



URBACONFORT

Analyse microclimatique en milieu urbain et bien-être des seniors

Un projet G'innove porté par la Ville de Genève



26 novembre 2021

Version finale

Collaborateurs et collaboratrices HEPIA - LEEA
Laboratoire Energie, Environnement et Architecture

Reto Camponovo

Betty Baud

Mélissa Bettoni

Timothée Ducommun-dit-Verron

Peter Gallinelli

Victor Guillot

Joan Rey

Dawit Tadesse

Nouchka Barral

Groupe de travail et coordination Ville de Genève

Service de l'aménagement, du génie civil et du territoire (AGCM)

Barbara Pillonel

Service social (SOC) | Cité Seniors

Stéphane Birchmeier

Agenda 21

Nadine Allal

Et avec la participation des résidents et résidentes de l'EMS
de la Terrassière, aux Eaux-Vives

Table des matières

INTRODUCTION	6
CHAPITRE 1 PERSONNES ÂGÉES ET CHALEUR	9
MÉTHODOLOGIE	9
RÉSULTATS	10
BALADE CITE-SENIORS	10
BALADE EMS DE LA TERRASSIÈRE	11
CHAPITRE 2 ANALYSE MICRO-CLIMATIQUE	13
MÉTHODOLOGIE	13
PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE	18
RÉSULTATS	23
CHARMILLES	24
EAUX-VIVES	28
PÂQUIS	32
MOYENNE DES MESURES PAR QUARTIER	38
ANALYSES	40
ANALYSE INTER-QUARTIER	40
TEMPÉRATURE DE L'AIR	40
RAYONNEMENT SOLAIRE INCIDENT	41
UTCI	42
SYNTHÈSE	42
ANALYSE INTRA-QUARTIER	44
CHARMILLES	44
EAUX-VIVES	57
PÂQUIS	67
SYNTHÈSE	77
CONCLUSION	78
RESSOURCES COMPLEMENTAIRES	79

Liste des cartes

Carte 1 Parcours des balades réalisés dans le quartier des Pâquis et des Eaux-Vives	10
Carte 2 Part des personnes de 75 ans ou plus en Ville de Genève (2021) et parcours de 2020	14
Carte 3 Nombre de personnes de 75 ans ou plus en Ville de Genève (2021) et parcours de 2020	14
Carte 4. Parcours effectués dans le quartier des Charmilles le 23 juillet 2020	19
Carte 5. Parcours effectués dans le quartier des Eaux-Vives le 23 juillet 2020	20
Carte 6. Parcours effectués dans le quartier des Pâquis le 23 juillet 2020	21
Carte 7 UTCI à midi aux Charmilles	44
Carte 8 Localisation des lieux des photos hémisphériques	47
Carte 9 Températures du sol le matin aux Charmilles	49
Carte 10 Evolution des températures du sol dans l'aire de jeux du parc Hentsch	50
Carte 11 UTCI le matin aux Charmilles et emplacement des coolspots.	54
Carte 12 UTCI à midi aux Charmilles emplacement des hotspots.	54
Carte 13 UTCI l'après-midi aux Charmilles et emplacement des hotspots.	56
Carte 14 UTCI à midi aux Eaux-Vives	57
Carte 15 Localisation des lieux des photos hémisphériques	59
Carte 16 Températures du sol à midi aux Eaux-Vives	62
Carte 17 MRT à midi aux Eaux-Vives	62
Carte 18 UTCI et coolspots le matin aux Eaux-Vives	64
Carte 19 UTCI et hotspots à midi aux Eaux-Vives	65
Carte 20 UTCI à midi aux Pâquis	67
Carte 21 Localisation des lieux des photos hémisphériques	70
Carte 22 Températures du sol le matin aux Pâquis	72
Carte 23 Températures du sol - midi	72
Carte 24 Températures du sol - après-midi	72
Carte 25 UTCI et coolspots le matin aux Pâquis	74
Carte 26 UTCI et hotspots à midi aux Pâquis	75
Carte 27 UTCI et hotspots - après-midi	76

Liste des tableaux

Tableau 2 Moyenne des paramètres mesurés le matin, le 23.07.2020.	38
Tableau 3 Moyenne des paramètres mesurés à midi, le 23.07.2020.	38
Tableau 4 Moyenne des paramètres mesurés l'après-midi, le 23.07.2020.	39
Tableau 5 Principales caractéristiques urbanistiques et/ ou architecturales des quartiers étudiés	43

RESUME EXECUTIF

Urbaconfort est un projet porté par l'HEPIA et son laboratoire énergie, environnement et architecture (LEEA), qui s'inscrit dans la réflexion sur les vulnérabilités humaines face aux canicules et des risques sanitaires que cela entraîne, et sur le rôle de l'aménagement urbain dans la lutte contre les changements climatiques.

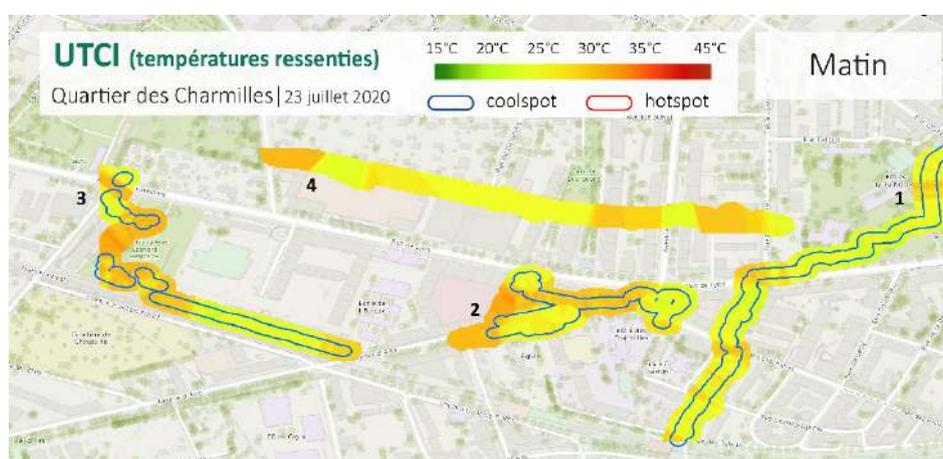
Ce projet pense de manière transversale la question des fortes chaleurs en ville et de la vulnérabilité des personnes âgées, en approchant cette problématique par le prisme du ressenti thermique des êtres humains en milieu urbain. La démarche proposée par le LEEA met donc l'humain au centre de la recherche, afin de comprendre comment les éléments urbanistiques et architecturaux influencent le microclimat urbain et le confort thermique des piéton·ne·s.

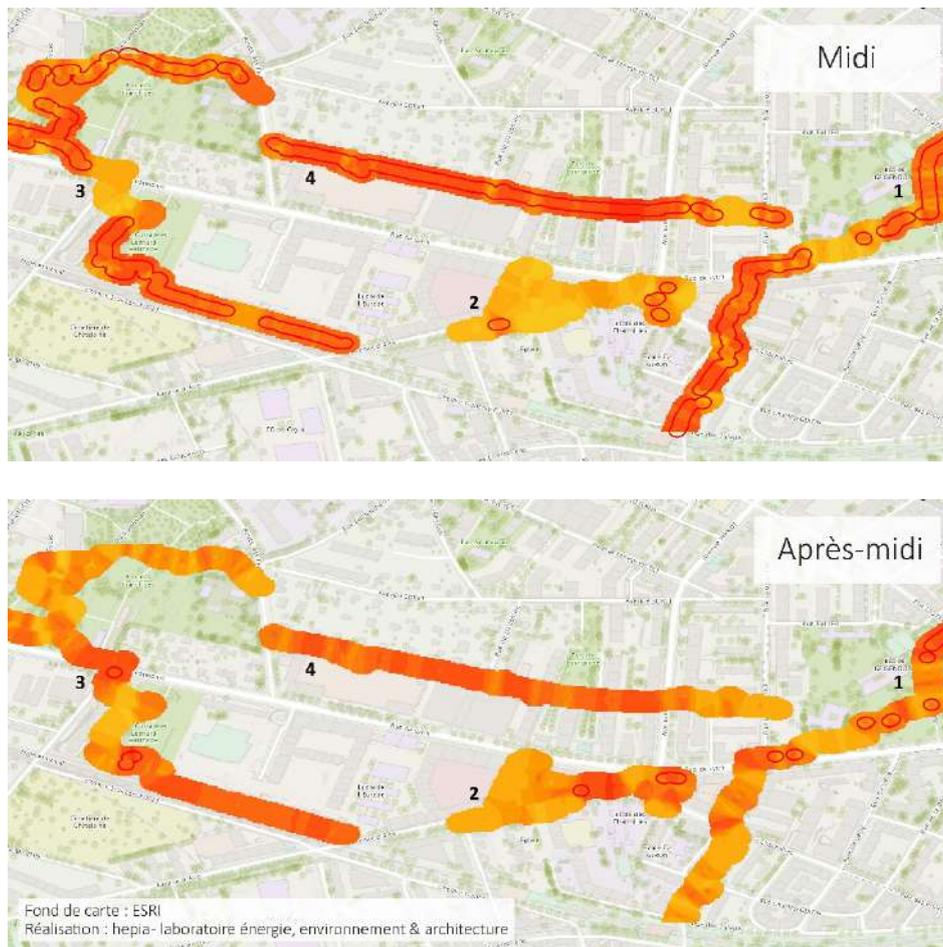
Dans un premier temps, les stratégies développées par les personnes âgées pour se déplacer en cas de vague de chaleur ont été observées *in situ* et analysées, permettant de savoir quels pouvaient être les différents obstacles (relatifs ou non à la canicule) impactant leur capacité à se déplacer sereinement et en toute sûreté pour leur santé dans l'espace public.

Des portions du territoire de la Ville de Genève ont ensuite été analysées sous l'angle du microclimat urbain, afin de comprendre quels sont les facteurs environnementaux ayant un impact sur le confort microclimatique des piéton·ne·s.

Ces mesures ont été réalisées avec un microclimamètre, un appareil de mesure innovant développé par le LEEA, permettant de mesurer l'ensemble des paramètres physiques jouant un rôle dans le ressenti thermique, et capturant ainsi l'ensemble de la *scène environnementale* qui entoure un individu. Le microclimamètre peut par ailleurs être un outil pertinent à mobiliser par les autorités politiques, afin de combler les lacunes sur les dynamiques microclimatiques influençant le confort des personnes à l'échelle d'un territoire donné. Une telle analyse relative au microclimat urbain peut se faire notamment en vue de la requalification d'espaces publics ou lors de nouveaux aménagements.

Les mesures effectuées pour Urbaconfort ont eu lieu à trois moments de la journée, le matin, à midi, et l'après-midi. Elles ont notamment permis de mettre en lumière des zones de « hotspots » et de « coolspots » et l'évolution de leur localisation au cours de la journée, comme illustré ci-dessous par ces trois cartes représentant la température ressentie (différente de la température de l'air) et les hotspots et coolspot, en rouge et bleu respectivement.





Les analyses développées tout au long d’Urbanconfort doivent permettre de cibler les lieux les plus problématiques d’un point de vue du confort thermique, d’en comprendre les raisons urbanistiques sous-jacentes et éventuellement d’initier des réflexions en termes de réaménagements ou d’aménagements futurs.

De plus, à l’image du projet « de Parc en Parc » (projet porté par l’Etat de Genève et accompagné par la Ville de Genève, qui trouve ses origines dans Urbanconfort), et de ses cinq « micro-oasis » aménagés en ville pendant l’été 2021, il est possible de proposer des aménagements ponctuels prodiguant un espace frais et ombragé où l’on peut s’asseoir, afin de permettre aux personnes vulnérables à la chaleur de pouvoir appréhender les espaces publics et les déplacements lors des canicules de manière plus sereine et adaptée à leurs besoins. Toutefois, un pas supplémentaire doit être franchi et soutenu par un processus politique fort. Car si ces aménagements ponctuels, éphémères et pensés *en réponse* à un territoire urbain encore peu résilient face aux changements climatiques apportent des éléments de solutions rapides, les différentes réflexions et analyses développées tout au long du projet Urbanconfort conduisent à interroger *en amont* la fabrique des territoires. Dès à présent, l’intégration des dimensions relatives à l’adaptation aux changements climatiques au sein même des processus urbains œuvrant au renouvellement du territoire semble plus que nécessaire.

Nous profitons de ce résumé exécutif pour remercier M. Birchmeier (SOC), Mme Pillonel (AGCM) et Mme Allal (Agenda 21), dont l’implication a été enrichissante pour le déroulement de ce projet dans une approche pragmatique et appliquée.

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'appel à projet G'innove – lancé par la Ville de Genève et cherchant à promouvoir des projets relatifs à l'innovation sociétale –, l'HEPIA et son laboratoire énergie, environnement et architecture (ci-après LEEA) ont souhaité proposer une approche interdisciplinaire à l'échelle micro autour de la compréhension du territoire urbain et des besoins des personnes âgées en matière de déplacement et de marchabilité dans la ville. Le projet Urbaconfort résulte de cette volonté de penser l'adaptation aux changements climatiques et aux fortes chaleurs à une échelle très locale, en mettant les individus au centre de la démarche.

Ce travail s'est effectué en étroite collaboration avec plusieurs services de la Ville de Genève, plus particulièrement le Service social (ci-après SOC) et l'infrastructure Cité Seniors ainsi que le Service de l'aménagement, du génie civil et de la mobilité (ci-après AGCM). Le présent rapport constitue l'achèvement de cette première démarche conjointe, qui s'est déroulée entre 2019 et 2021.

Les enjeux actuels et futurs des canicules

La gestion des canicules est traversée de plusieurs enjeux tant actuels que futurs. Tout d'abord, l'augmentation des épisodes caniculaires résultant des changements climatiques en font une problématique publique de premier ordre, de par les risques et impacts sur la santé qu'ils entraînent. De plus, le principe actuellement en vigueur dans le canton de Genève de faire « la ville en ville » conduit à une densification continue du centre urbain, avec des territoires plus exposés aux très hautes températures ainsi que plus vulnérables *a priori*, de par la composition et les caractéristiques mêmes du territoire.

En parallèle, la tendance démographique suisse de vieillissement de la population se poursuit, avec une part de la population âgée qui augmente toujours¹ et une hausse du nombre de retraité·e·s qui pourrait atteindre 50% entre 2015 et 2050 selon les projections et scénarios de l'OFS. Or, les personnes âgées sont particulièrement vulnérables aux fortes chaleurs, de par une santé plus fragile voire des problèmes médicaux déjà existants, des capacités thermorégulatrices corporelles moins efficaces ainsi qu'une conscience de la soif amoindrie. En outre, le plus grand risque d'isolement social affectant les personnes âgées constitue un obstacle à une prise en charge familiale ou amicale de l'état de santé de ces personnes lors des épisodes de canicule.

Ces quelques éléments conduisent à une situation qui croise plusieurs risques : des canicules plus nombreuses, amplifiées par un contexte urbain de plus en plus dense et qui maintient la chaleur, et une population âgée qui tend à augmenter année après année, alors même qu'elle constitue la principale population à risque.

Un changement de paradigme dans la gestion des canicules

Si les principales recommandations publiques de ces dernières années ont privilégié un appel à rester chez soi lors des épisodes caniculaires, la perspective de changements durables dans la quantité, la longueur et l'intensité des vagues de chaleur conduit à en repenser la gestion. Le caractère hostile des espaces extérieurs pour une partie de la population pendant les canicules participe également à un usage de la ville restreint. Ce changement de vision dans la prise en

¹ OFS 2016 : *Communiqué de presse « Le nombre de personnes à la retraite va fortement augmenter »*
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/catalogues-banques-donnees/communiqués-presse.assetdetail.40825.html>

charge publique de cet aléa climatique nécessite de nouvelles connaissances concernant les dynamiques climatiques des territoires urbains lors des températures très élevées.

Comprendre la ville et les paramètres physiques ainsi que les besoins des personnes âgées

Le projet Urbaconfort se veut une première étape dans la réalisation concrète de ce changement de paradigme, en mettant au service des politiques des données précises et pertinentes relatives au microclimat urbain et au confort climatique, ainsi qu'une analyse territoriale en lien avec ces enjeux. Il s'agit par ailleurs de confirmer une méthodologie de diagnostic robuste et innovante, pensée sous l'angle de la relation entre milieu urbain et physiologie humaine.

Cette approche doit permettre d'avoir une première vision d'ensemble concernant les leviers d'action ou marges de manœuvre permettant d'impacter le confort thermique des habitant·e-s et des usagers et usagères des espaces publics.

Le projet est composé de deux volets principaux :

- Chapitre 1 : une approche qualitative centrée autour des personnes âgées et de leurs besoins en matière de déplacements lors des canicules.
- Chapitre 2 : un travail de mesures et d'analyses relatif au microclimat urbain, avec une méthode originale mise au point par le LEEA.

Au terme de ce travail, les objectifs d'Urbaconfort sont de :

- Relever de manière qualitative les stratégies des personnes âgées concernant leurs déplacements de manière générale et *a fortiori* lors des fortes chaleurs ;
- Identifier des parcours comme trajets potentiels pour personnes âgées ;
- Faire des relevés à plusieurs moments de la journée, afin de mesurer diverses variables pertinentes à l'analyse du micro-climat urbain et du confort climatique ;
- Sur la base des mesures effectuées, comprendre les caractéristiques des rues et places (minéralité, végétation, morphologie, points d'eau, etc.) pour permettre à moyen terme de cartographier et caractériser du point de vue climatique et sensitif les parcours à privilégier.
- Permettre des diagnostics robustes à l'intention du service de l'urbanisme et de l'aménagement, en vue de planifier des projets d'adaptation progressive concernant les endroits les plus critiques du point de vue du microclimat.

Urbaconfort s'inscrit en outre dans la continuité de différents travaux et projets cherchant à mieux appréhender tant les dynamiques physiques urbaines que les besoins des personnes âgées en période de fortes chaleurs. Les enseignements tirés de précédents travaux du LEEA ou issus d'ateliers HEPIA organisé avec des étudiant·e-s au printemps 2019 (voir « Ressources complémentaires ») ont ainsi participé à façonner les réflexions et connaissances nécessaires à ce projet-ci.

À travers cette collaboration avec différents services de la Ville de Genève, l'HEPIA et le LEEA réaffirment leur volonté de participer activement à l'élaboration de réflexions et de solutions pertinentes en termes d'adaptation aux changements climatiques sur le territoire genevois.

CHAPITRE 1 Personnes âgées et chaleur

Un travail en collaboration avec le SOC et Cité Seniors a été mené, en incluant des personnes âgées, afin de bénéficier du regard des personnes concernées lors de balades urbaines. Ces balades urbaines avaient pour objectif de recueillir des témoignages sur les habitudes des seniors en période de canicule, et d'obtenir ainsi des renseignements sur leur ressenti lors des fortes chaleurs, sur leur habitude de sortie hebdomadaire ainsi que sur leur perception de l'espace public en termes d'accessibilité.

Méthodologie

Les deux balades se sont déroulées durant l'été 2020. Les conditions météorologiques souhaitées étaient la présence de chaleur afin d'effectuer des mesures avec le microclimamètre et de permettre de recueillir des témoignages en lien avec le confort climatique. La première s'est déroulée en partenariat avec Cité Seniors avec des seniors actifs et indépendants et la seconde avec l'EMS de la Terrassière avec des seniors d'âge plus avancé et résidents dans l'EMS.

- La 1^e balade s'est déroulée dans le quartier des Pâquis en présence de huit participant·e·s, aux alentours de Cité Seniors.
La mise en conditions réelles a permis aux participant·e·s de témoigner de leur expérience sur le terrain. Cette méthode fut particulièrement enrichissante. Les participant·e·s se sont exprimé·e·s de manière spontanée et en direct sur leur expérience. De plus, après la balade, une discussion était organisée afin d'échanger sur le ressenti de chacun et chacune concernant le parcours, les obstacles rencontrés et leurs habitudes de marche.
- La 2^e balade urbaine s'est déroulée au mois d'août 2020 dans le quartier des Eaux-Vives. Cette journée était considérée comme étant une journée caniculaire. Heureusement, le parcours s'est déroulé en fin de matinée, mais la chaleur se faisait déjà sentir. D'après les mesures effectuées avec le microclimamètre, la température ressentie maximale était de 33°C. Cette balade regroupait des résidents·e·s de l'EMS de la Terrassière ainsi que des accompagnant·e·s. La classe d'âge de ce groupe était supérieure à celle du groupe de Cité Seniors. Un critère particulièrement intéressant qui a permis de se concentrer sur d'autres aspects de la marche en ville comme l'identification des difficultés qu'une personne à mobilité réduite peut rencontrer dans l'espace public.

De plus, un collaborateur de l'HEPIA relevait les mesures avec un microclimamètre (voir Chapitre 2) lors de chaque balade.



Carte 1 Parcours des balades réalisés dans le quartier des Pâquis (21.07.2020) et des Eaux-Vives (11.08.2020), en fin de matinée (Fond de carte : OSM)

Résultats

BALADE CITE-SENIORS



Les participant-e-s de cette première balade étaient des personnes âgées indépendantes et en bonne santé, ayant l'habitude de se retrouver pour marcher.

Quelques participant-e-s ont évoqué l'idée de végétaliser les façades borgnes ou les espaces vides n'ayant selon eux « pas d'intérêt particulier dans l'état actuel ». La place de la Navigation a été identifiée comme étant particulièrement agréable notamment par la présence de la grande fontaine ombragée par des platanes.

La présence d'objets sur les trottoirs vélos, containers, engin de nettoyage communal ainsi que la présence de terrasses débordant sur l'espace public ont été identifiées comme particulièrement gênantes selon les situations.

Sept personnes sur huit ont affirmé sortir tous les jours de la semaine. La plupart parlent d'un besoin ou d'une discipline qu'ils ou elles se sont imposé·e·s pour rester en mouvement. Pour une des participantes, l'idée de rester chez elle une journée n'est pas concevable. Elle a besoin de voir des gens même s'il n'y a pas forcément de contact. En période de canicule, la priorité n'est pas mise sur la sortie quotidienne, mais plutôt sur la concentration des choses à faire sur la semaine pour éviter d'être trop confronté·e à la chaleur. Les participant·e·s qui tiennent à sortir malgré la canicule favorisent les sorties à proximité des parcs ou à la montagne, et le font surtout en début et fin de journée. L'ensemble des participant·e·s affirment également que l'ombre est très précieuse lors d'un parcours en période estivale.

Malgré le fait que tous les participant·e·s soient en bonne forme, le soleil apparaît globalement comme désagréable et l'ombre sera toujours privilégiée par rapport à un autre itinéraire ensoleillé. L'encombrement des trottoirs est ressorti comme étant un obstacle, précisément pour les personnes bénéficiant d'un moyen auxiliaire comme une aide à la marche. Le fait de devoir descendre d'un trottoir et remonter apparaît comme un effort important.

Les éléments recueillis lors de cette balade confirment que les déplacements dans l'espace public ne sont pas toujours évidents, notamment à cause de la chaleur ou des trottoirs encombrés. De plus, la notion d'activité physique ressort comme étant indispensable pour ce groupe qui intègre la marche dans son planning hebdomadaire.

L'aspect social de la marche est aussi un élément important. Il se ressent à travers le fait que le groupe se réunit pour marcher chaque semaine. De plus, cet aspect est également apparu individuellement par « le besoin de voir des gens » sans forcément s'attendre à de l'interaction.

BALADE EMS DE LA TERRASSIÈRE²

Durant ce parcours, les échanges verbaux étaient un peu moins étoffés que lors de la balade aux Pâquis, peut-être une conséquence de l'âge plus élevé des participant·e·s. Les éléments retenus sont majoritairement issus de l'observation des déplacements des participant·e·s. La partie consacrée aux échanges à la fin du parcours était un peu plus courte que lors de la première balade aux Pâquis. Des mesures ont aussi été prises par le microclimamètre afin d'évaluer le confort thermique durant le parcours. Cette balade urbaine regroupait 8 résident·e·s de l'EMS avec quelques accompagnant·e·s ainsi que des collaborateur·trice·s impliqué·e·s ou intéressé·e·s par les travaux de recherche du laboratoire LEEA/HEPIA. Parmi les résident·e·s, il y avait une personne en fauteuil roulant accompagnée, une personne avec un déambulateur et une personne malvoyante avec une canne blanche.

Les obstacles identifiés étant nombreux ils ont été regroupés dans le tableau (voir « Ressources complémentaires ») en fonction de la rue où ils ont été observés.

² L'ensemble des éléments relatifs à la balade urbaine de l'EMS de la Terrassière sont issus du mémoire de Betty Baud (2021) *Se déplacer dans l'espace urbain, entre nécessité et défi pour les séniors de nos villes. Analyse et projet autour de l'EMS genevois de la Terrassière situé au cœur du quartier des Eaux-Vives*, réalisé dans le cadre du Master en Développement Territorial, en interaction avec le projet Urbaconfort.



Figure 1 - Rue de la chapelle



Figure 2 - Rue de la chapelle



Figure 3 - Place du pré-l'Evêque



Figure 4 - Rebord de trottoir



Figure 5 - Pré-l'Evêque parking



Figure 6 - Pré-l'Evêque parking



Figure 7 - Sol irrégulier



Figure 8 - Rue de Montchoisy



Figure 9 - Ilot sur passage piéton



Figure 10 - Encombrement des trottoirs
rue du parc



Figure 11 - Dévers important rue du
parc

CHAPITRE 2 Analyse micro-climatique

Le paysage urbain est le cadre de vie des citoyens et citoyennes, le lieu où ils et elles se rencontrent, se déplacent, travaillent et se détendent. L'utilisateur-trice de la ville et son ressenti vis-à-vis de l'environnement urbain sont au centre de la méthodologie de recherche déployée dans cette analyse. L'espace public, de par ses caractéristiques physiques, géométriques et ainsi que sa propre exposition aux conditions climatiques, conditionne le confort thermique ressenti par les piéton·ne·s.

