4. Carence en eau

L'eau joue un rôle crucial dans la régulation des températures. Comme expliqué juste avant, elle participe à l'évaporation en captant l'énergie thermique pour passer à l'état gazeux.

La diminution considérable du nombre de points d'eau en ville est directement liée à l'imperméabilisation et la minéralisation des sols. À cause de la nature de ces sols en milieu urbain, l'eau est évacuée dans les systèmes d'égouttage et représente une perte considérable pour le climat urbain³⁴.

32 Nasa EarthData. Albédo. [consulté 31.03.26]

33 De Ridder, K. & Lauwaet, D. (2018). "The impact of urban materials on the urban heat island effect: An assessment of thermal properties in urban spaces."

34 Haider, T. (1997). "Urban climates and heat islands : albedo,

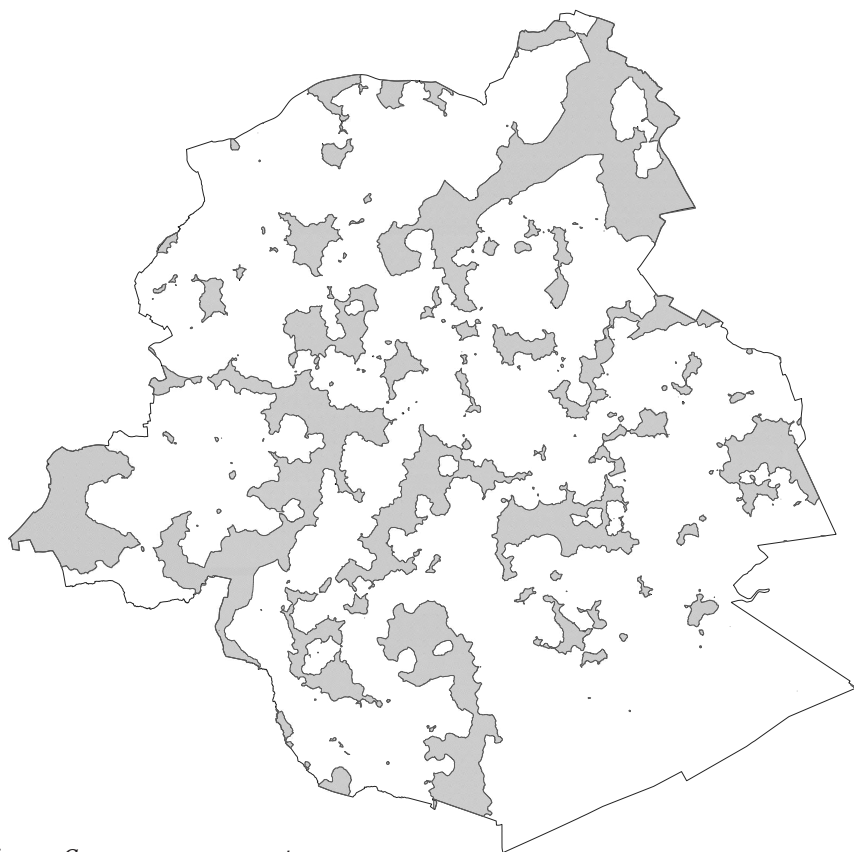


Fig. 14 : Carence en espaces verts

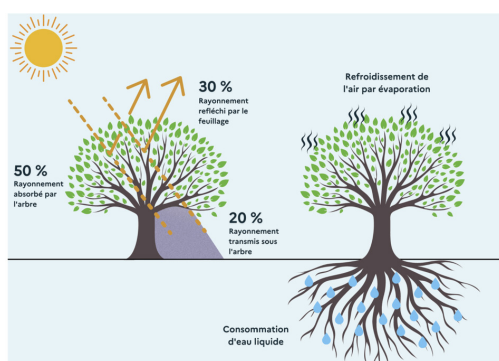


Fig. 15 : Schéma de l'évapotranspiration.

3.3.5. Carence en végétation

La végétation possède un rôle similaire à celui de l'eau dans la régulation des températures urbaines ; l'évapotranspiration.

« L'évapotranspiration (ET) correspond à la somme de l'évaporation de l'eau à la surface du sol et de sa transpiration, c'est-à-dire son transfert à travers la végétation. »³⁵

En résumé, pour vivre, un arbre a besoin de puiser l'eau qui se trouve dans le sol pour assimiler les nutriments nécessaires. Cette eau circule à travers l'arbre grâce à la sève jusqu'aux feuilles pour délivrer les nutriments à toutes les feuilles, c'est la photosynthèse. Une fois ce processus terminé, l'arbre rejette l'eau de son organisme sous forme de vapeur, c'est la phase de transpiration, c'est cette phase-là qui est intéressante pour rafraîchir le climat.

À titre d'exemple, cela peut représenter 1000 L pour un chêne.³⁶

En plus de ce pouvoir, la végétation haute permet aussi d'offrir une ressource non négligeable ; l'ombre.

L'ombre générée par un arbre peut réduire jusqu'à 20% le rayonnement solaire atteignant le sol. Cette diminution permet de réduire l'accumulation et le stockage de chaleur durant la chaleur et permet d'éviter qu'une trop grande quantité soit restituée la nuit.³⁷

Les milieux urbains souffrent de carence en végétation. L'absence de végétation augmente les effets de la surchauffe urbaine de manière considérable.

3.3.6. Activité humaine

La chaleur anthropique désigne la hausse des températures liée à la production de chaleur due à l'activité humaine. Cette chaleur est exacerbée dans les zones fortement urbanisées, là où l'activité humaine est plus intense.^{38 39}

Transport automobile

Le trafic automobile représente à lui seul 50% de la chaleur anthropique totale. Cette chaleur est émise de trois manières différentes ; les moteurs à combustion, le frottement des pneus sur

evapotranspiration, and anthropic heat.”

35 Nasa EarthData. Évapotranspiration. [consulté 31.03.26]

36 Office Nationale des forêts. Le pouvoir des arbres : l'évapotranspiration. [consulté 31.03.26]

37 APUR (Atelier parisien d'urbanisme) (2012). Îlots de chaleur urbains à Paris. Cahier #1.

38 Bruxelles environnement (2025). Îlots de chaleur.

39 Haider, T. (1997). “Urban climates and heat islands : albedo, evapotranspiration, and anthropic heat.”

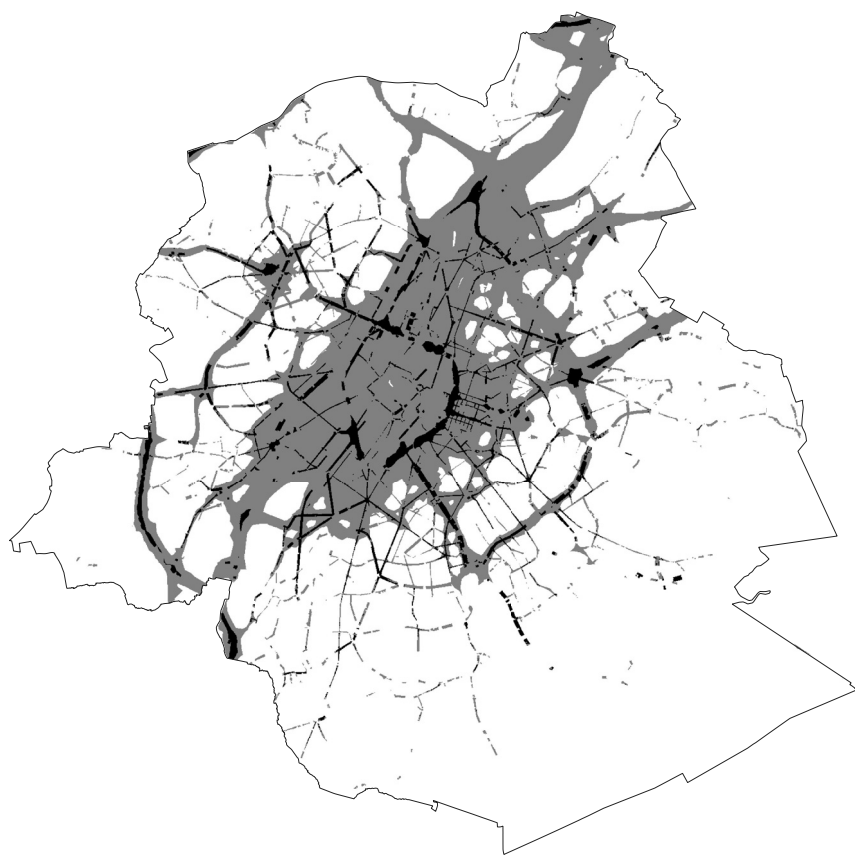


Fig. 16: Qualité de l'air.

le sol et les gaz d'échappement. La chaleur qui en découle a du mal à s'évacuer à cause de la morphologie urbaine peu efficace et de la constance du trafic⁴⁰.

Climatisation

L'utilisation de climatiseurs participe fortement à la hausse des températures et a un effet pernicieux, plus il fait chaud, plus on climatise et plus, on rejette de la chaleur en extérieur. Mais, en période de forte chaleur la demande accrue de fraîcheur en intérieur liée à cette hausse des températures rejette encore plus de chaleur et augmente d'autant plus les températures extérieures et nous voilà bloqués dans un cercle vicieux⁴¹.

En France, un quart de la population possède un climatiseur.

Industries

L'activité industrielle génère, elle aussi de la chaleur supplémentaire qu'elle rejette dans l'atmosphère.

Contrairement aux climatiseurs qui ne fonctionnent qu'en été, les industries, elles sont au travail toute l'année durant. Le réchauffement n'est donc pas que local, mais participe à une hausse des températures généralisée.

La climatisation et les industries seraient responsables de 48% de la chaleur anthropique totale. Tandis que les 2% restants proviendraient de la chaleur émise directement par les Hommes⁴². Une autre partie provient également du chauffage en hiver, de l'éclairage public et des data centers⁴³.

3.4. Impacts et conséquences

Les îlots de chaleur urbains (ICU) et les vagues de chaleur (VDC) ont des conséquences diverses et variées. L'accumulation lente de chaleur durant les périodes de canicules rend ces conséquences invisibles dans l'immédiat. Leur impact prend du temps à se manifester ce qui les rend encore plus dangereux.

3.4.1. Environnementales

Les vagues de chaleur exercent une pression considérable sur la

40 Filiatreault, Y (2015). Changements climatiques et îlots de chaleur : indicateurs de performance pour les mesures d'adaptation.

41 Filiatreault, Y (2015). Changements climatiques et îlots de chaleur : indicateurs de performance pour les mesures d'adaptation.

42 Filiatreault, Y (2015). Changements climatiques et îlots de chaleur : indicateurs de performance pour les mesures d'adaptation.

43 Gaaloul, H. (2021). Lutte contre l'îlot de chaleur urbain dans le contexte du changement climatique. Cas de la Région de Bruxelles-Capitale.

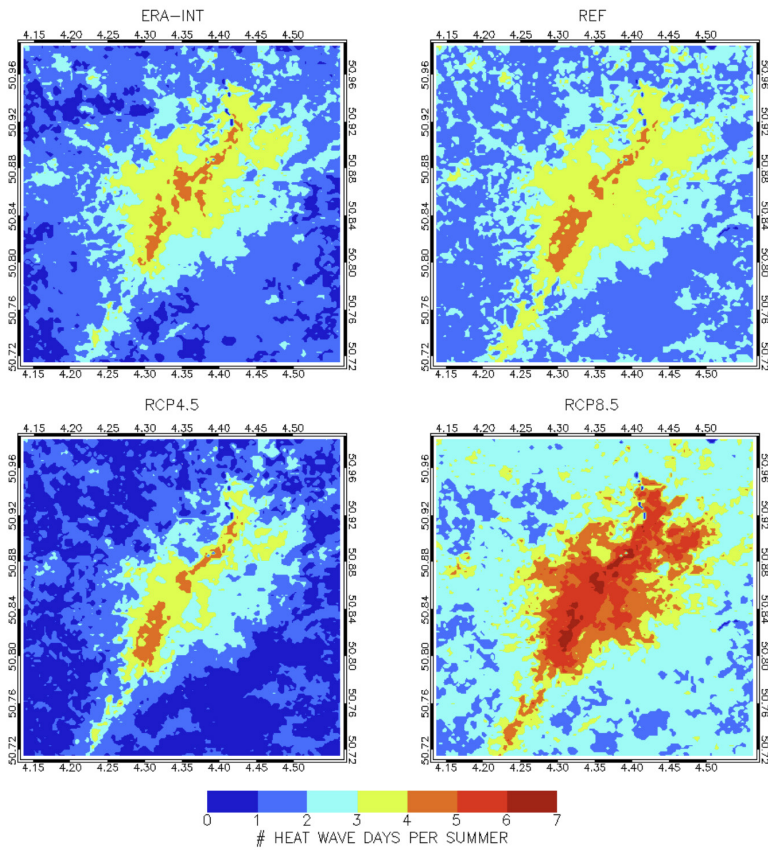


Fig. 17 : Maps of the number of Heat Wave Days per summer (June-August) for all 10-year simulations

biodiversité des milieux urbains et périurbains. En transformant les écosystèmes des villes, les îlots de chaleur urbains (ICU) appauvrissent la diversité biologique et déséquilibrent les cycles hydrologiques locaux. Soumises à des températures élevées, la faune et la flore subissent un stress thermique aux répercussions immédiates.

Les massifs forestiers en sont un exemple frappant, dans la forêt de Soignes, des espèces emblématiques telles que le hêtre risquent de ne plus trouver les conditions nécessaires à leur survie dans les climats à venir, ce qui menace l'équilibre même des forêts⁴⁴.

Les vagues de chaleur (VDC) accentuent par ailleurs les risques d'incendies et de sécheresse sévères. En ville, l'imperméabilisation des sols restreint l'accès des végétaux à l'eau et fragilise davantage les écosystèmes. Enfin, la conjonction de l'urbanisation et de la hausse des températures favorise la prolifération d'espèces nuisibles et perturbe les chaînes alimentaires locales.

3.4.2. Climatiques

Les vagues de chaleur (VDC) et le changement climatique entretiennent une relation de renforcement mutuel, les premières amplifient les effets du second, tout en étant elles-mêmes aggravées par lui. En ville, ce phénomène est accentué par les îlots de chaleur urbains (ICU), qui intensifient localement le réchauffement et transforment progressivement certains espaces urbains en milieux toujours plus hostiles à la vie⁴⁵.

Plusieurs facteurs y concourent, la hausse des températures de surface, la diminution de l'évapotranspiration liée à l'artificialisation des sols et l'élévation des températures nocturnes. Cette dynamique d'auto-renforcement entre climat, urbanisation et chaleur, complique d'autant la planification urbaine et l'adaptation aux risques climatiques à venir.

3.4.3. Sanitaires

Le risque sanitaire lié à la chaleur n'est pas à prendre à la légère. L'exposition à la chaleur constitue la première cause de mortalité liée aux conditions météorologiques. En effet, l'exposition aux chaleurs extrêmes provoque un stress thermique qui compromet les mécanismes de thermorégulation majoritairement réalisée par la sudation⁴⁶.

44 Hirsch, Y. (2017). Caractérisation de l'îlot de chaleur urbain et recherche d'une solution paysagère pour le site de la résidence Damrémont à Paris.

45 Hamdi, R., & al. (2016). « Corrélation entre l'effet d'île de chaleur urbaine et les vagues de chaleur : une analyse sur la mortalité dans les villes européennes. »

46 Filiatreault, M. (2015). « Les effets des vagues de chaleur sur la santé humaine

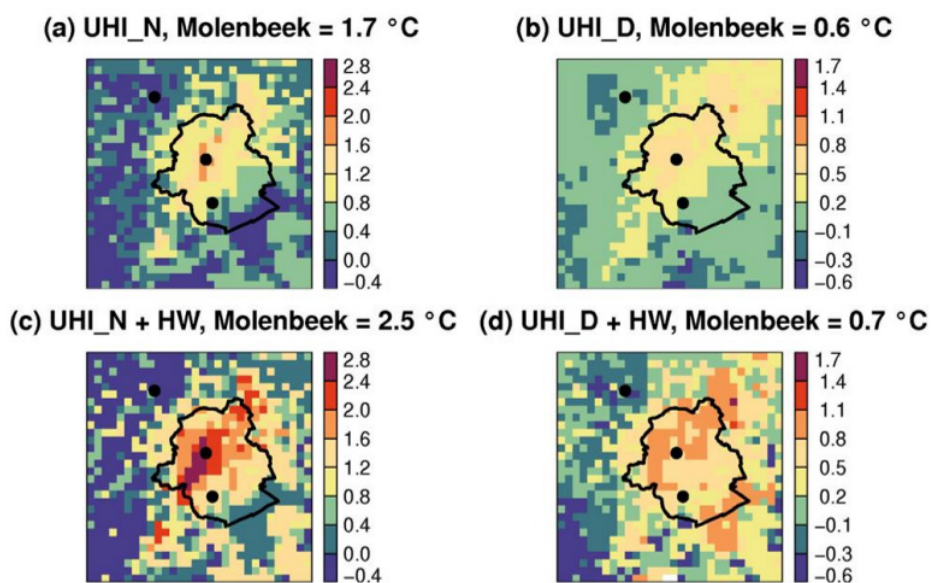


Fig. 18 : Répartition spatiale de l'ICU moyen sur 30 ans (1981-2010) pour la RBC pendant la nuit (UHI_N=a,c) et le jour (UHI_D=c,d)

Le stress thermique exacerbe les pathologies préexistantes telles que les maladies cardiovasculaires et respiratoires, le diabète, l'asthme ou encore les troubles mentaux. Il engendre également des pathologies aiguës directes comme les crampes de chaleur, l'épuisement thermique et le coup de chaleur. Ce dernier est la manifestation la plus grave de ces pathologies directes et survient lorsque le corps n'arrive plus à réguler sa température. Cette urgence peut entraîner des défaillances d'organe et provoquer la mort si elle n'est pas prise en charge⁴⁷.

La déshydratation due à une transpiration intense entraîne une perte hydrique et électrolytique importante qui favorise les troubles rénaux et affectent le fonctionnement cardiaque et musculaire.

L'ICU libère sa chaleur durant la nuit. Or, durant les vagues de chaleur, une réduction nocturne des températures est indispensable pour permettre à l'organisme humain de récupérer de la chaleur accumulée la journée. La simultanéité des deux phénomènes augmente l'irritabilité, l'anxiété et les troubles du sommeil. Ils dégradent les fonctions cognitives, la vigilance et la concentration, ce qui augmente le risque d'accidents.

Le dérèglement climatique expose un nombre croissant de personnes à ces fortes chaleurs. Ainsi, chez les plus de 65 ans, le taux de mortalité lié à la chaleur a augmenté de 85% entre les périodes 2000-2004 et 2017-2022. À l'échelle mondiale, près de 489 000 décès attribuables à la chaleur ont été recensés chaque année entre 2000 et 2019. Rien qu'en Europe, l'été 2022 aurait causé environ 61 672 décès.

Cette vulnérabilité repose toutefois sur plusieurs facteurs. Certains sont d'ordre physiologique, comme l'âge ou l'état de santé, d'autres sont liés au degré d'exposition, lui-même dépendant de la profession et du contexte socio-économique⁴⁸.

De surcroît, les vagues de chaleur (VDC) augmentent la concentration des polluants, notamment l'ozone qui se forme par réaction entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatiles sous l'action du rayonnement solaire. Cette réaction est fortement dépendante de la température, quand l'air se réchauffe, les vitesses de réactions augmentent et la production d'ozone s'accélère. Cette réaction intensifie les risques respiratoires⁴⁹.

en milieu urbain ». Revue de santé publique 30(2), 104-110p.

47 Filiatreault, Y (2015). Changements climatiques et îlots de chaleur : indicateurs de performance pour les mesures d'adaptation.

48 www.who.int. Chaleur et santé. [consulté le 25.05.26]

49 Wang, X., & al. (2015). « Effets de l'ozone urbain sur la santé humaine et la mortalité liée à la chaleur »

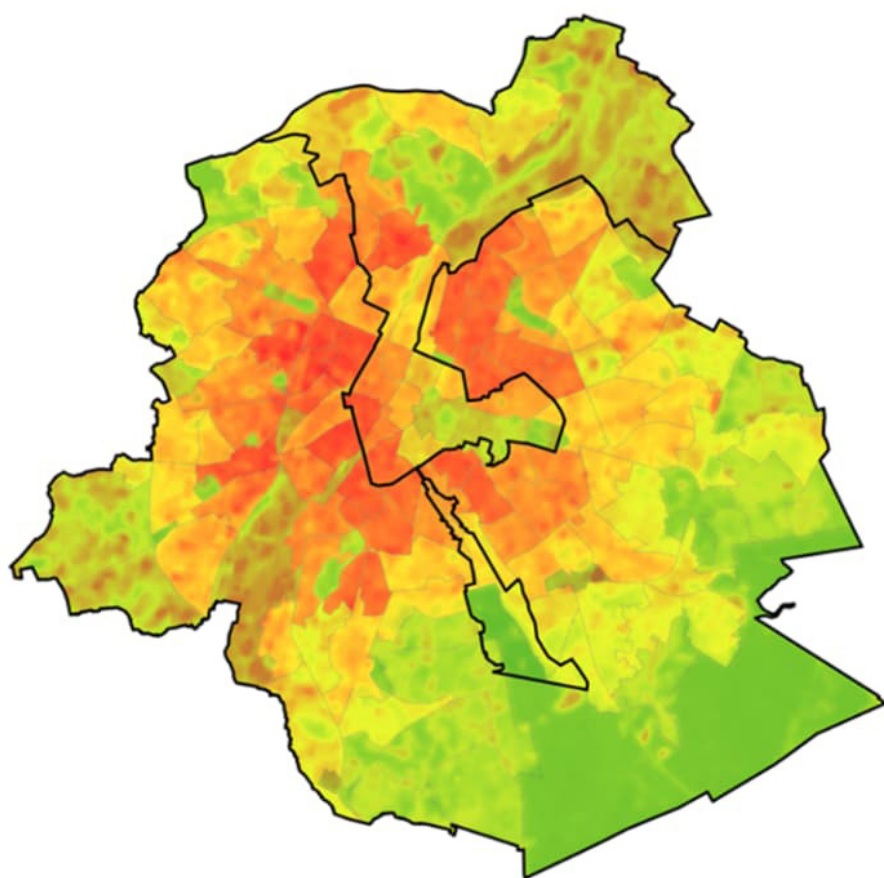


Fig. 19 : Vulnérabilité thermique : densité de la population et température des surfaces.

3.4.4. Sociaux

Les îlots de chaleur urbains (ICU) sont également révélateurs des inégalités socio-spatiales de la ville. L'exposition à l'effet d'ICU n'est pas répartie de manière uniforme.

Les ICU ne sont pas seulement un phénomène climatique, ils sont aussi un fait social. Leur distribution dans la ville n'est pas aléatoire, elle épouse les inégalités existantes et les amplifie.

Dans presque toutes les grandes villes, les quartiers à faible indice socio-économique subissent une intensité des effets des ICU systématiquement plus élevée que les zones aisées. Cette surexposition tient à un triple déficit structurel, une couverture végétalisée plus faible, davantage de surfaces imperméables et un parc immobilier plus ancien offrant peu de protection thermique. Ces mêmes quartiers disposent de moins de ressources pour s'adapter, matériellement mais aussi institutionnellement, ce qui fragilise leur résilience face aux épisodes de chaleur extrême et creuse les disparités en matière de santé et de bien-être⁵⁰.

Les inégalités sociales se manifestent aussi dans l'accessibilité aux refuges climatiques (espaces climatisés, équipements publics, parcs arborés). Lors des périodes de fortes chaleurs, l'inaccessibilité à ces infrastructures transforme la souffrance thermique en facteur d'exclusion.

Au-delà de la mesure objective des températures, c'est le ressenti qui est en jeu. La chaleur vécue comme insupportable décourage la présence dans l'espace public et engendre un repli social subi, une forme d'exclusion sensorielle et sociale que les chiffres ne capturent pas entièrement⁵¹. L'inconfort thermique devient ainsi un mécanisme de ségrégation silencieux, inscrit dans la matérialité même de la ville.

3.4.5. Économiques

Les fortes chaleurs exercent une pression croissante sur les finances urbaines à travers trois vecteurs principaux.

Le premier est la consommation énergétique. La hausse des températures entraîne une demande toujours plus soutenue en climatisation, dont l'usage se généralise d'année en année. Ce recours massif aux systèmes de refroidissement alourdit considérablement les factures énergétiques des ménages, des entreprises et des services publics, tout en alimentant un cercle vicieux, la chaleur rejetée par

50 Chakraborty, T., Hsu, A., Manya, D. & Sheriff, G. "Disproportion exposure to urban heat island intensify across major US cities."

51 Lenzholzer, S. () Weather in the City : How Design Shapes the Urban Climate.

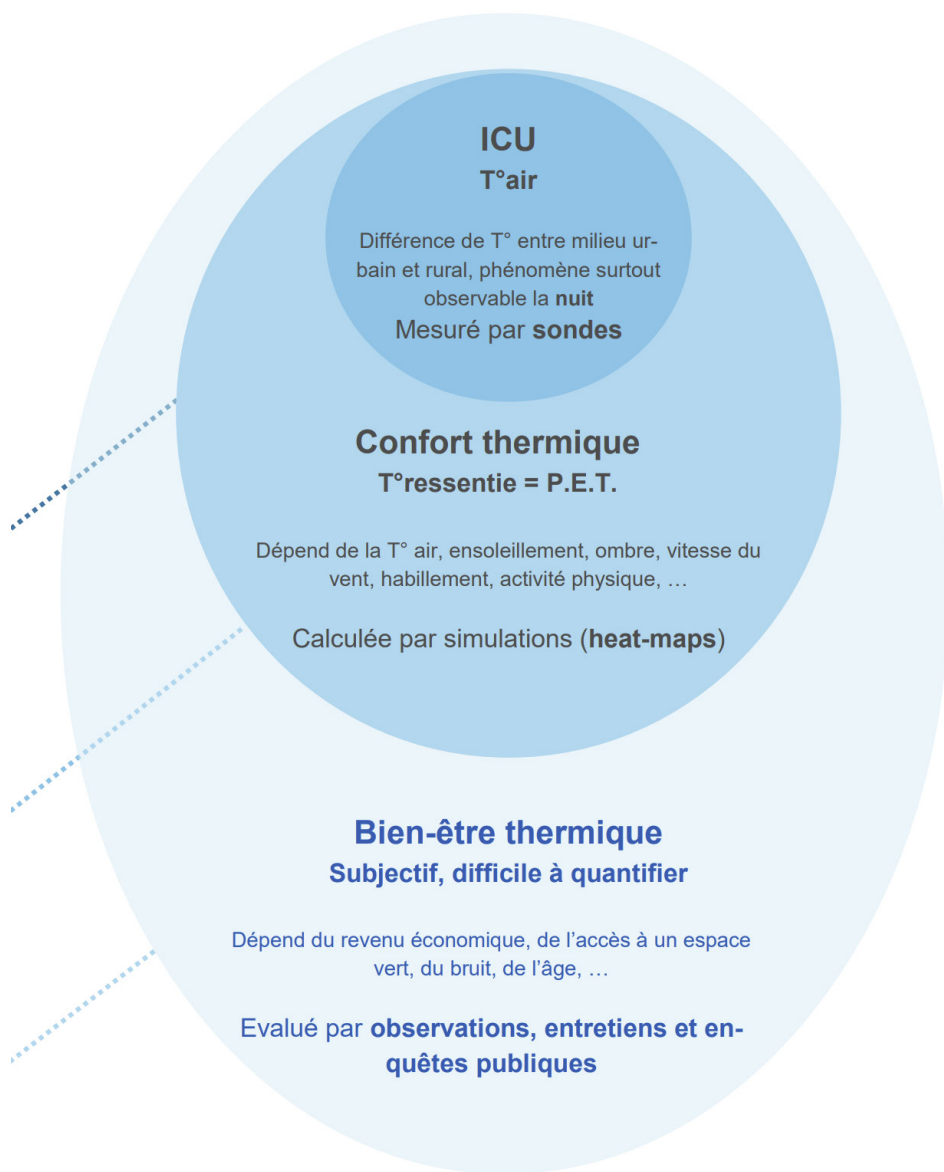


Fig. 20 : ICU, confort thermique et bien-être

les climatiseurs contribue elle-même à l'aggravation des îlots de chaleur urbains⁵².