Cette seconde partie est consacrée à l'étude micro-climatique de parcours effectués au sein de la Ville de Genève. Les parcours ont été déterminés sur la base des réflexions issues du précédent chapitre, en coordination avec les représentant·e·s, au sein du projet, de l'AGCM et du SOC.

Méthodologie

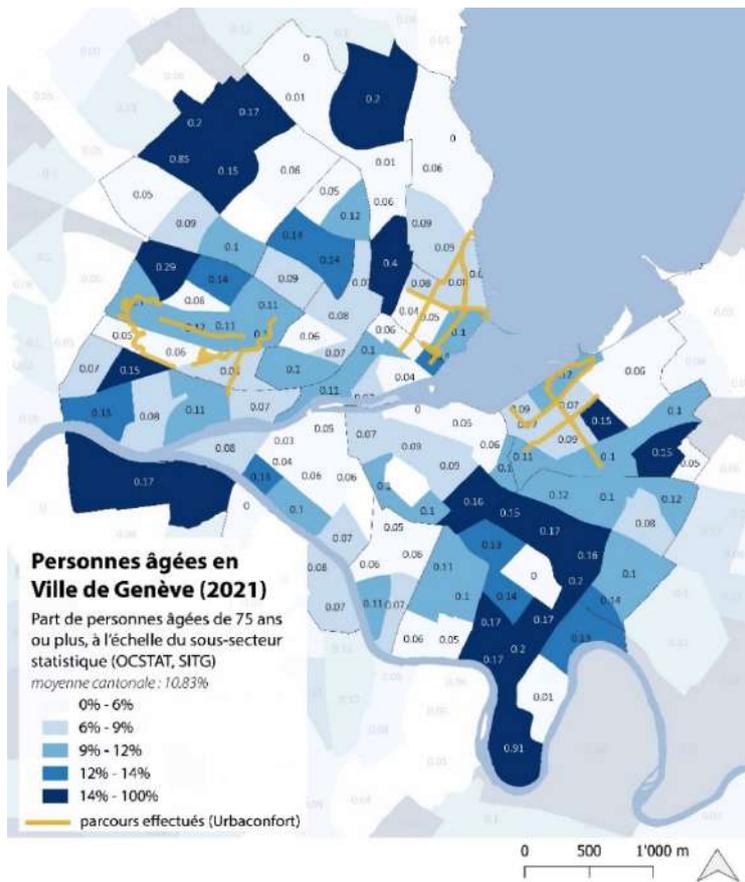
1. Choix des parcours

Le tracé des parcours a été identifié dans un premier temps au cours de l'été 2019, en collaboration avec des représentant·e·s de l'AGCM et du SOC. Des premières mesures ont été réalisées lors de l'été 2019 dans le quartier des Pâquis et des Eaux-Vives. Les analyses réalisées sur les parcours de 2019 ont permis de valider et renforcer la méthodologie et le dispositif de mesures³. Cette première série de mesures, couplée aux observations tirées lors des balades urbaines a permis de mettre au point des parcours traversant trois quartiers (Charmilles, Eaux-Vives, Pâquis) et des espaces urbains variés.

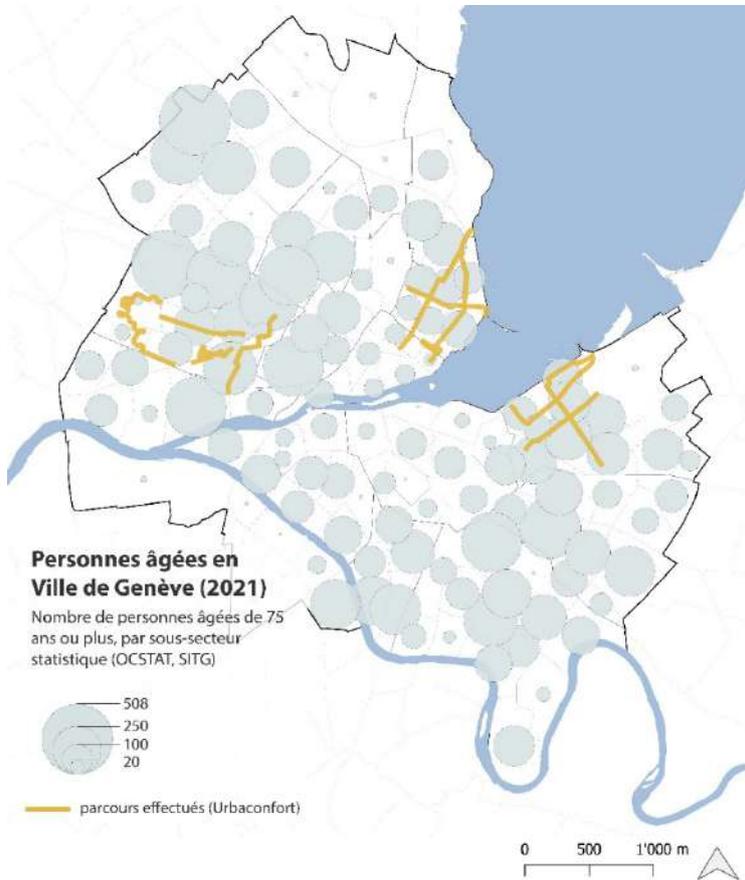
De plus, les parcours ont été pensés au regard de la population âgée, en envisageant des trajets ayant un fort potentiel pour celle-ci.

Les deux cartes ci-dessous mettent en lien les parcours choisis avec la répartition des seniors en Ville de Genève (en termes relatifs comparés à l'ensemble de la population adulte, puis en nombre absolu), à l'échelle du sous-secteur statistique.

³ Voir rapport d'activité 2019 – 2020



Carte 2 Part des personnes de 75 ans ou plus en Ville de Genève (2021) et parcours de 2020 (données : SITG)



Carte 3 Nombre de personnes de 75 ans ou plus en Ville de Genève (2021) et parcours de 2020 (données : SITG)

Les parcours déterminés au sein des trois quartiers se situent dans des zones ayant une part de personnes âgées se situant principalement aux alentours de la moyenne cantonale, et parfois en-dessous. On remarque toutefois que ce sont des sous-secteurs densément habités, et dont le nombre de personnes de 75 ans ou plus qui y résident est très élevé. Les analyses microclimatiques effectuées concernent ainsi une partie intéressante de la population. Bien que le choix des parcours se soit situé dans un premier temps sur les Charmilles, les Pâquis et les Eaux-Vives, il semblerait pertinent de poursuivre à l'avenir une réflexion autour de Champel, dont on peut voir tant une part très importante de personnes âgées qu'un nombre absolu élevé.

2. Mesures microclimatiques

Les mesures microclimatiques ont été réalisées avec un instrument de mesure unique spécialement conçu par le laboratoire énergie, environnement, architecture (LEEA) pour relever les grandeurs physiques pertinentes depuis la perspective du piéton et son ressenti physiologique : le « microclimatmètre ». Le microclimatmètre permet de mesurer de manière objective l'ensemble de la *scène environnementale* qui entoure une personne lorsqu'elle se déplace (rue, place, bordure d'une rivière, proximité d'une fontaine, etc.). Cette *scène environnementale* influence directement le bien-être du piéton et est la résultante de l'*urbanisme*. Cet instrument de mesure a été conçu de telle sorte que l'ensemble des mesures se font depuis la perspective de l'être humain en déplacement, avec de nombreux capteurs mesurant les grandeurs physiques qui impactent le plus le ressenti physiologique du corps humain (ex. températures rayonnantes, ensoleillement, courants d'air, l'humidité, etc.).



Figure 1: Déploiement du microclimatmètre

Les différentes mesures sont accompagnées de deux caméras hémisphériques enregistrant la *scène environnementale* réelle telle qu'elle se présente précisément au moment de chaque

mesure. Ceci permet une description et une interprétation sans ambiguïté de chaque valeur enregistrée. Les deux photos ci-dessous, tirées d'un des parcours, permet de voir un exemple des informations que l'on peut obtenir par la lecture de ces photos hémisphériques.



La photo du sol permet d'avoir des informations sur la matérialité entourant le sujet, et donne des informations relatives à ce qui se trouve à hauteur de piéton·ne



La photo du ciel informe notamment sur la matérialité des façades et le contexte urbain vertical, ainsi que si la personne se déplace à découvert ou non

Trois passages ont été effectués aux alentours de 9h, 13h et 17h⁴, pendant une même journée, afin d'obtenir des informations sur le matin, le midi et l'après-midi. Ces horaires permettent à la fois de prendre en compte une partie de la dynamique thermique des espaces et également la dynamique relative au transit liés en lien avec les activités professionnelles.

Les données enregistrées toutes les secondes ont été analysées de manière à comprendre comment les conditions du milieu influencent le confort ressenti l'été par les citoyen·e·s. Les principaux paramètres physiques mesurés qui ont été utilisés dans le projet « Urbaconfort » sont décrits ci-après, dans la section « Définitions ».

⁴ À noter qu'en été, le soleil est à son zénith aux alentours de 14h locales (GMT +2)

DÉFINITIONS

Le microclimatmètre prend les mesures de nombreuses variables physiques, qui permettent d'appréhender la relation entre milieu urbain et ressenti physiologie des personnes, en termes de confort thermique. Quelques clés de lecture relatives aux paramètres physiques mesurés et aux indices dérivés les plus significatifs se trouvent ci-dessous.

Température de l'air

La température de l'air est la grandeur la plus utilisée en météorologie pour décrire les conditions prédominantes. L'information liée à ce paramètre climatique permet à tout un chacun d'appréhender les conditions thermiques de base. Cependant, la variation spatiale de la température de l'air dans l'environnement urbain en période de fortes chaleurs est faible et de plus, la température de l'air à elle seule ne joue qu'un rôle secondaire sur le confort thermique réellement ressenti à l'extérieur par l'être humain.

Températures de l'ensemble des surfaces environnantes

Elles représentent l'ensemble de la scène thermique que l'être humain reçoit sur son corps. Elles se composent des températures suivantes : la température du sol, la température des surfaces verticales situées à droite, à gauche, devant et derrière le sujet, ainsi que la température de surface du ciel (qui est reçue sur la tête et les épaules principalement). Toutes ces températures interviennent dans le calcul de l'UTCI (voir ci-dessous), conjointement à d'autres valeurs.

Rayonnement solaire incident (Gh)

Le rayonnement solaire incident représente l'énergie reçue par une surface directement par le soleil et s'exprime en W/m^2 . Durant les mois d'été, il peut atteindre pendant la journée entre 700 et 1000 W/m^2 . L'exposition au soleil direct joue un rôle prédominant dans la sensation de confort thermique, particulièrement en été.

MRT

La température radiative moyenne (*Mean Radiant Temperature*) est une température intervenant dans le calcul du bilan thermique d'un corps avec son environnement. Elle permet de synthétiser les échanges thermiques par rayonnement entre le dit corps et son environnement. Elle peut être mesurée avec un thermomètre à globe noir, ou calculée d'après la mesure de l'ensemble des températures des surfaces environnantes, ciel compris (méthode privilégiée dans le cas du microclimatmètre pour la réactivité de la mesure).

UTCI

L'*Universal Thermal Comfort Index* est un indice permettant d'évaluer la température ressentie par une personne dans un environnement thermique complexe. Il intègre les grandeurs physiques présentées ci-dessus, ainsi que d'autres paramètres physiques (i.e. vitesse du vent, humidité, etc.). Cet indice permet ainsi de prendre en compte l'ensemble des échanges thermiques entre l'être humain et son environnement en extérieur, et est un bien meilleur indicateur de confort que la température de l'air.

Hotspots et coolspots

Les hotspots et coolspots sont des termes génériques utilisés pour caractériser des lieux dont la sensation de chaleur ou de fraîcheur est importante. Il n'y a pour l'heure pas une manière unique de déterminer ces zones. Dans cette étude, une approche de définition absolue est explorée : elle consiste à définir un hotspot / coolspot comme étant une zone dans laquelle les paramètres sont supérieurs / inférieurs à un seuil fixé, dont les trois critères à remplir sont présentés ci-dessous.

Une autre approche a également été identifiée, basée sur une lecture cartographique de valeurs présentées en valeurs relatives (voir la rubrique « Ressources complémentaires »).

	Hotspot	Coolspot
Définition absolue	T. air > 25°C MRT > 30°C Gh > 750 W/m^2	T. air < 25°C MRT < 25°C Gh < 500 W/m^2

Périmètre d'étude

Comme évoqué précédemment, cette étude s'est focalisée autour de trois parcours, se situant dans trois quartiers de la Ville de Genève, à savoir les Charmilles, les Eaux-Vives et les Pâquis. Les parcours retenus permettent d'obtenir une grande richesse d'informations, de par des tracés qui couvrent tant la rive droite que la rive gauche et qui traversent des typologies urbaines variées. Le tableau ci-dessous synthétise les informations relatives aux parcours effectués.

Quartier	Charmilles	Eaux-Vives	Pâquis
Date	23 juillet 2020	23 juillet 2020	23 juillet 2020
Distance	≈ 3'700 mètres	≈ 2'850 mètres	≈ 3'140 mètres
Heure passage matin	9h00 (7h00 GMT)	9h10 (7h10 GMT)	9h15 (7h15 GMT)
Heure passage midi	13h00 (11h00 GMT)	13h05 (11h05 GMT)	13h10 (11h10 GMT)
Heure passage après-midi	17h05 (15h05 GMT)	17h00 (15h00 GMT)	17h05 (15h05 GMT)

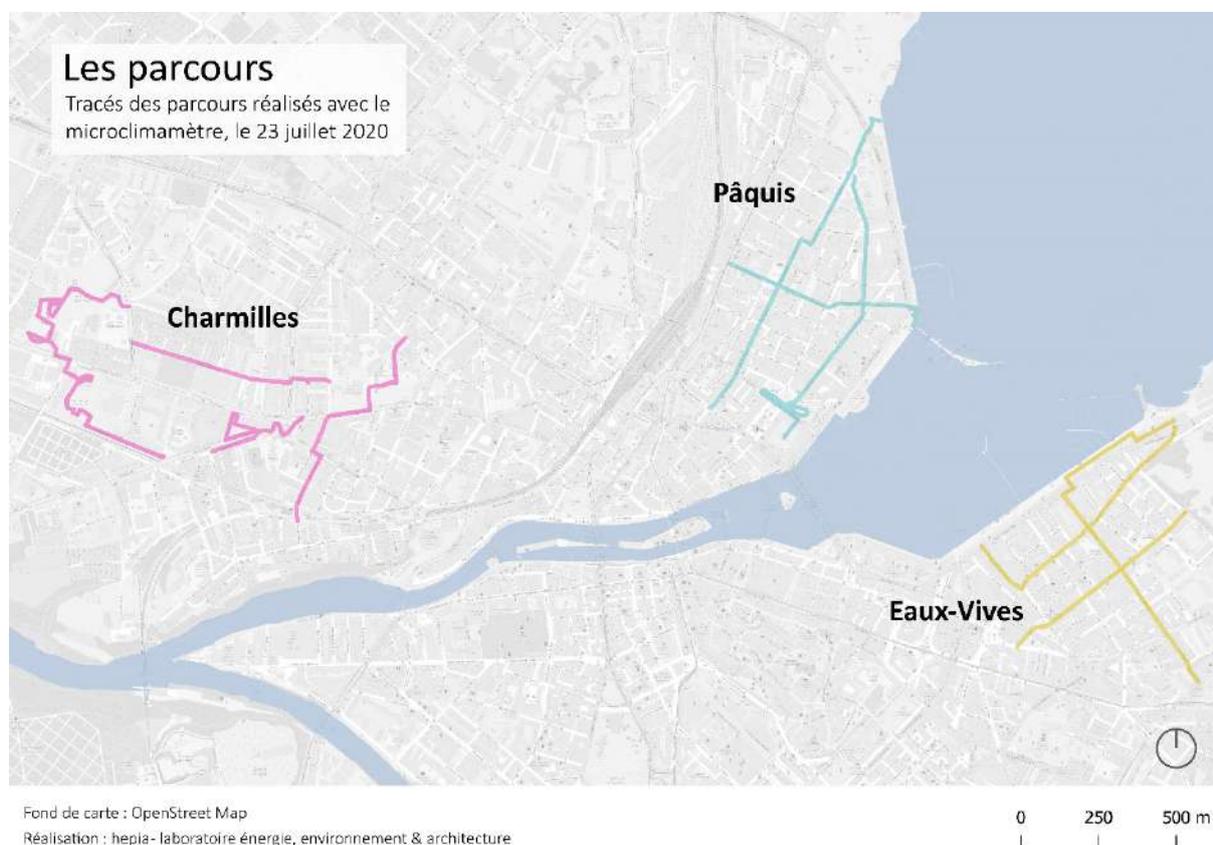
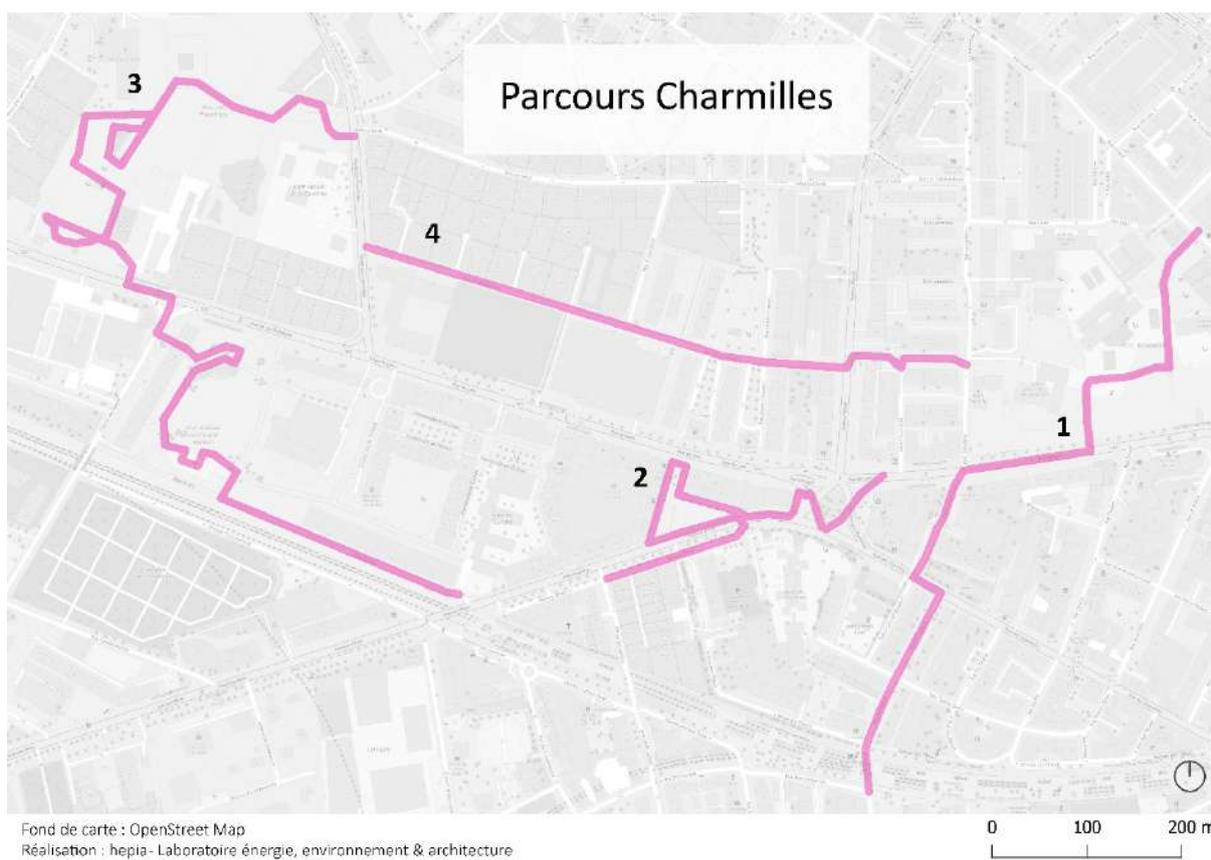




Figure 2 : Orthophoto du quartier des Charmilles en direction du nord (Source : GoogleEarth)

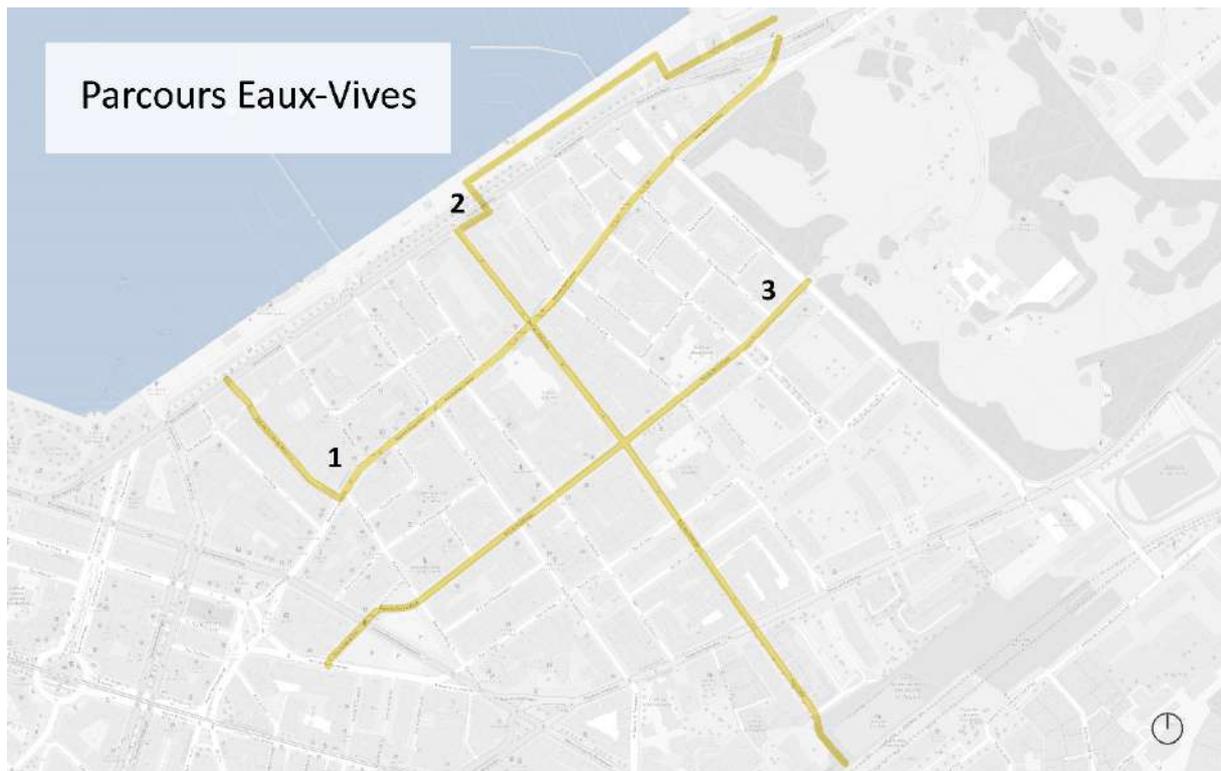


Carte 4. Parcours effectués dans le quartier des Charmilles le 23 juillet 2020 (quatre tronçons distincts) ⁵

⁵ A noter que les mesures sont manquantes en ce qui concerne la partie du Parc des Franchises pour le 3^e tronçon, lors du relevé effectué le matin



Figure 3. Orthophoto du quartier des Eaux-Vives en direction du nord (Source : Google Earth)



Fond de carte : OpenStreet Map
Réalisation : hepia - laboratoire énergie, environnement & architecture

0 100 200 m

Carte 5. Parcours effectués dans le quartier des Eaux-Vives le 23 juillet 2020 (trois tronçons distincts)



Figure 4 : Orthophoto du quartier des Pâquis en direction du nord Source : Google Earth)



Carte 6. Parcours effectués dans le quartier des Pâquis le 23 juillet 2020 (trois tronçons distincts)

Conditions météorologiques

Cette recherche s'intéressant à la manière dont le milieu urbain réagit en période chaude, il était important de réaliser les mesures dans des conditions représentatives de cette condition recherchée.

Durant les 72 heures précédant la journée de mesure du 23 juillet 2020, les journées des 20 et 21 juillet ont été caractérisées par des températures supérieures à 30°C et un ensoleillement conséquent. Les températures des 22 et 23 juillet étaient aux alentours de 29°C. Les deux faibles précipitations sporadiques (les 21 et 22 juillet, avec respectivement 5 mm et 1 mm) sont insignifiantes et ne préteritent nullement les mesures réalisées.

Les conditions sont représentatives de la période estivale et sont donc optimales pour une analyse microclimatique.

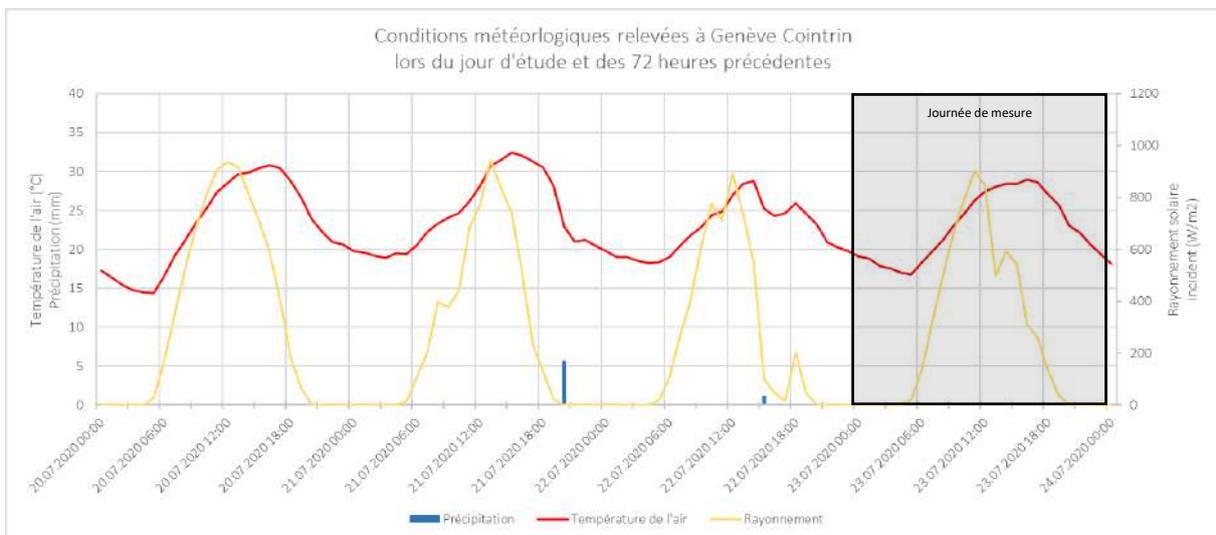


Figure 5 : Conditions météorologiques – Température de l'air, rayonnement solaire incident et précipitations – à la station de Genève-Cointrin, à proximité du centre de Genève.