Le deuxième vecteur est la consommation en eau. Les épisodes de chaleur intense exacerbent les besoins en hydratation de la population et multiplient les usages liés au rafraîchissement (arrosage, brumisation, fontaines). La pression sur cette ressource première fait peser un risque réel de stress hydrique urbain, particulièrement dans les villes dont les réseaux de distribution sont vieillissants ou sous-dimensionnés⁵³.

Enfin, la chaleur fragilise durablement certaines infrastructures. Chaussées et voies ferrées, soumises à des dilatations thermiques répétées, se déforment et se dégradent prématurément. Les coûts de réparation et de maintenance préventive qui en découlent représentent une charge budgétaire significative pour les collectivités, d'autant plus lourde qu'elle tend à s'intensifier avec la récurrence des épisodes caniculaires⁵⁴.

3.4.6. Sur le confort thermique

Le confort thermique et le bien-être des habitants constituent des conditions fondamentales au bon fonctionnement de la ville. Bien qu'ils relèvent en partie de la perception individuelle, ces phénomènes sont mesurables à travers des indices normalisés tels que l'UTCI (Universal Thermal Climate Index) ou l'humidex, qui permettent d'objectiver l'exposition du corps humain aux conditions climatiques. Ces outils sont indispensables pour évaluer l'impact des îlots de chaleur urbains (ICU) et des vagues de chaleur (VDC) sur les populations.

Le confort thermique est mis à mal non seulement par des températures élevées, mais surtout par l'incapacité croissante du corps humain à se thermoréguler lors de chaleurs excessives, engendrant un stress thermique continu et cumulable. Ce stress est particulièrement aggravé lors des nuits dites « tropicales », lorsque la température ne descend pas en dessous de 20 °C, privant l'organisme de toute récupération physiologique.

Or, le confort thermique ne saurait être réduit à une simple question d'agrément, il est intrinsèquement lié à la santé. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi des recommandations précises

52 Hamdi, R., at al. (2016). « Corrélation entre l'effet d'îlots de chaleur urbains et les vagues de chaleur : une analyse sur la mortalité dans les villes européennes. »

53 Filiatreault, M. (2015). « Les effets des vagues de chaleur sur la santé humaine en milieu urbain. »

54 Lauwaet, D., & De Ridder, K. (2018). Les impacts de la chaleur excessive sur les infrastructures urbaines : étude de cas à Bruxelles.



quant aux conditions environnementales nécessaires à un cadre de vie sain, définissant des plages acceptables de température ambiante, d'humidité relative et de vitesse du vent⁵⁵. Ces seuils visent en priorité à protéger les personnes les plus vulnérables (jeunes enfants, personnes âgées, individus atteints de maladies chroniques) pour lesquelles l'exposition prolongée à la chaleur peut rapidement devenir critique⁵⁶. Le confort thermique urbain s'inscrit dans une perspective de santé publique autant que de qualité de vie.

55 Organisation mondiale de la santé (OMS) (2020). Guidelines on Thermal Comfort in Urban Environments.

56 Ezratty, V. & Ormandy, D. (2012). "Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies." *Energy Policy* (49) 116-121p.

4. *Ressenti de la chaleur*

4.1. Confort thermique

4.1.1. Le confort thermique, qu'est-ce que c'est ?

4.1.2. Température ≠ chaleur

Température

Chaleur

4.1.3. Indice UTCI

Échelle UTCI

Stress thermique

4.2. Refuge climatique

4.2.1. Matérialisation des refuges climatiques

4.2.2. Exemples

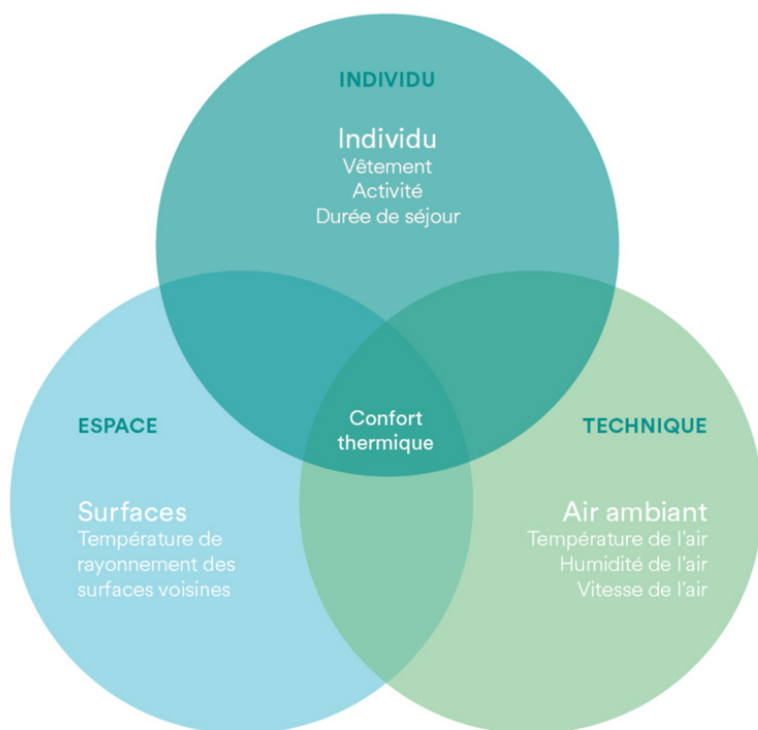


Fig. 21 : Facteurs influençant le confort thermique.

RESSENTI DE LA CHALEUR

4.1. Confort thermique

4.1.1. Le confort thermique, qu'est-ce que c'est ?

Le confort thermique désigne l'état subjectif de satisfaction et de bien-être d'un individu vis-à-vis de son environnement thermique. Il est atteint lorsque le corps humain parvient à maintenir son équilibre thermique, qui se situe aux alentours de 37 °C, sans effort excessif de régulation tel que la transpiration ou le frissonnement⁵⁷.

Le confort thermique est influencé par plusieurs facteurs, les paramètres environnementaux, les paramètres humains (métabolisme et résistance physique), des paramètres individuels (isolation vestimentaire) et des facteurs subjectifs (acclimatation, attentes psychologiques)⁵⁸.

4.1.2. Température ≠ chaleur

La confusion entre ces deux notions est courante, il arrive qu'on parle de « grosses chaleurs » à la météo pour parler des températures élevées mais en physique, ce sont deux notions bien distinctes.

Température

La température mesure l'agitation des particules. Elle mesure l'énergie d'agitation des atomes ou des molécules, plus les particules d'une substance bougent et vibrent vite, plus la température est élevée. Plus précisément, elle quantifie l'énergie cinétique moyenne des molécules.

Elle s'exprime en Kelvin (K), en degrés Celsius (°C) ou en Fahrenheit (°F), c'est une grandeur intensive, elle ne dépend pas de la quantité de matière.

57 Buildwise. Confort thermique. [consulté le 25.05.26]

58 Kennedy, E., Olsen, H. & Vanos, J. (2020). Le confort thermique des terrains de jeu : revue de la littérature et enquête auprès d'experts.

<i>UTCI (°C)</i>	<i>Catégorie</i>
> 46	Stress de chaleur extrême
38 à 46	Stress de chaleur très fort
32 à 38	Stress de chaleur fort
26 à 32	Stress de chaleur modéré
9 à 26	Pas de stress thermique
0 à 9	Stress de froid léger
-13 à 0	Stress de froid modéré
-27 à -13	Stress de froid fort
-40 à -27	Stress de froid très fort
< -40	Stress de froid extrême

Fig. 22 : Echelle UTCI

Chaleur

La chaleur n'est pas une propriété que possède un objet, c'est un transfert d'énergie thermique entre deux systèmes de températures différentes.

Elle se mesure en Joules (J) ou en calories, c'est une grandeur extensive qui dépend de la quantité de matière en jeu⁵⁹.

4.1.3. Indice UTCI (Universal Thermal Climate Index)

L'indice UTCI traduit la réponse du corps humain à son environnement thermique sous forme d'une température équivalente exprimée en °C⁶⁰.

Cet indice repose sur plusieurs paramètres le faisant varier à travers sa formule.

$$UTCI = f(T_{mrt}, T_a, V_a, p_a)$$

Température moyenne radiante [T_{mrt}]

Température de l'air à 2 m du sol [T_a]

Vitesse du vent à 10 m de hauteur [V_a]

Humidité relative [p_a]

Ce sont les mêmes paramètres que l'on retrouve dans les facteurs environnementaux qui influencent le confort thermique.

La température moyenne radiante (TMR) représente la température moyenne relative par rayonnement de toutes les surfaces qui nous entourent⁶¹.

L'indice UTCI ne prend en considération que des paramètres environnementaux, pourtant, le confort thermique dépend également de l'habillement, du manque de sommeil, de l'âge et de la condition physique. Il existe d'autres indices plus sophistiqués qui prennent en compte ce genre de paramètres, mais dans le cadre de ce travail, nous nous concentrerons seulement sur les facteurs n'étant pas propres à chacun.

Échelle UTCI

L'échelle UTCI divise cette température équivalente en 10 catégories de stress thermique allant des stress thermiques extrêmement froids (< -40 °C UTCI) aux stress thermiques extrêmement chauds (> 46

59 energyeducation.ca. Chaleur vs température. [consulté le 25.06.26]

60 climate-adapt.eea.europa.eu. Indicateur de puissance thermique – indice de climat thermique universel, 1979-2020. [consulté le 25.06.26]

61 cds.climate.copernicus.eu. Thermal comfort indices derived from ERA5 reanalysis. [consulté le 25.05.26]

LES EFFETS DIRECTS DU STRESS THERMIQUE



Éruptions
de chaleur



Épuisement
par la chaleur



Coup de
chaleur



Crampes
de chaleur

Fig. 23 : Effets directs du stress thermique

°C UTCI). La neutralité thermique se situe entre 9 ° et 26 °C UTCI⁶².

Stress thermique

Le stress thermique désigne la réponse physiologique qu'engage le corps humain face à un environnement thermique défavorable. Il se manifeste lorsque l'organisme accumule davantage de chaleur qu'il n'en dissipe (ou inversement dans des environnements de froid excessif).

La variation des températures s'opère à l'échelle microclimatique. Elle est localisée et fortement conditionnée par les paramètres constitutifs de l'indice UTCI, et peut fluctuer de manière significative sur quelques mètres seulement ⁶³.

Dans le cadre de ce travail, nous nous concentrerons uniquement sur les stress thermiques liés à la chaleur.

Accumulation de stress thermique et ses dangers

Comme mentionné au chapitre précédent, l'exposition prolongée à la chaleur engendre des stress thermiques dont les effets sont cumulatifs et progressifs. C'est précisément cet effet de cumul qui aggrave les pathologies chroniques préexistantes et peut déclencher des pathologies aiguës directes pouvant aller jusqu'au coup de chaleur. Limiter son exposition aux fortes chaleurs constitue donc un impératif sanitaire.

Pourtant, les milieux urbains amplifient ce risque, les villes sont significativement plus exposées à la surchauffe que les zones rurales, en raison du phénomène d'îlots de chaleur urbains (ICU). En Belgique, les projections estiment une augmentation de la mortalité liée à la chaleur d'un facteur de 1.7 à court terme et de 4.5 à long terme⁶⁴.

Face à cette réalité, les refuges climatiques constituent une réponse permettant d'interrompre l'exposition prolongée lors des déplacements extérieurs, en offrant une pause thermique au sein du parcours.

4.2. Refuge climatique

Les refuges climatiques désignent les lieux protégés permettant d'éviter une exposition prolongée à la chaleur. Sur l'échelle UTCI

62 climate-adapt.eea.europa.eu. Indicateur de puissance thermique – indice de climat thermique universel, 1979-2020. [consulté le 25.06.26]

63 www.meteo.be. Le stress thermique peut fortement varier à l'échelle du mètre : une étude montre l'importance de l'ombre et d'une planification spatiale intelligente. [consulté le 25.05.26]

64 Martinez, D & al. (2018). « Projections de la mortalité liée à la chaleur en Belgique d'ici 2050 »

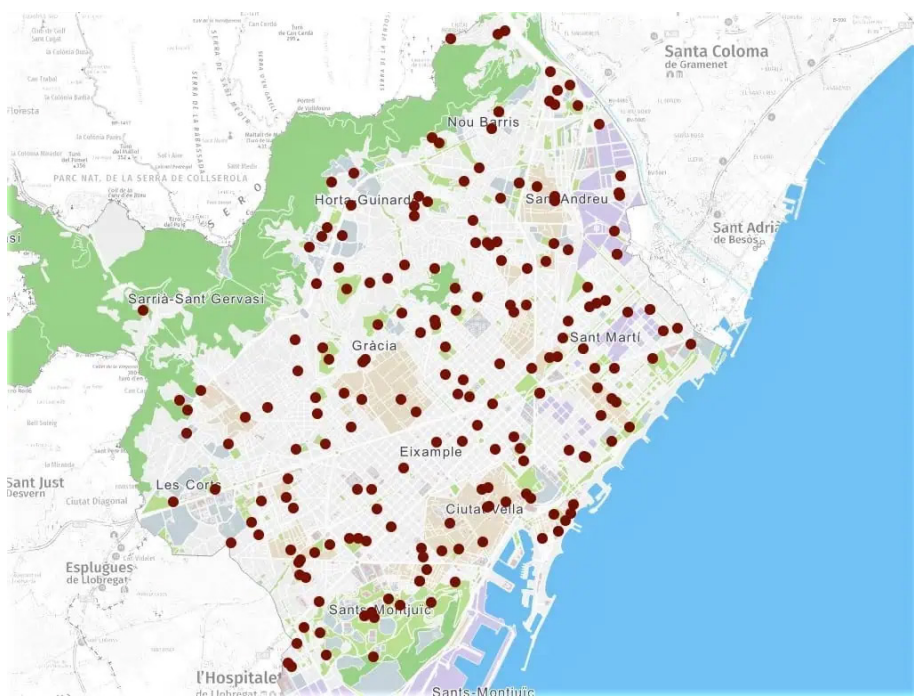


Fig. 24 : refugis climàtics de Barcelone

(Universal Thermal Climate Index), ils correspondent à la plage d'absence de stress thermique, soit une température comprise entre 9 ° et 26 °C.

À l'échelle urbaine, ce sont les espaces aménagés pour offrir une protection ponctuelle et accessible contre la surchauffe. Ils constituent une composante essentielle de l'espace public, car ils préservent la santé et le confort des piétons qui le traversent.

Au-delà de leur fonction de tampon thermique pour les piétons, les refuges climatiques exercent un effet déterminant dans la lutte contre les îlots de chaleur urbains (ICU) et la surchauffe urbaine à l'échelle du quartier. En effet, l'ensemble des dispositifs déployés pour améliorer le confort thermique des piétons contribue simultanément à l'atténuation des températures de surface et la réduction de l'effet d'ICU. Ces solutions seront développées dans le chapitre 6.

Les refuges climatiques fonctionnent donc comme des îlots de fraîcheur, participent à la constitution d'un archipel capable d'atténuer les effets des îlots de chaleur urbains (ICU) à l'échelle de la ville.

4.2.1. Matérialisation des refuges climatiques

Les refuges climatiques peuvent prendre des formes très variées, mais ils répondent tous à un double objectif commun, réduire l'exposition thermique des piétons qui viennent s'y abriter et modérer l'effet d'îlot de chaleur urbain à l'échelle du tissu environnant.

Dans la majorité des cas, il s'agit d'espaces publics réaménagés, rue, place, parc, dont la conception intègre des dispositifs d'ombrage, de végétalisation ou de rafraîchissement évaporatif afin de limiter la surchauffe et d'améliorer le confort thermique des usagers.

Ils peuvent toutefois prendre des formes plus spécifiques, comme des bâtiments publics accessibles gratuitement (bibliothèques, centres commerciaux, équipements culturels). Souvent climatisés, ils offrent un environnement frais à celles et ceux qui n'en disposent pas à domicile, jouant alors un rôle social autant que sanitaire.

4.2.2. Exemples

Barcelone, par exemple, a développé un réseau de *refugis climàtics*⁶⁵ composé de bibliothèques, musées, parcs ombragés, piscines et bâtiments climatisés où les habitants peuvent venir se rafraîchir gratuitement pendant les vagues de chaleur. L'idée est de réduire la surmortalité liée aux fortes chaleurs, surtout pour les personnes âgées, isolées ou vulnérables.

65 www.amb.cat. Refugis climàtics.

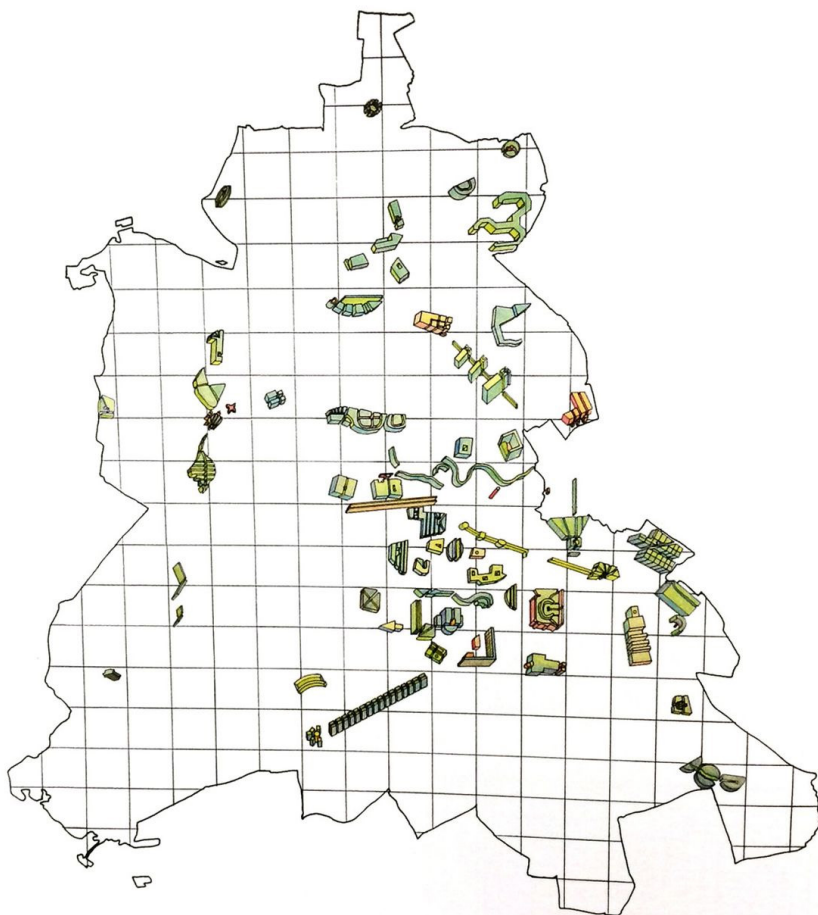


Fig. 25 : Berlin as a green Archipelago

L'ARCHIPEL THERMIQUE

5.1. La ville comme un archipel

Tous ces refuges climatiques ne sont rien à l'unité, mais leur effet est démultiplié lorsque leur nombre se multiplie. Il faut donc créer un écosystème de refuges climatiques qui interagissent ensemble pour avoir un effet global sur toute la ville.

5.1.1. *Cities within the city : Berlin as Green Archipelago*

Ce projet s'inspire donc de la métaphore de l'archipel de Oswald Mathias Ungers et de Rem Koolhaas dans leur manifeste « Cities within the city : Berlin as Green Archipelago »⁶⁶. Ce projet envisageait le Berlin d'après-guerre comme un archipel « d'îles urbaines » dynamiques et autonomes, entourées d'un vaste réseau naturel d'espaces verts, considérant le déclin urbain comme une opportunité plutôt que comme un échec. Koolhaas, Ungers et leurs collègues proposaient que les villes s'adaptent plutôt que de les combattre, et prennent des mesures pour conserver leurs qualités métropolitaines les plus essentielles. Ils avaient pour objectif d'identifier et de mettre en valeur ces « îles dans la ville », ces zones restées vivantes et dynamiques, permettant au reste de la ville de se transformer en lagune naturelle.

5.1.2. *Une métaphore détournée*

Pour cette étude, la métaphore de l'archipel urbain est détournée et appliquée au domaine public bruxellois formant ainsi l'archipel thermique flottant en mer urbaine. Cet archipel est composé de tous les espaces publics dans lesquels les piétons évoluent (îles colorées dans les tons rouges). Ce sont majoritairement des places et des parcs publics. Pour le moment ces espaces ne sont pas encore des

66 Koolhaas, R. & Ungers, O.M. (1977). Cities within the city : Berlin as Green Archipelago.

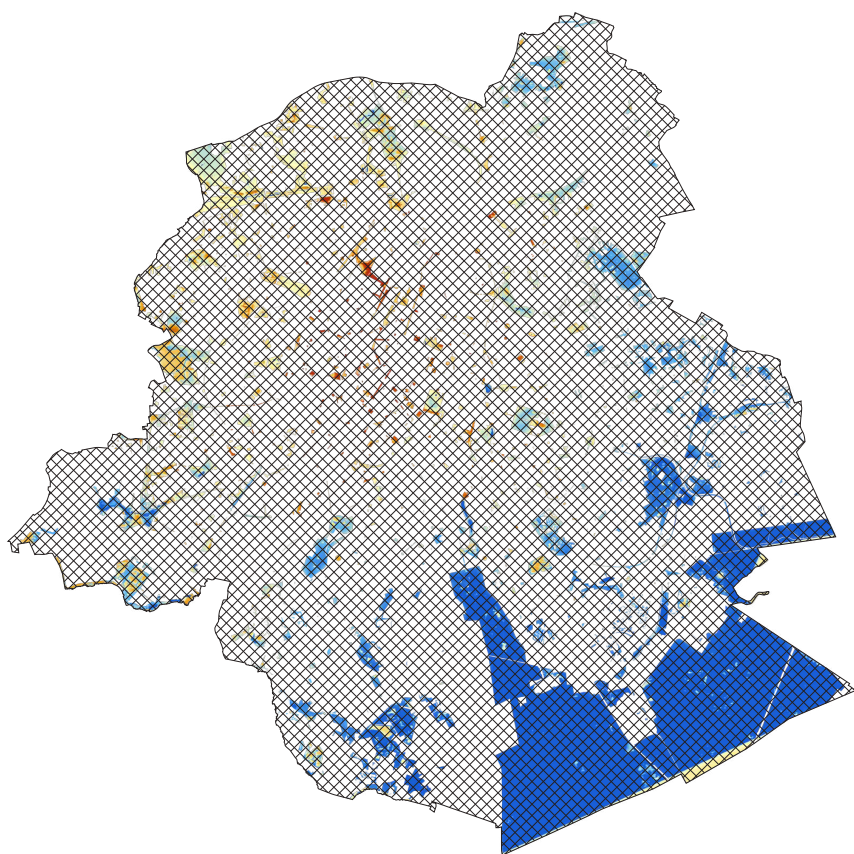


Fig. 26 : L'archipel thermique bruxellois

refuges climatiques, ils ne permettent pas encore de se mettre à l'abri de l'exposition à la chaleur et d'éviter l'accumulation de stress thermiques.

Ce projet tend à modifier l'archipel thermique bruxellois pour métamorphoser toutes les îles de l'archipel et les transformer en véritable refuge climatique (îles colorées en bleu).

Le switch de la métaphore concerne la nature de la « mer urbaine ». À Berlin, l'archipel oppose des fragments urbains denses à une mer verte, alors que dans le nouvel archipel, ce sont les îles qui sont fraîches dans une mer thermique chaude.

5.2. *L'archipel thermique bruxellois*

L'énonciation théorique des bases des phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU) et de vague de chaleur (VDC) permet de les étudier et les comprendre dans le contexte bruxellois. Ce sous-chapitre s'attaque à dresser l'état des lieux du climat urbain actuel et futur de Bruxelles ainsi que ses vulnérabilités.

5.2.1. *Les ICU à Bruxelles*

Le climat urbain bruxellois a fait l'objet de modélisations récentes menées par l'IRM (Institut Royal Météorologique de Belgique) et le VITO (Institut flamand de recherche technologique), dont l'étude de référence de Hamdi et al. (2016) a appliqué une technique de réduction d'échelle dynamique urbaine à une résolution de 1 km sur la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) à partir des températures relevées entre 1981 et 2010 par 3 stations météorologiques (Molenbeek en zone dense, Uccle au sud et Brussegem en zone rurale au nord-ouest).

Cette étude met en évidence une distribution spatiale nette, l'ICU, de jour comme de nuit, culmine dans le centre-ville dense et décroît progressivement vers la périphérie. La baisse étant la plus marquée au sud-est au niveau de la forêt de Soignes. À Molenbeek, l'ICU moyen diurne (UHI_D) oscille entre 0.6 ° et 0.7°C contre 1.7 ° à 2.5 °C la nuit (UHI_N) confirmant le caractère essentiellement nocturne du phénomène.

L'étude révèle en outre une synergie entre l'ICU et les vagues de chaleur (VDC), l'ICU nocturne s'intensifiant lors des épisodes et s'étendant davantage sur le centre, en particulier le long du canal, tandis que la fréquence, la durée et l'intensité des VDC s'avèrent plus importantes dans les zones les plus denses⁶⁷.

67 Hamdi, R., Duchêne, F., Berckmans, J., Delcloo, A., Vanpoucke, C. & Termonia, P. (2016). "Evolution of urban heat wave intensity for the Brussels Capital

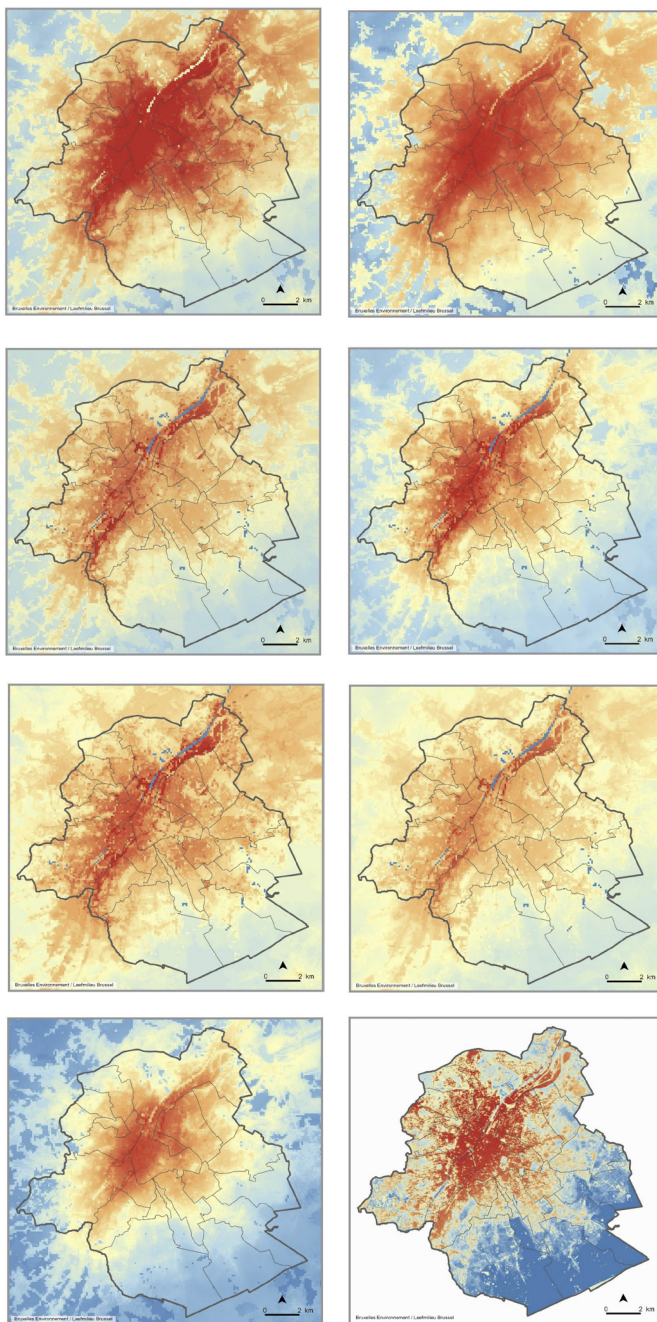


Fig. 27 : Température moyenne à 2m durant tous les mois d'été (juin-août- entre 1987-2016

Fig. 28 : Îlot moyen à Bruxelles à 23h durant les mois d'été entre 1987-2016

Fig. 29 : Nombre moyen de pics de chaleur entre 1987-2016

Fig. 30 : Nombre moyen de pics de chaleur annuels entre 1987-2016

Fig. 31 : Nombre moyen de pics de chaleur annuels suivant la définition de l'IMR entre 1987-2016

Fig. 32 : Nombre moyen de jours par an avec une température aximale > 30°C entre 1987-20216

Fig. 33 : Nombre moyen de jours par an avec une température minimale > 18°C entre 1987-2016

Fig. 34 : Température à globe humide moyenne pour toutes les heures du 24.08.2016

Une seconde étude de Lauwaet et al. (2015) estime l'intensité moyenne de l'ICU nocturne bruxellois à 3.15 °C (intensité mesurée sur base des températures nocturnes des étés 2000 à 2009), valeur légèrement supérieure aux 2.54 °C de l'IRM. Cet écart s'explique par des choix méthodologiques différents, l'IRM se fondant sur les minima de fin de nuit alors de Lauwaet et al. mesure à minuit, au pic d'intensité, avec une résolution plus fine (250m contre 1km) produisant des valeurs plus extrêmes⁶⁸.

La Région de Bruxelles-Capitale (RBC) subit donc effectivement le phénomène d'îlots de chaleur urbains (ICU), mais certaines zones restent plus touchées que d'autres malgré tout.

Parmi ces espaces, on retrouve le centre-ville (fréquence plus élevée de jours de fortes chaleurs > 30 °C), un corridor longeant le canal de Bruxelles dû à une nouvelle réhabilitation industrielle et certaines poches en carence en espaces verts.

5.2.2. Vulnérabilités

Quelles sont les causes de ces vulnérabilités ?

Les quartiers densément construits sont plus vulnérables face aux vagues de chaleur. Le mélange du manque de végétation et la forte imperméabilisation des sols stocke la chaleur et empêche l'air de se refroidir par manque d'humidité relative.

La topographie basse rend naturellement toute zone un peu plus chaude que les altitudes plus élevées⁶⁹.

La position centrale de ces espaces fait que l'air qui arrive est déjà réchauffé par les autres quartiers réchauffés⁷⁰.

La mauvaise ventilation en période critique contribue tout autant à rendre ces espaces vulnérables. Lors des épisodes de vague de chaleur, les vents dominants sud-ouest normalement chargés en humidité se font rares voire inexistants. Seuls quelques vents d'autres directions peuvent pointer le bout de leur nez mais ceux-ci ne sont pas suffisants pour rafraîchir la ville et l'ICU peut atteindre des moyennes autour de 4 °C⁷¹.

-
- 68 Lauwaet, D., De Ridder, K., Saeed, S., Brisson, E., Chatterjee, F., Van Lipzig, N.P.M., Maiheu, B. & Hooyberghs, H. (2015). "Assessing the current and future urban heat island of Brussels." Urban Climate (Vol.15). pp. 1-15.
- 69 Gaaloul, H. (2021). La lutte contre l'îlot de chaleur urbain dans le contexte du changement climatique. Cas de la Région de Bruxelles Capitale.
- 70 Gaaloul, H. (2021). La lutte contre l'îlot de chaleur urbain dans le contexte du changement climatique. Cas de la Région de Bruxelles Capitale.
- 71 Lauwaet, D., De Ridder, K., Saeed, S., Brisson, E., Chatterjee, F., Van Lipzig, N.P.M., Maiheu, B. & Hooyberghs, H. (2015). "Assessing the current and future urban heat island of Brussels." Urban Climate (Vol.15). pp. 1-15.

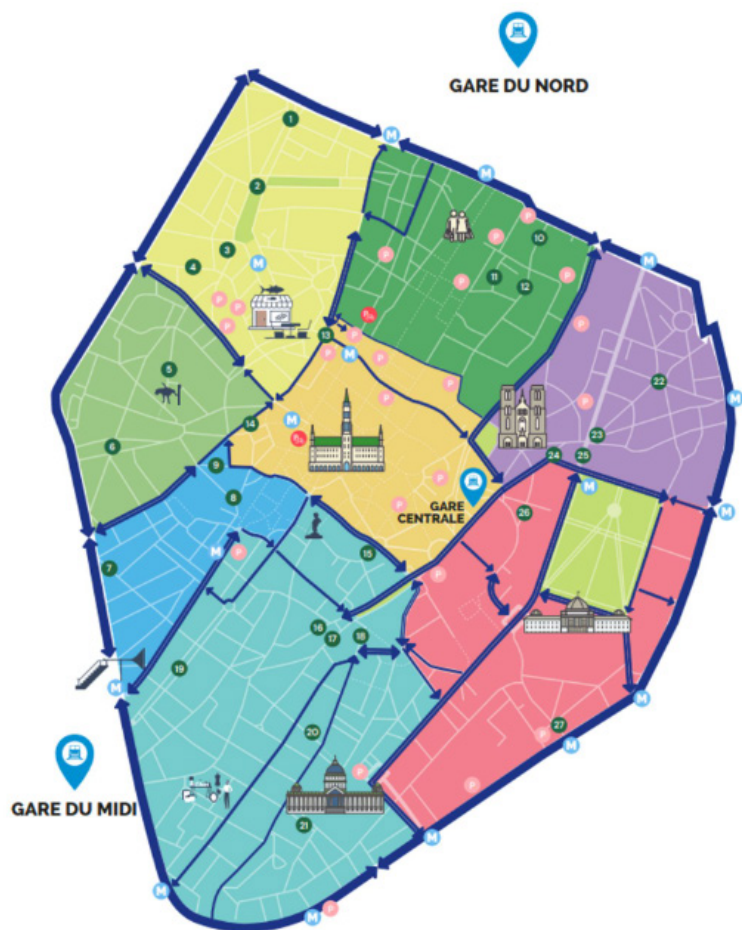


Fig. 35 : Carte des mailles Good Move

La présence industrielle le long du canal est une source de chaleur anthropique qui contribue à l'échauffement du quartier tout entier.

En résumé, à Bruxelles les ICU sont plus intenses la nuit, localisés dans les quartiers centraux denses et industriels et se renforcent lors des fortes chaleurs.

Son intensité moyenne ne devrait pas croître, mais c'est l'aggravation des vagues de chaleur et leur synergie avec l'ICU, dans les zones les plus denses et socialement les plus vulnérables, qui constitue le véritable enjeu futur.

5.2.3. Initiatives en cours

Face à ce dérèglement climatique et aux vulnérabilités multiples auxquels elle fait face, comment la Région de Bruxelles-Capitale s'adapte ? Quelles sont les initiatives en cours pour renforcer la résilience bruxelloise ?

Plan Good Move

Le plan Good Move est le plan régional de mobilité de Bruxelles-Capitale pour la période 2020-2030. Conçu autour d'une vision de mobilité durable, ses ambitions dépassent largement la seule question des transports à Bruxelles. En repensant la répartition de l'espace public, il agit comme un levier structurel de résilience urbaine et d'adaptation climatique.

Si la lutte contre les îlots de chaleur urbains n'en est pas la visée première, le plan Good Move y contribue néanmoins de manière significative par plusieurs mécanismes convergents.

Réduction de la chaleur anthropique

La diminution de la circulation automobile réduit directement les émissions de chaleur liées aux moteurs thermiques, auxquelles s'ajoute la chaleur emmagasinée et restituée par les surfaces asphaltées. Moins de voiture en circulation, c'est moins d'énergie dissipée sous la forme de chaleur dans le tissu urbain.

La reconquête de l'espace public au profit du végétal

La réduction du nombre de stationnements libère des surfaces jusqu'alors imperméabilisées, offrant la possibilité d'y introduire des aménagements végétalisés. Ces espaces reconvertis peuvent accueillir arbres, noues enherbées ou jardin de pluie, contribuant à la création d'îlots de fraîcheur par évapotranspiration et ombrage.

Les mailles de mobilité comme outil de requalification des quartiers

La création de « mailles de mobilité » (zones où le transit automobile

est limité ou réorganisé) réduit la circulation de passage dans les quartiers résidentiels. Ces rues apaisées permettent de repenser l'espace public en plaçant les besoins du piéton au centre, ouvrant la voie à des réaménagements favorables au confort thermique (plantation d'arbres, revêtements perméables, mobilier d'ombre).

Cependant, si la circulation automobile est diminuée dans certains quartiers, elle est intensifiée sur d'autres axes routiers.

La priorité à la mobilité douce

La marche et le vélo sont érigés en priorités. Le développement de réseaux cyclables continus et de trottoirs confortables prolonge cette logique de désinvestissement de la voiture individuelle, tout en favorisant une ville plus respirante, au sens propre comme un figuré⁷².

En ce sens, le plan Good Move illustre comment une politique de mobilité peut, par ricochet, contribuer à atténuer la surchauffe urbaine et à améliorer durablement la qualité de vie en ville.

PRDD

Le Plan Régional de Développement durable (PRDD) constitue le cadre stratégique par lequel la Région de Bruxelles-Capitale entend faire face à ses enjeux climatiques et écologiques. Structuré autour de quatre axes directeurs, il place l'amélioration du cadre de vie au cœur de sa démarche d'adaptation. Il préconise notamment l'extension des espaces verts, la consolidation des continuités vertes et bleues ainsi que la plantation d'arbres, en accordant une attention particulière aux quartiers denses et fragilisés, reconnaissant le rôle thermique de la nature en milieu urbain.

Sur le plan de la mobilité, le PRDD promet le report modal de la voiture vers les déplacements passifs, contribuant ainsi à la réduction des émissions de chaleur anthropique. Ce faisant, il inscrit la résilience climatique dans une double logique de végétalisation et d'équité territoriale, dont le centre-ville constitue la cible prioritaire⁷³.

Plan climat de la Ville de Bruxelles

À l'échelle communale, la Région bruxelloise accompagne ses 19 communes dans l'élaboration de leur plan climat, ce sont les Programmes d'actions climat (PAC). Les PAC doivent contribuer aux objectifs régionaux fixés dans le PACE 2024-2030 (Plan Air Climat Energie bruxellois). Ce plan-cadre intègre les politiques de l'air, du

72 Bruxelles Mobilité (2020). Good Move - Plan régional de mobilité 2020-2030.

73 Région de Bruxelles-Capitale (2018). Plan Régional de développement durable PRDD.

climat et de l'énergie dans une stratégie de planification unifiée. Il contient plusieurs mesures et actions visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques. Fin 2024, 15 communes avaient un PAC validé.

Le plan climat de la Ville de Bruxelles est le plus abouti de la région. Articulé autour de 150 objectifs stratégiques répartis en 11 thématiques couvrant l'ensemble des activités humaines, il vise la neutralité carbone d'ici 2050. Trois de ces axes s'avèrent particulièrement déterminants pour la résilience climatique urbaine⁷⁴.

Maillage bleu et gestion des eaux pluviales

Le Plan climat projette le développement d'un réseau d'espaces aquatiques de surface, le maillage bleu, destiné à renforcer l'infiltration naturelle des eaux pluviales et réduire le ruissellement urbain.

Ce maillage intègre également des points d'eau accessibles aux habitants (fontaines, bassins, baignade naturelle) afin d'améliorer le confort thermique urbain et dont l'objectif est l'accessibilité pour tous à moins de 10 minutes à pied. En abaissant la température ambiante et en atténuant les effets de vagues de chaleur, ces équipements constituent autant d'îlots de fraîcheur, et c'est précisément leur interconnexion qui forme le maillage bleu.

Maillage vert et biodiversité

En complément, le maillage vert prévoit l'aménagement de nouveaux parcs, la végétalisation des toitures (réduit l'albédo des matériaux et freine l'absorption de chaleur par les surfaces). Cette nature urbaine déployée à grande échelle lutte contre les îlots de chaleur urbains tout en favorisant la présence de la biodiversité en ville grâce à des corridors écologiques reliant les espaces verts entre eux et permettant la circulation des espèces à travers le tissu urbain dense.

Performance énergétique

Le troisième axe porte sur la qualité énergétique du parc immobilier. Les nouvelles constructions doivent intégrer dès leur conception les contraintes du dérèglement climatique et prévoir des dispositifs écologiques adaptés. La réduction des émissions de chaleur anthropique, notamment par la limitation du recours à la climatisation, qui aggrave les surchauffes extérieures, constitue un levier essentiel pour contenir l'effet d'îlot de chaleur urbain à l'échelle du bâtiment comme du quartier⁷⁵.

74 Anseeuw, A. (2025). La ville face aux îlots de chaleur urbains. Rafraîchir pour une ville habitable. Exploration du quartier Danseart.

75 Ville de Bruxelles (2022). Plan climat de la Ville de Bruxelles.

6. *Comment rafraichir le ville ?*

6.1. Une posture

6.2. Des lieux-cibles

6.2.1. Place/parc public

6.2.2. Rue/trottoir

6.2.3. Espace résiduel

6.3. Des solutions

6.3.1. Solution verte

6.3.2. Solution grise

6.3.3. Solution douce

6.4. Des ingrédients

6.4.1. Eau

Contact direct

Brumisation

Radiation

Conduction

6.4.2. Ombre

Voile d'ombrages dynamique

Voile d'ombrages statique

Ombrière

Structure mobile

Ombre végétale

6.4.3. Vert

Végétation haute

Mur végétalisé

Végétalisation des sols

6.4.4. Vent

6.5. Des actions

6.5.1. Réduction du trafic

6.5.2. Réduction vitesse circulation automobile

6.5.3. Mise à sens unique des voiries

6.5.4. Réduction du stationnement

6.5.5. Temporalité

6.5.6. Piétonisation

6.6. Des objets

6.6.1. Le pavillon

6.6.2. Le théâtre

6.6.3. La plaine à jeux d'eau

6.6.4. La fontaine

6.6.5. La rivière

6.6.6. L'oasis

6.6.7. La toile tendue

6.6.8. Le bain de soleil

6.6.9. La banquise

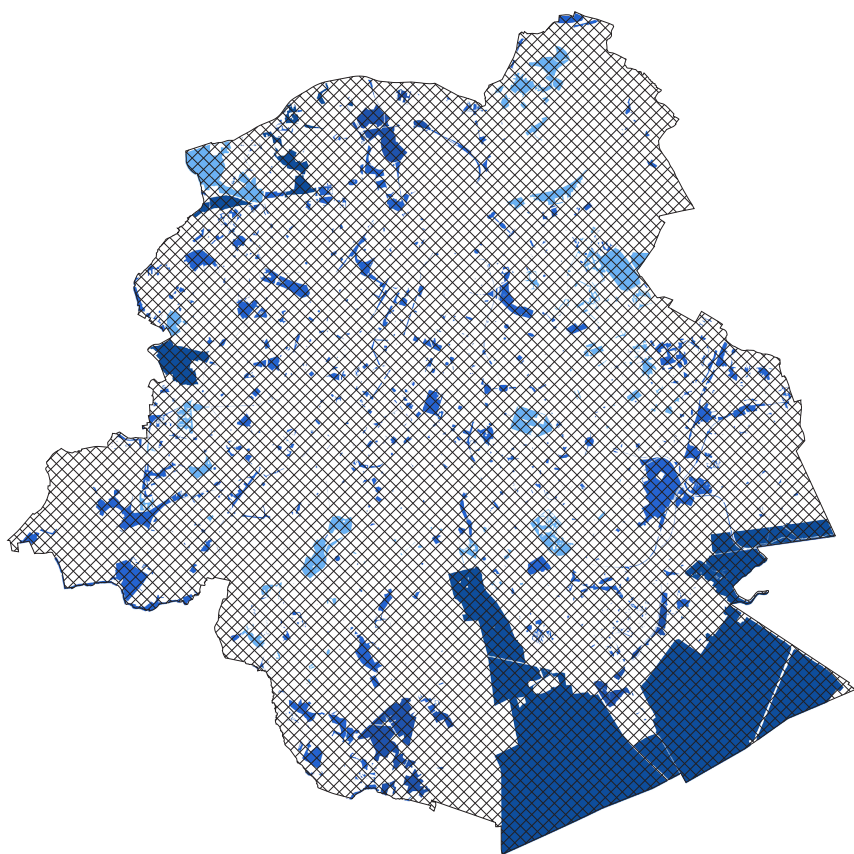


Fig. 36 : M-L'archipel frais vers lequel tendre

COMMENT RAFRAÎCHIR LA VILLE ?

Maintenant que l'on a défini les principes de confort thermique, d'îlots de chaleur urbains (ICU) et de vague de chaleur (VDC), que l'on a mis en place la notion d'archipel pour créer un écosystème de refuges climatiques et que l'on connaît le climat bruxellois et ses enjeux, quelles sont les actions concrètes à mettre en place pour rafraîchir la ville ?

6.1. Une posture

L'objectif est de créer de nouvelles îles de fraîcheur au sein de l'archipel thermique, qui viennent consolider l'amorce d'une trame existante afin d'améliorer le confort thermique des piétons et, surtout, de prévenir leur exposition aux stress thermiques.

Si le dessein consiste à maximiser l'implantation des refuges climatiques, sa finalité n'est pas pour autant la même. C'est ici qu'intervient la grille. Ce quadrillage de 150m de côté fait référence à la grille de Ungers et Koolhaas dans leur manifeste sur Berlin⁷⁶. Elle ne sert pas à densifier indéfiniment l'archipel, mais à fixer la distance maximale admissible entre deux îles de l'archipel.

Quantifier une telle distance reste délicat, car la résistance aux stress thermiques de chacun dépend des conditions physiologiques, une personne âgée ne pourra pas parcourir une étendue tout aussi longue qu'un adulte en bonne santé. C'est pourquoi le maximum doit se calibrer sur le minimum, autrement dit sur le plus vulnérable. Il faut par ailleurs souligner que la durée passée au sein d'un refuge climatique compte tout autant que la distance qui les sépare. Franchir plusieurs îles ne pose pas de problème, à condition de pouvoir se mettre à l'abri un certain temps quelques îles plus loin.

76 Koolhaas, R. & Ungers, O.M. (1977). Cities within the city : Berlin as Green Archipelago.

6.2. Des lieux-cibles

Comme mentionné dans le chapitre 2, ce projet travaille exclusivement sur le domaine public non bâti. Par sa nature et la configuration de ses espaces, il est à la fois vulnérable et transformable, car il permet des interventions plus rapides et collectives. Il est divisé en 3 catégories d'espaces telles que les places et les parcs publics, les rues et les trottoirs et les espaces résiduels. Tous ces espaces qu'on ne considère pas toujours à leur juste valeur composent pourtant le domaine public qui dessine le squelette de la ville dans laquelle on flâne tous les jours.

6.2.1. Places / parcs publics

Les places et les parcs publics sont les espaces publics auxquels on pense en premier. Ce sont les endroits de sociabilisation et de rencontre par excellence. Ils sont conçus pour accueillir la pause dans le trajet et l'arrêt prolongé des piétons ce qui rend la question du confort thermique particulièrement déterminante. La qualité d'une place se mesure à son attractivité donc à sa capacité à offrir des conditions microclimatiques agréables tout au long de la journée et des saisons.

Thermiquement, la nature de ces espaces creuse naturellement l'écart et présente des comportements contrastés. Les places souvent fortement minérales, sans ombre ni végétation accumulent et restituent la chaleur emmagasinée par les surfaces aux revêtements non adaptés. Elles deviennent ainsi des points de chaleur au sein du tissu urbain. Au contraire, les parcs, aux surfaces perméables et aux couvertures végétales généralement abondantes, agissent comme des îlots de fraîcheur grâce à l'ombre et l'évapotranspiration des massifs arborés.

Les dimensions généreuses de ces espaces, leur géométrie, mais aussi le rapport plein/vide, la présence de l'eau et l'orientation jouent un rôle sur leur performance climatique.

6.2.2. Rues / trottoirs

Souvent oubliés par les aménagements urbanistiques, les espaces longilignes forment l'ossature continue de l'espace public. Ils permettent de relier chaque endroit entre eux et accompagnent nos déplacements quotidiens. Leur présence en ville est omniprésente et contribue à la qualité de l'expérience urbaine des piétons, de ce qui se passe au niveau du trottoir, à hauteur de regard et de pas.

Contrairement aux places et parcs, la morphologie en canyon des rues, dont le rapport H/L se retrouve généralement aux alentours de 1, empêche l'air de correctement circuler. Cette configuration,

l'orientation et la matérialité des surfaces influencent le bilan radiatif. Les revêtements bitumeux possèdent un albédo faible et une forte inertie. Ils sont pourtant majoritaires dans l'espace public surtout dans les rues ce qui en fait un des acteurs majoritaires dans l'effet d'îlots de chaleur nocturnes. La présence de quelques arbres, la largeur du trottoir ou le prolongement de l'ombre portée du bâti modulent le ressenti des piétons qui n'ont pas le loisir, à l'inverse des places et des parcs, de choisir leur position dans l'espace.

6.2.3. Espaces résiduels

Les espaces résiduels désignent les fragments d'espaces publics qui échappent à une intention urbanistique claire. Ce sont les brèches, les interstices, les délaissés urbains. Entre trottoir et place, ces poches ne portent pas de nom, mais sont porteuses d'un potentiel de projet immense. Souvent peu qualifiés, ils constituent cependant une part significative de la surface des villes contemporaines et représentent un levier sous-exploité dans la stratégie d'adaptation climatique des villes.

6.3. Des solutions

Le rafraîchissement urbain implique des actions qui peuvent être catégorisées en trois familles au regard de la classification européenne d'adaptation au changement climatique :

Les solutions vertes

Les solutions grises

Les solutions douces

6.3.1. Les solutions vertes

Les solutions vertes s'appuient sur la nature (végétale, eau, sol). Elles regroupent les arbres, les parcs, les pelouses, les toitures et façades végétalisées, les plans d'eau, les rivières, etc.

6.3.2. Les solutions grises

Les solutions grises regroupent les dispositifs techniques et les infrastructures urbaines. Il s'agit des fontaines, jets d'eau, arrosage urbain, structures d'ombrage, revêtements drainants, matériaux à changement de phase. La mise en œuvre de matériaux à albédo élevé est une solution pour vaincre le piégeage radiatif à grande échelle. Mais n'est à utiliser que pour certaines surfaces (toitures) quand elles ne sont pas en contact direct avec les piétons ce qui pourrait gêner leur confort thermique dû à la réflectivité.

6.3.3. Les solutions douces

Les solutions douces agissent sur les usages et pratiques de la ville de manière individuelle ou collective. Elles comprennent la réduction du trafic routier en favorisant les transports en commun, le covoiturage, la mobilité active, les véhicules électrifiés, la réduction de l'usage des climatisations qui créent un cercle vicieux en rejetant entre 0,2 ° et 2,5 °C localement pour favoriser les solutions passives telles que les protections solaires, la ventilation nocturne ou l'isolation thermique et l'adaptation du comportement en période de canicules en mettant l'accent sur la solidarité et l'adaptation⁷⁷.

Ces solutions sont des leviers d'intervention pour transformer l'existant qui se concrétisent en actions et prennent la forme de dispositifs.

6.4. Des ingrédients

Avec les différentes solutions mentionnées, il existe un ensemble d'ingrédients que l'on peut mobiliser et combiner pour réguler les ambiances extérieures. Ces ingrédients sont au nombre de quatre :

L'eau

L'ombre

Le vert

Le vent

Pour autant, le confort thermique est aussi fortement conditionné par la structure même de la ville. Sa morphologie, son organisation spatiale ainsi que le rapport plein/vide et le rapport H/L des rues influence directement le climat local.