Résultats

Les résultats sont présentés ici sous forme de cartes. Les mesures ont été réalisées aux environs de 9h (matin), 13h (midi) et 17h (après-midi). Pour chaque passage, quatre des paramètres définis précédemment sont cartographiés, à savoir la température de l'air, la température du sol, la température radiative moyenne (MRT) et la température ressentie (UTCI). Ces représentations permettent de mettre en évidence les variations spatiales au cours de la journée des différents paramètres étudiés, mais également les éventuelles différences ou ressemblances au sein des quartiers.

À ces représentations spatiales s'ajoutent la localisation des hotspots (en rouge) et coolspots (en bleu), tels que définis expérimentalement dans le tableau précédent. Ils sont donc calculés en regard des seuils fixés préalablement quant à la température de l'air, la MRT et le rayonnement solaire incident.

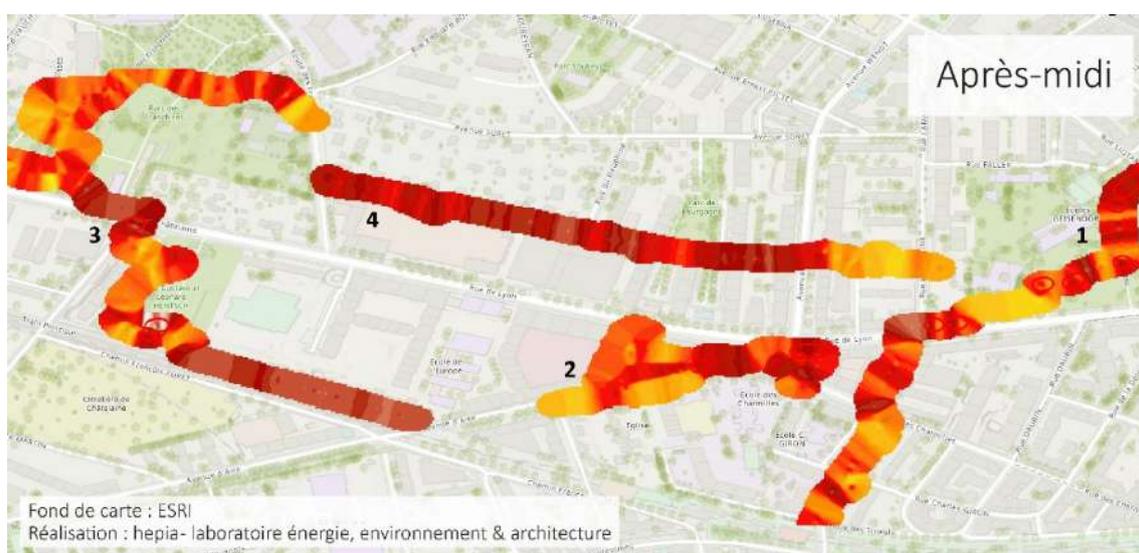
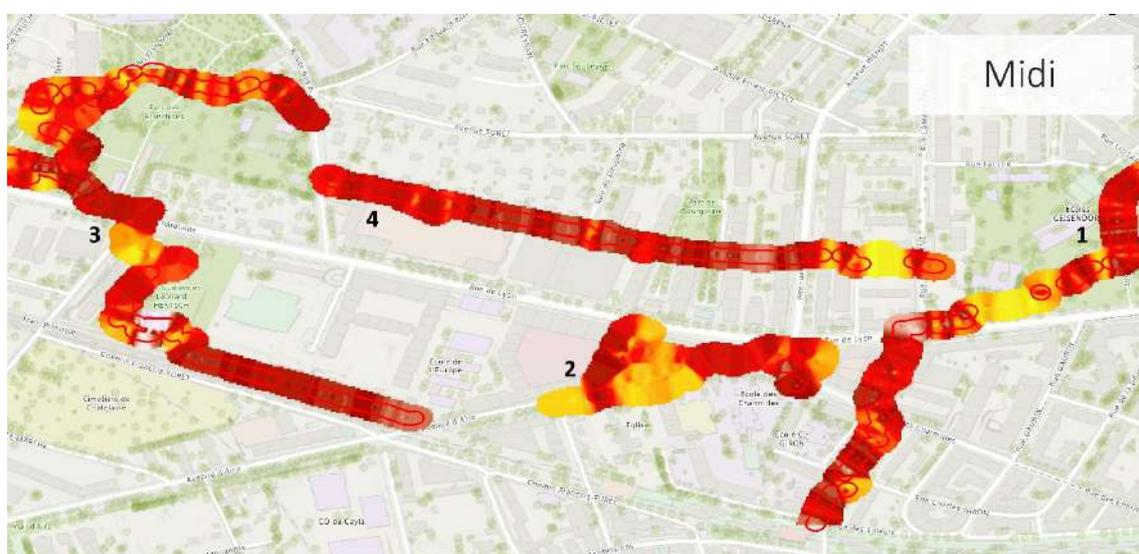
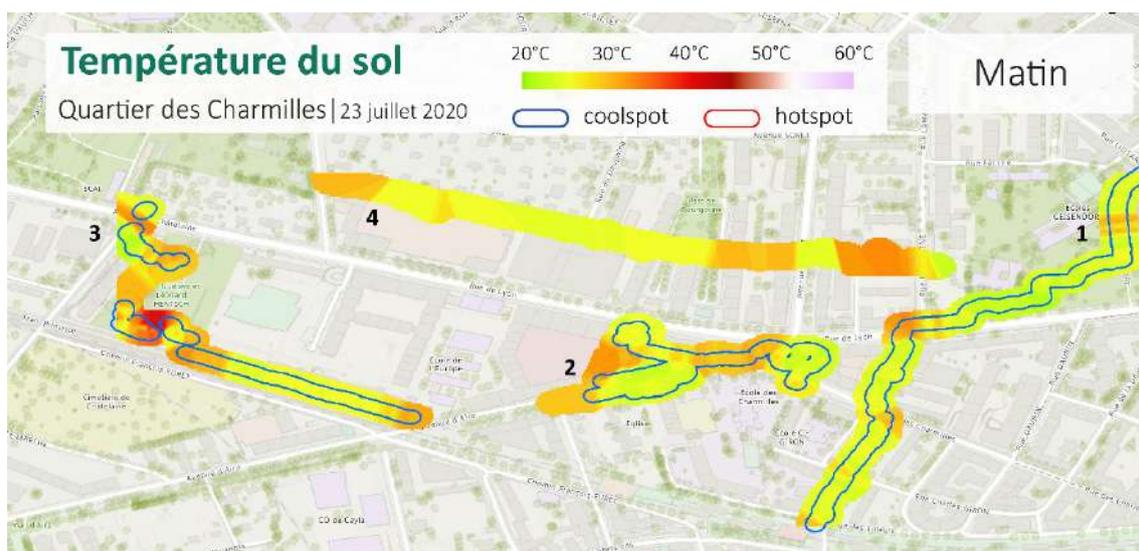
La localisation de ces derniers - conjointement à l'analyse de la variation spatiale des paramètres climatiques -, permet de mettre en évidence les zones de confort et d'inconfort thermique sur le territoire étudié et d'en comprendre les raisons.

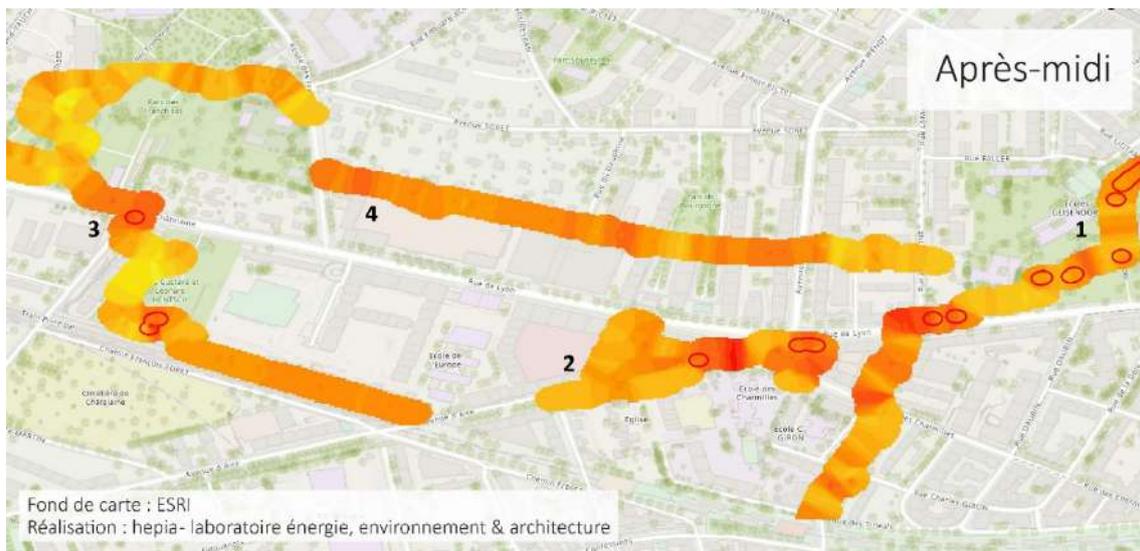
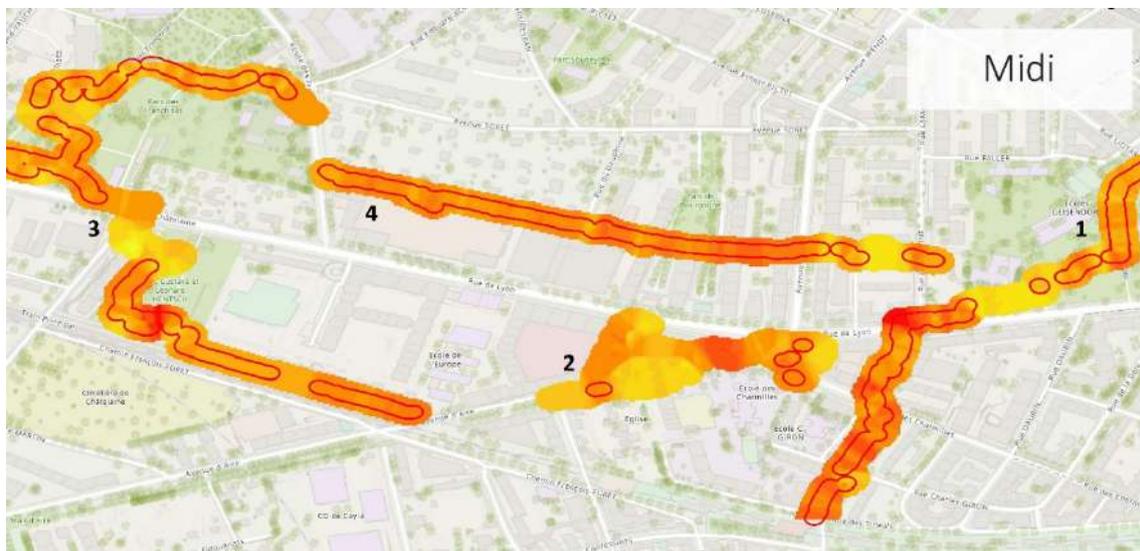
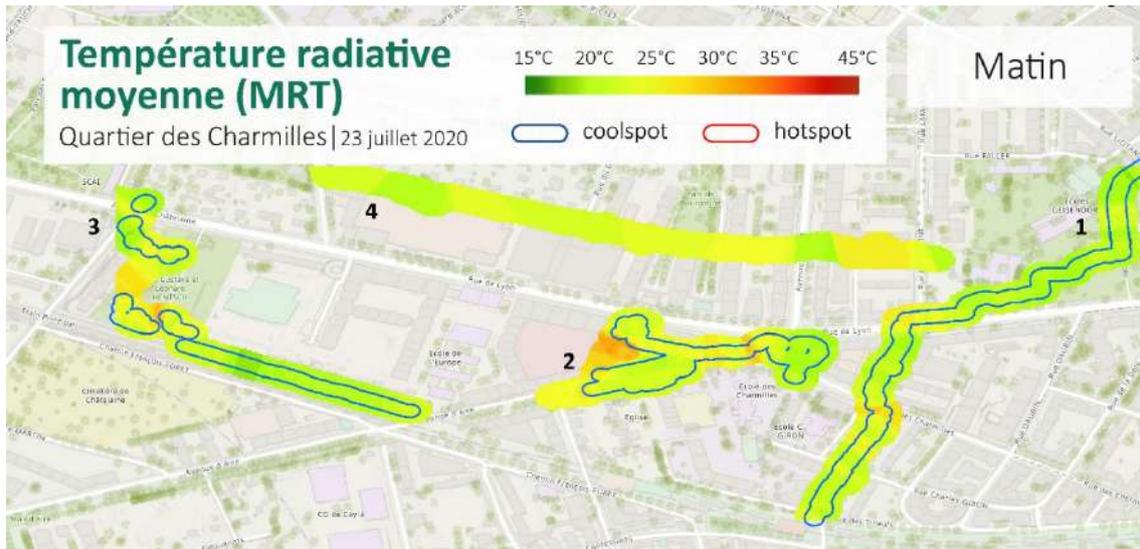
CHARMILLES

Température de l'air

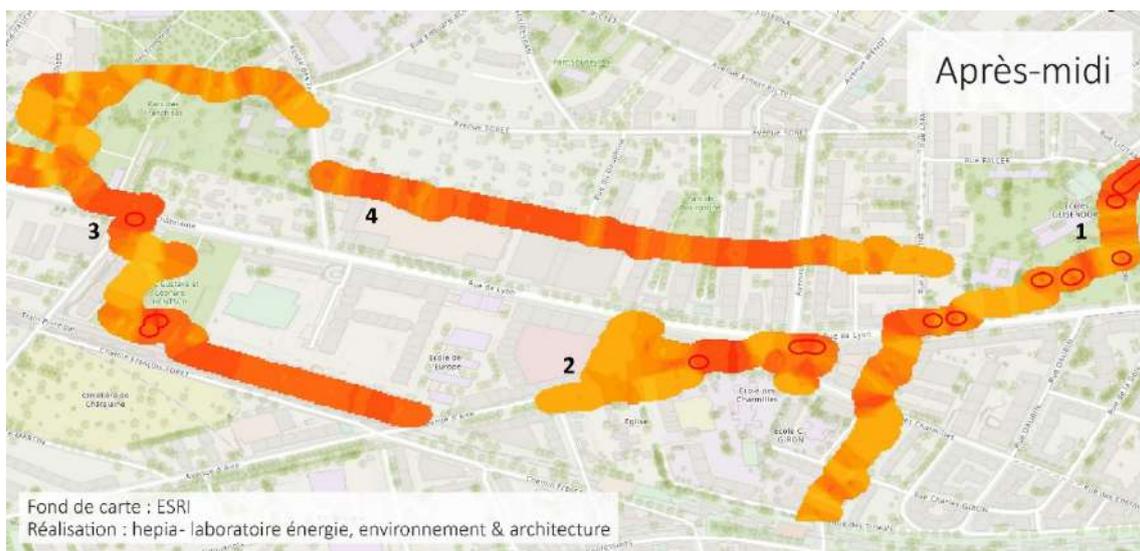
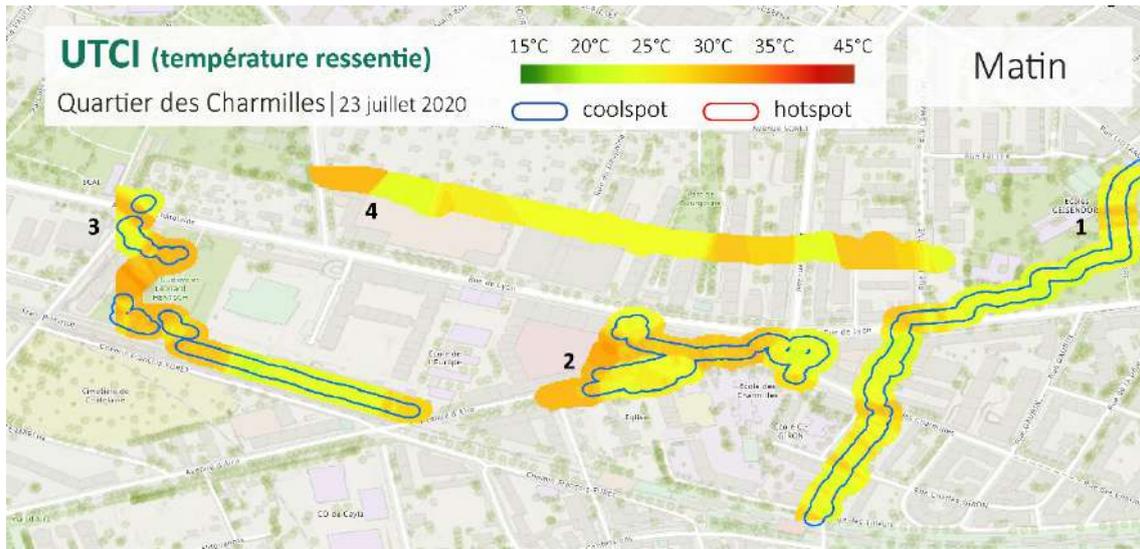


Température du sol



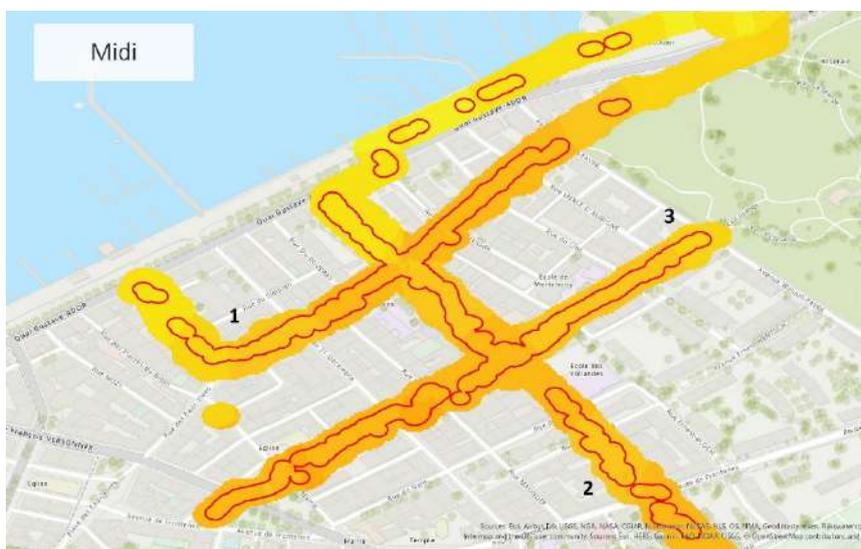


Température ressentie (UTCI)

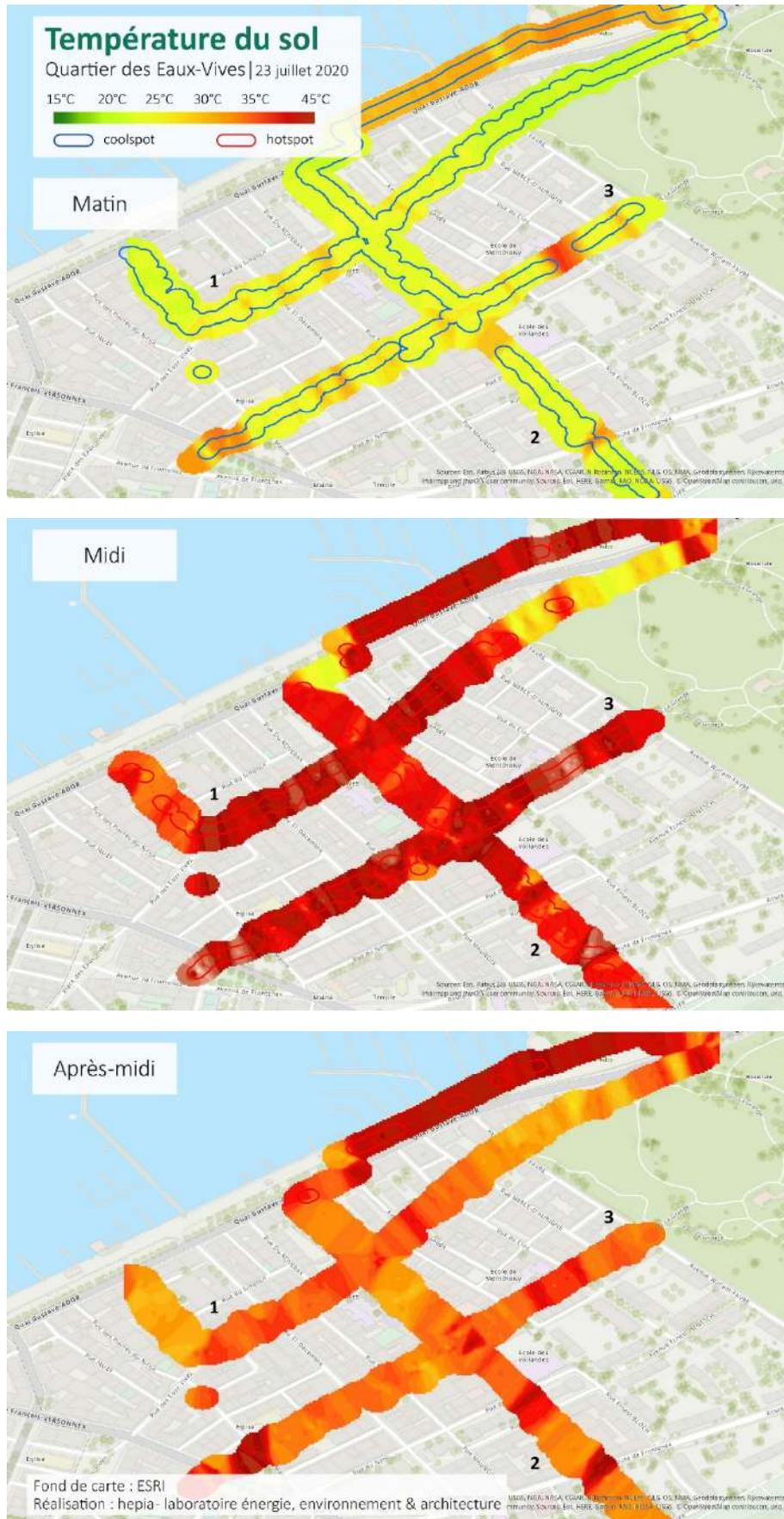


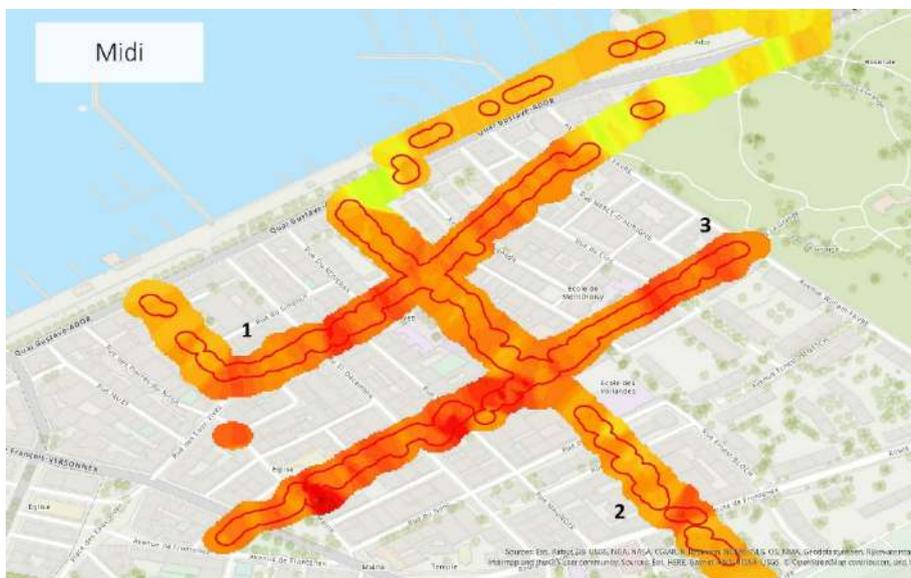
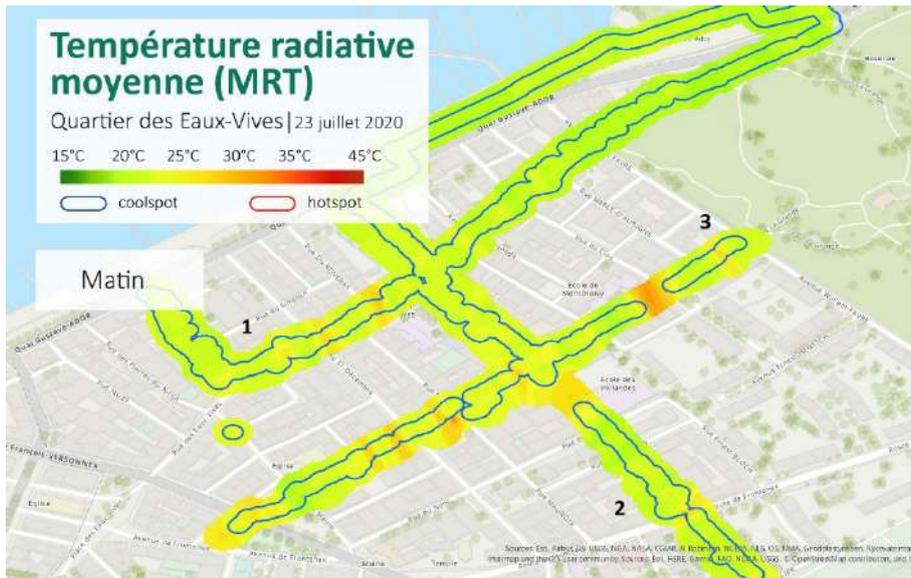
EAUX-VIVES

Température de l'air



Température du sol





PÂQUIS

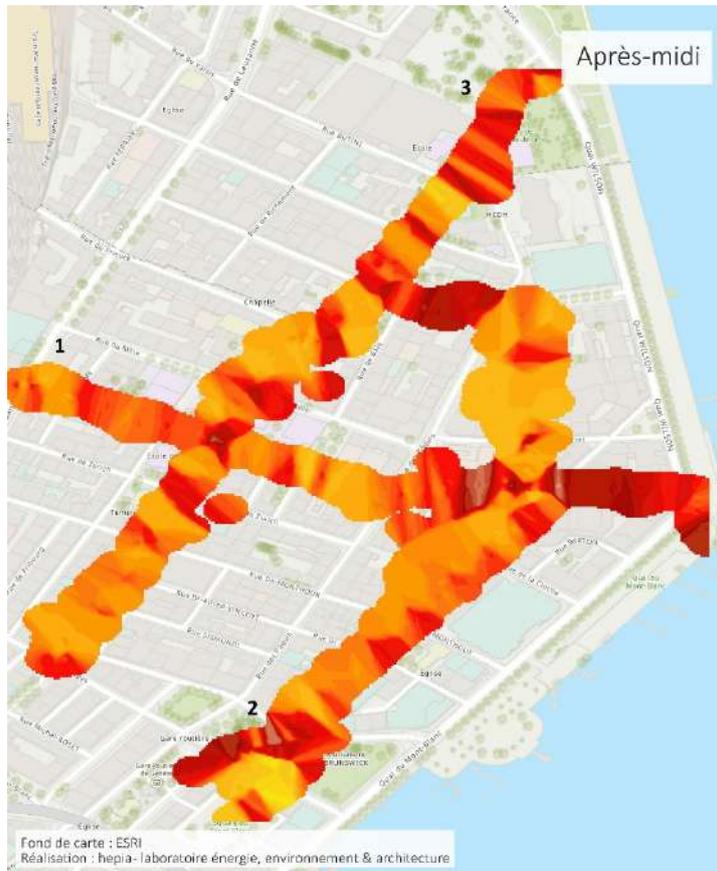
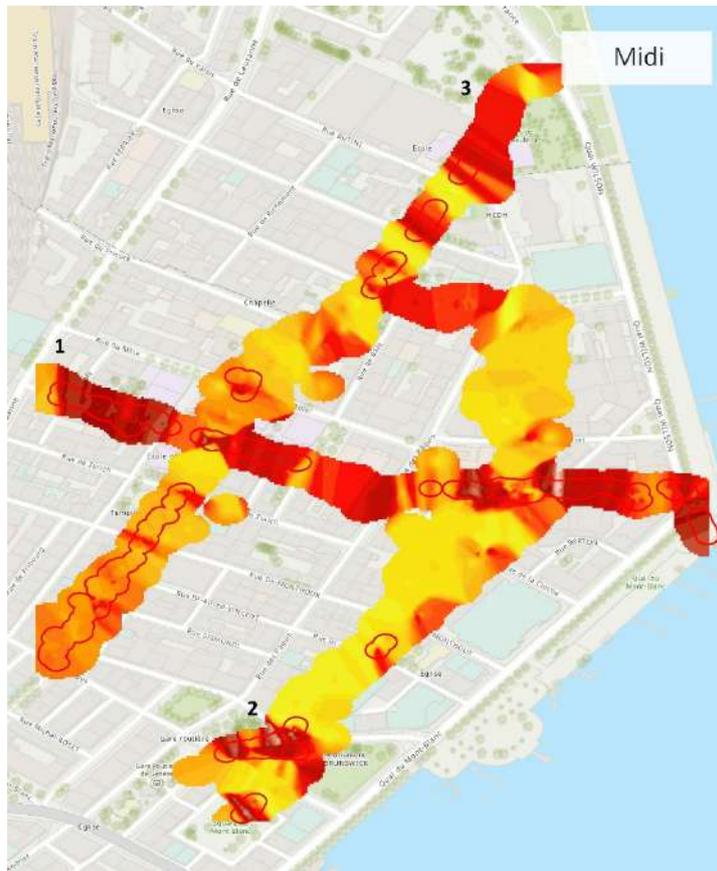
Température de l'air

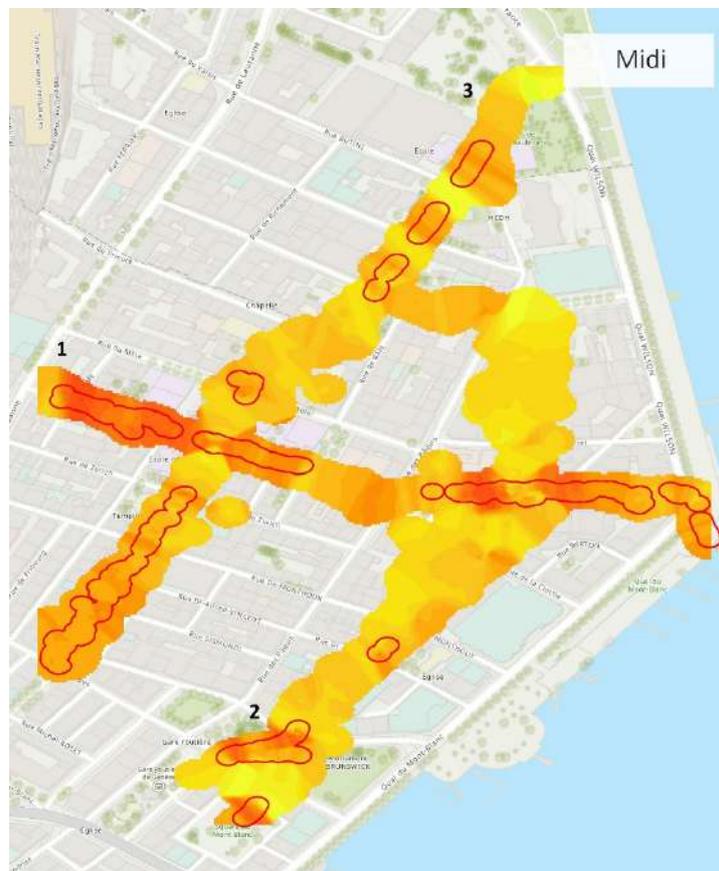


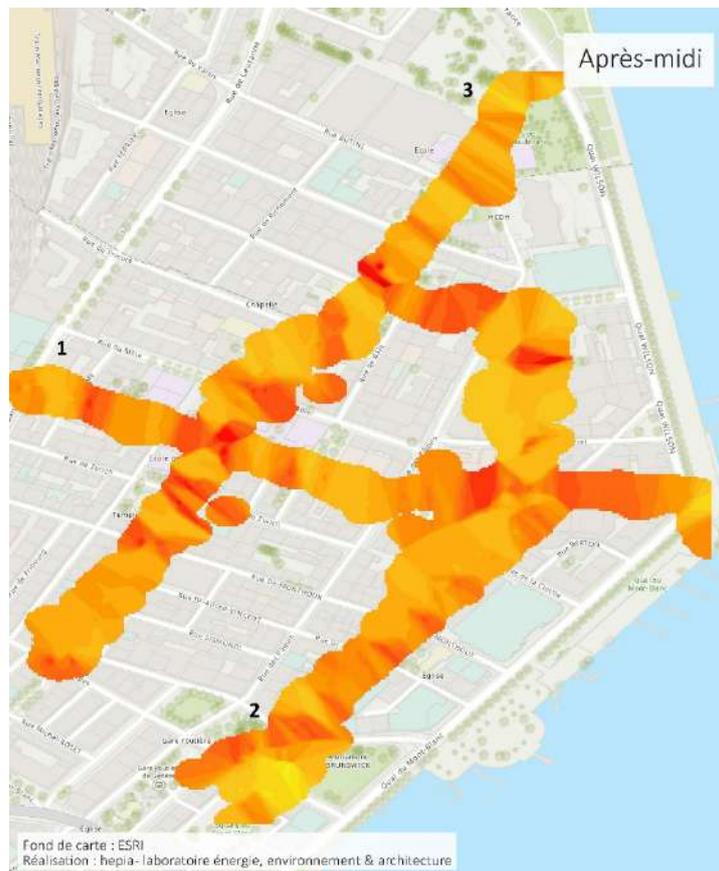


Température du sol

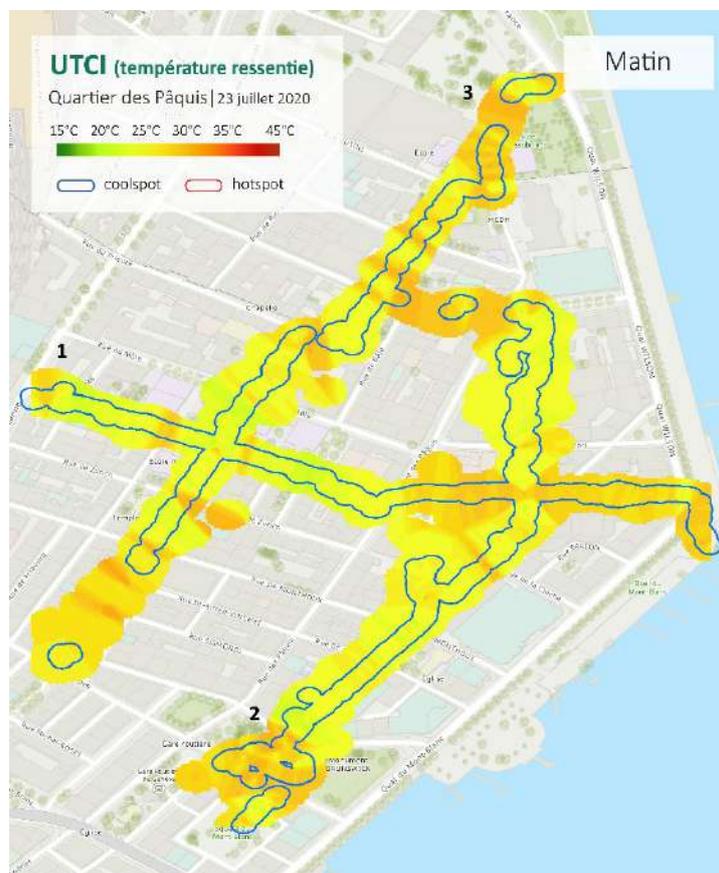


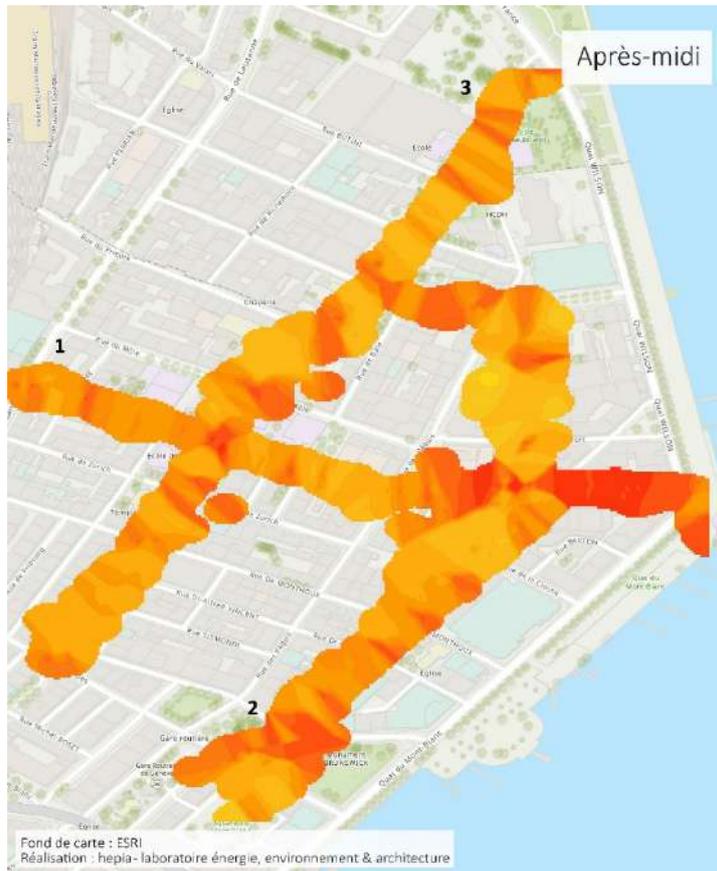
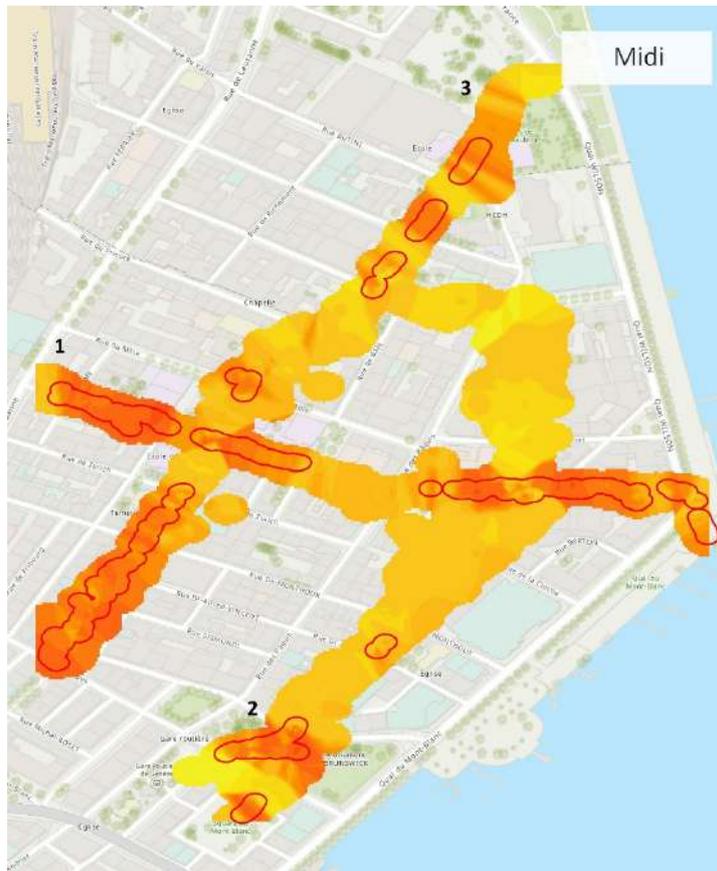






Température ressentie (UTCI)





MOYENNE DES MESURES PAR QUARTIER

Les tableaux ci-dessus présentent les moyennes des paramètres et indices climatiques pour l'ensemble des parcours des trois quartiers. En plus de la température de l'air, de température du sol, rayonnement solaire incident, du MRT et de l'UTCI, le rayonnement solaire incident (Gh) est ajouté également, car nous avons pu voir lors de nos précédentes recherches et celle-ci qu'il a une grande influence sur la température ressentie.

Tableau 1 Moyenne des paramètres mesurés le matin, le 23.07.2020.

MATIN (~9h)	Température de l'air (°C)	Température du sol (°C)	MRT (°C)	Rayonnement solaire incident (W/m ²)	UTCI (°C)
Charmilles	23.6	25.8	22.3	229.5	26
Tronçon 1	22.8	23.4	21.8	158	24.8
Tronçon 2	23.9	24.3	23.1	216	26.3
Tronçon 3	24.2	27	22.2	301	26.9
Eaux-Vives	23	25.5	22.3	176.5	25
Tronçon 1	22.3	23.3	21.8	91	23.7
Tronçon 2	23.2	25.8	21.8	216	25.4
Tronçon 3	23.6	27.2	24	226	26.2
Pâquis	23.5	25.8	23.5	222.8	25.9
Tronçon 1	22.7	26.8	23.6	277	25.8
Tronçon 2	23.6	25.4	23.3	206	25.8
Tronçon 3	24	25.4	23.8	203	26

Tableau 2 Moyenne des paramètres mesurés à midi, le 23.07.2020.

MIDI (~13h)	Température de l'air (°C)	Température du sol (°C)	MRT (°C)	Rayonnement solaire incident (W/m ²)	UTCI (°C)
Charmilles	30.1	39	31	616.3	32.8
Tronçon 1	29.8	39.8	31.6	709	33.3
Tronçon 2	29	36.5	30.4	194	29.9
Tronçon 3	30.4	40.4	30.6	680	33.2
Tronçon 4	31.2	43.3	31.8	770	34.3
Eaux-Vives	28.1	39.3	30.9	690.6	32.2
Tronçon 1	28.2	37.5	30.1	559	31.8
Tronçon 2	27.4	40.8	29.7	737	31.5
Tronçon 3	29.2	45.3	34.2	796	34.3
Pâquis	27.8	33.9	29.4	411.6	30.3
Tronçon 1	28.7	41.1	31.7	650	32.1
Tronçon 2	27.5	32.2	28.3	228	29.1
Tronçon 3	27.5	31.9	28.8	442	30.4

Tableau 3 Moyenne des paramètres mesurés l'après-midi, le 23.07.2020.

APRES-MIDI (~17h)	Température de l'air (°C)	Température du sol (°C)	MRT (°C)	Rayonnement solaire incident (W/m ²)	UTCI (°C)
Charmilles	31.4	37.8	31	363.9	32.7
Tronçon 1	31.3	36.2	31.4	324	32.2
Tronçon 2	31.1	36.5	31.8	288	32.2
Tronçon 3	31.1	38.8	30.2	411	32.6
Tronçon 4	32.3	42.1	31.8	373	33.9
Eaux-Vives	30.7	35.3	30.1	201.6	31
Tronçon 1	30.6	33.2	29.6	80	30
Tronçon 2	30.6	38.1	30.2	364	31.9
Tronçon 3	30.9	35.2	30.8	100	30.8
Pâquis	31.4	35.2	31.5	228	32
Tronçon 1	31.9	38	32.4	332	33.3
Tronçon 2	31.3	35.1	31.1	229	31.8
Tronçon 3	31.1	34.4	31.2	161	31.4

Analyses

À partir des mesures présentées au chapitre précédent, cette section est consacrée à l'analyse des résultats à travers deux axes : premièrement une comparaison entre les quartiers, puis une comparaison à l'intérieur même de chaque quartier.

ANALYSE INTER-QUARTIER

Cette partie propose une comparaison des trois quartiers en fonction de certains paramètres mesurés, afin de mettre en évidence d'éventuelles ressemblances ou différences au niveau des dynamiques microclimatiques des rues traversées.

Température de l'air

La comparaison des moyennes de températures de l'air par quartier montre que lors des passages du matin et de l'après-midi, les températures moyennes sont très proches pour les trois quartiers. Le phénomène « d'homogénéisation » de la température de l'air est manifeste.

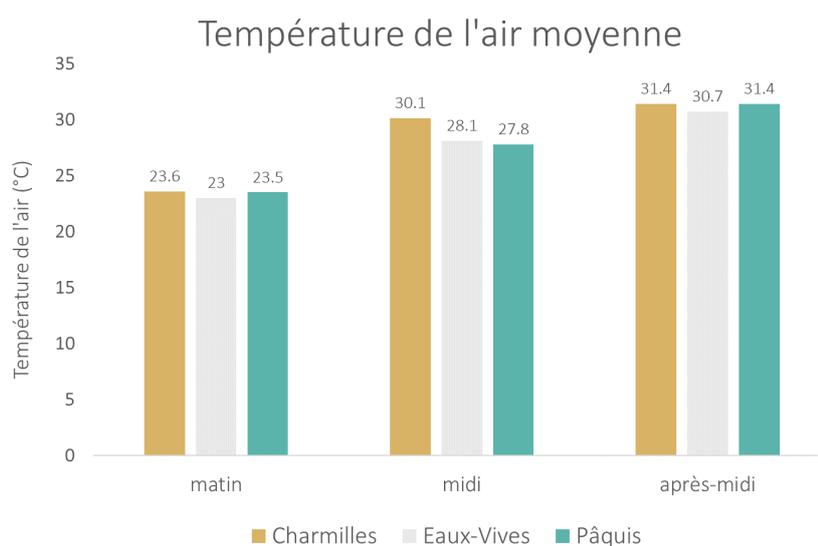


Figure 6 Moyennes des températures de l'air relevées sur l'ensemble des parcours des différents quartiers.

Lors du passage de midi, on observe que la température de l'air est en moyenne plus élevée de 2°C pour le quartier des Charmilles alors qu'elles restent homogènes en ce qui concerne les Eaux-Vives et les Pâquis ; cette différence est perceptible par tout un chacun. L'observation des dynamiques thermiques journalières illustre que le quartier des Charmilles semble s'échauffer plus rapidement que les deux autres.

Cette différence de réchauffement des températures de l'air peut trouver ses raisons par la proximité au lac des deux quartiers les plus frais à midi. La température de l'eau du lac est plus fraîche que celle de l'air, et conduit dans un premier temps à refroidir l'air à la surface du lac. Or, la ville étant dans une dynamique d'échauffement de l'air entre le matin et midi, cela crée un phénomène d'air ascendant. Lorsque les quartiers sont géographiquement proches du lac, ce courant ascendant va « aspirer » l'air plus frais qui se trouve vers le lac. L'aspiration de cet air frais provenant du lac conduit à rafraîchir la température de l'air, alors qu'elle est pourtant en train d'augmenter au cours de la matinée et de la journée. Cependant, cet effet de

rafraîchissement, dû à l'aspiration de l'air plus frais du lac, diminue à mesure que l'on s'éloigne du lac, ce qui peut expliquer la différence dans l'augmentation des températures de l'air entre le parcours du matin et le parcours du midi, pour les deux quartiers bordant le Léman (Pâquis et Eaux-Vives), comparativement aux Charmilles.

Rayonnement solaire incident

Les variations du rayonnement solaire incident entre les quartiers et les différents moments de la journée influencent les températures ressenties, tant par l'effet du rayonnement solaire arrivant directement sur le sujet que par l'effet d'échauffement des surfaces entourant le sujet (sol et façades), dont l'effet peut s'amplifier pendant la nuit en cas d'accumulation de fortes chaleurs. En outre, la comparaison des valeurs du rayonnement solaire incident entre les quartiers permet de mettre en évidence des caractéristiques structurelles (voir Figure 7), sous réserve de différences relatives à l'orientation des rues.

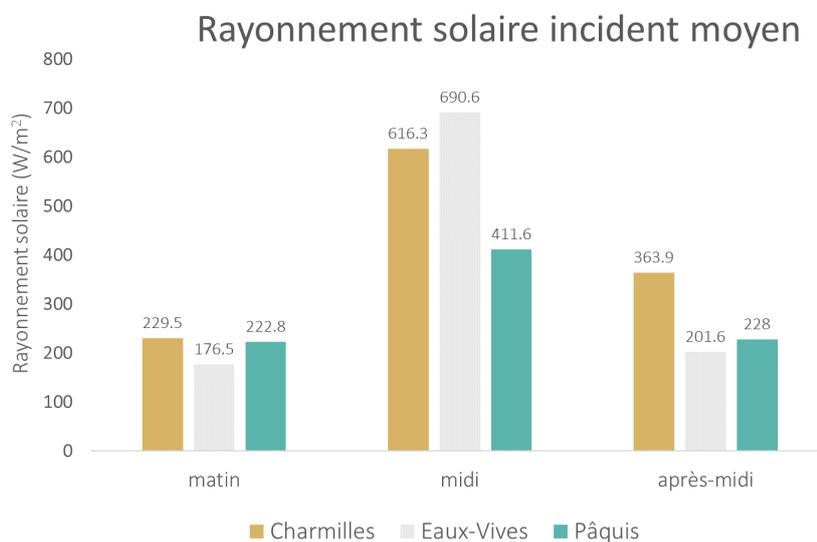


Figure 7 Moyennes des valeurs du rayonnement solaire incident relevées sur l'ensemble des parcours des différents quartiers.

Le quartier des Charmilles présente des valeurs moyennes du rayonnement solaire élevées au niveau du piéton tout au long de la journée. Cela signifie qu'une part importante du rayonnement solaire pénètre au fond des rues, de par l'orientation d'une partie de ces dernières et la géométrie de la course solaire.

Concernant le quartier des Eaux-Vives, on trouve des valeurs faibles le matin et l'après-midi, mais très importantes en moyenne à midi. Si cette situation pourrait s'expliquer par des rues orientées nord-sud, c'est pour ce cas-ci la morphologie de la rue qui importe. Les bâtiments étant en effet hauts et les rues relativement étroites, le rayonnement solaire incident n'atteint le fond de la rue que lorsque le soleil est à son zénit, soit aux alentours de 14h en été. Les valeurs plus faibles le matin et l'après-midi résultent du fait que les rues restent à l'ombre.

Le quartier des Pâquis montre des valeurs de rayonnement solaire quelque peu supérieures à celles du quartier des Eaux-Vives, lors des passages du matin et de l'après-midi. Toutefois, lors du passage de midi, l'ensoleillement reste faible aux Pâquis et ne montre pas une augmentation du rayonnement solaire aussi marqué que dans les deux autres quartiers. Les rues y étant plus

étroites, cela implique que malgré la position du soleil à son zénith, la quantité de rayonnement solaire mesurée au centre des rues est faible dans le quartier des Pâquis.

UTCI

Le ressenti thermique, qui est étudié dans ce rapport au travers de l'indice d'UTCI, présente des différences perceptibles (voir Figure 8). Pour rappel, cet indice est calculé en intégrant de nombreux paramètres physiques, et comprend également des valeurs physiologiques « normalisées » caractéristiques du métabolisme du corps humain.