Cependant, agir sur ces paramètres suppose une restructuration profonde du squelette urbain afin de déconstruire, élargir, réorienter et dédensifier, ce qui dépasse l'objectif de ce travail.

C'est pourquoi, cette recherche se concentre sur les leviers d'interventions plus accessibles et plus rapidement modélisables en partant du tissu existant tel qu'il est.

Le processus commence donc par une bonne analyse du lieu et de ses carences, pour connaître quels ingrédients sont nécessaires à ajouter afin d'améliorer le confort thermique des piétons qui s'y promènent.

6.4.1. Eau

L'eau est l'un des régulateurs thermiques les plus efficaces dans

77 ADEME (2021). *Rafraîchir les villes*.

les climats secs. En s'évaporant, de très fines gouttelettes puisent l'énergie thermique (calories) dans l'air ambiant et absorbent une quantité relativement importante de chaleur, appelée chaleur latente de vaporisation, pour passer de l'état liquide à l'état gazeux. Grâce à ce processus naturel d'évaporation, la température de l'air sec aux alentours de la source d'eau peut chuter jusqu'à 3 °C.

Ce phénomène est permis grâce à des dispositifs de surface qui ont un effet ponctuel localisé ou bien grâce à la trame bleue qui structure durablement la ville pour la rendre résiliente. Cette trame est composée de réseaux d'infiltration d'eau pluviale, de stockage et redistribution afin de faire circuler l'eau, de la filtrer et de permettre aux sols d'être réhumidifiés et ce grâce à différents dispositifs tels que des jardins humides, des noues et des bassins d'orage.

Cependant, le refroidissement évaporatif est diminué dans les régions humides, où l'air est déjà fortement chargé en eau, presque saturé, rendant l'évaporation inefficace. Mais une ville comme Bruxelles possède son paradoxe urbain humide, les vagues de chaleur s'accompagnent souvent d'une baisse relative de l'humidité, ce qui améliore temporairement l'efficacité de l'évaporation exactement quand nous en avons le plus besoin⁷⁸.

Tout ce processus permet une gestion écologique des eaux pluviales et autorise l'évapotranspiration végétale. Ce phénomène ne fonctionne que s'il y a de l'eau en présence dans la terre. Les deux ingrédients « eau » et « vert » sont donc indissociables. Durant les périodes plus sèches, il est conseillé d'arroser les arbres de manière raisonnable et responsable afin de faire fonctionner cette synergie. Cet arrosage peut se faire avec les eaux pluviales stockées récupérées des toitures.

Pour alimenter cette trame bleue, il est primordial d'implémenter des matériaux drainants qui facilitent l'infiltration lente et profonde des eaux de surface.

Cette stratégie hydraulique doit être pensée à grande échelle et pas simplement à celle du dispositif. En connectant plusieurs dynamiques et en intégrant la trame verte au discours, l'eau devient alors un vecteur de résilience climatique.

Récupération des eaux pluviales

Mais l'eau n'est pas une ressource inépuisable. Aujourd'hui, la plupart des dispositifs hydrauliques urbains sont raccordés au réseau d'eau potable de la ville. C'est-à-dire que chaque litre qui sort

78 Amaripadath, D., Attita, S. Azra, E. & Kumar Singh, M. (2024). "Heat exposure mitigation in renovated nearly zero-energy dwellings during concurrent heat waves and power outages."



Fig. 37 : Hyperlane Linear Sky Park, ASPECT Studios, Chengdu, China, 2020



Fig. 38 : Miroir d'eau, Bordeaux

d'une buse ou qui ruisselle sur une place puise dans une ressource précieuse. Une eau pourtant vitale durant les périodes de fortes chaleurs, lorsqu'il faut désaltérer les habitants et qui vient justement à manquer au moment où les sécheresses s'intensifient.

Récupérer les eaux pluviales apparaît donc comme une évidence. Plutôt que de les laisser ruisseler jusqu'aux égouts avant d'aller chercher ailleurs ce dont on a besoin, il s'agit de les capter là où elles tombent sur les toitures et sur les surfaces imperméables. Stockées dans des cuves ou bassin tampons, elles peuvent être réinjectées dans la ville au moment où la chaleur l'exige.

Cette logique cyclique transforme un événement météorologique ponctuel en réserve durable. Elle désengorge les réseaux pluviaux et soulage la ressource potable et inscrit l'espace public dans un métabolisme plus juste. Stocker la pluie, c'est reconnaître que l'eau a un coût, un trajet et une origine et faire le choix de rendre à la ville ce que le ciel nous offre déjà.

Pour revenir aux dispositifs de surfaces, ils existent sous plusieurs formes déclinables en différentes catégories ;

Le contact direct

La brumisation

La radiation

La conduction

Le contact direct

Le contact direct avec des points d'eau est la concrétisation parfaite du principe d'évaporation évoqué précédemment.

Les points d'eaux peuvent prendre diverses formes : fontaines, bassins, rivières, noues, étangs, jeux d'eau, etc.

La brumisation

La brumisation s'appuie sur un principe physique appelé « refroidissement adiabatique » (ou évaporatif). Concrètement, l'eau est propulsée à une pression de 60 à 100 bars à travers de fines buses ce qui crée une brume composée de micro gouttelettes (+/- 10 microns). Ces dernières s'évaporent instantanément sans même mouiller les surfaces environnantes. C'est le même processus d'évaporation évoqué juste avant qui absorbe la chaleur de l'air ambiant, mais amplifié, car il permet de réduire la température ressentie de 5° à 10°C⁷⁹. L'effet rafraichissant est accentué au contact

79 Brumisol (consulté 19.05.26). Mobilier Ubrain de Brumisation haute Pression : Îlots de Fraîcheur pour Collectivités.



Fig. 39 : Make It Rain, Quentin Gérard, Bruxelles 2023



Fig. 40 : Cooling benches à Paris

du vent grâce au phénomène « windchill »⁸⁰.

La radiation

Le rafraîchissement par radiation avec une surface froide repose sur une loi thermodynamique selon laquelle les corps de températures différentes échangent un rayonnement thermique jusqu'à atteindre un équilibre. Il ne s'agit donc pas de rafraîchir l'air ambiant, mais bien de modifier une des surfaces qui nous entourent afin de faire baisser la TMRT pour améliorer le confort thermique.

Ce principe se retrouve dans des parois fraîches refroidies par des tuyaux d'eau froide qui circulent à l'intérieur.

La conduction

La conduction invoque les mêmes lois thermodynamiques que la radiation sauf que les effets se font ressentir au contact direct. Lorsque deux corps de températures différentes sont en contact, la chaleur se transmet du corps le plus chaud vers les plus froids jusqu'à atteindre l'équilibre. Il ne s'agit donc pas ici de rafraîchir l'air ambiant, mais bien de mettre le corps en contact avec une surface plus froide afin d'évacuer la chaleur et d'améliorer le confort thermique.

Ce principe se retrouve notamment dans des assises refroidies dont la fraîcheur est entretenue par des tuyaux d'eau froide qui circulent à l'intérieur et absorbent la chaleur transmise.

6.4.2. Ombre

L'ombre est un élément essentiel pour lutter contre la surchauffe urbaine. Toute structure apportant de l'ombre empêche l'exposition et la réflexion par rayonnement solaire. Ce système aussi simple soit-il permet deux choses, il diminue la quantité d'énergie stockée par les surfaces afin d'éviter qu'elles ne dégagent de la chaleur et bloque le rayonnement solaire à ondes courtes telles que les rayons ultraviolets et la lumière visible. Ces ondes sont décisives dans le confort thermique des êtres vivants. L'ombre joue donc un rôle sur la température de l'air et la réflectivité qui peut atteindre un delta de 10-20 °C entre les espaces exposés et ceux qui ne le sont pas. La charge thermique environnementale totale d'une personne peut être diminuée rien que par l'ombre, car celle-ci retire l'exposition totale au rayonnement solaire.⁸¹

C'est instinctif de se mettre à l'ombre et les romains l'avaient bien

80 Météo Suisse (consulté 19.05.26). Refroidissement éolien (windchill).

81 A. Middel, V. Kelly Turner, J. K. Vanos (2023). Shade is an essential solution for hotter cities.



Fig. 41 : Square in Tempio Pausania, Alvisi Kirimoto + Partners, Tempio Pausania, Italy, 2016

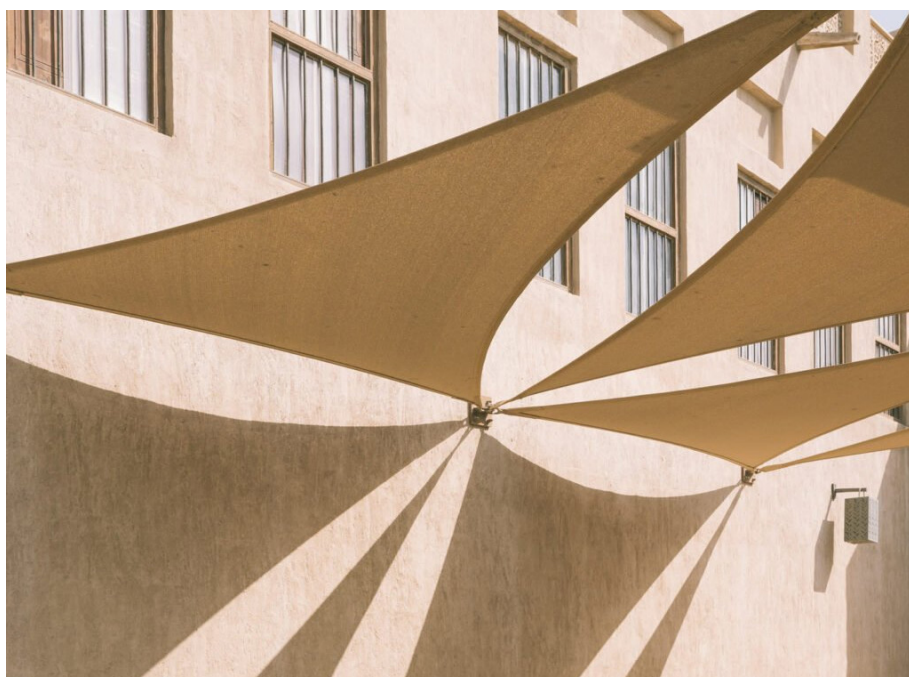


Fig. 42 : Voiles d'ombrage statique

compris déjà à leur époque en construisant des cours ombragées pour accéder aux fontaines.

Il existe plusieurs dispositifs possibles pour ombrager ;

les voiles d'ombrages dynamiques

les voiles d'ombrages statiques

les ombrières

les structures mobiles

les arbres

Le choix d'un dispositif dépend de multiples facteurs tels que la fréquence d'utilisation, le caractère temporaire ou permanent du besoin, les contraintes climatiques locales et l'intégration urbaine désirée. Chaque solution répond à des logiques propres et présente un équilibre spécifique entre flexibilité, durabilité et impact spatial.

Les voiles d'ombrage dynamiques

Les voiles d'ombrages dynamiques sont des toiles tendues sur câbles porteurs déployées sur une certaine distance et mises en mouvement de manière manuelle ou motorisée afin d'ombrager selon les besoins. Leur principal atout réside dans leur capacité d'adaptation quasi instantanée. On peut les déployer aux heures les plus chaudes et les replier en fin de journée, lorsqu'un nuage apparaît ou par temps venteux. Elles offrent de l'ombre tout en conservant l'apport de lumière naturelle lorsqu'il est souhaité, ce qui est précieux en mi-saison. La mobilité de ces toiles est essentielle dans les climats de nos régions aux saisons changeantes. En effet, notre climat étant océanique tempéré (Cfb) selon la classification de Köppen-Geiger⁸², nos hivers doux et pluvieux ne peuvent pas nous permettre de garder des espaces entièrement couverts et ombragés.

Les voiles d'ombrage statiques

Contrairement aux précédentes, les voiles d'ombrage statiques sont tendues entre des points d'ancrage de manière permanente. Leur forme parabolique hyperbolique assure leur tension et leur résistance au vent. Leur aspect pérenne possède ses limites quant à l'apport solaire en dehors des périodes estivales.

Les ombrières

Les ombrières sont des structures statiques en dur qui s'apparentent à des petits pavillons. Elles dépassent la seule fonction d'ombrage

82 National Climatic Commission (2022). Belgium's eighth national communication and fifth biennial report on climate change. Under the United Nations Framework Convention on Climate Change.



Fig. 43 : Ombrière du Vieux Port de Marseille, Noman Foster, Marseille, 2013



Fig. 44 : Escaravox, Andrés Jaque Architects, Madrid, 2012

pour devenir de véritables éléments du programme urbain qui viennent accueillir diverses activités. Ces structures pérennes possèdent d'autres fonctions telles que la collecte des eaux pluviales et servent également d'abris pour se protéger de la pluie en dehors des saisons estivales.

Les structures mobiles

Les structures mobiles désignent l'ensemble des dispositifs d'ombrage posés au sol et déplaçables selon les besoins. Elles offrent une grande souplesse d'usage et conviennent particulièrement aux espaces dont la programmation évolue tout au long de la journée ou de l'année (terrasses événementielles, marchés temporaires, esplanades polyvalentes). Leur force est de pouvoir suivre la course du soleil, de se concentrer là où l'affluence le demande, puis d'être stocké hors saison. En contrepartie, elle demande une logistique de manipulation, un espace de stockage et une certaine vigilance face au vent.

L'ombre végétale

Les arbres constituent sans doute la solution d'ombrage la plus aboutie sur le plan environnemental. Ne nécessitant rien d'autre que le seul temps de pousse, ils permettent un rafraîchissement local jusqu'à 2 ° à 3 °C rien que par leur ombrage⁸³. Les essences à feuillage caduc offrent une régulation saisonnière naturelle en ombrageant avec leur feuillage dense en été puis la chute des feuilles en automne rendent l'espace à la lumière hivernale au moment où celle-ci est la plus précieuse.

Cependant, en termes de confort thermique, une couverture complète reste la solution la plus efficace pour se protéger du rayonnement solaire.

6.4.3. Vert

La végétation fait partie des principales stratégies pour rafraîchir car elle offre deux avantages majeurs dans la lutte contre les îlots de chaleur urbains. A cet effet d'ombrage précédemment mentionné, se rajoute le phénomène d'évapotranspiration qui humidifie l'air contribuant à faire chuter la température ressentie et la température de l'air sous la canopée favorisant l'atténuation de l'effet d'îlots de chaleur urbains.

1 arbre permet de diminuer la température de l'air de 1 ° à 2 °C et la température ressentie de 10 °C. Ces effets se font ressentir seulement à proximité, mais lorsque les regroupements deviennent

83 ADEME (2021). Rafraîchir les villes.



Fig. 45 : Tree conopy

plus importants, un massif arboré urbain de 100 m² peut réduire la température de l'air de 1 ° à 2 °C dans un rayon jusqu'à 100m aux alentours et un parc jusqu'à 200m.

Leur efficacité dépend d'un subtil mélange entre différents types de végétaux (arbres, arbustes et couvre-sols), de leur implantation, de leur enracinement et de leur interaction avec le bâti avoisinant.

Les arbres apportent par ailleurs des bénéfices que les dispositifs construits ne peuvent égaler tels que la captation de CO₂, la gestion des eaux pluviales, l'accueil de la biodiversité et l'apaisement sensoriel.

Leur limite tient dans la durée nécessaire à leur croissance, aux contraintes liées à l'enracinement, à la chute saisonnière de feuilles qu'il faut ramasser de temps à autre et aux possibles allergies.

Leur implantation suppose donc une anticipation à long terme et une réelle attention portée aux conditions de plantation. Car leurs effets sont plus efficaces et plus durables s'ils sont plantés en pleine terre avec un système racinaire qui peut se développer correctement.

Il existe différentes façons de planter de la végétation ;

la végétation haute

le mur végétalisé

la végétalisation des sols

La végétation haute

La végétation haute crée une canopée qui ombrage les espaces environnants de manière naturelle. Les arbres de grande taille sont les plus performants. Ils allient ombrage dense et évapotranspiration active. Ils diminuent la température de l'air en diminuant l'inertie thermique des surfaces aux alentours qui se retrouvent à l'ombre. Dans l'incapacité de stocker de la chaleur, leur réchauffement diurne est stoppé et le rayonnement nocturne compromis.

L'implantation végétale prend 2 formes distinctes, elle est rigide avec des arbres alignés et ordonnés ou libre avec une couverture végétale aléatoire. Ce choix impactera leur efficacité sur la réduction des températures avoisinantes.

Parfois, il arrive qu'il n'y a pas suffisamment de place pour planter correctement un arbre dans le sol pour lui permettre un enracinement correct. A ce moment-là, la végétation mobile en pot est solution. Elle prend la forme de jardinières surélevées ou des corolles végétales⁸⁴. Bien évidemment, ces dispositifs ne permettent pas la plantation

84 Valbiom (2024). Rafraîchir la ville grâce aux « corolles végétales ».



Fig. 46 : Mur végétalisé

d'arbres aux troncs surdimensionnés. Malgré tout, ils permettent d'accueillir de la végétation dans certains endroits contraints. De plus, la mobilité des pots offre une modularité supplémentaire dans l'aménagement des espaces urbains.

Le mur végétalisé

Le mur végétalisé agit comme une enveloppe thermique passive qui protège la façade du bâtiment du rayonnement solaire direct. Les feuilles interceptent 80% du rayonnement incident ce qui peut réduire la température de surface des façades entre 10 ° et 15 °C. L'effet sur l'air ambiant à proximité existe, mais reste très localisé et il devient insignifiant à 1 m. On constate quand même une baisse chute de la température entre 1 ° et 3 °C dans la couche en contact avec le feuillage. Son action principale impacte donc majoritairement l'inertie thermique des bâtiments sur lesquels le dispositif prend place. Mais il contribue à la création d'une trame verte urbaine. Multiplié sur de nombreuses façades, le mur végétalisé participe à un maillage continu des surfaces végétales qui agit conjointement aux espaces verts. C'est l'effet cumulé qui transforme le microclimat à l'échelle du quartier. S'ajoute à cela une dimension perceptive. La vue d'un mur végétalisé modifie la perception du confort par effet psychologique de fraîcheur visuelle, le piéton se sent au frais avant même de l'être objectivement. Ce ressenti qualifié de « confort perçu » joue un rôle dans l'appropriation de l'espace public.

La végétalisation des sols

La désimperméabilisation des sols à des fins de végétalisation a un impact positif sur la réflectivité des surfaces et l'effusivité des matériaux qui les composent. Une surface trop sombre dont l'albédo est faible accumule une chaleur excessive durant la journée et la restitue à son environnement la nuit ce qui pose un problème. A l'inverse, une surface trop claire, comme un trottoir peint en blanc possède un albédo trop élevé qui réfléchit les rayonnements solaires directement sur les piétons accentuant le sentiment d'inconfort thermique immédiat. La solution réside dans un juste équilibre entre surfaces minérales carrossables et surfaces végétales, ces dernières n'absorbant pas (voire peu) les rayons du soleil, mais ne réfléchissant pas non plus. Il ne s'agit pas d'une substitution, mais bien d'une complémentarité entre les deux types de surfaces. Les surfaces carrossables restent indispensables à l'accessibilité de la ville, la question est donc moins de les supprimer que de les fragmenter, de les border et de les ponctuer des strates végétales (noues plantées, bandes enherbées, fosses en pleine terre). Cette mosaïque permet à chaque type de surface de jouer son rôle avec le minéral pour l'usage et le végétal pour la régulation thermique (et



Fig. 47 : Air des Carrières, Agence Alt, Emma Lelong & Rémi Nguyen (designers), Paris 2021

hydrique).

D'ailleurs si la trame végétale composée d'arbre de grande dimension censé ombrager est pensée intelligemment, le remplacement intégrale des surfaces minérales n'est pas nécessaire. Car l'ombre projetée par ces arbres réduit significativement leur échauffement diurne.

6.4.4. Vent

Le vent permet de refroidir des espaces efficacement lorsqu'il est mobilisé de manière réfléchi. En circulant entre les bâtiments et au-dessus des sols, il permet d'évacuer la chaleur accumulée par les matériaux minéraux (asphalte, béton, pierre) durant la journée, limitant ainsi la surchauffe. Son action est précieuse étant donné qu'elle ne nécessite aucun aménagement spécifique si ce n'est d'être anticipé dès la conception des espaces.

Une limite intervient avec les canyons urbains. Ces longues rues formant une sorte de couloir minéral dont le rapport H/L est trop élevé empêchent l'air de correctement circuler. Quand les vents soufflent perpendiculairement à un canyon profond (rapport H/L élevé), il a tendance à passer au-dessus sans pénétrer créant des tourbillons internes qui piègent l'air chaud et les polluants au niveau des piétons. Par contre, si les vents soufflent parallèlement à l'axe de la rue, ils peuvent accélérer l'effet Venturi et contribuer correctement au rafraîchissement.

Cette réalité impose une attention particulière à la morphologie urbaine dans son ensemble. La hauteur des bâtiments, la largeur des rues, la continuité ou non du front bâti et la présence de retraits influencent directement la capacité du vent à pénétrer le tissu urbain.

Un quartier dense mais correctement ventilé sera plus confortable qu'un quartier plus aéré dont la morphologie piège l'air chaud.

Les dispositifs techniques permettant de tirer parti du vent restent limités. Les ventilateurs constituent la solution la plus courante. Ils brassent l'air ambiant et accélèrent les échanges thermiques avec la peau. Ils démultiplient l'efficacité de la brumisation en favorisant l'évaporation des gouttelettes. Toutefois, ces dispositifs ne remplacent pas une réflexion plus fondamentale sur la circulation naturelle de l'air à l'échelle du quartier. Par exemple, les rues au profil de façades irrégulier favorisent la ventilation naturelle.^{85 86}

85 Ali-Toudert, F. & Mayer, N. (2007). « Thermal comfort in an east-west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. »

86 Athamena, K. (2012). Modélisation et simulation des microclimats urbains : Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces

6.5. Des actions

En plus des quatre ingrédients et des dispositifs qu'ils impliquent, il est possible de mettre en place plusieurs autres actions prenant la forme de solutions douces. Ces actions permettent de repenser les usages du quartier et la position du piéton au sein de la ville.

65.1. Réduction du trafic

La réduction du trafic motorisé constitue un levier majeur dans la lutte contre la surchauffe urbaine. Cette mesure s'avère particulièrement nécessaire dans les rue-canyons où la morphologie même du lieu (rapport H/L trop élevé) entrave la circulation de l'air et piège la pollution à hauteur de piéton. A cet enjeu sanitaire s'ajoute une dimension thermique liée aux véhicules motorisés qui rejettent une chaleur anthropique qui reste, elle aussi, captive au fond du canyon accentuant l'effet d'îlot de chaleur.

Moins de trafic, c'est également moins d'emprise asphaltée et donc davantage de surface mobilisable pour la végétalisation en bordure de voirie.

6.5.2. Réduction vitesse circulation automobile

Cette première action va de pair avec une réduction généralisée des vitesses de circulation (zone 20, zone 30, zone de rencontre). Un véhicule circulant plus lentement consomme et pollue moins. Mais l'effet dépasse la seule dimension environnementale, la modération des vitesses a par ailleurs un impact sur la sécurité et qualité d'un quartier. Notre rapport à l'espace public est modifié, la marche redevient un mode plus naturel et les mobilités actives reconquièrent du terrain.

6.5.3. Mise à sens unique des voiries

La réorganisation des voiries prolonge en sens uniques prolonge cette logique. En réduisant l'emprise de la circulation, une largeur précieuse est libérée au profit des cheminements piétons, des itinéraires cyclables et continus et de bandes végétalisées. La rue cesse d'être un simple tube de circulation pour devenir un espace habité.

6.5.4. Réduction stationnement

Dans la même dynamique, la réduction de stationnement qui mobilise une part considérable du domaine public, ouvre un potentiel de

extérieurs. Cas des écoquartiers.

transformation supplémentaire. Cet espace nouvellement libéré peut accueillir des micro-espaces publics, des bandes végétales, des noues et même des zones humides, autant de dispositifs qui augmentent la part de surfaces perméables et participent au rafraîchissement local.

6.5.5. Temporalité

La temporalité des espaces est la clef vers une transformation future du domaine public. Elle illustre un véritable tournant du fonctionnement même de la ville. La ville doit revoir sa hiérarchie actuelle qui place la voiture au centre de tout, au profit d'usages partagés et d'une qualité de vie retrouvée.

La temporalité permet de faire cohabiter des fonctions a priori contradictoires et contribue à rendre la ville plus adaptable et moins figée. Une voirie peut être traversante aux heures de pointe, apaisée en journée et piétonne le week-end.

6.5.6. Piétonisation

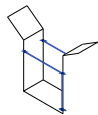
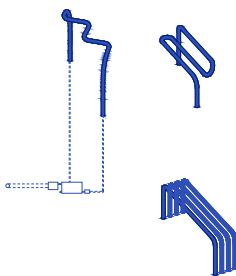
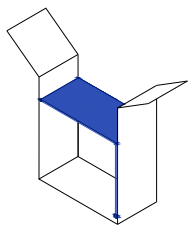
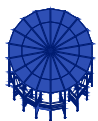
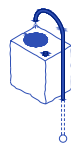
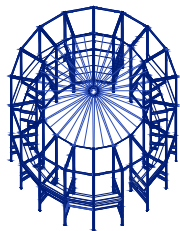
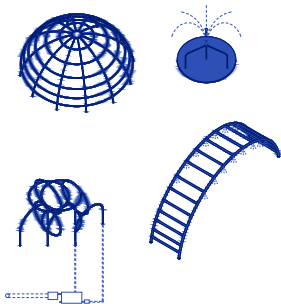
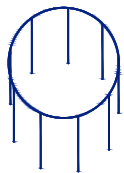
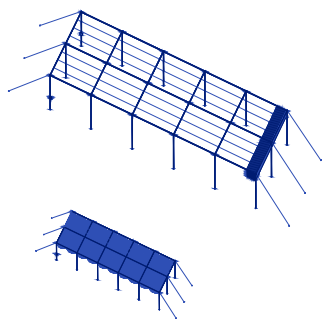
La piétonisation des rues permet aux habitants de se réapproprier l'espace et de faire émerger une véritable vie de quartier. Au-delà de sa dimension sociale, la piétonisation contribue directement au rafraîchissement local. Libérée de la contrainte automobile, la rue offre la place nécessaire pour installer des dispositifs anti-surchauffe comme du mobilier urbain, du mobilier d'ombrage, des plantations généreuses et un revêtement perméable adapté. L'appropriation collective devient ainsi le moteur d'une transformation durable de l'espace public.

Ce bousclement hiérarchique ne doit pas être mis en place de manière isolée, l'accessibilité, les flux et les besoins commerciaux doivent également être pris en compte pour le bon déroulement de la vie de quartier.

6.6. Des objets

Toutes ces solutions, ingrédients, actions et dispositifs peuvent se combiner afin d'obtenir des objets. C'est ici que commence la proposition de projet dans la lutte contre les îlots de chaleur urbains (ICU).

Positionnés sur les lieux-cibles, ils viennent ponctuer l'espace pour répondre à des besoins identifiés. Leur objectif majeur est d'améliorer le confort thermique en contrant les îlots de chaleur urbains, mais leur effet ne s'arrête pas là. Ils participent également à la qualité des espaces qu'ils occupent en offrant des activités et des opportunités de s'approprier, d'habiter et d'imprégner le lieu.



Les objets ne sont donc pas seulement utiles, mais agréables, ils possèdent une fonction qui répond à une intention pour vivre le lieu d'une certaine manière.

Imaginé sans contexte, ils ont pour avenir d'être placés sur différents lieux-cibles. Cette dissociation du contexte est réalisable grâce à la modularité de leur structure.

Modularité

Les objets sont divisés en modules, multipliables et adaptables au site et à l'environnement dans lequel il se trouve. Cette flexibilité permet à l'objet de prendre place sur n'importe quel lieu-cible tout en respectant les contraintes de l'environnement qui l'entoure. Lorsqu'il ne s'agit pas d'un module à proprement parler, la structure est divisible en plusieurs parties types de longueurs combinables.

L'objectif de ce mode d'assemblage est de pouvoir démonter et remonter les objets facilement ailleurs si les contraintes du site changent. Ce ne sont pas des objets fixes.

Une architecture du réemploi

Cette architecture s'inscrit dans une logique de réemploi, les tubes métalliques, le béton et les toiles proviennent des déchets de certains, mais deviennent les ressources du projet prochain.

Une collaboration avec ROTOR DC permettrait de récupérer les tubes métalliques des échafaudages en fin de vie structurelle pour en faire la ressource principale de plusieurs objets. Retirés du circuit traditionnel parce qu'ils ne répondent plus aux exigences de portance des chantiers, ces éléments conservent pourtant une solidité largement suffisante pour l'usage secondaire qu'il leur est destiné. Les réintégrer dans le projet, c'est leur offrir une retraite active où leurs qualités résiduelles de légèreté, modularité et assemblage rapide sont pleinement valorisées.

Les tissus nécessaires pour les toiles proviennent également de structures spécialisées en matériaux souples de seconde main tels que la Souplothèque ou Green Fabric.

Le béton nécessaire pour les structures en dur est recyclé. Les matériaux nécessaires à la production sont tout autant des gravats de seconde main récupérés dans les structures favorisant le réemploi.

Le réemploi comme stratégie de résilience urbaine

La seconde main constitue un levier majeur vers la ville résiliente. L'énergie grise des matériaux pèse lourdement sur le bilan carbone global et contribue au réchauffement urbain. Réutiliser, c'est court-

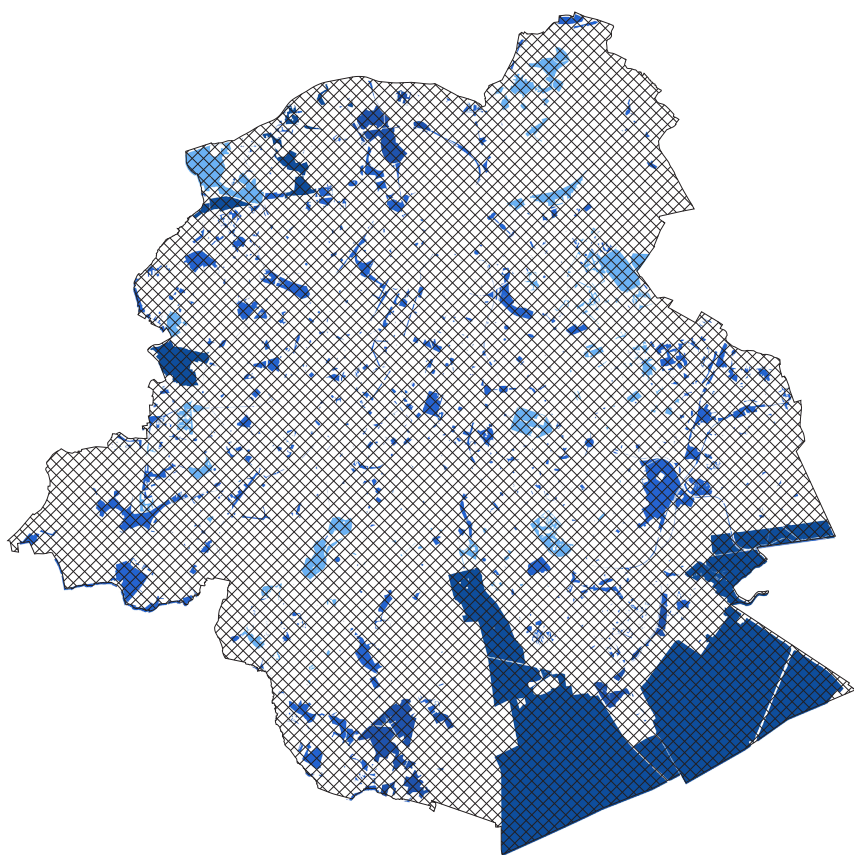


Fig. 49 : L'archipel frais

circuiter cette dépense énergétique invisible, mais considérable.

Les chiffres rappellent que le secteur de la construction est responsable de 50% du total des ressources naturelles exploitées, 45% de la consommation totale d'énergie, 40% des déchets produits, 30% des émissions de gaz à effet de serre et 16% de la consommation d'eau. Face à ce constat, le réemploi n'est plus une posture esthétique, mais une nécessité⁸⁷.

Identité visuelle

Dans un souci de régularisation des matériaux qui ont déjà eu une vie avant, les tubes métalliques sont peints. Cette couche permet de protéger les matériaux contre les attaques du temps, mais aussi les utilisateurs contre des éventuelles irrégularités.

Cette couche de peinture bleue relie tous les objets entre eux et crée une réelle identité visuelle à travers la ville. En se baladant, on peut désormais apercevoir les îles de fraîcheur de l'archipel.

Colorimétrie

Le choix chromatique est stratégique, le bleu. Cette couleur s'impose comme une évidence sensorielle. Convoquant immédiatement le champ lexical de la fraîcheur, de l'eau, de calme et d'apaisement thermique, cette teinte agit comme un signal visuel avant même toute interaction physique avec le dispositif. Cette couleur froide par excellence vient déjouer les associations spontanées que l'on associe à la chaleur urbaine, habituellement traduite par les jaunes saturés, les ocres et les rouges.

Cette intuition vient trouver un ancrage théorique dans les travaux de psychologie environnementale de Frank H. Mahnke sur les réponses physiologiques et émotionnelles aux couleurs ou ceux d'Eva Heller sur les associations culturelles des couleurs et leur effet psychosomatique mesurable.

Identité visuelle et confort perçu des refuges climatiques

Cette identité visuelle, ajoutée au contraste assumé avec l'imaginaire chromatique de la canicule, appuie l'effet psychologique de fraîcheur visuelle et modifie la perception de confort du piéton. Sachant qu'il se trouve dans un refuge climatique, il anticipe la fraîcheur avant même d'en ressentir les effets physiques par le « confort perçu », ce qui amplifie l'efficacité ressentie du dispositif.

87 S. Breels pour MatriCiel (). Impact environnemental & choix des matériaux d'isolation en construction passive.

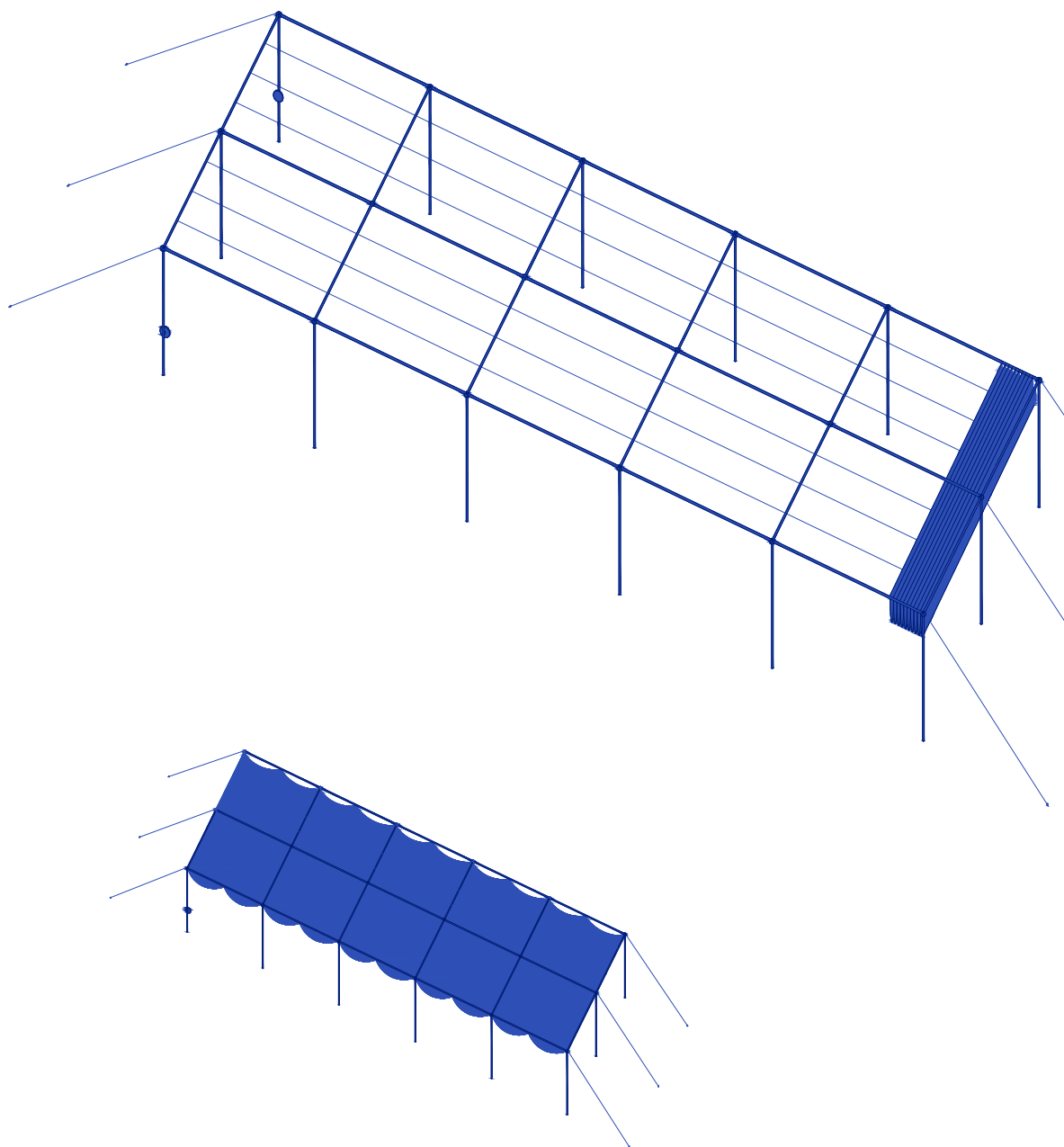


Fig. 50 : le pavillàon et sa toile qui se déplie

6.6.1. Le pavillon

Le pavillon comme lieu de rassemblement

Le pavillon est conçu comme un lieu de rassemblement, ouvert aussi bien aux habitants du quartier qu'aux passants venus flâner dans les environs. Pensé comme une guinguette, le pavillon offre aux citadins un prolongement du jardin qui n'ont pas chez eux. Il faut le voir comme un espace extérieur partagé à la fois convivial et appropriable.

Sous la structure, du mobilier modulable et déplaçable offre une fonction principale mais des utilisations diverses. Pensé en libre accès, le pavillon reste à la disposition de tous, chacun peut s'en emparer, l'aménager à sa guise et y organiser ses propres activités. L'espace accompagne ainsi la vie quotidienne autant que les moments festifs et permet d'y fêter des anniversaires, d'y célébrer des fêtes de quartier et même d'y accueillir des événements de plus grande ampleur.

Une structure rationnelle et réversible

De plan rectangulaire, le pavillon est composé d'une trame carrée. Ce système modulaire permet de faire varier les dimensions du pavillon selon l'espace disponible. Sa structure métallique réemploie d'anciens échafaudages ce qui permet de le monter ou démonter avec souplesse.

Une toile déployable

Par-dessus la structure, se déploie une toile qui ombrage l'espace et le protège de la pluie. Tendue sur des câbles, elle s'ouvre à la dimension souhaitée grâce à un mécanisme manuel de manivelles et de poulies. Conçu indépendamment du système constructif, cet ensemble textile peut être démonté pour être nettoyé ou réparé au besoin.

La gestion de l'eau

Enfin, l'inclinaison de la structure guide les eaux pluviales vers un jardin de pluie qui les recueille et les infiltre, faisant de la contrainte climatique un atout paysager.

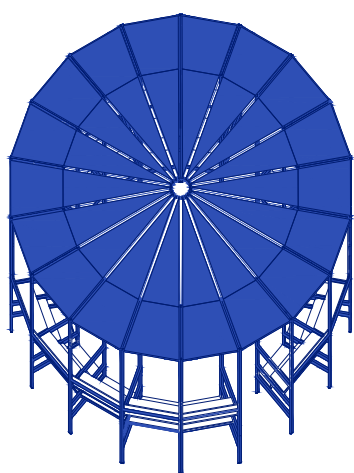
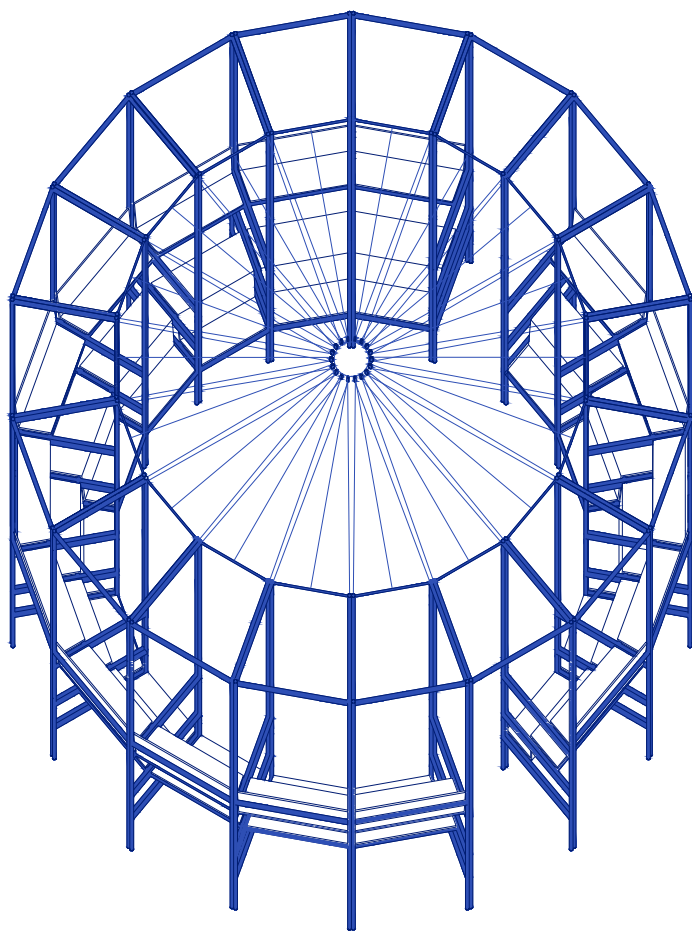


Fig. 51 : Le théâtre et se toiles qui se déroulent

6.6.2. *Le théâtre*

Le théâtre comme moment

Le théâtre est pensé comme un dispositif éphémère, conçu pour créer un moment, accueillir des événements et permettre d'assister à des performances en extérieur. Sa dimension sociale rassemble le public autour d'une représentation et le rapproche de l'art.

Un objet nomade

Imaginé comme un objet mobile, il se déplace au grès des besoins du confort thermique ou de la programmation des représentations. Il parcourt ainsi la ville pour porter un message, s'installant tour à tour là où on l'attend ou là où on en a besoin.

Une structure rationnelle et réversible

Sa structure repose sur des échafaudages de réemploi, choisis pour la rapidité de leur montage et de leur démontage. Les assises participent à cette même logique, et sont, elles aussi, des matériaux de réemploi. Il s'agit de planches en bois issues du milieu de la construction ainsi que de toiles tendues, offrant une assise plus souple en forme de hamac.

Un système modulaire

Le théâtre se compose de plusieurs modules qui s'agencent pour former un objet cohérent. De forme trapézoïdale, chaque module accueille un groupe de spectateurs pouvant aller jusqu'à 5 personnes. Leur combinaison autorise des configurations variées telles que concentrique, en lignes parallèles voire en serpent. Ces formes permettent au théâtre de s'adapter au lieu, à l'espace disponible et à l'événement qu'il doit accueillir.

L'ombre au cœur des préoccupations

L'ombrage est assuré par 2 dispositifs complémentaires. Le premier, individuel, ne protège que les spectateurs. Une toile placée au-dessus de leur tête peut être déployée manuellement selon leur souhait. Le second couvre la scène. De forme circulaire, ses toiles se déroulent uniformément jusqu'au centre de l'espace. Elles s'actionnent au moyen d'un système de manivelle, de câbles et de poulies qui entraînent en rotation les tubes sur lesquels les toiles s'enroulent et se déroulent.

Ces toiles permettent également d'assister à des représentations par temps pluvieux.



Fig. 52 : Prins Bernhardpark, Aldo Van Eyck, plain de jeu aquatique, Amsterdam, 1970'

6.6.3. La plaine à jeux d'eau

« La ville moderne se doit d'être attentive à ses enfants et de leur offrir des espaces de jeu sécurisés, propices à l'épanouissement de leur imagination. » Aldo Van Eyck⁸⁸

Les aires de jeu d'Aldo Van Eyck

La plaine à jeu d'eau s'inspire des aires de jeux conçues par l'architecte Aldo Van Eyck. Entre 1947 et 1978, celui-ci en a réalisé plus de 700. Ouvertes à tous, ces aires de jeu publiques se distinguent par leur clarté compositionnelle et leur sobriété, des qualités que l'on doit notamment à leurs structures d'escalade aux formes abstraites (arche, dôme, bloc, forme circulaire). Modulaires et en acier tubulaire, ces structures invitent l'enfant à explorer et à expérimenter librement l'espace sans que l'on ne lui dicte son usage.

Dans la lignée de Van Eyck

Des aires de jeu de Van Eyck, la plaine à jeu d'eau garde le principe des structures escaladables auquel elle ajoute une dimension hydraulique. Composée de quatre modules, le dôme, l'arche, la structure et le tourniquet, elle améliore le confort thermique des enfants en faisant circuler de l'eau froide dans les tubes métalliques pour les rafraîchir par conduction. Des brumisateurs et une fontaine participent également à ce rafraîchissement. Le système s'active grâce à des capteurs dès que la température commence à grimper.

Affronter la chaleur de l'été

Ce rafraîchissement par conduction est indispensable à l'usage estival de la plaine de jeu. À cet âge, les enfants sont d'autant plus sensibles à la chaleur que les adultes, il faut donc éviter d'accroître leur stress thermique. De plus, la plupart des aires de jeu actuelles ignorent que ces structures, exposées au soleil, peuvent devenir brûlantes et provoquer de réelles brûlures au contact.

Prolonger le jeu en hiver

En hiver, le système peut être inversé pour y faire circuler de l'eau chaude permettant aux enfants de continuer à profiter la plaine de jeu dans de meilleures conditions. Malgré une demande énergétique plus importante pour chauffer l'eau, cette dépense relève de l'utilité publique car elle permet aux enfants de profiter d'une activité

88 Alvarez Santana, J. (2017). Aldo Van Eyck. Parques de juego en Amsterdam 1947>78.

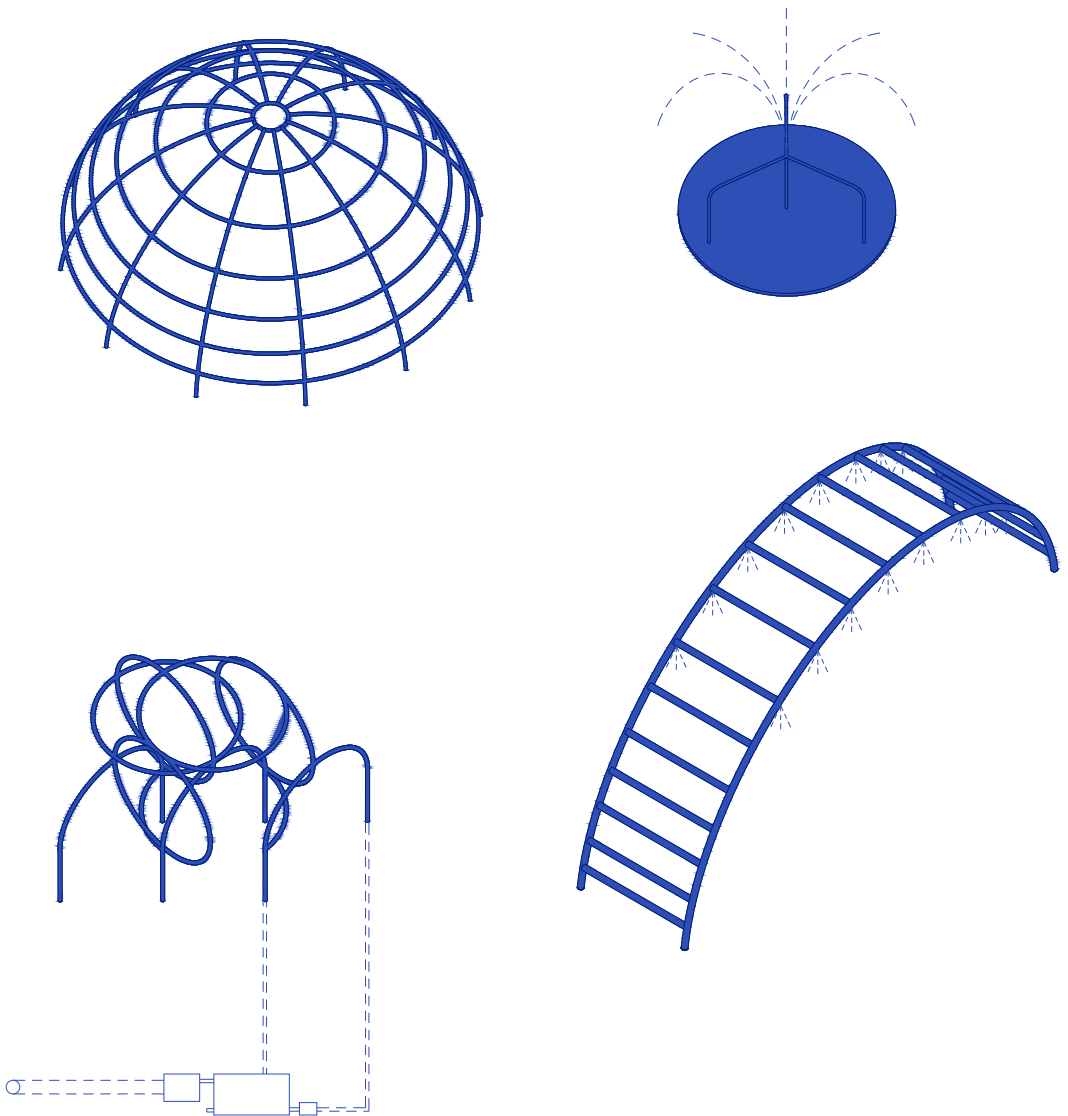


Fig. 53 : la plaine à jeux d'eau

extérieure même durant les périodes les plus froides. Le système ne s'active alors que selon une plage prédéfinie, variant de 2 heures par jour en semaine à une durée plus longue le week-end, ce qui limite la consommation.

De la pluie au jeu

Les tuyaux contiennent de l'eau qui circule en circuit ouvert. L'eau employée au sein du système provient des eaux pluviales récoltées. La matérialité du sol remplit ici deux fonctions, les copeaux offrent à la fois un revêtement confortable pour le jeu des enfants et aussi une surface drainante. L'eau de pluie traverse les copeaux, puis une série de couches de filtration de calibres décroissants avant de passer par un filtre mécanique qui retient les dernières impuretés avant qu'elle ne soit stockée dans une cuve souterraine pour refroidir l'eau. Chaque module dispose de son propre système de pompe, cette différenciation renforce la résilience de l'ensemble en cas de dysfonctionnement et permet, en hiver, de n'ouvrir que certains circuits (en mettant par exemple la fontaine à l'arrêt). La cuve est dotée d'une vanne qui s'ouvre par temps pluvieux afin de se vider et de se remplir d'eau neuve.

Du soleil mais pas trop

La plaine de jeu n'est pas strictement ombragée, car le système de conduction se suffit à lui seul pour maintenir les structures fraîches. Mais la proximité avec une haute végétation reste toutefois recommandée afin de tirer parti de son évapotranspiration et d'offrir de l'ombre aux usagers. Il est important, par ailleurs, que les enfants soient un peu exposés à la lumière du soleil, essentielle à la synthèse de la vitamine D.

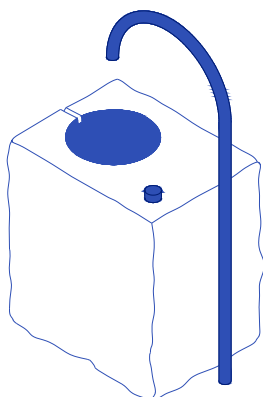


Fig. 54 : La fontaine

6.6.3. La fontaine

La fontaine comme moment d'hydratation

La fontaine vient bousculer la représentation qu'on se fait de l'eau potable à Bruxelles. Il s'agit d'une redéfinition de la fontaine comme un élément architectural à part entière dans l'espace urbain. Elle devient un véritable monument d'hydratation.

L'eau politique

L'accessibilité à l'eau publique est une vraie question politique et sociale. L'eau est un droit humain et la facilité d'y accéder dans l'espace public est aujourd'hui compromise. Sur l'ensemble de la région Bruxelles-Capitale, on ne compte que 118 fontaines⁸⁹ réparties sur 162,4 km²⁹⁰, soit à peine 0,73 fontaine par km², autant chercher une aiguille dans une botte de foin.