Le matin, l'UTCI est inférieur de 1°C aux Eaux-Vives en moyenne, comparativement aux deux autres quartiers (qui ont eux une valeur similaire d'UTCI). A noter que ce 1°C d'écart en termes de température ressentie n'équivaut pas à une même différence en termes de température de l'air.

La variation la plus importante de l'UTCI entre le passage matinal et celui de midi est par ailleurs celui relevé aux Eaux-Vives.

À midi, l'UTCI moyen relevé aux Charmilles est supérieur de 2.5°C par rapport à celui des Pâquis. Cette écart notable s'explique par une différence importante de rayonnement solaire incident reçu à midi, comme relevé dans la section précédente.

Enfin, les trois quartiers réagissent différemment entre midi et l'après-midi : l'UTCI des Charmilles est identique, celui des Eaux-Vives entament une légère baisse alors que les Pâquis ont un UTCI moyen qui augmente.

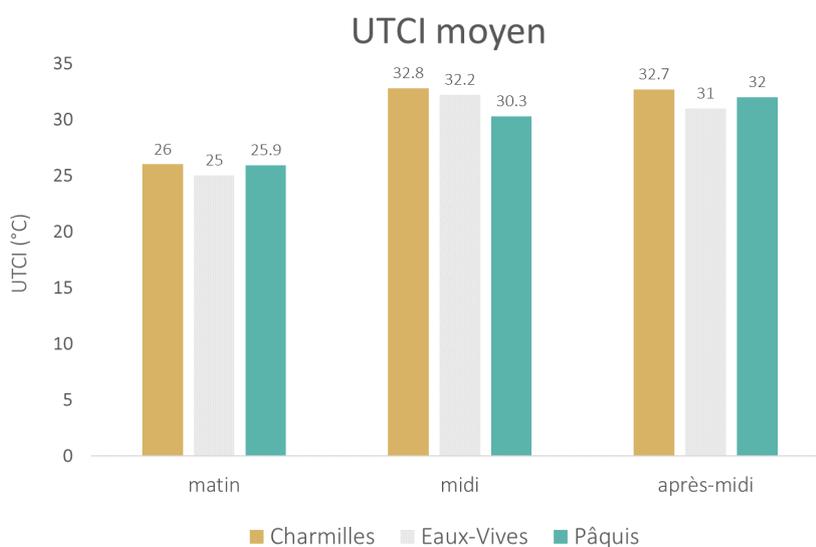


Figure 8 : Moyennes des températures de l'UTCI sur l'ensemble des parcours des différents quartiers.

Synthèse

Cette première phase d'analyse comparative entre les différents quartiers sensibilise aux différences structurelles urbanistiques, notamment la hauteur des bâtiments et la largeur des rues, ainsi qu'implicitement les conséquences microclimatiques qui en découlent (piégeage radiatif de la chaleur emmagasinée au cours de la journée). Ces deux paramètres influencent directement l'exposition au soleil et donc le ressenti thermique au sein des quartiers étudiés.

Le tableau ci-dessous résume quelques caractéristiques urbaines pertinentes dans l'analyse des dynamiques microclimatiques des espaces urbains.

Tableau 4 Principales caractéristiques urbanistiques et/ ou architecturales des quartiers étudiés

	Charmilles	Eaux-Vives	Pâquis
Localisation	Rive droite	Rive gauche	Rive droite
Date d'urbanisation	Dès 1900	Dès 1850	Dès 1855
Type de quartier	Quartier résidentiel	Mixte	Mixte
Densité des habitations	Moyenne	Haute	Haute
Type de bâtiments	Mixte (Grands immeubles, R+4 ⁶ , villas)	Typologies anciennes (R+4)	Typologies anciennes (R+4)
Largeur des rues	Larges	Etroites	Etroites
Hauteur des bâtiments	Variable (tour, immeubles et villas)	20 mètres environ	20 mètres environ
Façades (opaques)	Mixtes	Maçonnerie	Maçonnerie
Façades : quote-part vitrée	Moyenne à élevée	Faible	Faible

⁶ R+4 : rez-de-chaussée plus quatre étages. Ce sont des immeubles typiques dans certains quartiers genevois.

ANALYSE INTRA-QUARTIER

Cette deuxième phase d'analyse rentre plus dans le détail « urbanistique et constructif » des lieux et s'intéresse aux différents tronçons pour chaque quartier, afin de mettre en évidence les éventuelles différences de ressenti thermique parmi ces secteurs et en fonction du moment de la journée. Les moyennes des paramètres physiques mesurés, pour chaque tronçon, sont notamment utilisées à des fins comparatives.

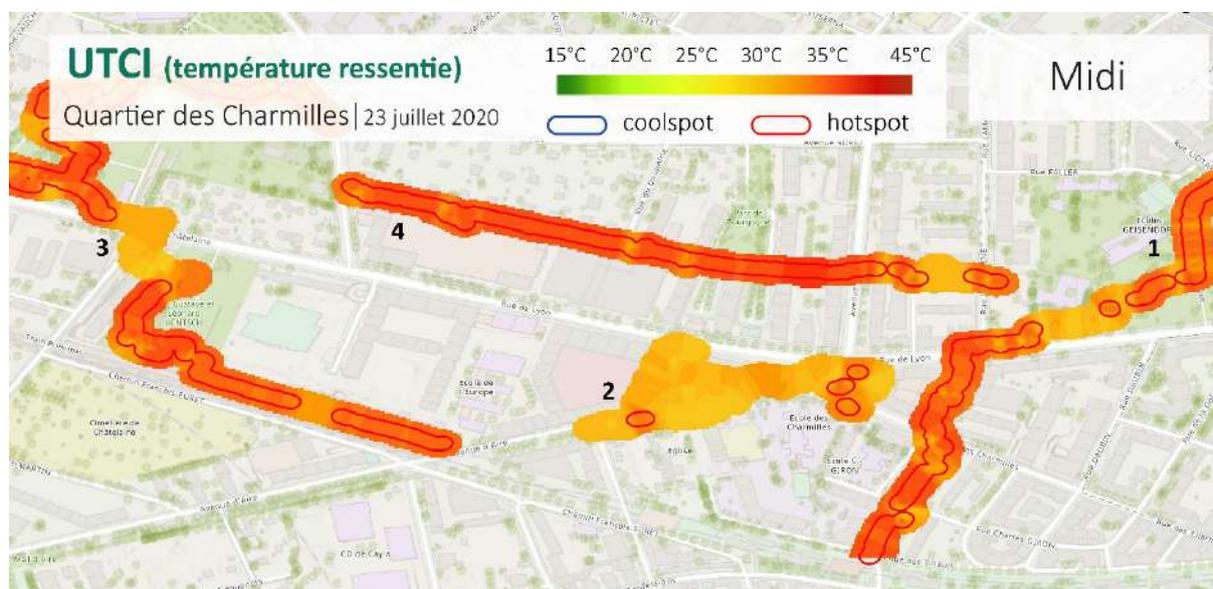
Pour chacun des trois quartiers, l'analyse se découpe comme suit : une focalisation sur l'orientation et la morphologie des rues étudiées, puis une discussion autour des surfaces environnantes, et enfin une mise en évidence des zones de hotspots et de coolspots.

À noter que la longueur et la multitude des parcours effectués au sein des quartiers des Charmilles, des Eaux-Vives et des Pâquis offrent une diversité importante en termes d'usages des espaces, à savoir :

- Logement
- Commerces
- Mobilité (voiture, transports publics, mobilité douce / active)
- Aménités (parcs, quais, etc.)
- Loisirs

Charmilles

La carte ci-dessous représentant l'UTCI à midi aux Charmilles nous permet de remarquer que la température ressentie varie de manière importante au sein de ce quartier. Nous pouvons dès lors étudier plus précisément différents éléments relatifs au microclimat urbain, afin de comprendre les raisons de ce différentiel d'UTCI.



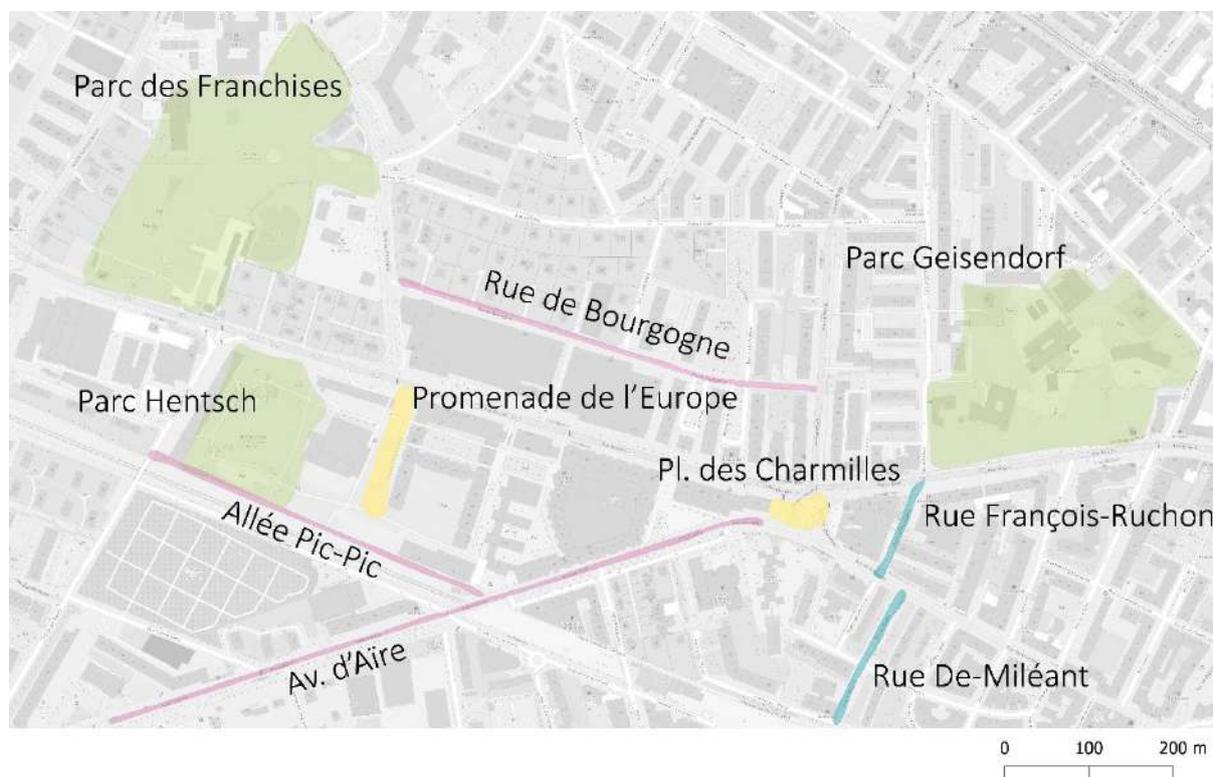
Carte 7 UTCI à midi aux Charmilles

Orientation et morphologie de la rue

À partir des parcours réalisés au sein du quartier des Charmilles, quatre typologies urbaines peuvent être mises en évidence en fonction de leur orientation et de leur morphologie :

- Rues à orientation nord-sud (N-S) : Rue François-Ruchon, Rue De-Miléant.

- **Rues à orientation est-ouest (E-O) :** Allée Pic-Pic, Avenue d'Aïre, Rue de Bourgogne.
- **Parcs :** Parc Geisendorf, Parc Hentsch, Parc des Franchises.
- **Places :** Place des Charmilles, Promenade de l'Europe.



Ces distinctions sont intéressantes, car tant l'orientation de rue que sa morphologie influencent le ressenti thermique expérimenté par les piéton-ne-s. Les tronçons ont été nommés en fonction d'un ou deux éléments constitutifs, afin de faciliter la lecture des graphiques. Les données présentées dans les graphiques ci-dessous comprennent l'ensemble du tronçon mentionné, qui comme vu avec les cartes précédentes, peut être composé de mélanges entre parties linéaires et parcs.

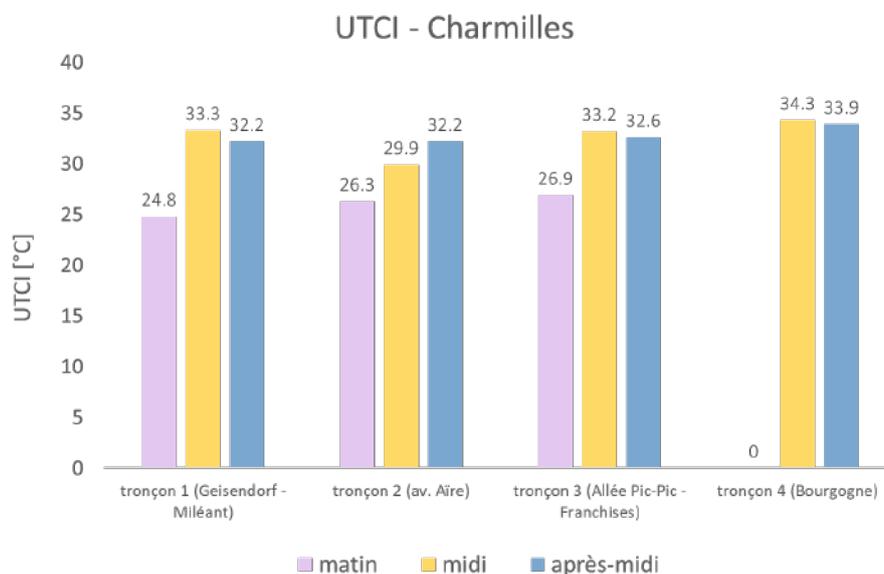


Figure 9 Moyennes des températures ressenties (UTCI) selon tronçons et moments de la journée, Charmilles⁷ (23.07.2020)

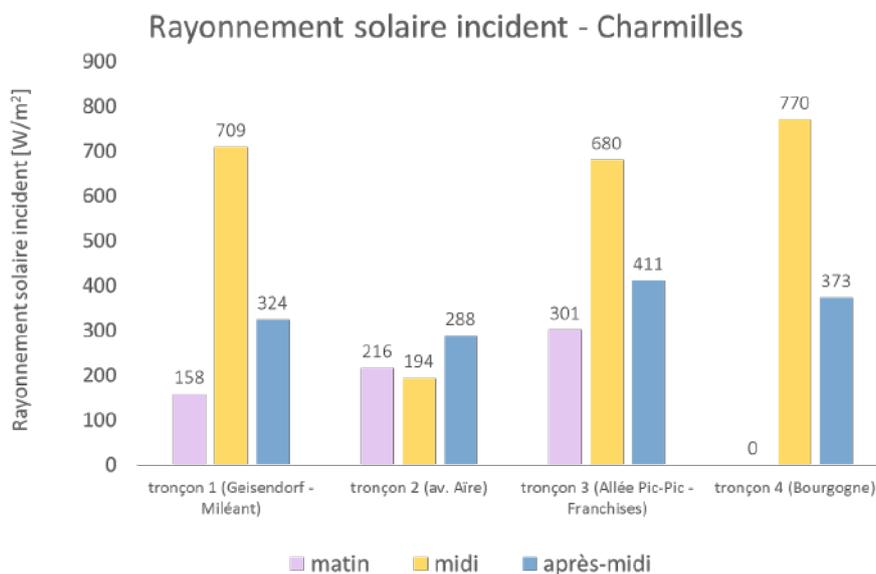


Figure 10 Moyennes du rayonnement solaire incident (Gh) selon tronçons et moments de la journée, Charmilles (23.07.2020)

Le matin, l'UTCI est 2°C plus élevé en moyenne sur le tronçon 3 par rapport au tronçon 1. Cet écart est notamment dû à la différence de rayonnement solaire incident (cf. Figure 10). Le tronçon 3 reçoit pratiquement deux fois plus de soleil en moyenne (301W/m²) que le tronçon 1 (156W/m²), celui-ci restant peu exposé au soleil le matin de par son exposition majoritairement nord-sud.

Le matin, les rues orientées nord-sud, bordées par des bâtiments sur le côté est, présentent un UTCI plus faible. En effet, les bâtiments procurent de l'ombrage.

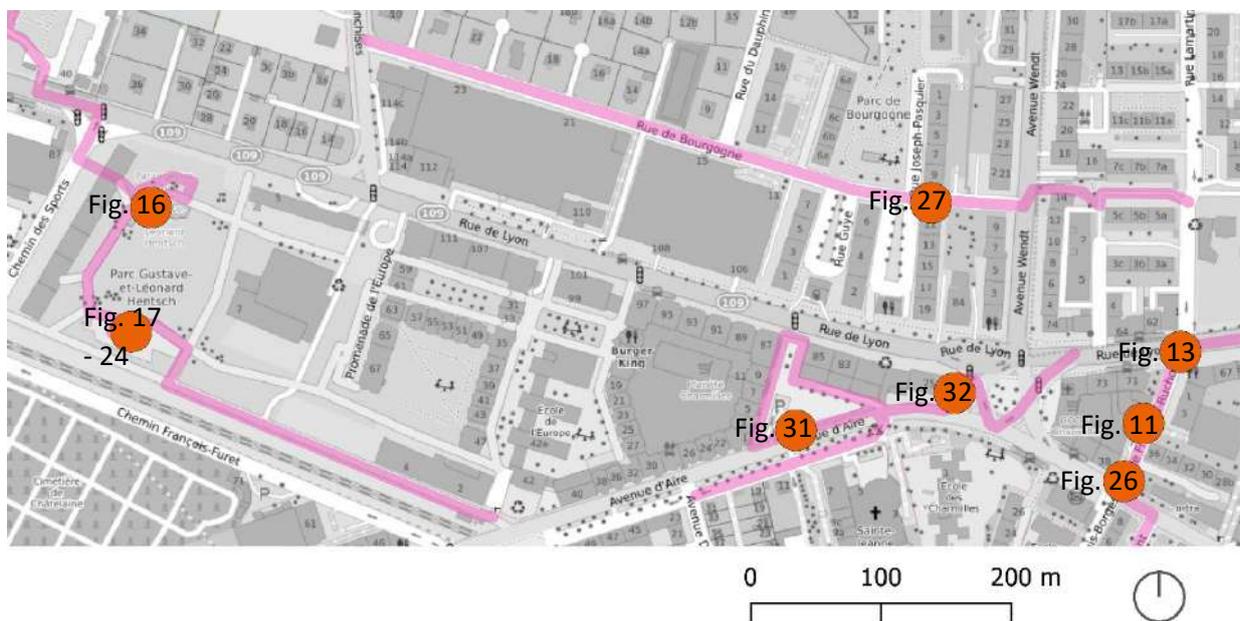
De plus, les espaces les plus ouverts (place des Charmilles, promenade de l'Europe, parc Hentsch) présentent les valeurs de l'UTCI les plus élevées. Ces espaces sont caractérisés par l'absence de dispositifs d'ombrage (bâtiment ou végétal) sur le côté est, ce qui permet au rayonnement solaire incident de réchauffer l'environnement.

À midi, d'importantes différences apparaissent : l'UTCI moyen vaut 34.3°C sur le tronçon 4, alors qu'il est de 29.9°C pour le tronçon 2. À nouveau, l'exposition au rayonnement solaire incident peut expliquer cette différence : le tronçon 4, orienté majoritairement est-ouest, montre une moyenne du rayonnement solaire de 770 W/m², quatre fois supérieures à celle du tronçon 2 (196 W/m²) dont les mesures ont été effectuées durant le passage d'un cumulus. Cette différence marquée dû à une couverture nuageuse (même ponctuelle) illustre le rôle essentiel du rayonnement solaire incident dans les variations de température ressentie, et par conséquent sur les probabilités d'un piégeage de chaleur plus important et plus difficile à évacuer la nuit. Ceci dépend de la durée totale d'exposition journalière, d'où l'importance de l'ombrage. Le rôle de l'ombre est par ailleurs mis en évidence sur les parcours de midi : la présence d'arbres dans le parc Geisendorf, la présence d'un cumulus sur la place des Charmilles et la promenade de l'Europe, la présence d'arbre et d'un couvert au nord du parc Hentsch conduisent à des températures ressenties plus faibles.

⁷ Problème au moment des mesures du matin, lors du tronçon 4

Durant l'après-midi, les valeurs moyennes de l'UTCI sont relativement similaires entre les quatre portions du parcours (valeurs allant de 32.2°C à 33.9°C). Toutefois, on peut constater que l'orientation nord-sud de certaines rues, couplée avec la présence de bâtiments sur le côté ouest de la rue permet de faire diminuer l'UTCI. Cette situation est mise en évidence dans les rues François-Ruchon, De-Miléant, sur la place des Charmilles, et sur l'est du parc Hentsch. Le rôle de l'ombre est en outre mis en évidence sur les parcours de l'après-midi : la présence d'arbres dans le parc Geisendorf, Hentsch et des Franchises font diminuer les valeurs de l'UTCI.

Cette première lecture des données issues des mesures s'accompagne d'une illustration de cas, au moyen de photos. Pour rappel, les photos hémisphériques ci-dessous sont prises par le microclimamètre en même temps que les mesures des différents paramètres physiques. Elles sont donc représentatives de la situation en tout lieu et tout moment, ce qui permet d'expliquer les valeurs mesurées, et ainsi établir le lien jusqu'ici manquant entre le climat urbain et le contexte urbain réel. Il ne s'agit donc pas de photos Google, mais de bien plus !



Carte 8 Localisation des lieux des photos hémisphériques



Figure 11 : Vue supérieure du tronçon 1 dont la portion de ciel visible est faible.



Figure 12 : Vue inférieure du tronçon 1 dont la portion de ciel visible est faible.



Figure 13 : Vue supérieure du tronçon 2 lors du passage d'un cumulus.



Figure 14 : Vue inférieure du tronçon 2 lors du passage d'un cumulus.



Figure 15 : Vue supérieure du tronçon 3 dont la portion de ciel visible est importante

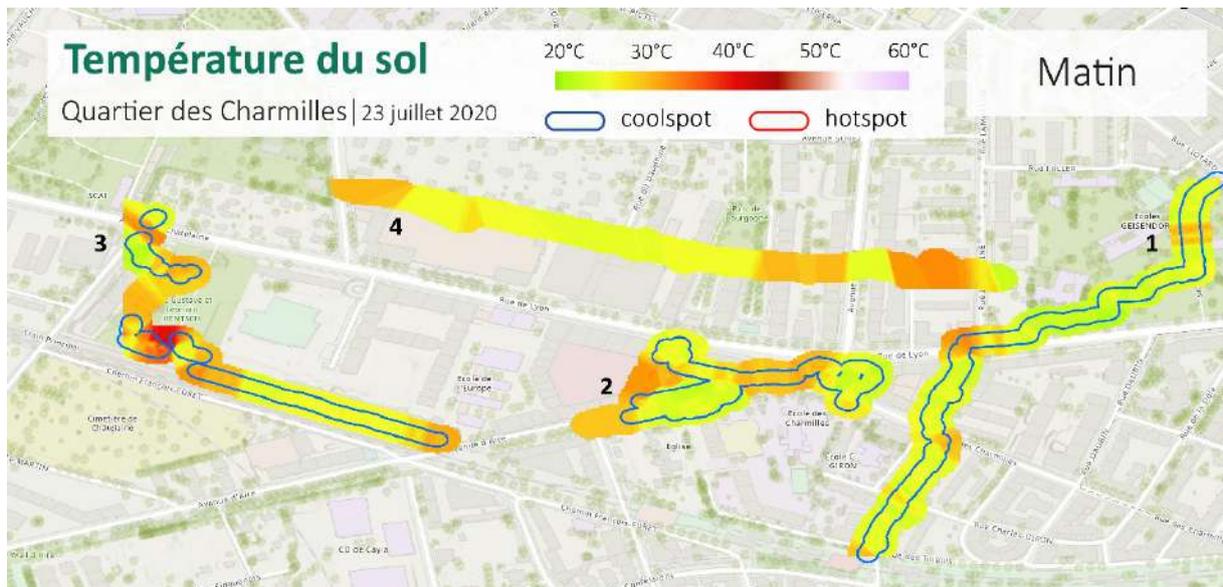


Figure 16 : Vue inférieure du tronçon 3 dont la portion de ciel visible est importante

Surfaces environnantes

Les surfaces environnantes représentent l'ensemble des surfaces horizontales et verticales qui entourent le piéton. Cette partie s'intéresse donc tant aux surfaces horizontales que verticales, dans le but de relever l'incidence des types de surface sur les températures et sur le ressenti thermique des individus. La première focalisation se fait sur les surfaces horizontales, pour lesquelles les températures du sol représentent un indicateur intéressant.

La carte se trouvant ci-dessous permet de repérer une zone très chaude au sud du parc Hentsch (zone en rouge dans la carte ci-dessous), dont les températures du sol sont d'ores et déjà très élevées le matin, dépassant les 40°C et atteignant même 53.9°C au sein de la place de jeux (voir Figure 17). Des températures si élevées en matinée conduisent à s'interroger sur leur évolution au cours de la journée, évolution qui dépend notamment de la matérialité du sol, de son exposition au soleil ainsi que de sa couleur.