S'hydrater, une nécessité

Boire dans l'espace urbain n'est pas qu'une question de confort, c'est souvent une nécessité. Pour des raisons de santé ou simplement parce que l'on accompagne de jeunes enfants, tout le monde ne peut pas se permettre d'acheter une bouteille d'eau hors de prix dès que le besoin s'en fait sentir.

Avec le réchauffement climatique, s'hydrater dehors deviendra par ailleurs vital. Lors des fortes chaleurs, boire régulièrement est vital pour réguler la température corporelle et compenser les pertes d'eau liées à la transpiration⁹¹. Or, il ne faut surtout pas attendre d'avoir soif, on ne peut donc pas se contenter de tomber sur une fontaine par hasard.

L'eau ne bougera plus

Sa matérialité imposante, en béton recyclé, évoque un bloc de pierre brut. Il symbolise la pérennité et la résistance dans le temps. Il ne s'excuse pas d'exister, la fontaine assume sa présence. Sa permanence est une promesse contrairement aux bouteilles jetables, l'accès à l'eau est un acquis stable, ancré dans le sol et dans le temps. L'eau jaillit d'un tube métallique et ruisselle contre cette masse solide, donnant naissance à un véritable monument d'hydratation.

Ces moments d'hydratation ne fonctionnent pas de manière isolée mais en réseau. L'objectif est d'implémenter une fontaine dans chaque poche de la ville, afin de redonner du poids à l'espace résiduel.

89 Infirmiers des rues (2025). Fontaines d'eau potable & toilettes publiques gratuites.

90 Ibsa perspective.brussels (consulté le 23.05.26). Aménagement du territoire.

91 SWDE (2022). Fortes chaleurs : buvons de l'eau pour ne pas connaître des bas.

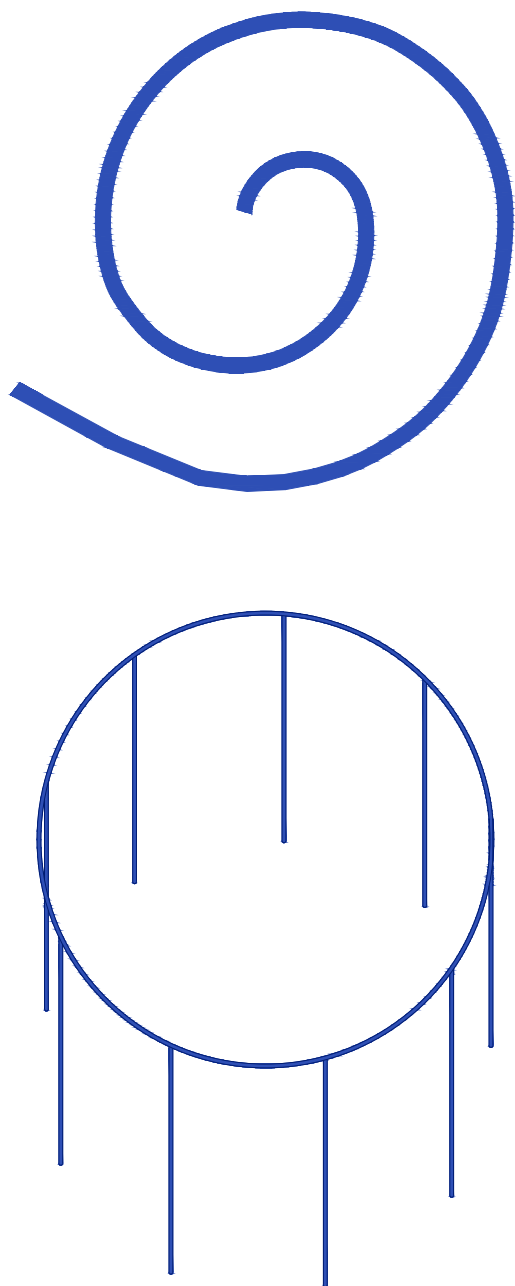


Fig. 55 : La rivière et l'oasis

6.6.4. *La rivière*

La rivière fonctionne en parallèle avec la fontaine et vient soutenir le caractère puissant de celle-ci. Elle sert de soutien aux fonctions d'hydratation de la fontaine en récupérant l'eau en surplus qui ruisselle le long du bloc de la fontaine afin de l'acheminer jusqu'à un parterre végétal.

Elle remplit ainsi une double fonction, elle évite le gaspillage de l'eau et permet le rafraichissement de l'air ambiant. En dirigeant l'eau vers une surface végétale, l'eau peut s'infiltrer dans le sol ce qui contribue à la gestion écologique des eaux pluviales tout en désengorgeant le réseau d'égouttage. Cette eau nourrit la végétation, qui a son tour rafraichit l'air par évapotranspiration. Cela boucle joliment le double bénéfice écologique et thermique. Par ailleurs, en exposant directement de l'eau à l'air libre, la rivière favorise le phénomène d'évaporation ce qui contribue à la diminution de température de l'air.

Le parcours visible de l'eau a également une dimension sensorielle et pédagogique. En rendant visible le geste de récupération de l'eau, le public est sensibilisé et impliqué.

6.6.6. *L'oasis*

L'oasis constitue le dispositif signal du moment d'hydratation, structure métallique conçue à base d'échafaudages et également peinte en bleue, elle vient coiffer la fontaine et surplomber le cours de la rivière pour les rendre perceptibles depuis le lointain. Sans s'imposer comme objet de rafraichissement autonome, elle joue un rôle d'accroche visuelle dans le tissu urbain dense, signalant la présence du refuge climatique et invitant les passants à s'en approcher.

Sa teinte bleue n'est pas anodine, elle s'inscrit dans le système chromatique de l'archipel assurant une cohérence visuelle entre les différentes îles de fraîcheur disséminées dans la ville et renforçant à nouveau le sentiment de fraîcheur visuelle et de « confort perçu ».

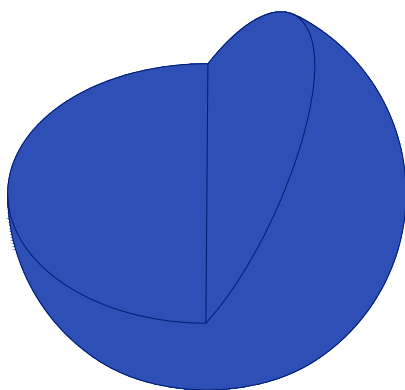
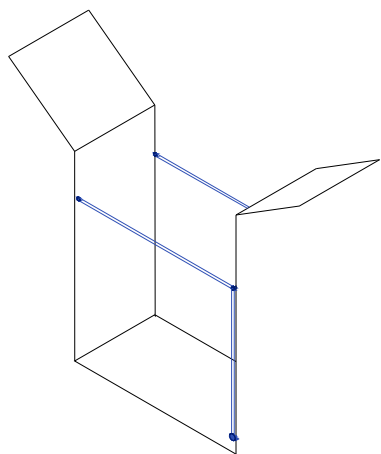
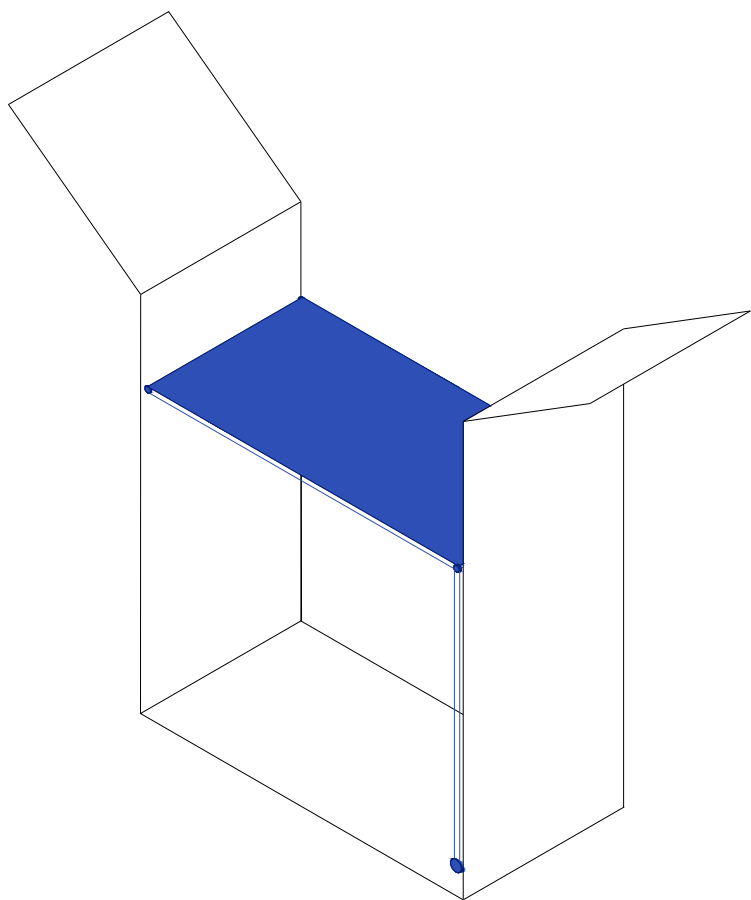


Fig. 56 : La toile tendue qui s'enroule et se déroule

Fig : 57 : Le bain de soleil

6.6.7. *Les toiles*

Seule, une toile n'a qu'une efficacité limitée. C'est leur accumulation qui permet d'ombrager des grandes portions de rues. Ce système dynamique de toiles amovibles s'ouvre et se ferme selon les besoins, s'adaptant au climat changeant des saisons.

Sa modularité répond aux contraintes propres à chaque façade et épouse le profil irrégulier des voiries. Ce n'est pas un dispositif imposé, la position de chaque toile se négocie avec la communauté pour trouver la bonne position, car son installation profite autant aux piétons qu'aux habitants. Son efficacité repose sur l'intelligence collective, elle compte sur les usagers de la rue pour ouvrir les toiles de manière pertinente au bon moment et au bon endroit.

Chaque toile rectangulaire s'enroule sur elle-même autour d'un tube mis en rotation par un duo de poulies, actionné à l'aide d'une manivelle placée à hauteur de piéton. Le déploiement se fait donc manuellement, lorsque l'ombre est souhaitée. Les câbles qui tendent les toiles demeurent visibles en permanence. Même une fois celles-ci refermées, le fonctionnement du système reste ainsi lisible.

L'ouverture, partielle ou totale, module l'intensité de l'ombrage et, avec elle, la qualité de lumière et les usages possibles de la rue.

Ce dispositif s'avère particulièrement pertinent là où la plantation d'arbres est compliquée, trop coûteuse, voire impossible. Ou lorsqu'un espace dégagé au sol est nécessaire pour accueillir d'autres activités. Et l'ombre n'est pas sa seule fonction, par temps de pluie, les toiles offrent aussi un abri contre les intempéries.

6.6.8. *Le bain de soleil*

Le bain de soleil offre l'occasion de profiter du rayonnement solaire lorsqu'il est désiré car les journées d'étés ne sont pas exclusivement centrées autour de la lutte contre le soleil. Il s'agit aussi de savoir l'accueillir.

Ces assises, aux dimensions généreuses pensées pour le confort sont réalisées en béton recyclé. Celui-ci intègre des granulats de verre bleu, eux aussi issus du recyclage, notamment de bouteilles, ce qui confère à la surface, une fois polie, une teinte bleutée caractéristique.

Au-delà de leur rôle esthétique, ces granulats assurent une cohérence visuelle entre de tous les refuges climatiques par leur couleur commune. Leur réflectivité augmente, par ailleurs, l'albédo de la surface, limitant l'accumulation de chaleur.

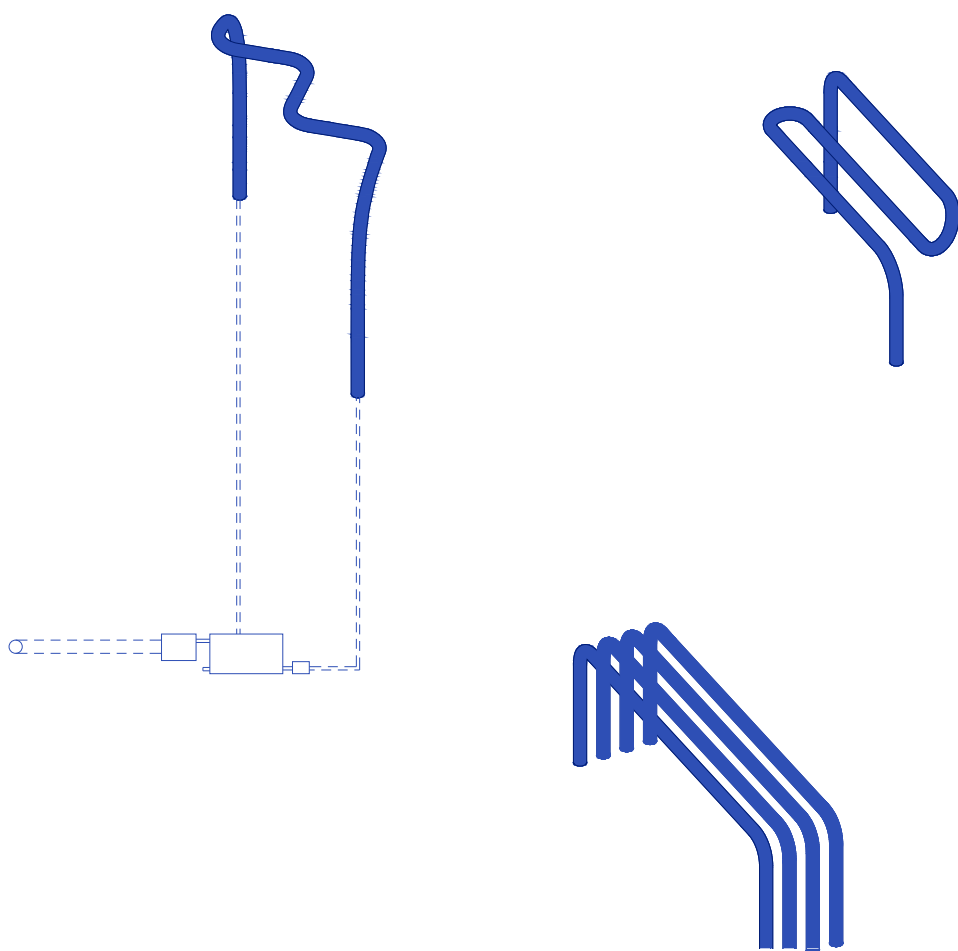


Fig. 58 : Le trio de banquises

6.6.9. *La banquise*

La banquise est un banc rafraîchissant. A l'image des modules de la plaine à jeu d'eau, elle repose sur un principe thermique simple, de l'eau circule dans des tuyaux métalliques, et le corps se rafraîchit au contact de la surface. Ici, le phénomène mobilisé est la conduction avec le transfert de chaleur par contact direct entre le corps et le banc.

Cette logique guide entièrement la conception. Puisque la fraîcheur naît du contact, la géométrie de chaque banc cherche à maximiser la surface d'échange avec le corps. Plus le contact est ample, plus le rafraîchissement est efficace et au plus on est confortable. La recherche de la forme des bancs relève donc à la fois d'une exigence de performance et d'une sensibilité architecturale, la forme épouse l'anatomie.

Réalisés en métal, cette matérialité ancre les bancs dans l'esthétique visuelle du projet, dans une architecture du réemploi mais est également choisie pour son excellente conductivité thermique qui transmet instantanément la fraîcheur de l'eau à la surface.

Trois bancs déclinent ce principe, pensés pour la diversité des corps et des usages, certains invitent à une halte brève, le temps de reprendre son souffle, d'autres à une pause prolongée. Les différentes configurations viennent également des différentes constitutions des humains.

Le premier banc/le serpent bouleverse l'assise traditionnelle. On ne s'y assoit pas, on s'y adosse le temps d'un instant. Sa géométrie privilégie l'ergonomie du dos pour rafraîchir directement une zone du corps qui surchauffe vite.

Le deuxième banc introduit deux points de contact, l'assise et le dossier, toujours calés sur l'anatomie pour démultiplier l'échange thermique.

Le troisième banc, plus traditionnel, offre une assise plus généreuse qui autorise un repos plus long.

L'alimentation en eau repose sur la récupération des eaux pluviales par deux circuits à choisir en fonction de l'emplacement des banquettes.

Le premier est un bioswale (noue paysagère), l'eau de pluie s'infiltre à travers ses différentes couches, subit une première filtration naturelle, puis rejoint un drain perforé enterré. De là, un second exutoire la conduit vers une filtration mécanique qui élimine les derniers résidus avant stockage dans une cuve souterraine pour le



refroidissement de l'eau.

Le second circuit récupère les eaux de toiture, il suffit de dévier les descentes de gouttières, habituellement raccordées aux égouts, vers ce même type de filtre mécanique avant d'acheminer l'eau vers la cuve.

Une fois filtrée et stockée, l'eau est remise en circulation par une pompe dédiée à chaque module ce qui rend l'ensemble résilient, une panne n'affecte qu'un seul banc à la fois.

Le surplus collecté par le bioswale et les toitures est dirigé vers une cuve municipale de plus grande capacité, où il alimente d'autres usages urbains tels que l'arrosage des plantations, le nettoyage des voiries, l'alimentation des fontaines, etc.

7. *L'archipel frais bruxellois*

7.1. Vers une ville fraîche

7.2. Un archipel

7.3. Des îles

7.3.1. Marché aux porcs

7.3.2. Chaussée d'Ixelles

7.3.3. Rue du Marché au Charbon

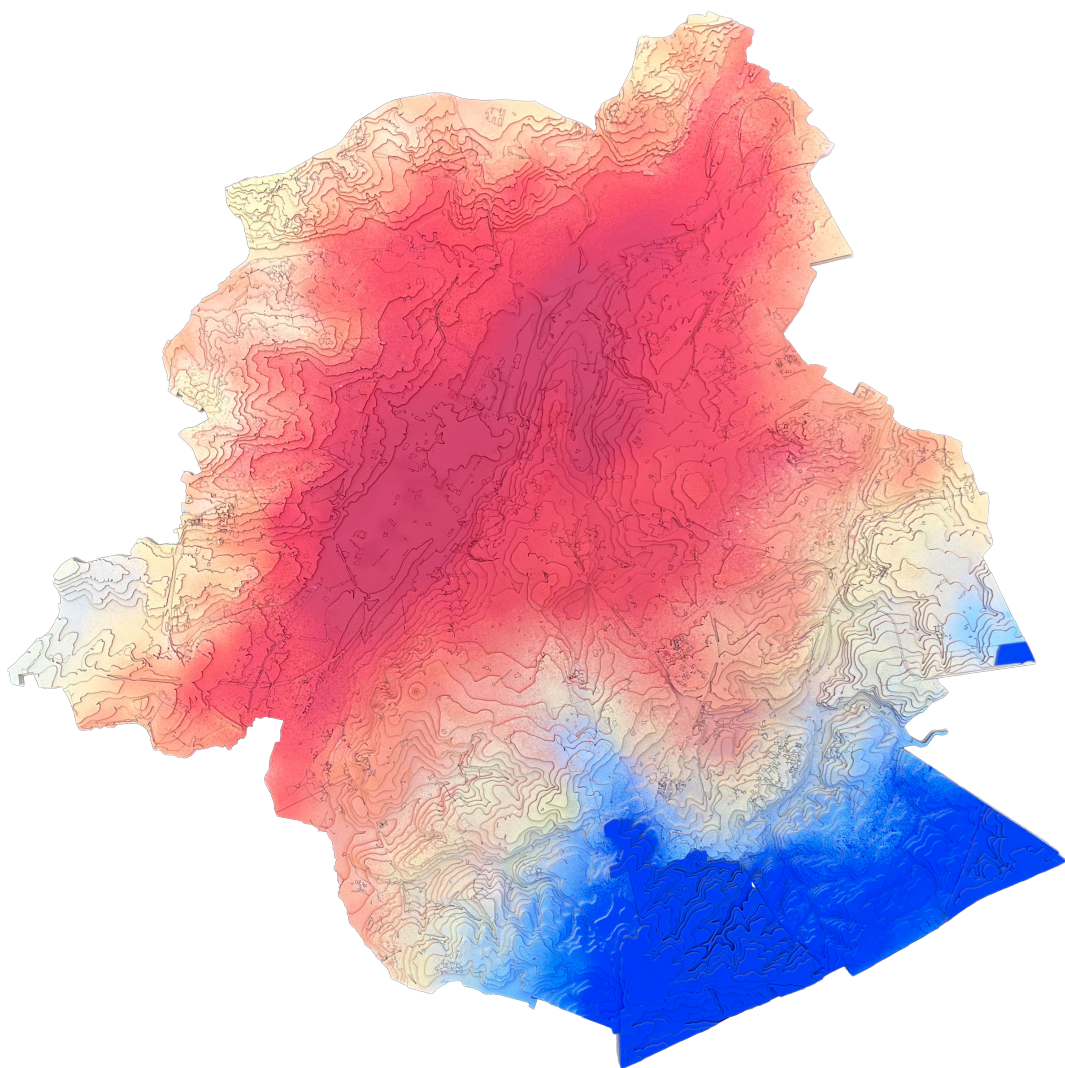


Fig. 59 : La mer urbaine bruxelloise

L'ARCHIPEL FRAIS BRUXELLOIS

7.1. Vers une ville fraîche

Face à l'intensification des îlots de chaleur urbains et aux dérèglements climatiques, Bruxelles ne peut plus penser l'espace public comme un simple support de mobilité ou un vide entre les bâtiments. La ville résiliente de demain exige une refonte de la manière dont on conçoit la rue, la place, le trottoir, non plus seulement comme des surfaces à traverser, mais comme des lieux à habiter. Il s'agit d'offrir aux Bruxellois des espaces frais, plus confortables et surtout plus propices à la rencontre et au lien social.

La question centrale de cette recherche est la suivante : Comment traduire et adapter les enseignements tirés des recherches précédentes sur le rafraîchissement urbain au contexte bruxellois ?

La réponse passe par une approche résolument territoriale. Pour qu'un dispositif de rafraîchissement produise un effet réel sur le climat urbain, il ne peut rester ponctuel ou anecdotique, c'est la multiplication des dispositifs et leur déploiement à l'échelle de l'ensemble du territoire qui en démultiplient l'impact. Pour autant, l'analyse fine se concentrera sur l'échelle du lieu-cible (place, rue, espace résiduel), pris comme unité de lecture représentative. C'est à cette échelle intermédiaire, qui est assez large pour faire synthèse et assez restreinte pour être maîtrisable, que l'on peut observer concrètement comment les objets s'intègrent à leur environnement, dialoguent entre eux et transforment l'espace qui les entoure. Le lieu-cible devient ainsi le laboratoire d'une stratégie pensée pour être généralisée.

Cette quête de la « ville fraîche » ne peut toutefois se réduire à une performance thermique. Elle doit impérativement s'articuler aux enjeux sociétaux, aux usages et au confort urbain dans toutes ses dimensions. C'est pourquoi le piéton est placé au cœur du projet. Ce

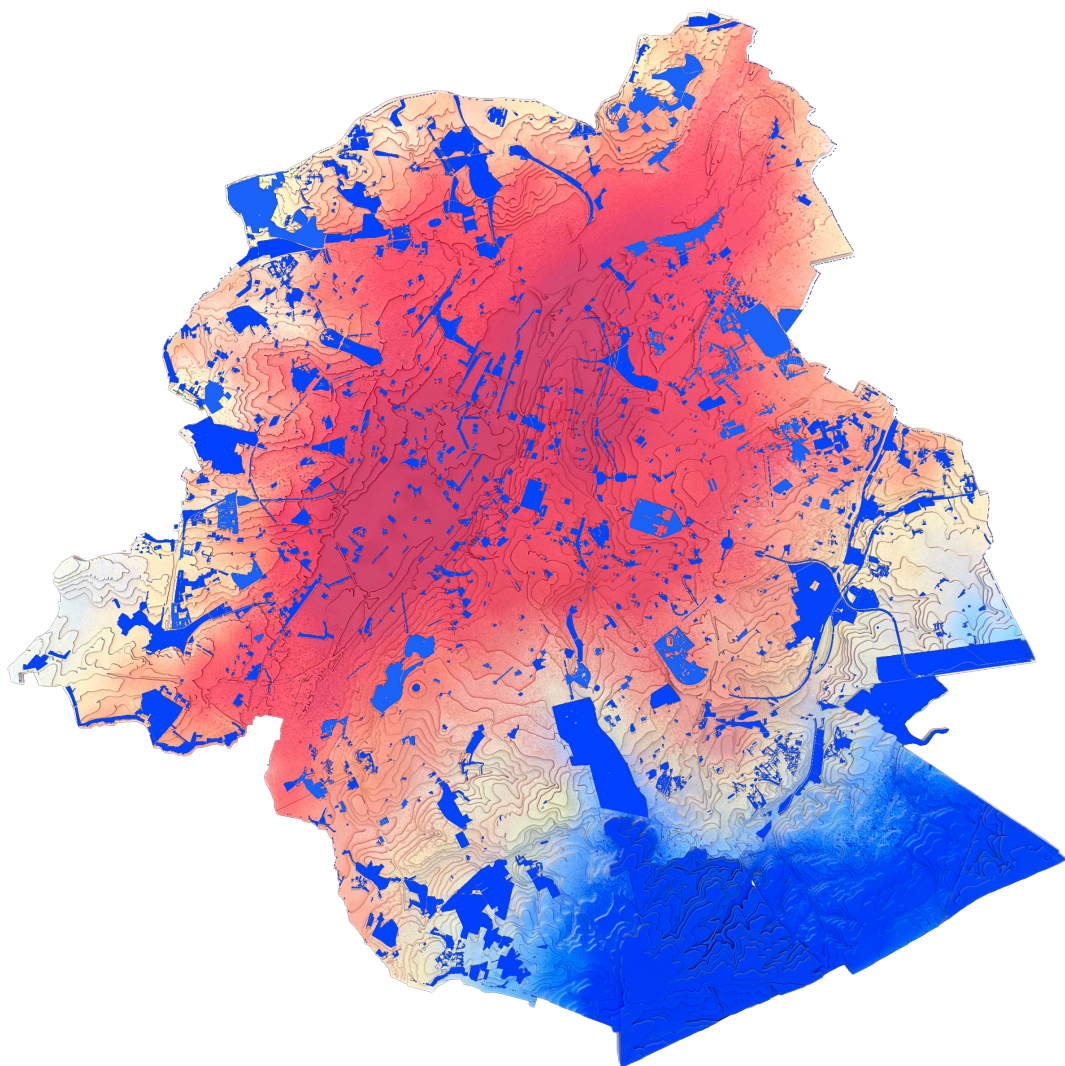


Fig. 60 : L'archipel frais en mer urbaine

sont ses sensations, sa perception et son expérience vécue de l'espace public qui en constituent la mesure véritable. Le confort thermique ne saurait être dissocié des autres formes de confort (acoustique, visuel, sécuritaire, social) qui, ensemble, déterminent si un espace est réellement habitable.

Cette ambition s'inscrit dans une requalification de la hiérarchie urbaine actuelle. Aujourd'hui, la voiture occupe le sommet de la pyramide et organise l'espace à son seul bénéfice. Le projet propose de renverser cet ordre afin de replacer le piéton au centre, lui restituer la ville et le droit d'en faire usage. Ce rééquilibrage s'accompagne enfin d'une végétalisation majeure, qui hisse la nature au rang qui devrait être le sien dans cette nouvelle hiérarchie. Loin d'être un simple ornement, le végétal devient un outil climatique et un acteur structurant de l'espace public.

7.2. Un archipel

Le projet ne prétend pas transformer l'intégralité du tissu urbain bruxellois. Une telle ambition serait contraire à la logique même des dispositifs proposés. L'espace public bruxellois n'est pas un continuum homogène qu'il s'agirait de traiter uniformément, il est constitué d'une multitude de fragments. Ces lieux-cibles forment ensemble un archipel discontinu mais cohérent. Et c'est précisément cette structure en îles qui fonde la stratégie d'intervention.

Chacun de ces fragments doit être envisagé comme un refuge climatique autonome, capable de produire localement un confort thermique mesurable pour les piétons qui le traversent ou s'y attardent. A cette échelle immédiate, l'intervention agit directement, elle abaisse la température ressentie, offre de l'ombre et réduit l'absorption calorifique des surfaces. Mais l'ambition du projet excède ce bénéfice local. C'est la mise en réseau de ces îles refuges et leur multiplication à travers l'ensemble du territoire qui enclenche une logique d'atténuation à l'échelle de l'archipel.

La pertinence de cette approche tient à son caractère cumulatif. Une seule île de fraîcheur produit un effet localisé et ponctuel. Dix îles réparties dans un même quartier commencent à tisser un maillage perceptible. Cent îles distribuées sur l'ensemble de l'archipel bruxellois constituent une infrastructure climatique diffuse, dont l'effet dépasse la simple somme des parties. Chaque nouvelle intervention renforce le réseau existant, étend sa portée et consolide la continuité des corridors de fraîcheur entre les espaces végétalisés.

Le nombre minimal d'îles de fraîcheur à créer s'appuie sur la grille de 150m de côté, définissant la distance maximale à atteindre

entre elles pour le déplacement sans danger des piétons à travers l'archipel. Cette grille ne donne un ordre de grandeur que pour le confort thermique, il est impossible de chiffrer le nombre d'îles nécessaires à l'atténuation durable du phénomène d'îlots de chaleur urbains.

Ce faisant, le projet inscrit chaque geste local dans une ambition collective, transformer, fragment par fragment l'espace public bruxellois en un territoire résilient face aux épisodes de chaleur extrême et l'effet d'îlots de chaleur urbains qui en découle.

7.3. Des îles

Même si l'objectif est de s'attaquer à tous les différents lieux-cibles de la ville, 3 vont être analysés pour comprendre comment ces endroits permettent réellement d'impacter les îlots de chaleur urbains et l'amélioration du confort thermique.

Une place, une rue et un espace résiduel ont été mis en avant pour montrer la différenciation que l'on retrouve dans ces lieux-cibles.

La place choisie est le Marché aux porcs, situé dans le quartier Sainte-Catherine, au Nord-Ouest du pentagone.

La rue sélectionnée est un tronçon de la Chaussée d'Ixelles entre Fernand Cocq et Flagey à Ixelles.

L'espace résiduel retenu se situe Rue du Marché au Charbon 43, 1000 Bruxelles, proche du quartier de la Grand-Place.

7.3.1. Marché aux porcs

Une intention choisie

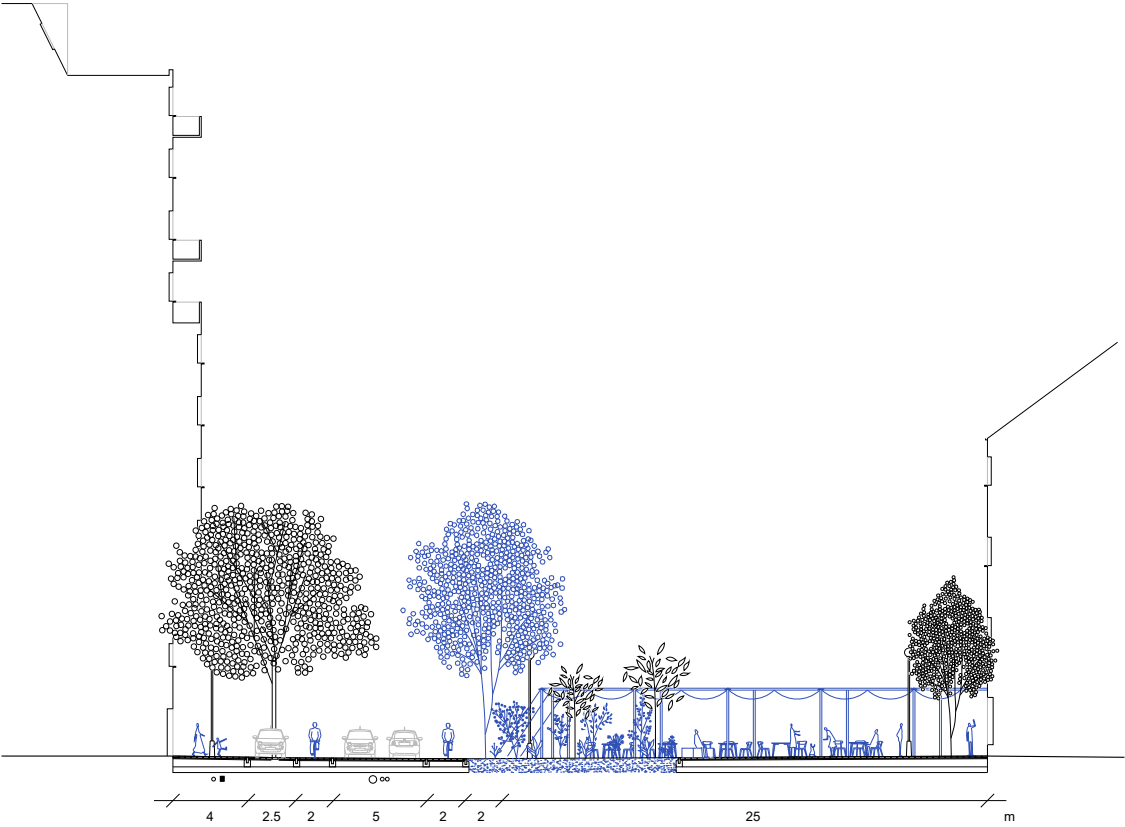
L'intention dédiée à cette place est le loisir. Ce choix a été motivé en premier lieu par la présence du Bronks (théâtre néerlandophone dédié à un jeune public qui propose des spectacles, des ateliers créatifs et des projets artistiques⁹²).

Pour répondre à cette intention, 3 objets sont implantés sur le site, le pavillon, la plaine à jeux d'eau et le théâtre. Tous trois la servent par la diversité des usages et des activités qu'ils permettent.

Des objets qui y répondent

Le pavillon est le premier objet que l'on découvre en arrivant depuis le quartier Sainte-Catherine. Son mobilier amovible autorise des usages variés, papoter entre amis, lire un livre, prendre l'apéro ou organiser des fêtes de quartier. L'espace est ouvert à tous, habitants

92 www.bronks.be. Les ateliers de Bronks.



du quartier, promeneurs qui s'installent habituellement au bord de l'eau du Marché aux Poissons, clients des bars voisins, et accueille également les spectateurs du Bronks lors d'évènements.

Vient ensuite la plaine à jeux d'eau, placée juste à côté du Bronks pour que les enfants puissent se défouler dehors juste après leur représentation. Un long banc la délimite et offre aux parents une assise à l'ombre pour surveiller leur(s) enfants car une aire de jeux doit aussi ménager une place suffisante pour les parents⁹³. La plaine à jeux d'eau est rafraîchie par la rangée d'arbres alignés le long de la Rue du Marché aux porcs dont la canopée procure de l'ombre aux heures critiques.

Le théâtre est le troisième objet que l'on peut installer sur cette place. Installé pile en face du Bronks, il permet des représentations en extérieur et offre ainsi une expérience distincte du théâtre classique. L'espace devant le Bronks est laissé volontairement libre, sans intervention définitive, afin que les activités extérieures du théâtre pour jeunes puissent continuer à s'y tenir. C'est pourquoi l'objet théâtre est conçu mobile et démontable.

Une continuité écologique

La déminéralisation repose sur deux actions. Premièrement, plusieurs poches vertes, créées en périphérie du site, enlèvent complètement les pavés pour les remplacer par de la végétation. Ces poches collectent les eaux pluviales, gorgent le sol et permettent aux arbres qui s'y trouvent de rafraîchir l'air correctement.

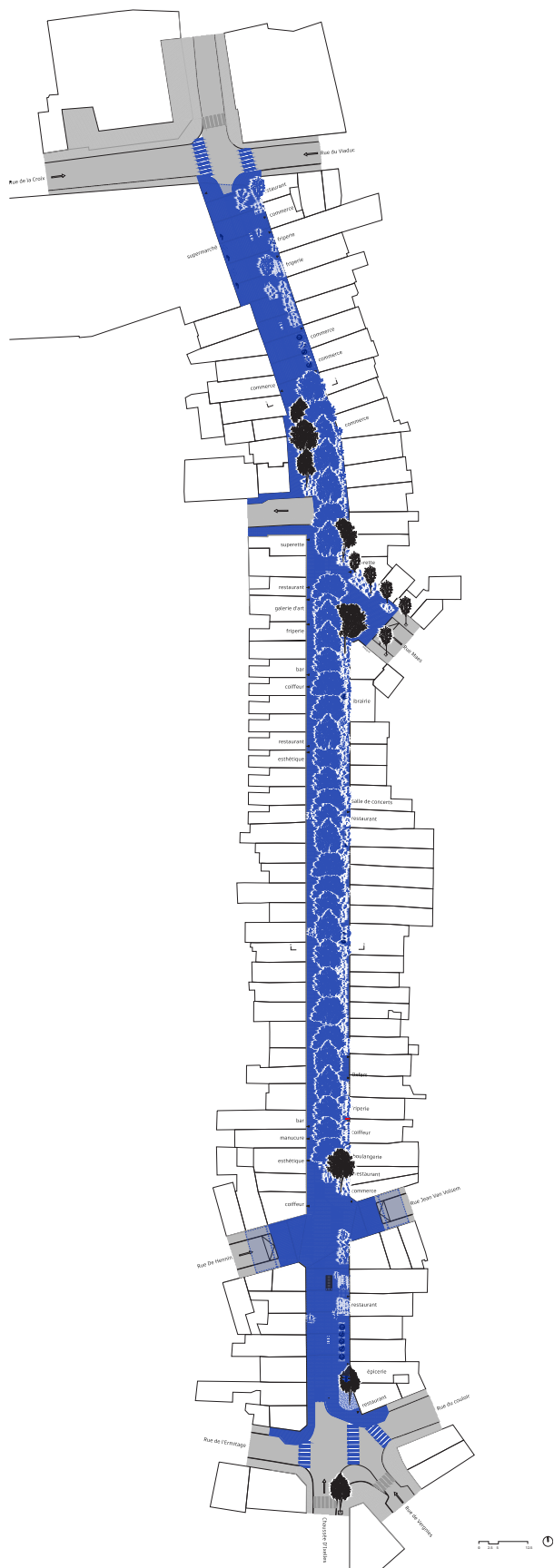
La seconde concerne les surfaces praticables pour les piétons, une continuité écologique relie les différentes poches vertes grâce à un revêtement mêlant pavés et micro bandes végétales. Cette surface assure la circulation des piétons tout en favorisant l'infiltration des eaux de pluie.

Tous les pavés retirés ne sont pas à jeter, ils peuvent être récupérés par d'autres projets.

La pointe du triangle est laissée plus sauvage et plus dense en végétation afin de démultiplier les bienfaits, en particulier l'ombre qui fait défaut l'après-midi, la hauteur irrégulière des bâtiments d'en face exposant une partie de la place au soleil.

Enfin, une bande de circulation est maintenue libre le long des façades, derrière les arbres existants, pour le simple passage de ceux qui ne font que traverser.

93 environnement.brussels. Les plaines de jeux à Bruxelles.



7.3.2. Chaussée d'Ixelles

Une rue-canyon à métamorphoser

Sa morphologie canyon (rapport H/L= 1,15) piège les pollutions au fond et empêche l'air de correctement circuler. Cette configuration impose une transformation complète, destinée à améliorer le confort thermique mais aussi sensoriel des habitants et des piétons qui l'empruntent.

« la rue aux piétons »

L'objectif est de requestionner la hiérarchie de la rue pour repositionner le piéton et la nature en sommet de cette hiérarchie, et faire émerger un nouveau modèle de rue.

Ce renversement passe d'abord par une réappropriation et une réactivation de l'espace, à travers plusieurs principes, solutions, actions. Mais il faut commencer par redéfinir l'espace au regard de la nécessité de contrer l'effet canyon. La réduction du nombre de bandes de circulation, la diminution des espaces de parking, la mise en sens unique de la voirie et le changement de matérialité réduisent à la fois le nombre de véhicules et la vitesse des automobilistes.

Ce point est essentiel, dans une rue encaissée, c'est la réduction du trafic qui agit à la source sur la pollution, là où la végétation seule ne traiterait que le symptôme thermique. Diminuer la combustion, c'est diminuer la quantité de polluants à évacuer dans un canyon mal ventilé, un préalable avant toute plantation.

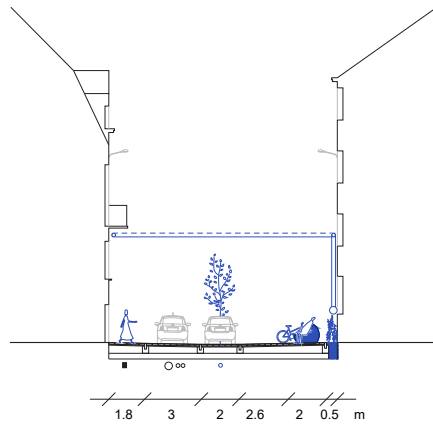
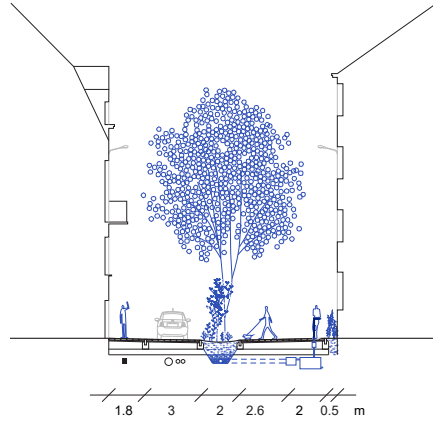
Réactiver la rue par la temporalité

L'espace nouvellement libéré permet d'introduire la notion de temporalité afin de négocier l'espace du réseau viaire et d'y instaurer une programmation flexible. La rue devient, pour quelques heures, un espace fonctionnel et partagé. Cette temporalité est à négocier avec la communauté, mais pourrait débiter par un jour par semaine hors saison puis s'étendre à certaines heures de la journée durant la période estivale.

Cette reconfiguration réactive la rue et permet d'accueillir des activités de quartier telles que des marchés, des jeux pour enfants ou des fêtes de voisinage.

Une nouvelle structure de rue

La rue se divise désormais en plusieurs bandes distinctes qui interagissent entre elles. Côté Ouest, un trottoir traditionnel longe les façades, vient ensuite la bande de circulation automobile orientée vers le Nord, au centre se déploie la noue végétale, suivie d'un



second trottoir qui dessert une bande aux usages variés (végétation, mobilier urbain, parking vélo, terrasse de restaurants). De largeur variable, cette bande sépare par endroits le trottoir public d'un accès plus privé aux habitations.

La circulation piétonne principale ne se fait plus le long des façades, mais au centre de la rue, le long de la noue, sous de la végétation.

Contrer l'îlot de chaleur, sans étouffer le canyon

Les dispositifs déployés contre les îlots de chaleur urbains sont multiples, mais articulés avec soin pour ne pas aggraver le confinement de l'air. L'accent est mis sur l'ombre par la végétation haute et l'installation de toiles tendues mais aussi le rafraîchissement par conduction.

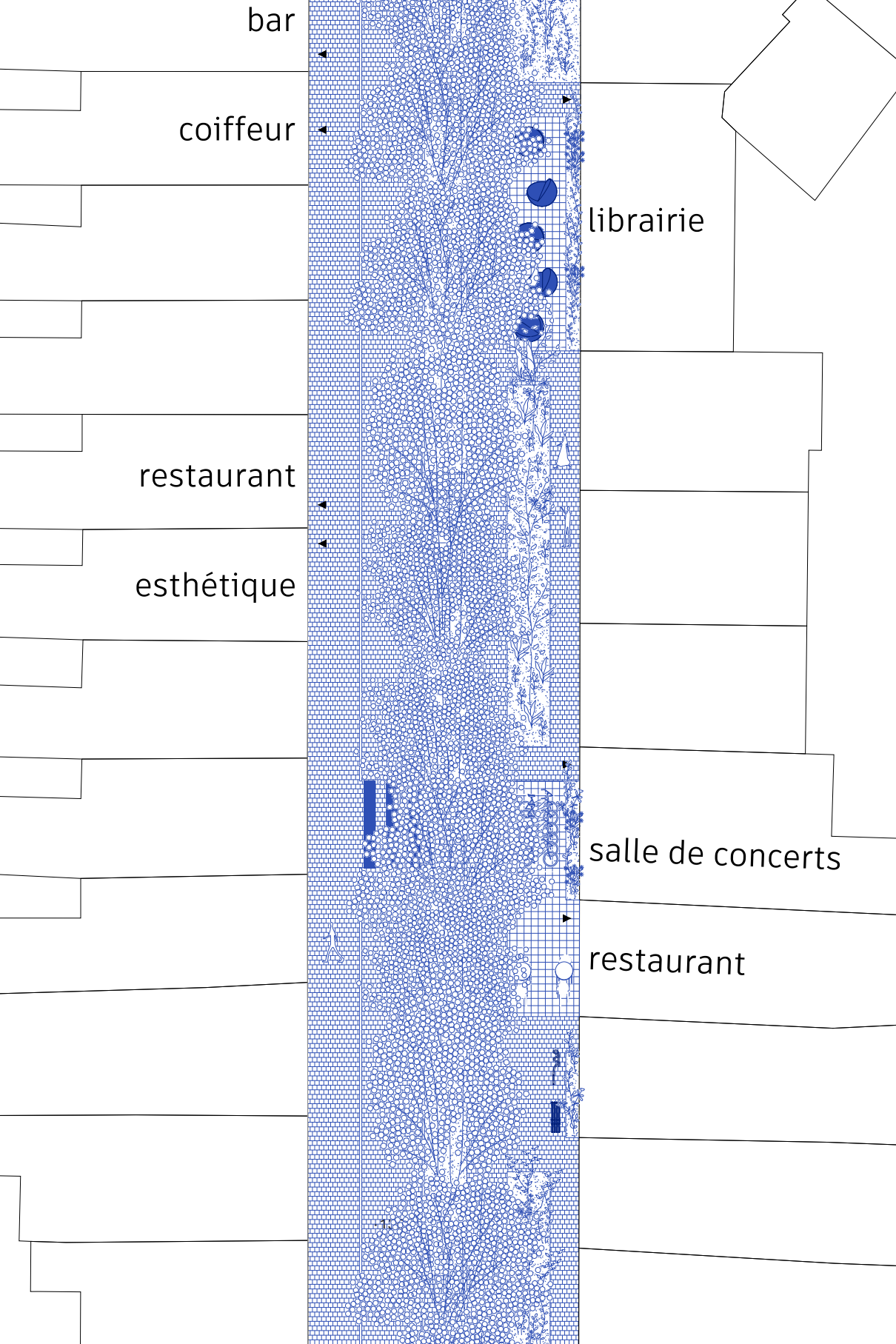
L'alignement d'arbres s'accompagne d'une noue végétale (bioswale) tout au long de la rue qui infiltre les eaux pluviales et en gorge le substrat des arbres. Cette forêt, fraîchement créée là où aucun arbre n'avait vu le jour auparavant, prend place au centre de la rue pour ombrager suffisamment ses deux côtés, même avec un soleil zénithal. La multiplication des arbres amplifie son action évapotranspirante qui rafraîchit la rue correctement. Bien hydratés par la noue, les arbres offrent leur plein potentiel de rafraîchissement.

Pour ne pas refermer le canyon et piéger davantage les polluants, des arbres à haut fût et au houppier surélevé sont privilégiés. Ces essences maximisent l'ombre sans sacrifier le brassage de l'air.

Sur certains tronçons, ce sont des toiles tendues, et non des arbres qui assurent l'ombrage. Cette solution libère l'espace au sol et permet d'y maintenir quelques places de stationnement (ces voitures doivent idéalement être déplacées lors d'événements de quartier pour rendre l'espace aux activités). Ces toiles s'enroulent sur elles-mêmes du côté Est de la rue pour ménager une ouverture partielle tout en protégeant le côté le plus exposé l'après-midi, lorsque le soleil a dépassé le Sud.

La pente comme ressource

Plutôt qu'une contrainte, la pente de la rue devient un atout. Pour éviter que l'eau ne ruisselle sans s'infiltrer, la noue est étagée par une série de petits seuils qui ralentissent l'écoulement et favorisent la percolation vers les fosses d'arbres. L'eau descend ainsi par paliers, dans un léger mouvement de cascade, un dispositif à la fois technique qui soulage le réseau d'égouttage et sensoriel par le bruit de l'eau et le rafraîchissement qu'elle génère.



bar

coiffeur

restaurant

esthétique

librairie

salle de concerts

restaurant

Un mobilier qui raconte la rue

Le mobilier urbain aménagé le long de la rue prend 2 formes distinctes mais complémentaires, la banquise et le bain de soleil. Dans une rue en pente, il est essentiel d'offrir des points de rafraîchissement aux piétons qui en gravissent la côte. Au nombre de 12, les banquettes ponctuent la montée et constituent autant de refuges climatiques, disposés là où l'effort est le plus intense.

A l'inverse, les bains de soleil, invitent à s'attarder et à profiter des rayons du soleil. Ce couple chaud/froid compose une véritable dramaturgie thermique le long du parcours.

S'y ajoutent plusieurs stationnements de vélos qui favorisent la mobilité douce ainsi que plusieurs parkings PMR.

Vers une ville qui se piétonnise

Au-delà du rafraîchissement, la noue et ses plantations dessinent un corridor écologique. Essences indigènes, strates variées et plantes mellifères y soutiennent la biodiversité et les pollinisateurs. La rue vit également la nuit grâce à un éclairage adapté qui prolonge les usages en soirée.

Cette réappropriation dessine les lignes directrices d'une future piétonisation totale des rues bruxelloises, non comme un geste isolé mais comme un modèle éprouvé, mesuré et reproductible.

7.3.3. Rue du Marché au Charbon 43

Cet espace résiduel se voit accueillir un monument d'hydratation. Cette petite poche perdue au milieu des rues du centre-ville devient le moment pour s'hydrater.

L'intention principale est de mettre en lumière la fontaine existante du site, actuellement cachée derrière un arbre. Pour révéler cet objet indispensable à la survie urbaine, il a été nécessaire de la déplacer au centre de l'espace. Maintenant on la voit, on en est conscient, on ne la cherche plus, elle se révèle à nous.

Tout autour de cette fontaine, la rivière tourne en forme de spirale comme pour intensifier le caractère primordial du lieu et donner de l'importance visuelle. Cette forme permet également aux jeunes enfants comme aux plus grands de sauter par-dessus, transformant un besoin essentiel en une activité ludique.

Au-dessus de ce duo aquatique, une oasis vient surplomber le tout. Sa structure métallique bleue apporte cohérence visuelle et connexion avec toutes les autres îles de l'archipel, mais permet également de repérer la fontaine au loin.



En plus du seul arbre présent sur l'espace résiduel, deux autres arbres prennent place autour de la fontaine augmentant la faible canopée existante.

Sur le reste de l'espace, plusieurs plots en béton recyclé prennent place comme s'ils flottaient autour de la fontaine. Ils offrent une assise et permettent de se reposer après s'être hydraté.

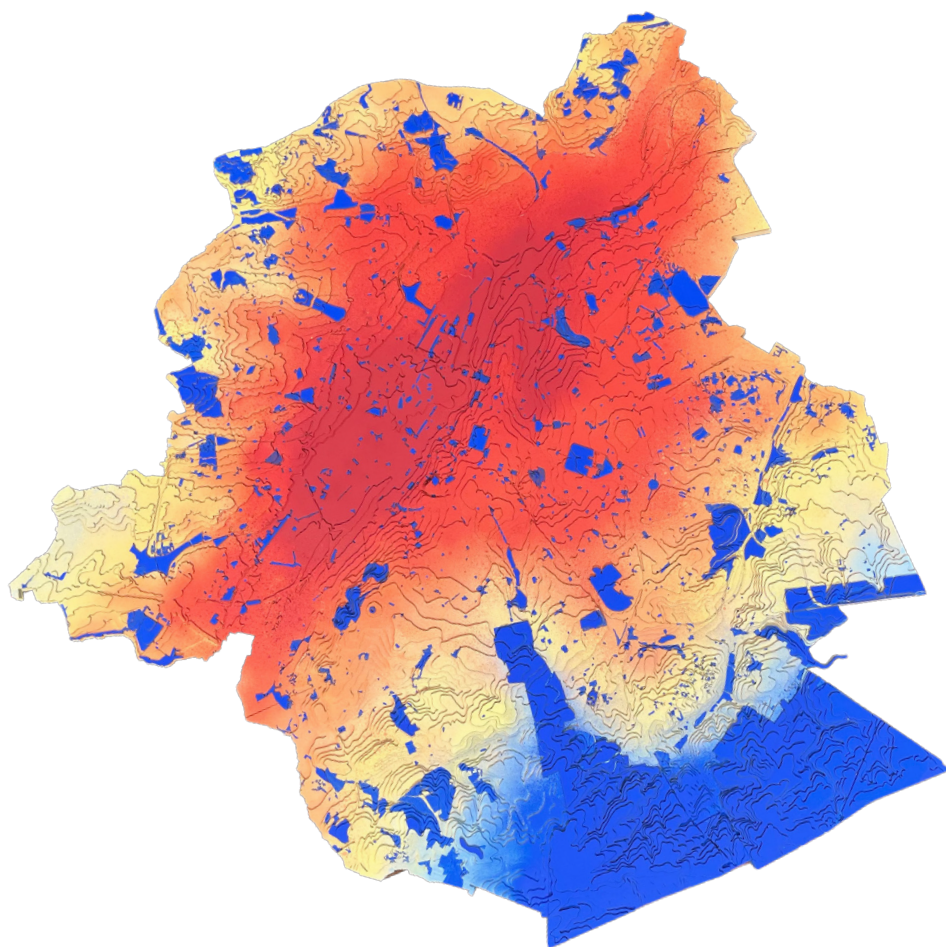
Leur matérialité est identique à celle de la fontaine pour prouver que se reposer dans l'espace public est également pérenne.