Carte 9 Températures du sol le matin aux Charmilles



Figure 17 Place de jeux du parc Hentsch : température du sol de 53.9°C

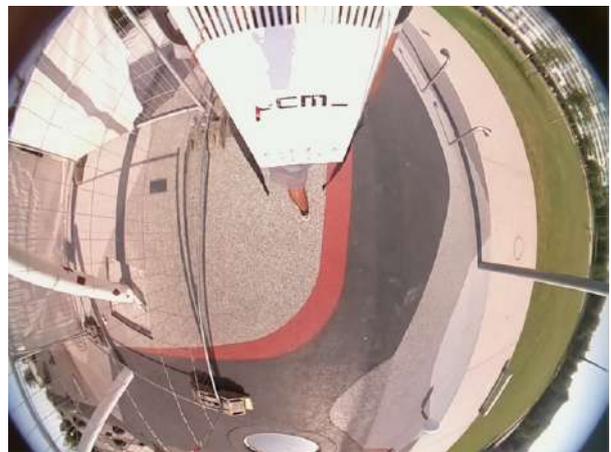


Figure 18 Même place de jeux : température du sol de 42.2°C

Les trois cartes ci-dessous montrent l'évolution des températures du sol au cours de la journée, pour le sud du parc Henstch où se trouve la place de jeux. Les surfaces relevées comme singulièrement chaudes le matin atteignent 69.3°C à midi, et 60.7°C dans l'après-midi. Si les matériaux utilisés ici sont très certainement adaptés pour amortir des chutes, on constate toutefois qu'ils réagissent fortement à l'exposition solaire. Les installations de jeux rencontrent également ce problème, les boules noires ayant également des températures très élevées (voir photo thermique, Figure 23). Les jeux pour enfants et les sols synthétiques gagneraient en confort thermique s'ils bénéficiaient d'un dispositif d'ombrage, afin de bloquer une partie du rayonnement solaire au cours de la journée, à l'instar des bancs destinés aux parents ou accompagnant-e-s installés quelques mètres plus loin.

Matin



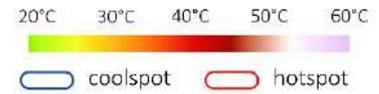
Midi



Après-midi



Carte 10 Evolution des températures du sol dans l'aire de jeux du parc Hentsch



À propos du parcours effectué à midi, les températures du sol au niveau de cette aire de jeux dépassent 52°C, se situant régulièrement au-dessus de 60°C (et atteignant comme évoqué plus haut 69.3°C dans la Figure 19 ci-dessous). De plus, les photographies thermiques du 30 juillet 2020 (cf. Figure 23) – une des journées les plus chaudes de l'année 2020 –, mettent en évidence des températures de surfaces supérieures à 80°C.



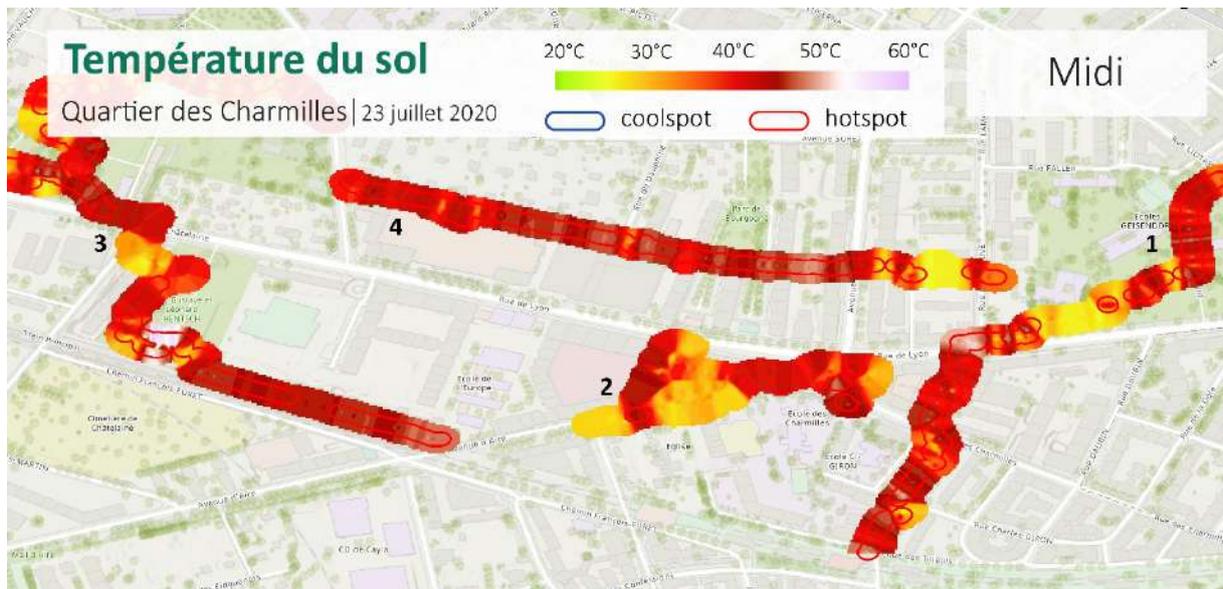
Figure 19 Parc Hentsch à midi : Tsol de 69,3°C



Figure 20 Parc Hentsch à midi : Tsol : 63,2°C



Figure 21 : Place de jeu du Parc Hentsch faite de surfaces horizontales caoutchouteuses multicolores. © hepia | LEEA, 2020



Carte 22 Températures du sol à midi aux Charmilles

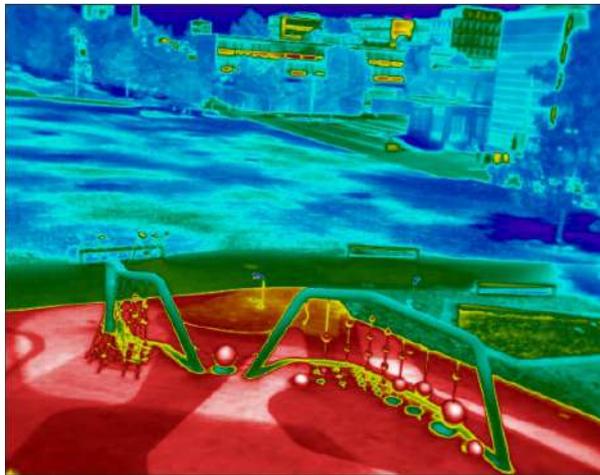


Figure 23 : Photographie thermique de la place de jeux du parc Hentsch prise le 30 juillet 2020. Les températures de certains éléments dépassent 80°C. © hepia | LEEA



Figure 24 : Photographie visible, accompagnant la photographie thermique, le 30 juillet 2020. © hepia | LEEA

En ce qui concerne les zones présentant au contraire des températures du sol plus faibles, on peut citer l'ouest du parc Geisendorf, le tronçon est de l'avenue d'Aire et une partie du parc des Franchises. Ces espaces sont protégés par un ombrage conséquent, comme le montre celui de l'avenue d'Aire (cf. Figure 25).



Figure 25 : Ombrage de l'Avenue d'Aire à la hauteur du centre commercial des Charmilles. © Google Streetview, 2020

Pour ce qui est des surfaces verticales, nous utilisons la température radiative moyenne (MRT) comme indicateur. Le MRT comprend l'ensemble des températures des surfaces environnantes, et nous fournit donc des indications intéressantes concernant entre autres les façades verticales autour du piéton. Ainsi, les façades impactent notamment le MRT de par le rayonnement thermique qu'elles réémettent. A noter que le microclimamètre permet donc également de connaître précisément la température réelle des surfaces verticales.

Bien que présentant une diversité importante, les façades verticales situées dans les rues des différentes sections concentrent majoritairement des façades lourdes (façades type béton), dont les couleurs varient entre le blanc et le jaune-beige comme représenté ci-dessous.

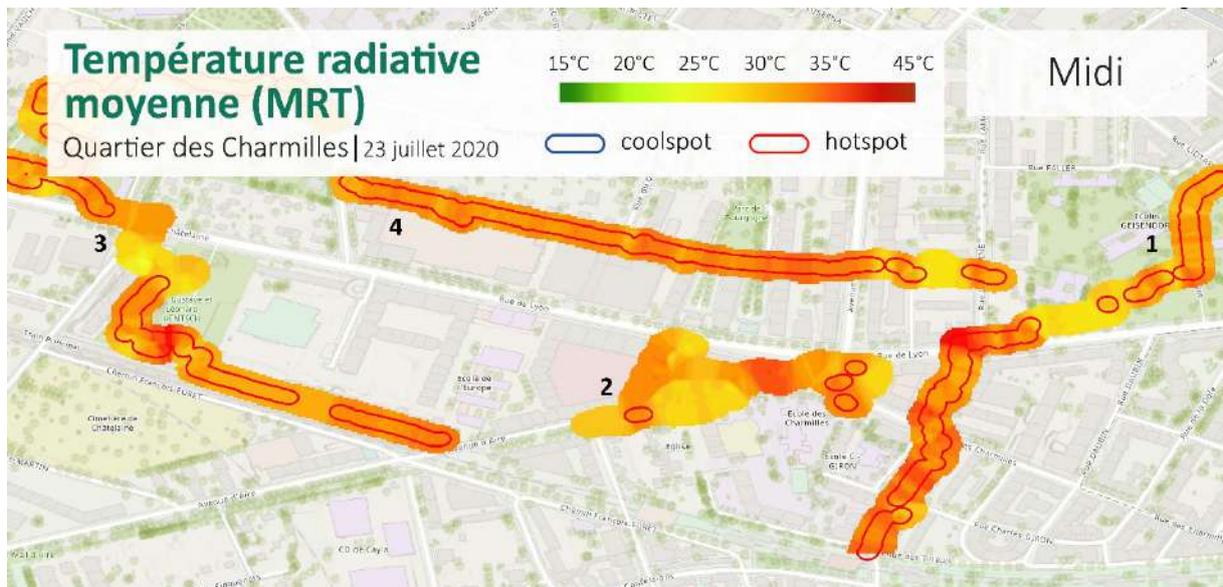


Figure 26 : Façade lourde claire sur la rue De-Miléant.



Figure 27 : Façades lourdes colorées sur la rue de Bourgogne

Lors du passage de midi, les valeurs du MRT sont plus élevées dans les rues étroites (De-Miléant, François-Ruchon, Bourgogne). On constate que les espaces ombragés (parc Geisendorf, avenue d'Aire, nord du parc Hentsch) présentent au contraire des valeurs de MRT plus faibles, d'où l'importance de la disposition des arbres.



Carte 28 : MRT à midi aux Charmilles

Une façade sombre et fortement vitrée est présente sur le côté ouest de la place des Charmilles (cf. Figure 29 et Figure 30 ci-dessous). Cette façade fait augmenter le MRT localement de près de 5°C.



Figure 29 Façade "Lyon 77", depuis l'avenue d'Aïre (MRT : 37.2°C)



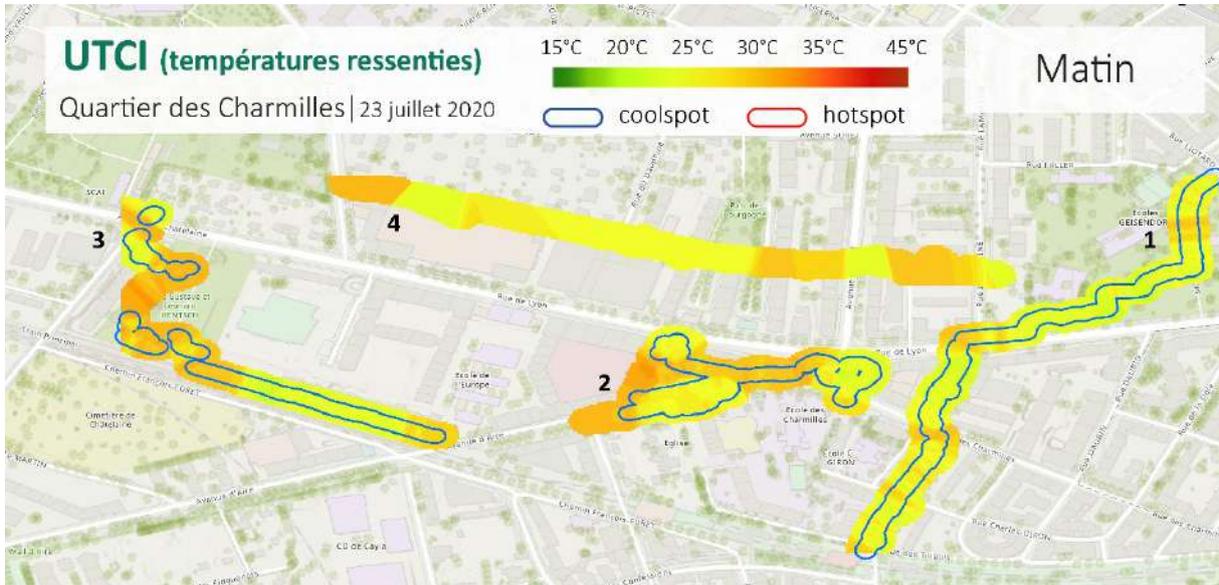
Figure 30 Façade foncée et vitrée du bâtiment à l'avenue de Lyon 77

Analyse des hotspots et coolspots

La section consacrée aux hotspots et coolspots est issue d'une démarche expérimentale et itérative. Comme vu brièvement dans l'encadré « Définitions », une méthode basée sur des valeurs absolues a été choisie, avec pour principe qu'une zone est déclarée « hotspot » ou « coolspot » lorsque les trois conditions suivantes sont remplies :

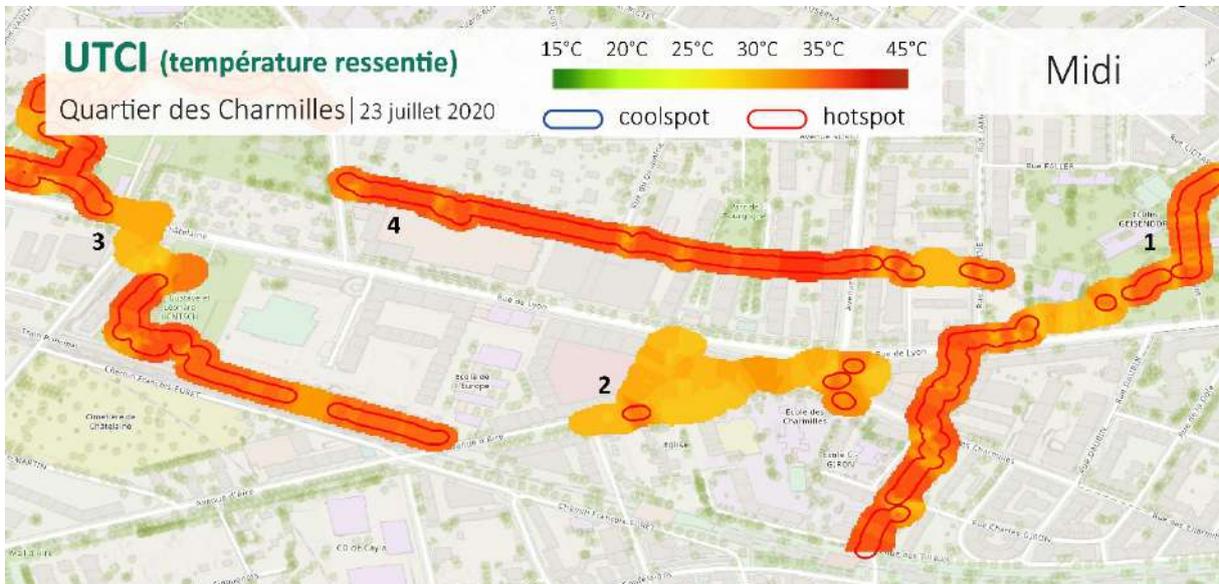
	Hotspot	Coolspot
Critères à remplir	T. air > 25°C MRT > 30°C Gh > 750 W/m ²	T. air < 25°C MRT < 25°C Gh < 500 W/m ²

On peut voir dans la Carte 10 ci-dessous la représentation des coolspots (avec également l'information de l'UTCI).



Carte 11 UTCI le matin aux Charmilles et emplacement des coolspots.

Le matin, presque l'ensemble du quartier des Charmilles ressort comme étant un coolspot, à l'exception de la rue de Bourgogne. Cette dernière ne réunit pas l'ensemble des conditions pour être considérées comme une zone de fraîcheur, mais ne présente pas pour autant des valeurs très élevées par rapport aux critères retenus.



Carte 12 UTCI à midi aux Charmilles emplacement des hotspots.

Concernant les mesures de midi, on remarque qu'une grande part des parcours est dans une situation de hotspot.

Sur le premier tronçon du parcours, seul l'ouest du parc Geisendorf n'est pas identifié comme étant un hotspot. L'ombrage y est omniprésent, bloquant ainsi le rayonnement solaire incident.

La 2^e section du parcours, le long de l'avenue d'Aïre, semble relativement épargnée. Toutefois, un cumulus étant présent lors des relevés (voir Figures ci-dessous), le rayonnement solaire incident s'est réduit, évitant ainsi que cette zone soit classée comme hotspot. Cette situation et ce constat soulignent l'importance du rôle du rayonnement solaire incident sur le confort thermique ressenti par le piéton.



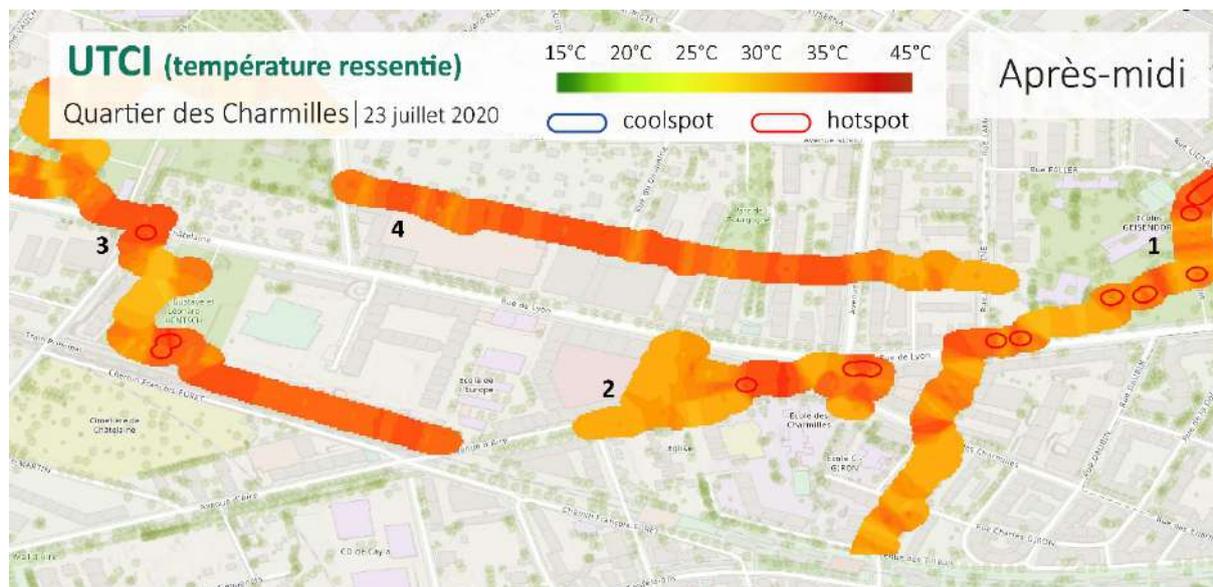
Figure 31 Av. d'Aïre : passage d'un cumulus (23.07.2020, midi)



Figure 32 Place des Charmilles : passage d'un cumulus (23.07.2020, midi)

Le troisième tronçon est presque entièrement identifié comme étant un hotspot, hormis le passage à l'ombre du bâtiment au nord du parc Hentsch. À noter que bien que le parc des Franchises soit arboré, la température de l'air y est systématiquement supérieure au seuil fixé de 25°C (comprise entre 29°C et 31°C), et le rayonnement solaire dépasse majoritairement le seuil fixé de 500 W/m². Les quelques zones non considérées comme un hotspot dans le parc des Franchises s'expliquent d'ailleurs par le passage du microclimamètre sous des arbres prodiguant un ombrage dense.

Le quatrième tronçon est un hotspot dans sa quasi-totalité. Seule une zone à l'extrémité est de cette dernière déroge au constat. En effet, l'ombrage dû à un bâtiment fait diminuer le ressenti thermique, ce qui se traduit par une diminution de l'UTCI ainsi que l'exclusion de la zone en tant que hotspot.



Carte 13 UTCI l'après-midi aux Charmilles et emplacement des hotspots.

Le passage de l'après-midi permet d'identifier plusieurs hotspots. Ces endroits, très ponctuels, sont caractérisés par un rayonnement solaire incident important. Trois zones d'intérêt sont par ailleurs très intéressantes :

- Un hotspot est identifié lors du passage à proximité du bâtiment de l'avenue de Lyon 77 (cf. Figure 30). La façade vitrée réfléchit le rayonnement solaire incident, fournissant ainsi au piéton situé en-dessous la somme du rayonnement solaire direct et réfléchi.
- La place de jeux du parc Hentsch (cf. Figure 21) est toujours considérée comme un hotspot de par son exposition au rayonnement solaire incident et son MRT important. Des sols très chauds tout au long de la journée font augmenter le MRT.
- Un hotspot est identifié sur la zone d'attente du passage piéton emprunté pour traverser la rue de Châtelaine.

Ces trois zones d'intérêts montrent que, localement, des hotspots peuvent persister tout au long de la journée.

Eaux-Vives

La carte de l'UTCI à midi nous permet de visualiser rapidement les différences en termes de température ressentie qui existent au sein même de ce quartier. Comme pour les Charmilles, nous présentons ici les principales caractéristiques morphologiques et constructives induisant ces différences.



Carte 14 UTCI à midi aux Eaux-Vives

Orientation et morphologie de la rue

À partir des parcours réalisés au sein du quartier des Eaux-Vives, les quatre typologies urbaines qui peuvent être mises en évidence en fonction de leur orientation et morphologie sont :

- **Rue à orientation nord-est – sud-ouest (NE-SO) :** Quai Gustave-Ador, rue des Eaux-Vives, rue de Montchoisy.
- **Rue à orientation nord-ouest – sud-est (NO-SE) :** Rue du Lac, rue des Vollandes, rue Viollier.
- **Parcs et quais:** Parc de la Grange, Quai Gustave-Ador.
- **Places :** Place du Pré-l'Evêque.

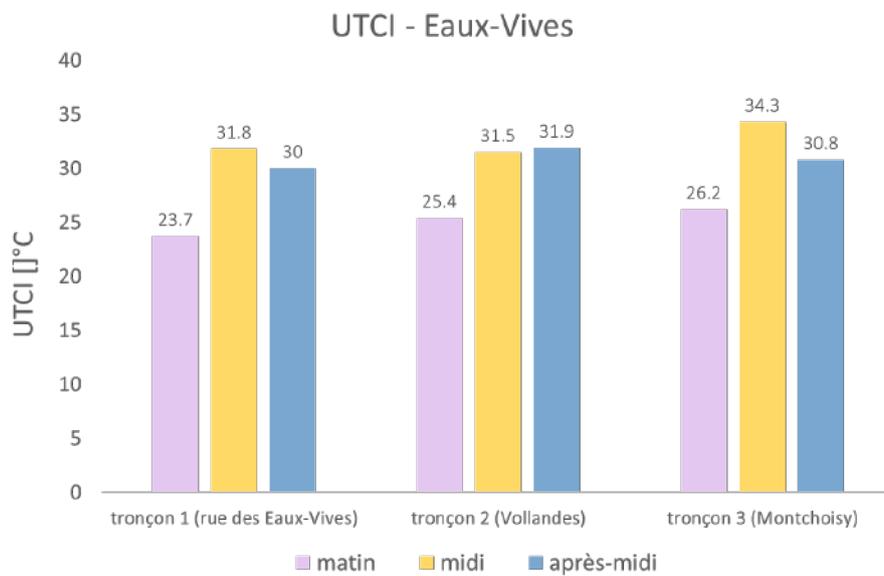


Figure 33 Moyennes des températures ressenties (UTCI) selon tronçons et moments de la journée, Eaux-Vives (23.07.2020)

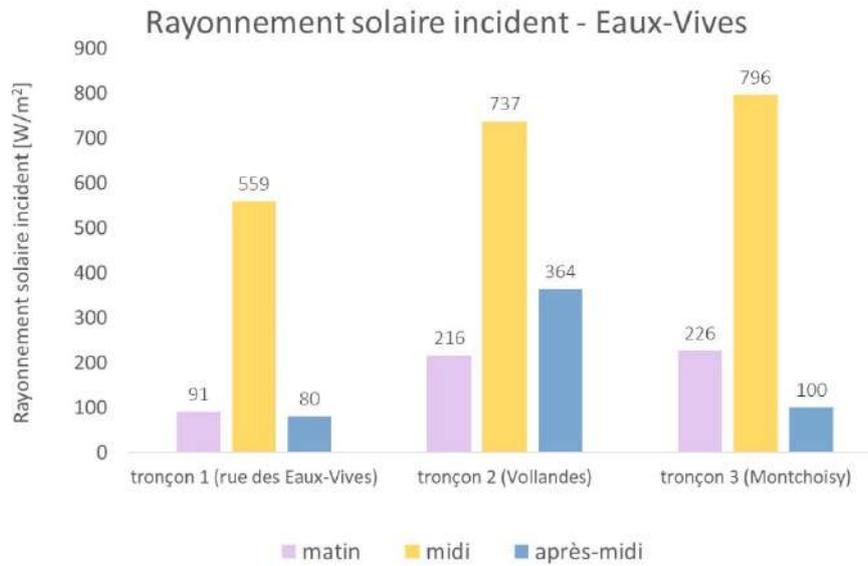


Figure 34 Moyennes du rayonnement solaire incident (Gh) selon tronçons et moments de la journée, Eaux-Vives (23.07.2020)



Carte 15 Localisation des lieux des photos hémisphériques

Lors des parcours matinaux, le quai Gustave-Ador, la place de Pré-l'Evêque, la rue des Vollandes (à proximité de l'école homonyme), et la rue de Montchoisy (à proximité de l'école homonyme) présentent des valeurs de l'UTCI plus élevées (de l'ordre de 4°C supplémentaires). Ces trois zones ont pour caractéristique commune d'être exposées de manière plus importante au rayonnement solaire incident. Le quai Gustave-Ador (cf. Figure 35 et Figure 36) est large et les bâtiments à proximités ne projettent pas d'ombre sur le quai. La sensation de chaleur est donc plus importante que dans les rues orientées dans la même direction (NE-SO).

Les trois autres zones, toutes situées en milieu densément bâti, sont exposées le matin au rayonnement solaire incident, de par une largeur de rue plus importante et une moindre hauteur des bâtiments. La rue des Vollandes illustre très bien cette situation (cf. Figure 37 et Figure 38).