Les poteaux, qui délimitaient anciennement les trottoirs des bandes de circulation, sont également transformés en plots en béton recyclé. Ce changement vient délimiter l'espace de circulation et protéger les piétons tout en offrant des assises dans un quartier qui manque cruellement de bancs publics.

La matérialité du sol reste inchangée, cette intervention est de l'ordre de l'architecture d'acupuncture, on positionne la fontaine et le filet d'eau qui circule autour et les blocs.

L'objectif est d'appliquer la transformation faite à cette poche à tous les autres espaces résiduels de Bruxelles devant ainsi un réseau de moments d'hydratation.

8. *Repenser la ville respirable
pour un archipel habitable*



Repenser la ville respirable

pour un archipel habitable

La ville brûle. Pas dans un futur lointain et incertain, mais maintenant.

Ce mémoire est parti d'un constat aussi simple qu'urgent, les villes sont de plus en plus chaudes avec une chaleur écrasante et malheureusement, tout le monde ne peut pas fuir cette chaleur. Il est donc temps de repenser l'espace public pour qu'il devienne un refuge pour ceux qui n'ont nulle part où aller.

Face à l'intensification des îlots de chaleur urbains (ICU), à la multiplication du nombre de vagues de chaleur (VDC) et aux projections climatiques qui annoncent une Belgique radicalement transformée d'ici 2100, attendre n'est plus une option. Agir sur le bâti est bien trop lent et coûteux. Agir sur le domaine public en revanche, est rapide, visible et collectif. C'est ce parti que ce travail a tenté de tenir.

La métaphore de l'archipel empruntée à Ungers et Koolhaas et détournée au service du confort thermique s'est imposée comme le cadre conceptuel le plus juste pour penser cette intervention. Non pas une transformation totale et uniforme de la ville, mais une accumulation de gestes, discrets lorsqu'ils sont pris individuellement mais puissants une fois mis en réseau. Chaque île de fraîcheur créée renforce les suivantes. Chaque refuge climatique aménagé étend la portée de l'archipel. C'est la logique de cumul qui fonde la stratégie.

Les trois lieux-cibles analysés ne sont pas une fin en soi. Ils sont des laboratoires, des démonstrations à l'échelle du réel de ce que peut devenir n'importe quel fragment d'espace public bruxellois.

Les différents objets sont porteurs d'un message fort, le confort thermique ne devrait pas être un luxe, c'est une question de justice sociale. Les quartiers les plus chauds sont aussi les plus défavorisés, les personnes les plus vulnérables à la chaleur sont aussi celles qui ont le moins de moyens pour s'en protéger. Rendre la ville fraîche, c'est donc aussi la rendre plus juste.

Il est reste beaucoup à faire, ce mémoire ne prétend pas avoir résolu la crise climatique bruxelloise, ni même avoir épuisé la complexité du problème. Mais il aura au moins proposé une manière de voir la ville autrement, non plus comme un réseau de flux à optimiser mais comme un territoire à habiter, à ombrager, à irriguer, à rendre respirable.

L'été de demain se construit aujourd'hui, île par île pour un archipel habitable.





BIBLIOGRAPHIE

Articles scientifiques

- Amaripadath, D., Attita, S. Azra, E. & Kumar Singh, M. (2024). "Heat exposure mitigation in renovated nearly zero-energy dwellings during concurrent heat waves and power outages." *Journal of Building Engineering*. 91
- Ali-Toudert, F. & Mayer, N. (2007). « Thermal comfort in an east-west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. » *Theoretical Applied Climatology*. 223(37)
- Chakraborty, T., Hsu, A., Manya, D. & Sheriff, G. "Disproportion exposure to urban heat island intensify across major US cities." *Nat commun* 12, 2721 (2021). URL : <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22799-5>
- De Ridder, K. & Lauwaet, D. (2018). "The impact of urban materials on the urban heat island effect: An assessment of thermal properties in urban spaces." *Urban Climate* 24. 16-29p.
- Ezratty, V. & Ormandy, D. (2012). "Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies." *Energy Policy*. 49 116-121p.
- Filiatreault, M (2015). « Les effets des vagues de chaleur sur la santé humaine et en milieu urbain . » *Revue de santé publique*. 30(2), 104-110p.
- Gago, E.J., Roldan, J., Ordóñez, J. & Pacheco-Terres, R. (2013). "The city and urban heat islands : review of strategies to mitigate adverse effect." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 25. 749-758p.
- Haider, T. (1997). "Urban climates and heat islands : albedo, evapotranspiration, and anthropic heat." *Energy and Building* 25(2). 99-103p.
- Hamdi, R., Duchêne, F., Berckmans, J., Delclocq, A., Vanpoucke, C. & Termonia, P. (2016). "Evolution of urban heat wave intensity for the Brussels Capital Region in the ARPEGE-Climat A1B scenario." *Urban Climate*. 17. 176-195p.
- Hamdi, R., at al. (2016). « Corrélation entre l'effet d'îlots de chaleur urbains et les vagues de chaleur : une analyse sur la mortalité dans les villes européennes. » *Urban Climate*. 17. 87-102p.

- Lauwaet, D., De Ridder, K., Saeed, S., Brisson, E., Chatterjee, F., Van Lipzig, N.P.M., Maiheu, B. & Hooyberghs, H. (2015). "Assessing the current and future urban heat island of Brussels." *Urban Climate*. 15. 1-15p.
- Lauwaet, D., & De Ridder, K. (2018). Les impacts de la chaleur excessive sur les infrastructures urbaines : étude de cas à Bruxelles. *Transportation Infrastructure and Climate Change*, 22(1), 34-44.
- Martinez, D & al. (2018). « Projections de la mortalité liée à la chaleur en Belgique d'ici 2050 ». *Climate Change Impact Review* 25(4), 113-125p.
- A. Middel, V. Kelly Turner, J. K. Vanos (2023). «Shade is an essential solution for hotter cities.» *Nature*. 619. 394-397p.
- Wang, X., & al. (2015). « Effets de l'ozone urbain sur la santé humaine et la mortalité liée à la chaleur » *Atmospheric Pollution Research* 6(2), 229-238p.

Rapports, mémoires, thèses

- Alvarez Santana, J. (2017). *Aldo Van Eyck. Parques de juego en masterdam 1947-78*. Thèse de doctorat (Arquitectura Universidad Politecnica de Madrid)
- Athamena, K. (2012). *Modélisation et simulation des microclimats urbains : Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des écoquartiers*. Thèse de doctorat, Architecture, aménagement de l'espace. Ecole Centrale de Nantes (ECN)
- ADEME (2021). *Rafrâichir les villes*.
- Alonso L. (2019). *État des connaissances sur les îlots de chaleur urbains (ICU)*.
- Anseeuw, A. (2025). *La ville face aux îlots de chaleur urbains. Rafrâichir pour une ville plus habitable : exploration du quartier Dansaert*. Travail de fin d'étude, Master en architecture (LOCI-UCL)
- APUR (Atelier parisien d'urbanisme) (2012). *Îlots de chaleur urbains à Paris. Cahier #1*.
- APUR (2020). *Atténuer les îlots de chaleur urbains. Cahier #5 : Méthodes et outils de conception des projets*.
- Breels, S (). *Impact environnemental & choix des matériaux d'isolation en construction passive*.
- Bruxelles Mobilité (2020). *Good Move - Plan régional de mobilité 2020-2030*. URL : [goodmove.brussels URL : https://data-mobility.irisnet.be/home/fr/](https://data-mobility.irisnet.be/home/fr/)
- Colombert, M. (2008). *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Paris-Est.
- Filiatreault, Y (2015). *Changements climatiques et îlots de chaleur : indicateurs de performance pour les mesures d'adaptation*. Essai pour l'obtention du grade de Maîtrise en environnement (Université de Sherbrooke)
- Gaaloul, H. (2021). *La lutte contre l'îlot de chaleur urbain dans le contexte du changement climatique. Cas de la Région de Bruxelles Capitale*. Travail de fin d'étude, Master en Sciences et Gestion de l'environnement (ULB)
- Hirsch, Y. (2017). *Caractérisation de l'îlot de chaleur urbain et recherche d'une solution paysagère pour le site de la résidence Damrémont à Paris*. Travail de fin

d'étude pour l'obtention du diplôme de Master d'Architecture Paysagiste. (ULB)
 Infirmiers des rues (2025). *Fontaines d'eau potable & toilettes publiques gratuites*.
 Institut d'aménagement et d'urbanisme (2010). *Les îlots de chaleur : Répertoire de fiches connaissance*.
 Institut Royal Météorologique IRM (2020). *Rapport climatique 2020 : De l'information aux services climatiques*.
 Kennedy, E., Olsen, H. & Vanos, J. (2020). *Le confort thermique des terrains de jeu : revenue de la littérature et enquête auprès d'experts*.
 National Climatic Commission (2022). *Belgium's eighth national communication and fifth biennial report on climate change. Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
 Organisation mondiale de la santé (OMS) (2020). *Guidelines on Thermal Comfort in Urban Environments*.
 Service des données et études statistiques SDES (2025). *DataLab : Chiffres clés du climat France, Europe, Monde*.
 Région de Bruxelles-Capitale (2018). *Plan Régional de développement durable PRDD*.
 Ville de Bruxelles (2022). *Plan climat de la Ville de Bruxelles*.

Sites internet

Buildwise. *Confort thermique*. URL : <https://www.buildwise.be/fr/normes-et-reglementations/isolation-et-installations-thermiques-du-batiment/confort-thermique/> [consulté le 25.05.26]
 Brumisol. *Mobilier Urbain de Brumisation haute Pression : Îlots de Fraîcheur pour Collectivités*. URL : <https://www.brumisol.com/mobilier-urbain-de-brumisation/> [consulté 19.05.26]
 Bruxelles environnement (2025). *Îlots de chaleur*. URL : <https://environnement.brussels/citoyen/documentation-et-outils/etat-des-lieux-de-lenvironnement/ilot-de-chaleur> [consulté le 04.05.26]
 CERAC. *Principaux risques en Belgique*. URL : <https://www.cerac.be/fr/themes/principaux-risques-en-belgique> [consulté 21.04.26]
 cds.climate.copernicus.eu. *Thermal comfort indices derived from ERA5 reanalysis*. URL : <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/derived-utci-historical?tab=overview> [consulté le 25.05.26]
 Climat.be. *Changement climatique. Les causes*. URL : <https://climat.be/changements-climatiques/causes> [consulté le 21.04.25]
 Climat.be. *Changements observés. Observations en Belgique*. URL : <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/changements-observees> [consulté 21.04.26]
 Climate ADAPT. *Indicateur de puissance thermique – indice de climat thermique universel, 1979-2020*. URL : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/fr/metadata/indicators/thermal-comfort-indices-universal-thermal-climate-index-1979-2019> [consulté le 25.06.26]
 Encyclopédie Énergie (University of Calgary). *Chaleur vs température*. URL : https://energyeducation.ca/Encyclopedie_Energie/index.php/Chaleur_vs_

- temp%C3%A9rature [consulté le 25.06.26]
- environnement.brussels. *Les plaines de jeux à Bruxelles*. URL : <https://environnement.brussels/citoyen/agir-pour-l'environnement/decouvrir-la-nature-en-ville/les-plaines-de-jeux-bruxelles?highlight=plaine%20de%20jeu> [consulté le 26.05.26]
- Gouvernement de France (2025). *Canicule : à quoi s'attendre et comment s'adapter*. URL : <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/dossiers-thematiques/impacts/canicule> [consulté le 01.06.26]
- Ibsa perspective.brussels. *Aménagement du territoire*. URL : <https://ibsa.brussels/le-saviez-vous/162-4-km2-est-la-superficie-de-la-region-de-bruxelles-capitale> [consulté le 23.05.26]
- Institut Royal Météorologique IRM. *Phénomènes particuliers : quelles sont les conditions d'une vague de chaleur ?* URL : <https://www.meteo.be/fr/infos/faq/phenomenes-particuliers/quelles-sont-les-conditions-dune-vague-de-chaleur> [consulté 31.03.26]
- Institut Royal Météorologique IMR. *RCP*. URL : <https://www.meteo.be/fr/infos/dico-meteo/rcp> [consulté 21.04.26]
- Météo France. *Canicule, pic ou vague de chaleur ?* URL : <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/comprendre-la-meteo/canicule-vague-ou-pic-de-chaleur> [consulté le 20.04.2026]
- Météo Suisse. *Refroidissement éolien (windchill)*. URL : <http://meteosuisse.admin.ch/meteo/meteo-et-climat-de-a-a-z/refroidissement-eolien-windchill.html> [consulté 19.05.26]
- Nasa EarthData. *Albédo*. URL : <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/land-surface/albedo> [consulté 31.03.26]
- Nasa EarthData. *Évapotranspiration*. URL : <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/atmosphere/evapotranspiration> [consulté 31.03.26]
- news.un.org (2023). *Climat : le GIEC publie son dernier guide de survie pour la planète*. URL : <https://news.un.org/fr/story/2023/03/1133417> [consulté le 01.06.26]
- Office Nationale des forêts. *Le pouvoir des arbres : l'évapotranspiration*. URL : <https://www.onf.fr/vivre-la-foret/%2B/2888::le-pouvoir-des-arbres-levapotranspiration.html> [consulté 31.03.26]
- Perspective.brussels (2023). *Vagues de chaleur à Uccle entre 1901 et 2023 : les années 2010 et 2020 affichent des records ...* URL : <https://ibsa.brussels/actualites/vagues-de-chaleur-a-uccle-entre-1901-et-2023-les-annees-2010-et-2020-affichent-des-records> [consulté le 21.04.26]
- nous.swde.be. *Fortes chaleurs : buvons de l'eau pour ne pas connaître des bas*. URL : <https://nous.swde.be/article/fortes-chaleurs-buvons-de-leau-pour-ne-pas-connaître-des-bas> [consulté le 24.05.26]
- Valbiom (2024). *Rafraichir la ville grâce aux « corolles végétales »*. URL : <https://www.valbiom.be/actualites/rafraichir-les-villes-grace-aux-corolles-vegetales> [consulté le 01.06.26]
- www.amb.cat. *Refugis climàtics*. URL : <https://www.amb.cat/web/medi-ambient/sostenibilitat/canvi-climatic/refugi-climatic> [consulté le 26.05.26]
- www.bronks.be. *Les ateliers de Bronks*. URL : <https://www.bronks.be/fr/activites-d-ateliers> [consulté le 26.05.26]

www.meteo.be. *Le stress thermique peut fortement varier à l'échelle du mètre : une étude montre l'importance de l'ombre et d'une planification spatiale intelligente.*
URL : <https://www.meteo.be/fr/infos/actualite/le-stress-thermique-peut-fortement-varier-a-lechelle-du-metre-une-etude-montre-limportance-de-lombre-et-dune-planification-spatiale-intelligente> [consulté le 25.05.26]

www.who.int. *Chaleur et santé.* URL : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health> [consulté le 25.05.26]

livre

Kolhaas, R. & Ungers, O.M. (1977). *Cities within the city : Berlin as Green Archipelago.*
New York : Arnold Printing Corporation.

Lenzholzer, S. (2015) «Weather in the City : How Design Shapes the Urban Climate.»
Rotterdam, nai010 publishers, 216p.

ICONOGRAPHIE

Fig 1 : VITO (Lauwaet, D. & De Ridder, K.) (2018). Cartografie van de koelte-eilanden in het brussels hoofdstedelijk gewest.

Fig 2 : Institut Royal Météorologique IRM [consulté 31.03.26].

Fig 3 : Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiww, DWD, SMHI, UoR, Meteo France, ZAMG

Fig 4 : Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

Fig 5 : Institut Royal Météorologique (IRM). Atlas climatique URL : <https://www.meteo.be/fr/climat/climat-de-la-belgique/atlas-climatique/cartes-climatiques/temperature-de-lair/moyenne/annuel> [consulté le 25.04.26]

Fig. 6 : Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

Fig 7 : Institut Royal Météorologique (IRM) (2020). Rapport climatique 2020.

Fig 8 : M. Colombert (2008).

Fig 9 : Andrasko, Huang (1990).

Fig 10 : Cravero, F. La morphologie urbaine et ses impacts thermiques : étude des canyons urbains. Paris : Éditions Urbanistes, 2023

Fig 11: NEPSSEN (2026). Diagnostic d'îlot de chaleur urbain (ICU) : méthodologie pour objectiver le phénomène. URL : <https://nepsen.fr/diagnostic-ilot-de-chaleur-urbain-methodes-donnees-et-enjeux/>

Fig 12 : L'agence Lille Métropole (2017). Les îlots de chaleur urbains (ICU)

Fig 13 : Illustration faite par l'autrice sur base des données du Datastore, retravaillées sur QGIS

Fig 14 : Carence en espaces verts. Illustration faite par l'autrice sur base des données du Datastore, retravaillées sur QGIS

Fig 15 : Schéma de l'évapotranspiration. Office Nationale des forêts [consulté 31.03.26].

Fig 16 : Qualité de l'air. Illustration faite par l'autrice sur base des données du Datastore, retravaillées sur QGIS

Fig 17 : Maps of the number of Heat Wave Days per summer (June-August) for all 10-year simulations

Lauwaet, Dirk, et al. (2016). "Assessing the current and future urban heat island of Brussels." Urban Climate 15. 1-15p.

Fig 18 : Répartition spatiale de l'ICU moyen sur 30 ans (1981-2010) pour la RBC pendant la nuit (UHI_N=a,c) et le jour (UHI_D=c,d)

Hamdi et al. (2016)

Fig 19 : Vulnérabilité thermique : densité de la population et température des surfaces Ville de Bruxelles

Fig 20 : Ville de Bruxelles (2023). Îlots de chaleur urbains. Livrable 4

Fig 21 : Kampmann .Le confort thermique, un objectif ressenti ou mesurable URL : <https://www.kampmann.be/kampmann-aujourd-hui/technique-et-connaissances/le-confort-un-objectif-ressenti-ou-mesurable> [consulté le 01.06.26]

Fig 22 : illustration faite par l'auteurice

Fig 23. PREVACTI. Berlin as Stress thermique en industrie : comprendre, prévenir et protéger vos équipes. URL : <https://prevacti-formation.com/stress-thermique-en-industrie/> [consulté le 31.03.26]

Fig 24 : Laurent, C. (2022). 197 lieux ouverts pour échapper à la chaleur, à Barcelone. URL : <https://www.equinoxmagazine.fr/2022/06/14/chaleur-barcelone/> [consulté le 31.03.26]

Fig 25 : Architectuul (2013). O. M. Ungers & R. Koolhaas: Berlin Bang-Bang! URL : <https://architectuul.com/digest/book-review-berlin-bang-bang> [consulté le 01.06.26]

Fig 26 : illustration réalisée par l'auteurice

Fig 27 : Lauwaet, D & De Ridder, K. (2018). Cartographie des îlots de fraîcheur dans la Région de Bruxelles-Capitale.

Fig 28 : idem

Fig 29 : idem

Fig 30 : idem

Fig 31 : idem

Fig 32 : idem

Fig 33 : idem

Fig 34 : idem

Fig 35 : Bruxelles Mobilité (2020). Good Move - Plan régional de mobilité 2020-2030.

Fig 36 : illustration réalisée par l'auteurice

Fig 37 : Hyperlane Linear Sky Park, ASPECT Studios, Chengdu, China, 2020

Fig 38 : Bordeaux Tourisme. Le miroir d'eau face à la place de la Bourse. Photo de Steve Le Clech. URL : <https://www.bordeaux-tourisme.com/sites-monuments/miroir-eau-place-bourse> [consulté le 01.06.26]

Fig 39 : Make It Rain, Quentin Gérard, Bruxelles 2023

Fig 40 : Cooling benches à Paris

Fig 41 : Square in Tempio Pausania, Alvisi Kirimoto + Partners, Tempio Pausania, Italy, 2016

Fig 42 : The Travel blog

Fig 43 : Ombrière du Vieux Port de Marseille, Noman Foster, Marseille, 2013

Fig 44 : Escaravox, Andrés Jaque Architects, Madrid, 2012

Fig 45 : photo prise par l'autrice

Fig 46 : Photo prise par l'autrice

Fig 47 : Air des Carrières, Agence Alt, Emma Lelong & Rémi Nguyen (designers), Paris 2021

Fig 48 : Illustration réalisée par l'autrice

Fig 49 : Illustration réalisée par l'autrice

Fig 50 : Illustration réalisée par l'autrice

Fig 51 : Illustration réalisée par l'autrice

Fig 52 : Bülent Tanju (2018). LE DESIGN AUX PAYS-BAS ; Jeux finis et jeux infinis : Aldo van Eyck. URL : <https://manifold.press/sonlu-ve-sonsuz-oyunlar-aldo-van-eyck> [consulté le 31.03.26]

Fig 53 à 66 : Illustration réalisée par l'autrice

Midi, roi des étés, épandu sur la plaine,
Tombe en nappes d'argent des hauteurs du ciel bleu.
Tout se tait. L'air flamboie et brûle sans haleine ;
La terre est assoupie en sa robe de feu.

L'étendue est immense, et les champs n'ont point d'ombre,
Et la source est tarie où buvaient les troupeaux ;
La lointaine forêt, dont la lisière est sombre,
Dort là-bas, immobile, en un pesant repos.

Seuls, les grands blés mûris, tels qu'une mer dorée,
Se déroulent au loin, dédaigneux du sommeil ;
Pacifiques enfants de la terre sacrée,
Ils épuisent sans peur la coupe du soleil.

Parfois, comme un soupir de leur âme brûlante,
Du sein des épis lourds qui murmurent entre eux,
Une ondulation majestueuse et lente
S'éveille, et va mourir à l'horizon poudreux.

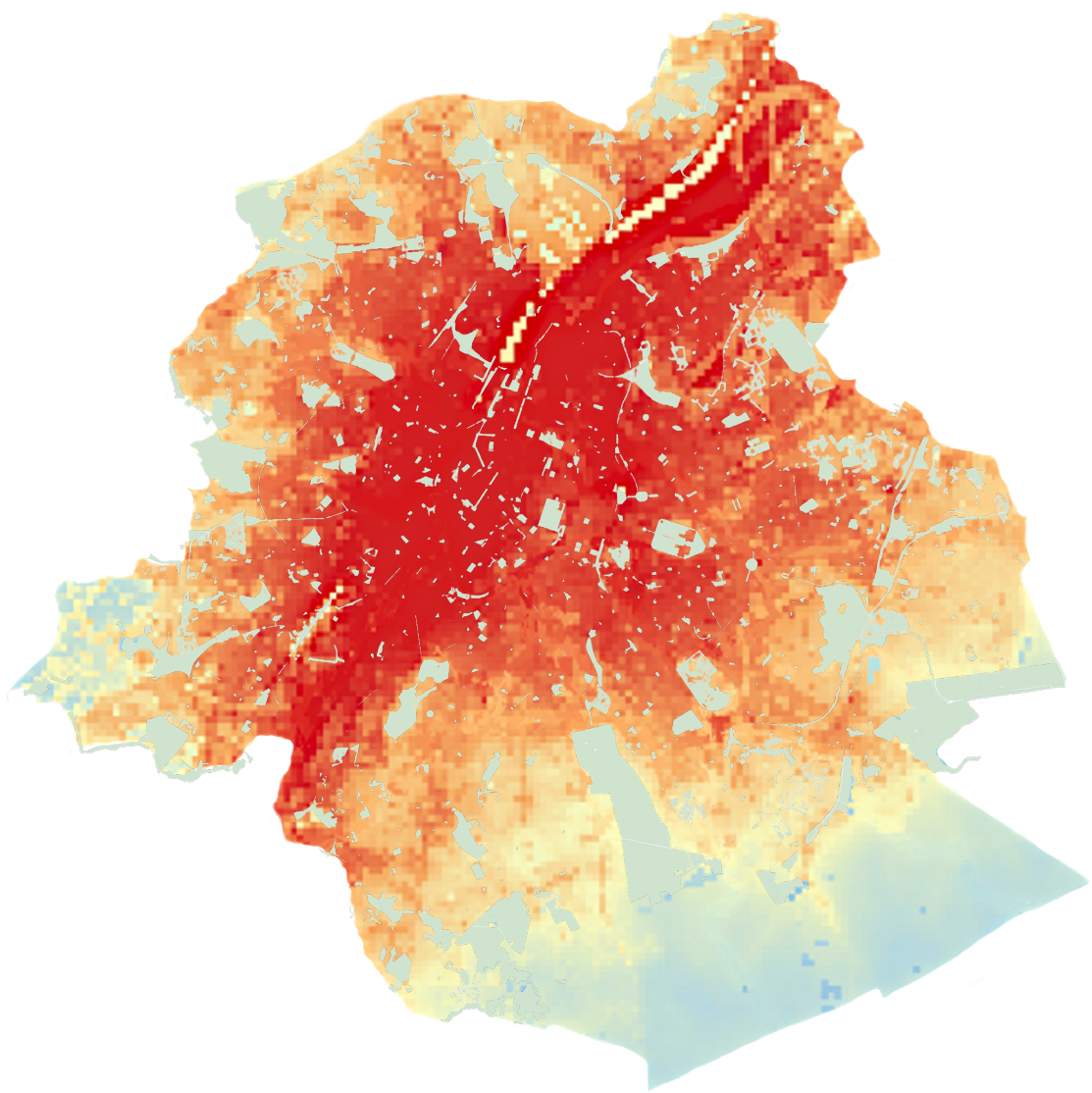
Non loin, quelques bœufs blancs, couchés parmi les herbes,
Bavent avec lenteur sur leurs fanons épais,
Et suivent de leurs yeux languissants et superbes
Le songe intérieur qu'il n'achèvent jamais.

...

Viens! Le soleil te parle en paroles sublimes ;
Dans sa flamme implacable absorbe-toi sans fin ;
Et retourne à pas lents vers les cités infimes,
Le cœur trempé sept fois dans le néant divin.







L'archipel thermique bruxellois,
un refuge climatique en mer urbaine