Figure 35 : Vue supérieure sur le quai Gustave-Ador le matin.



Figure 36 : Vue inférieure sur le quai Gustave-Ador le matin.



Figure 37 : Vue supérieure dans la rue des Vollandes le matin.



Figure 38 : Vue inférieure dans la rue des Vollandes le matin.

Le passage du midi met en évidence les zones ombragées. L'UTCI est inférieur sur la rue des Eaux-Vives, où les arbres à proximité du parc de la Grange procurent un ombrage important. Cette explication vaut aussi pour le quai Gustave-Ador, sur lequel des plantations d'arbres sont présentes. L'effet mesurable d'un cumulus est à relever à plusieurs reprises sur le parcours de midi : l'UTCI diminue de 4°C lors du passage d'un nuage. Cela illustre une fois de plus l'importance du rôle du rayonnement solaire incident sur le ressenti thermique.



Figure 39 : Vue supérieure dans la rue des Vollandes à midi lors du passage d'un nuage.



Figure 40 : Vue inférieure dans la rue des Vollandes à midi lors du passage d'un nuage.

Lors du passage de l'après-midi, le quai Gustave-Ador se distingue du reste du parcours des Eaux-Vives, avec un UTCI élevé. Son orientation et son dégagement vers le nord-ouest le rendent fortement exposé au rayonnement solaire incident. Les températures ressenties y sont donc plus hautes que dans les rues orientées de manière similaires mais protégées par les bâtiments. La place du Pré-l'Evêque présente des températures similaires au quai Gustave-Ador. Ceci s'explique par le dégagement vers l'ouest de la place.

Le reste des rues étudiées présente des températures ressenties plus faibles. La hauteur importante des bâtiments ne permet pas au rayonnement solaire incident de pénétrer au fond du canyon urbain à cette heure de la journée.

Surfaces environnantes

Les surfaces environnantes sont diverses et variées. Les surfaces horizontales parcourues sont majoritairement asphaltées. Les quelques variations significatives de températures du sol, mises en évidence sur la Carte 15, ne sont pas causées par des différences dans les revêtements, mais par l'ombre procurée par un immeuble sur le petit tronçon concerné du quai Gustave-Ador et par des arbres pour les abords du parc de la Grange.

Plusieurs éléments peuvent être soulignés. Premièrement, les températures moyennes radiatives les moins importantes sont mesurées à proximité du parc de la Grange et sur un tronçon du quai Gustave-Ador (cf. Figure 41 et Figure 42). La présence de grands arbres, dont la couronne est importante et dense, limite l'augmentation des températures du sol environnant, de même que l'absence de surfaces verticales minérales aux alentours. Ces zones présentent donc des températures ressenties inférieures aux autres zones.

De plus, les rues orientées NE-SO (Eaux-Vives et Montchoisy) présentent les valeurs de MRT les plus élevées. Ces deux rues étroites, entourées de bâtiments relativement hauts (environ 20 m.) s'échauffent de manière importante et procurent un inconfort thermique lorsque le soleil pénètre dans le canyon urbain.

La température ressentie en première partie de journée dans les rues orientées NO-SE (Vollandes, Viollier et Lac) est plus basse que dans les rues orientées NE-SO. Les façades sud de ces rues se réchauffent plus tardivement que pour celles des rues orientées NE-SO.

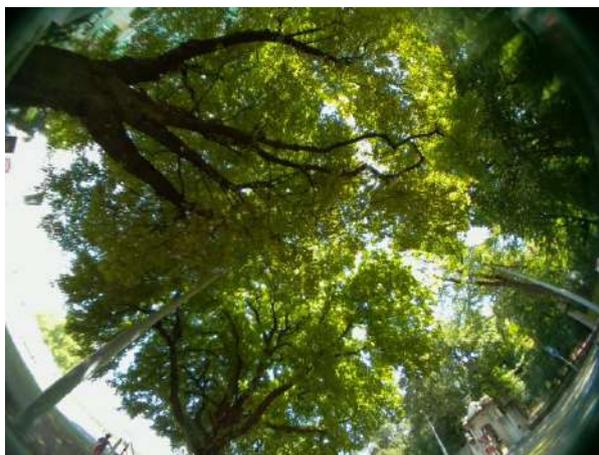


Figure 41 : Vue supérieure dans la rue des Eaux-Vives à midi, à proximité du parc de la Grange.



Figure 42 : Vue inférieure dans la rue des Eaux-Vives à midi, à proximité du parc de la Grange.

Localement, plusieurs façades vitrées affectent le ressenti thermique, en faisant augmenter le rayonnement solaire incident, et ainsi la température ressentie par les piétons.



Figure 43 : « Double soleil » sur la rue des Eaux-Vives mesuré à 970 W/m^2 à midi. La moyenne sur l'avenue est de 710 W/m^2 .

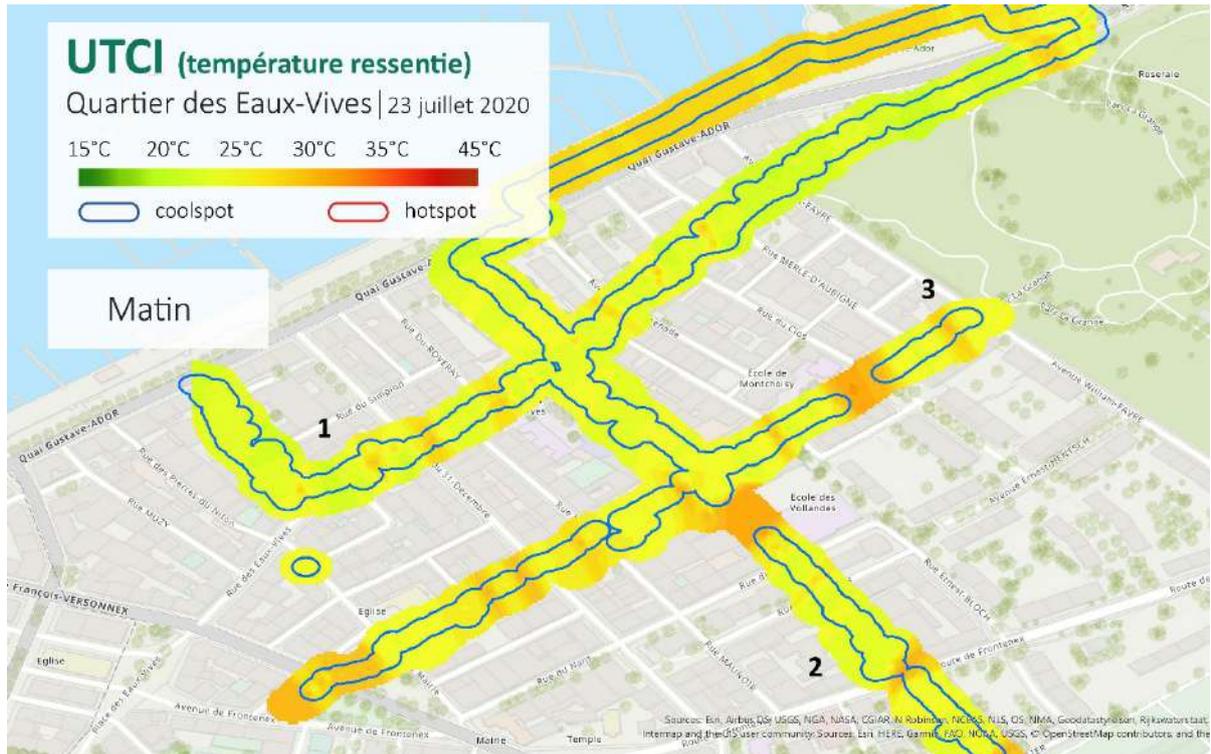


Figure 44 : « Double soleil » sur la rue des Eaux-Vives mesuré à 1020 W/m^2 à midi. La moyenne sur l'avenue est de 710 W/m^2 .

Analyse des hotspots et coolspots

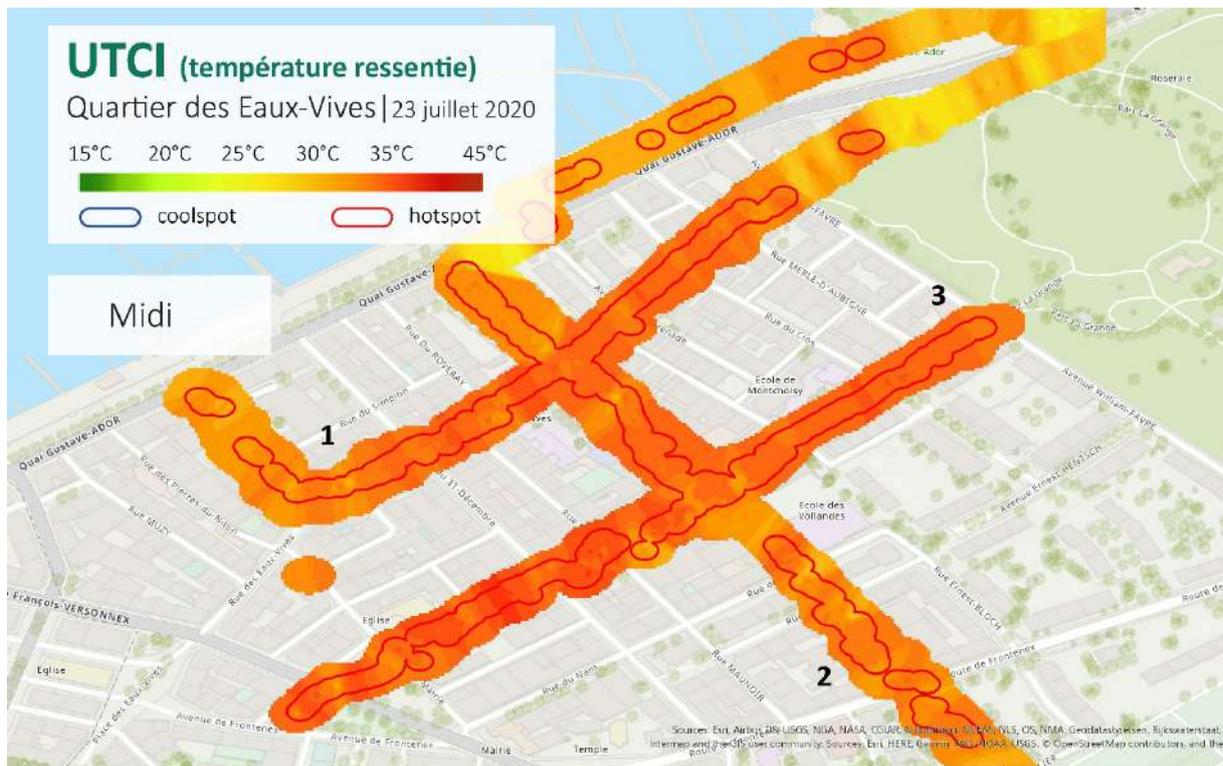
Pour faciliter la lecture, voici à nouveau les critères devant être remplis pour qu'une zone soit définie comme hotspot ou coolspot, selon l'approche expérimentale utilisée dans cette recherche :

	Hotspot	Coolspot
Critères à remplir	T. air > 25°C MRT > 30°C Gh > 750 W/m ²	T. air < 25°C MRT < 25°C Gh < 500 W/m ²



Carte 18 UTCI et coolspots le matin aux Eaux-Vives

Les coolspots sont omniprésents sur le parcours matinal. La rue de Vollandes (à proximité de l'école des Vollandes) et la rue de Montchoisy (à proximité de l'école de Montchoisy) ressortent toutefois : ces zones ne sont en effet pas considérées comme des coolspots. Le rayonnement solaire incident est bien plus important à ces deux endroits de par l'ouverture de ces zones côté est.



Carte 19 UTCI et hotspots à midi aux Eaux-Vives

Lors du passage de midi, dans le quartier des Eaux-Vives, une très grande partie des tronçons effectués est identifiée comme hotspot. La température ressentie est plus élevée dans les rues internes du quartier des Eaux-Vives que sur le quai Gustave-Ador et les abords du parc de la Grange.

Toutefois, les parties exposées à un fort rayonnement solaire incident dans ces zones sont aussi considérées comme hotspots, bien que la valeur de UTCI locale soit inférieure.

Les parcours effectués l'après-midi présentent des hotspots uniquement sur le quai Gustave-Ador. Ce quai est fortement exposé au soleil durant la seconde partie de journée, ce qui explique cette présence de hotspot. Le reste des rues, au sein même du quartier des Eaux-Vives, montre une température ressentie plus basse (de l'ordre de 4°C inférieur).

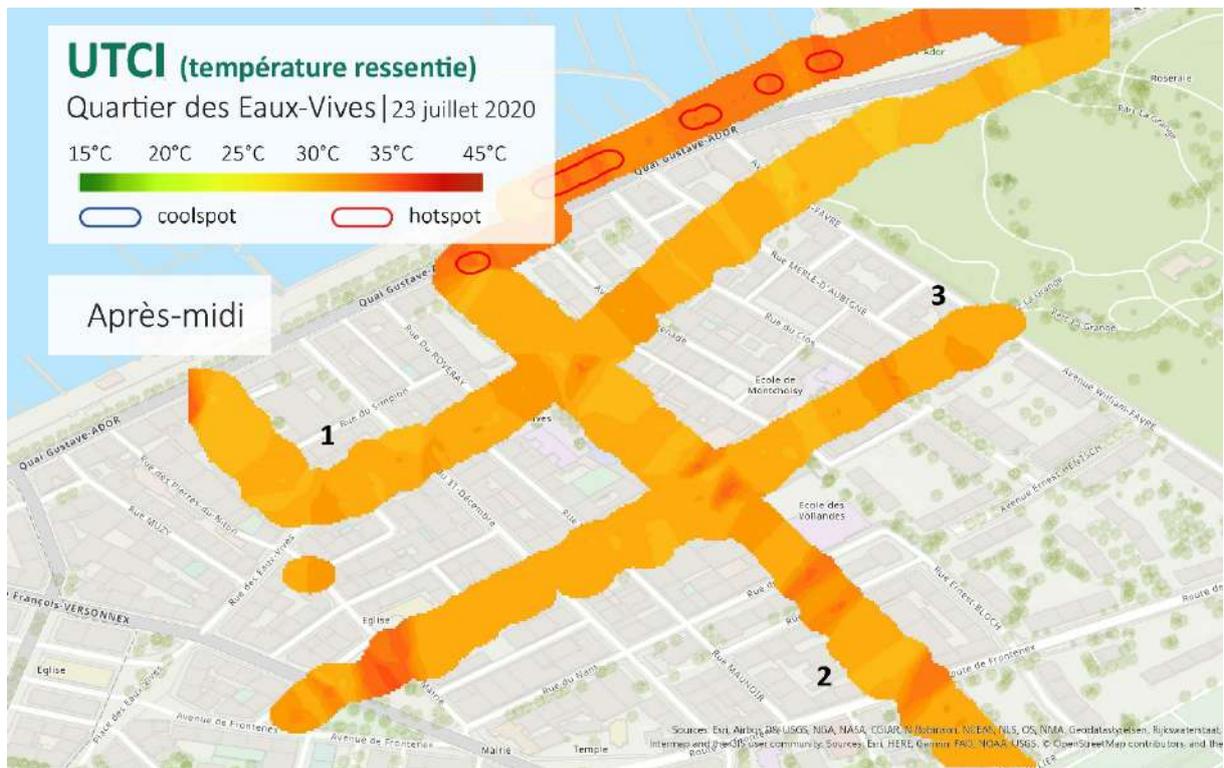
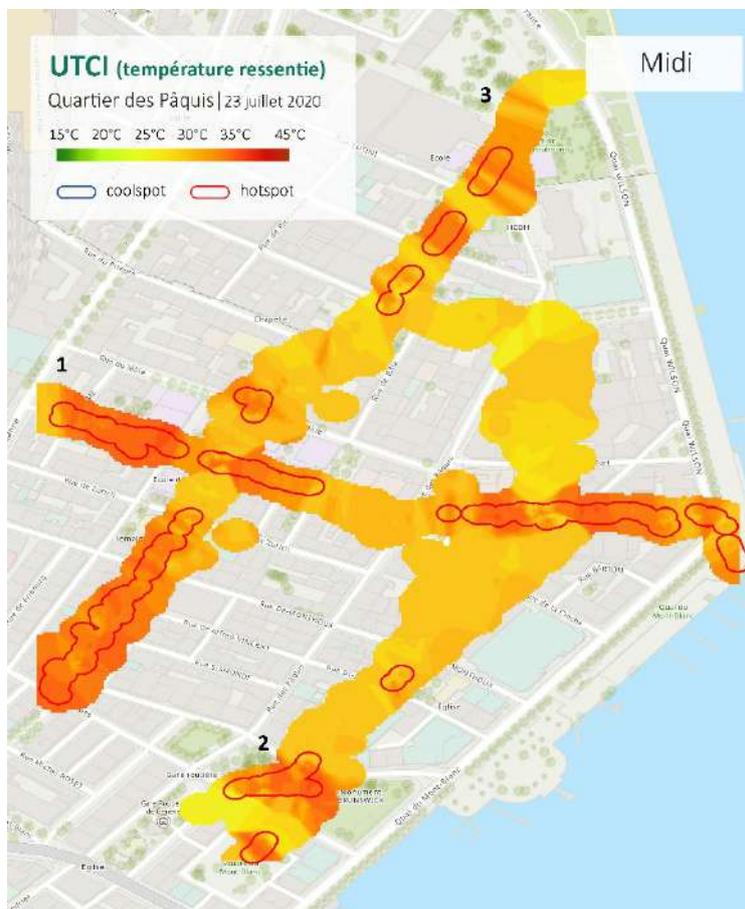


Figure 45 : UTCI et hotspots l'après-midi aux Eaux-Vives

Pâquis

Les figures suivantes (Carte 19, Figure 46 et Figure 47) illustrent les variations spatiales et temporelles de l'UTCI au sein du quartier des Pâquis, ainsi que celles du rayonnement solaire incident (Gh). De grandes différences sont mises en évidence par ces trois figures.



Carte 20 UTCI à midi aux Pâquis

Orientation et morphologie de la rue

À partir des parcours réalisés au sein du quartier des Pâquis, les cinq typologies urbaines pouvant être mises en évidence en fonction de leur orientation et morphologie sont :

- **Rues à orientation nord-est – sud-ouest (NE-SO)** : rue Philippe-Plantamour, rue des Pâquis, rue de Berne, rue des Buis, rue De-Châteaubriand.
- **Rues à orientation nord – sud (N-S)** : rue Jean-Jaquet
- **Rues à orientation est – ouest (E-O)** : rue du Léman, rue de la Navigation.
- **Parcs** : Jardin des Alpes.
- **Places** : Place de la Navigation, square du Mont-Blanc.

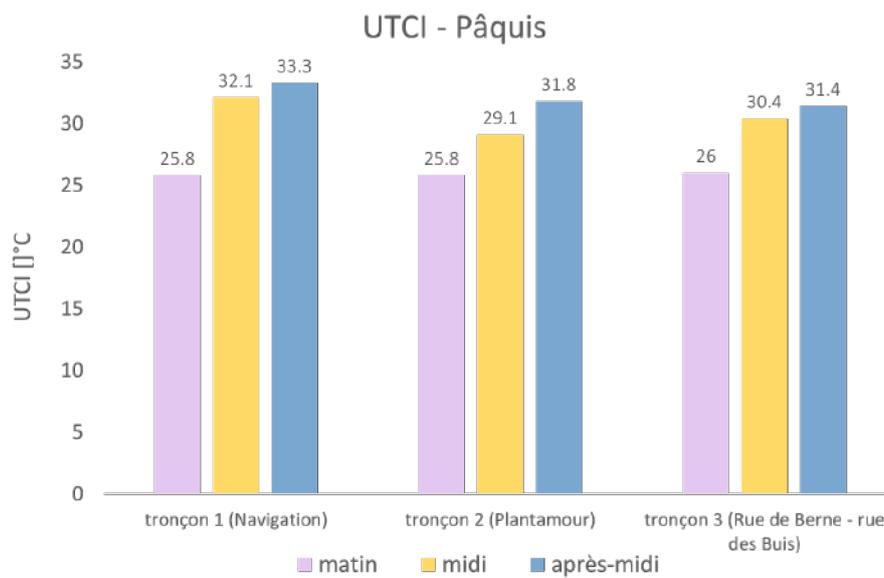
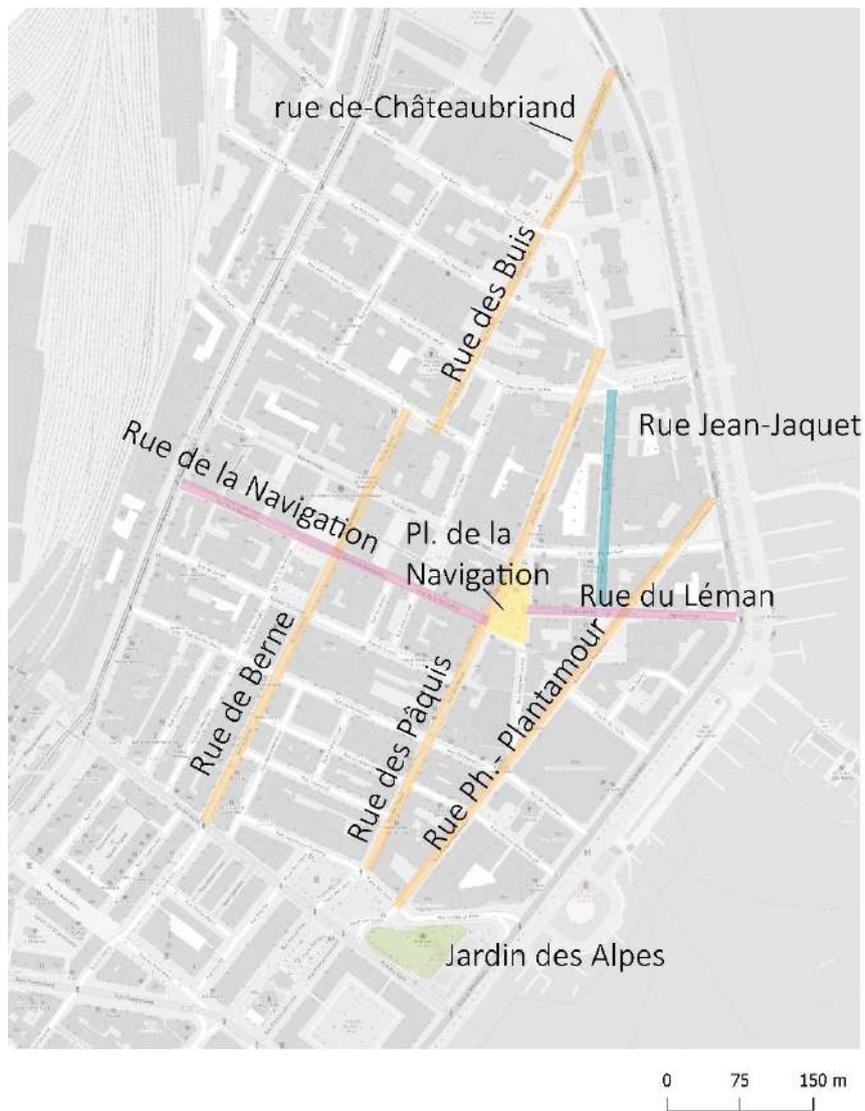


Figure 46 : Moyennes des températures ressenties (UTCI) selon tronçons et moments de la journée, Pâquis

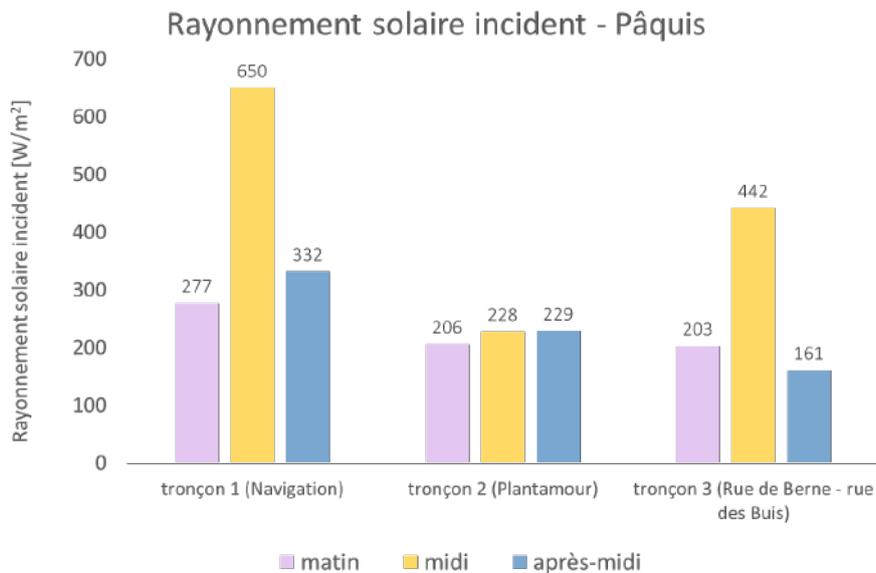


Figure 47 Moyennes du rayonnement solaire incident (Gh) selon tronçons et moments de la journée, Pâquis (23.07.2020)

Lors du passage matinal, les trois tronçons au sein du quartier des Pâquis présentent des valeurs moyennes de l'UTCI similaires (0.2°C de différence). Les rues étant structurellement très proches, les températures ressenties ne varient que très peu. Toutefois, on remarque qu'à une échelle plus fine, les zones plus ouvertes telles que la Place de la Navigation et le Jardin des Alpes ont un UTCI plus élevé.

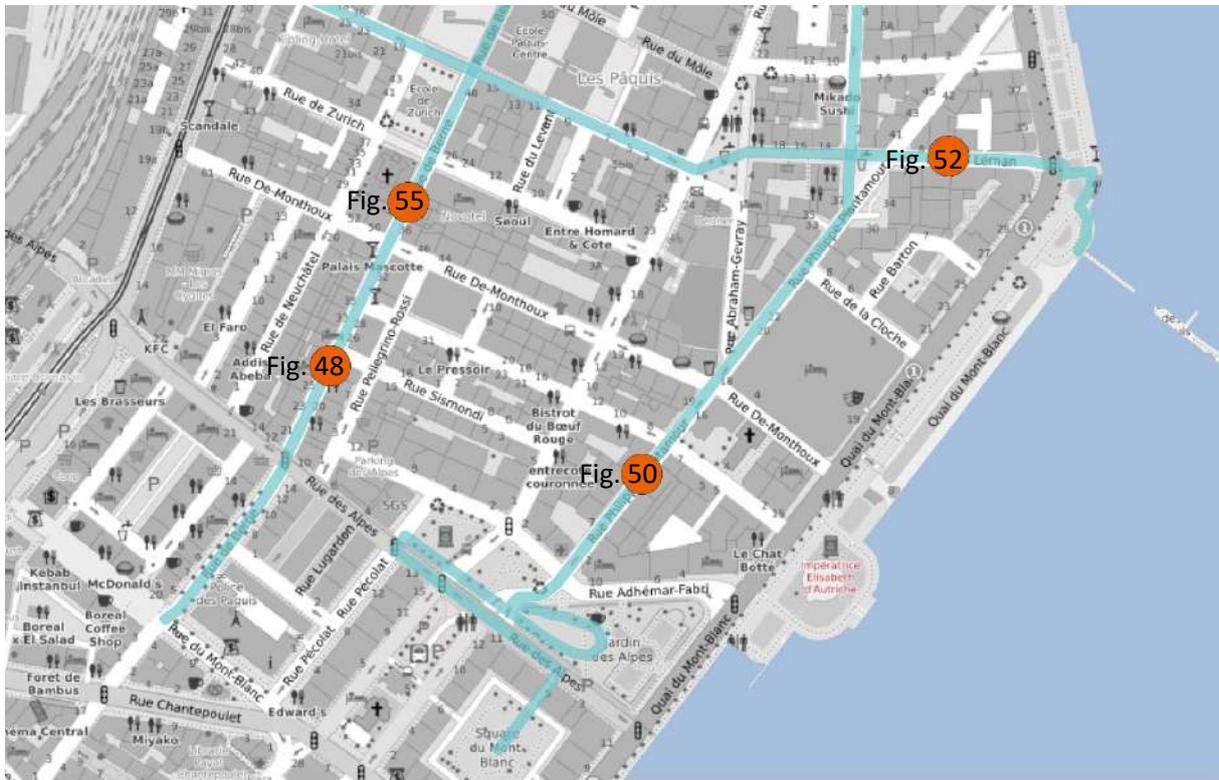
Les passages de midi montrent des différences importantes en termes de température ressentie moyenne : le tronçon n°2 présente une moyenne de 1.5°C inférieure à celle de le tronçon n°3, alors que l'orientation de l'axe des rues est globalement similaire. Cet écart est notamment dû à la différence de largeur des rues. La section sud de la rue de Berne est plus large (cf. Figure 48 et Figure 49), ce qui permet au soleil d'atteindre le sol de la rue plus rapidement. À contrario, la rue Philippe-Plantamour est plus étroite et son orientation diffère de quelques degrés de la rue de Berne (cf. Figure 50 et Figure 51). Ces deux variations de paramètres ont pour conséquence que le soleil n'atteint pas le fond de la rue, et cette dernière ne peut donc pas s'échauffer aussi fortement.

Un second constat montre que le tronçon n°1 a une moyenne de 32.1°C alors que le tronçon n°2 présente une moyenne de 29.1°C. L'orientation du tronçon n°1 – est-ouest – favorise l'entrée du rayonnement solaire incident, contrairement au tronçon n°2, orientée nord-sud. Les températures ressenties sont donc plus élevées.

Lors des passages de l'après-midi, les tronçons 2 et 3 ont des moyennes de l'UTCI similaires (31.8°C et 31.4°C respectivement). Toutefois, le tronçon 1 présente une température moyenne de l'UTCI de 33.3°C. Le tronçon 1, constituant un axe est-ouest, est très exposé au rayonnement solaire incident. La température ressentie relevée dans la section de la rue du Léman (cf. Figure 52 et Figure 53) est ainsi particulièrement élevée.

L'orientation de l'axe ainsi que la morphologie des rues influencent les températures ressenties au sein du quartier des Pâquis. Les axes orientés plutôt nord-sud présentent des températures ressenties similaires et globalement moins importantes que les axes orientés est-ouest. La

hauteur des bâtiments paraît homogène sur l'ensemble du quartier, mais la largeur des rues peut varier de manière plus marquée. Ce dernier paramètre peut influencer la pénétration du rayonnement solaire incident au fond du canyon urbain, formé par la rue et les bâtiments la bordant.



Carte 21 Localisation des lieux des photos hémisphériques



Figure 48 : Vue supérieure dans la rue de Berne à midi.



Figure 49 : Vue inférieure dans la rue de Berne à midi.



Figure 50 : Vue supérieure dans la rue Philippe-Plantamour à midi



Figure 51 : Vue inférieure dans la rue Philippe-Plantamour à midi



Figure 52 : Vue supérieure dans la rue du Léman l'après-midi.



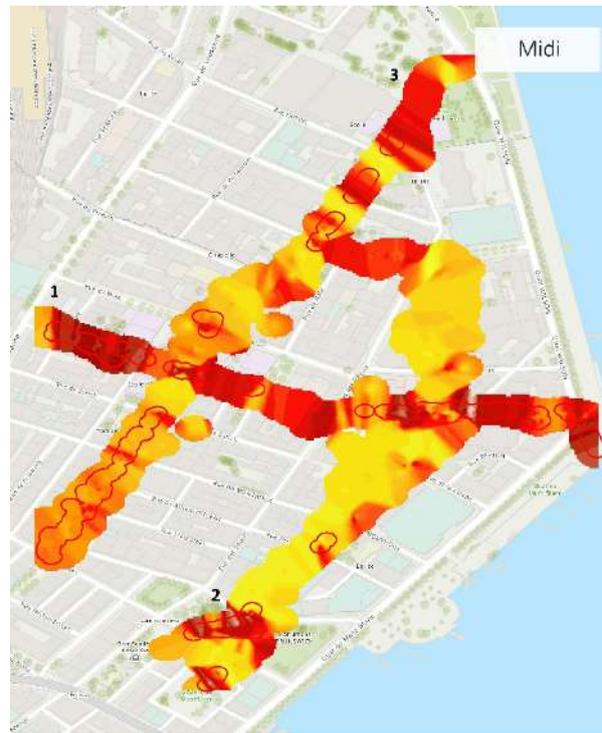
Figure 53 : Vue inférieure dans la rue du Léman l'après-midi

Surfaces environnantes

Les surfaces horizontales et verticales sont plutôt homogènes et minéralisées aux Pâquis. Les surfaces horizontales des itinéraires empruntés sont majoritairement asphaltées et bétonnées. Les cartes des températures des sols (cf. Carte 20 et suivantes), relevées à trois moments de la journée, explicitent le rôle de l'ombrage. Les surfaces horizontales étant globalement similaires, les différences d'échauffement sont dues à la différence de rayonnement solaire incident, celui-ci étant localement réduit par la présence d'ombre.



Carte 22 Températures du sol le matin aux Pâquis



Carte 23 Températures du sol - midi



Carte 24 Températures du sol - après-midi

Les surfaces verticales sont multiples, mais pour la majorité des situations, elles demeurent similaires : à l'image de la rue Philippe-Plantamour (cf. Figure 54), les surfaces verticales sont globalement lourdes mais présentent des couleurs variées. Plusieurs surfaces verticales vitrées,

ou dont le taux de vitrage est important, sont présentes tout au long des parcours, mais cela reste une minorité (cf. Figure 55 et Figure 56). La matérialité et les socles des bâtiments peuvent fortement différer selon l'époque de construction et l'affectation.



Figure 54 : Vue en direction du nord de la rue Philippe-Plantamour à l'est du quartier des Pâquis. Cette rue est typique et représentative du quartier. © Google Streetview, 2020.

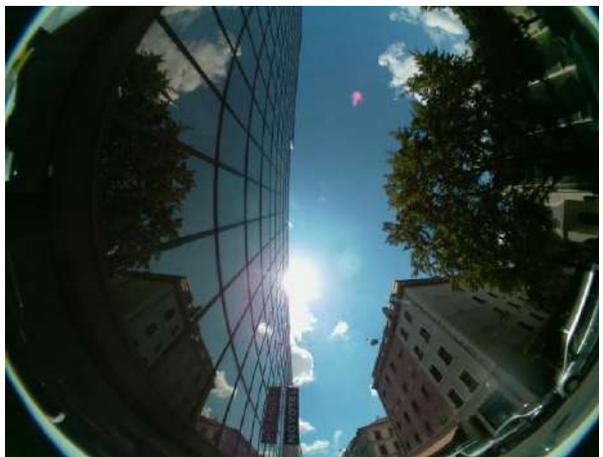


Figure 55 : Vue supérieure dans la rue de Berne à midi sous la façade de l'hôtel Novotel.



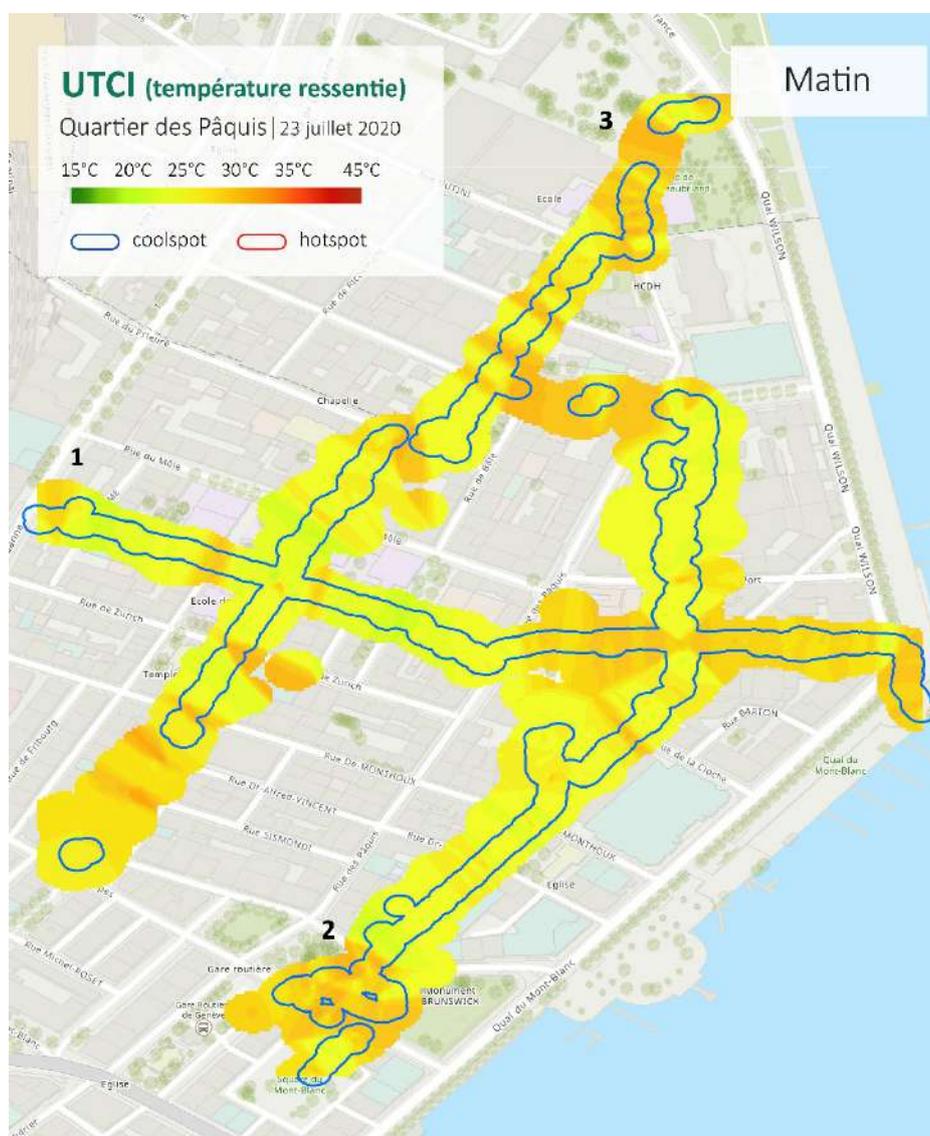
Figure 56 : Vue inférieure dans la rue de Berne à midi sous la façade de l'hôtel Novotel.

Analyse des hotspots et coolspots

Pour rappel, une zone est définie comme hotspot ou coolspot lorsque les trois critères ci-dessous sont remplis :

	Hotspot	Coolspot
Critères à remplir	T. air > 25°C MRT > 30°C Gh > 750 W/m ²	T. air < 25°C MRT < 25°C Gh < 500 W/m ²

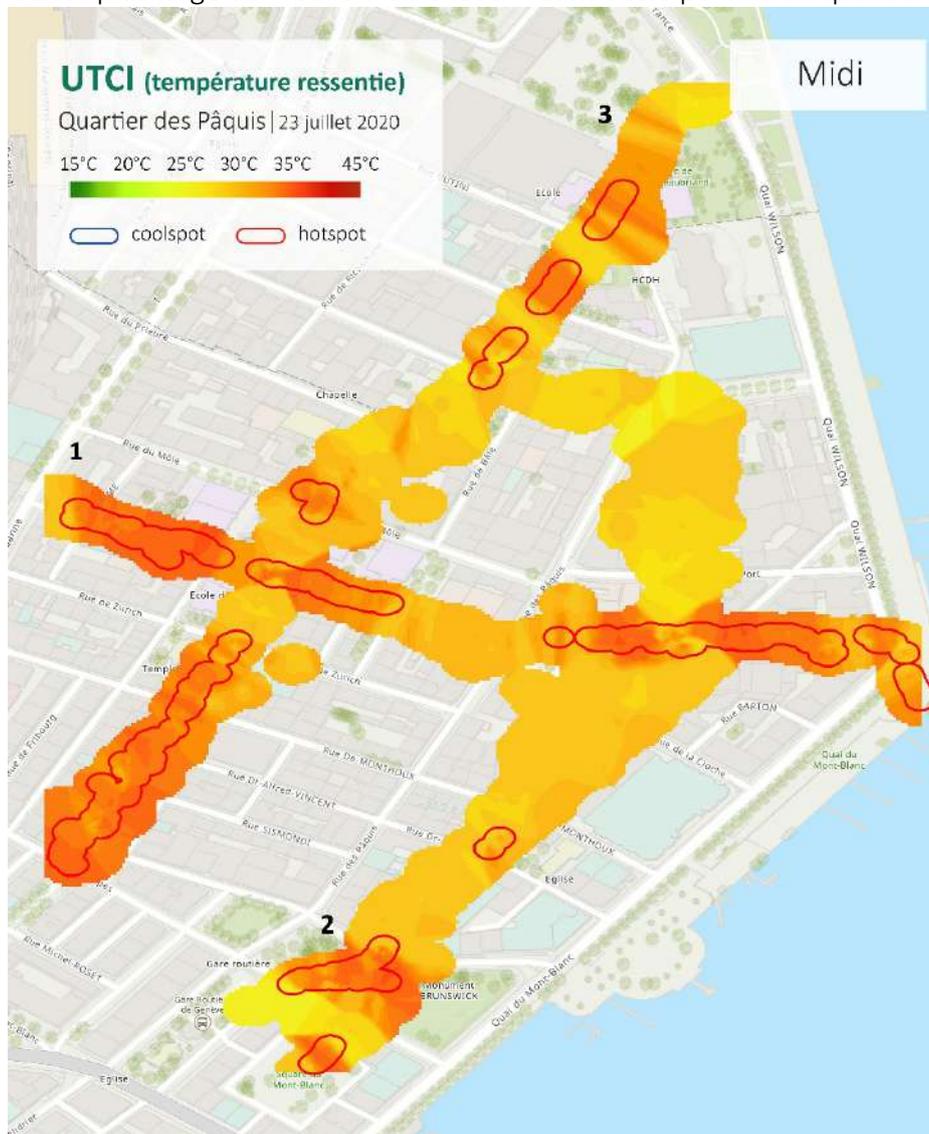
Les trois cartes ci-dessous présentent les zones définies comme telles, en plus de l'information relative à la température ressentie.



Carte 25 UTCI et coolspots le matin aux Pâquis

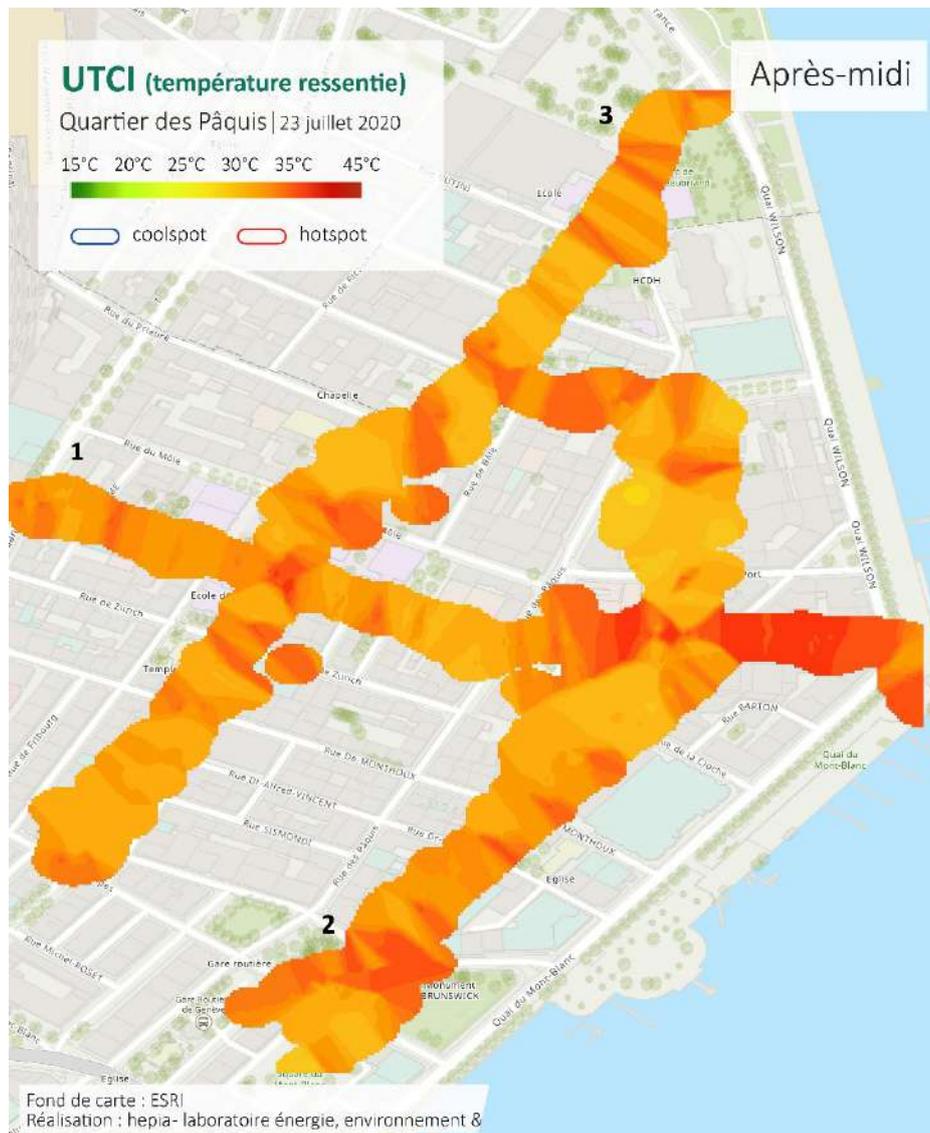
Les parcours matinaux présentent de larges zones de coolspots. Les rues identifiées comme coolspots ont pour caractéristique une largeur raisonnable (environ 10m), une hauteur des bâtiments relativement élevée (20m), et une orientation différente de l'angle d'incidence du rayonnement solaire.

Sur la partie septentrionale de la rue de Berne, une hausse des températures de l'air a été relevée. Aucune raison urbanistique évidente ne permet d'expliquer ceci. Il pourrait être envisagé un effet plus large de « bulle d'air chaud » dans cette portion de quartier.



Carte 26 UTCI et hotspots à midi aux Pâquis

Plusieurs zones sont identifiées comme hotspots lors du passage de midi. Les rues du Léman et de la Navigation, orientées est-ouest, montrent de larges zones pour lesquelles les valeurs de l'UTCI sont importantes et sont considérées comme des hotspots. L'orientation de l'axe de la rue favorise le réchauffement du cœur de la rue ainsi que des températures ressenties. À l'instar du passage matinal, la section sud de la rue de Berne montre des températures ressenties plus élevées, ce qui se traduit par la présence d'un hotspot.



Carte 27 UTCI et hotspots - après-midi

Lors du passage de l'après-midi, malgré des valeurs de l'UTCI élevées, aucun hotspot n'est identifié. L'UTCI est relativement uniforme sur l'ensemble du parcours, il n'y a pas de rue où la température ressentie semble moins élevée.

Synthèse

Au bout du cheminement des analyses, quelques sont les principaux éléments que l'on peut en retirer ?

Premièrement, on constate que c'est le rayonnement solaire incident qui influence principalement le ressenti thermique, de manière directe et indirecte. Sans présence de dispositif d'ombrage, l'énergie du rayonnement solaire incident chauffe les surfaces verticales et horizontales, ainsi que les « objets » alentours.

Deuxièmement, on constate des différences entre les quartiers. Par exemple, on a vu que la température ressentie lors des passages de l'après-midi est plus élevée aux Charmilles, suivi des Eaux-Vives, puis des Pâquis. Ces différences s'expliquent par la morphologie générale des quartiers.

L'urbanisation historique des Eaux-Vives et des Pâquis est similaire et commence dès 1850. Les quartiers sont semblables d'un point de vue de leurs caractéristiques urbanistiques, à l'exception de quelques différences topographiques.

Le quartier des Charmilles est un quartier plus récent que les deux autres, et possède une morphologie bien différente : rues plus larges, bâtiments plus récents, espacés et élevés. Ces facteurs font que le rayonnement solaire incident (facteur décisif quant à l'identification des hotspots) peut pénétrer facilement au fond de la rue et influencer de manière conséquente la température ressentie.

CONCLUSION

Urbaconfort, articulé en deux parties, est un projet qui pense de manière transversale la question des fortes chaleurs en ville et la vulnérabilité des personnes âgées face aux canicules. Nous avons pu voir dans un premier temps les stratégies développées par les personnes âgées pour se déplacer en cas de vague de chaleur, et quels pouvaient être les différents obstacles (relatifs ou non à la canicule) impactant leur capacité à se déplacer sereinement et en toute sûreté pour leur santé dans l'espace public. Il est notamment ressorti que les itinéraires à l'ombre étaient fortement privilégiés par rapport à des tronçons non protégés du soleil, et que ce dernier était un réel obstacle au confort et aux possibilités de sortir.

Nous avons ensuite analysé des portions du territoire de la Ville de Genève, afin de comprendre quels sont les facteurs environnementaux ayant un impact sur le confort micro-climatique des piétons. Les éléments sensitifs et qualitatifs du premier chapitre ont été confirmés ici : le rayonnement solaire incident joue un majeur dans les températures ressenties, et les aménagements urbains peuvent faire varier très fortement le rayonnement solaire reçu, et donc la température ressentie et le confort micro-climatique des usagers et usagères de la ville.

Au-delà de ce travail, quelles sont les perspectives ? Cette démarche a d'ores et déjà commencé à porter ses fruits. C'est en effet dans la continuité du projet Urbaconfort et des ateliers réalisés avec des étudiant·e·s, Cité Seniors et l'AGCM (voir « Ressources complémentaires », ci-après) que l'idée de l'installation de micro-oasis dans l'espace urbain a été lancée. La Direction générale de la santé (DGS) de l'Etat de Genève a été conviée à cette réflexion et à cette volonté de repenser le paradigme de la réponse étatique face à la canicule et est désormais une partie prenante à part entière.

De cette collaboration multiple a émergé le projet de Parc en Parc, qui a permis l'aménagement de cinq « micro-oasis » en Ville de Genève, pensés comme des haltes prodiguant un espace frais et ombragé où l'on peut s'asseoir, afin de permettre aux personnes vulnérables à la chaleur de pouvoir appréhender les espaces publics et les déplacements lors des canicules de manière plus sereine et adaptée à leurs besoins.

De plus, l'opportunité offerte par la Ville de Genève dans le cadre de G'innove et Urbaconfort est un des éléments ayant permis le développement du projet Constellations Urbaines Vertes, qui aboutira courant 2022.

Si ces aménagements ponctuels, éphémères et pensés *en réponse* à un territoire urbain encore peu résilient face aux changements climatiques apportent des éléments de solutions rapides, les différentes réflexions et analyses développées tout au long du projet Urbaconfort conduisent à interroger *en amont* la fabrique des territoires. Dès à présent, l'intégration des dimensions relatives à l'adaptation aux changements climatiques au sein même des processus urbains œuvrant au renouvellement du territoire semble plus que nécessaire.

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES

OBSTACLES RELATIFS À LA MARCHABILITÉ DANS LE QUARTIER DES EAUX-VIVES (© B. BAUD)

	Rue	Obstacles/difficultés	Impact	Points positifs	Commentaires, Analyse urbaine
	Rue de la chapelle	Rue en pente (fig.2)	Difficulté à maintenir l'équilibre avec un déambulateur	Faible trafic, rue à sens unique, Zone 20, calme, peu bruyant	Cette petite rue avec très peu de circulation automobile permet de rejoindre le théâtre de l'Espérance ainsi que la place du Pré-l'Évêque facilement depuis l'EMS de la Terrassière.
		Rigole de récupération des eaux (fig.1)	Obstacles pour une personne malvoyante		
	Traversée place du Pré-l'Évêque (route de Frontenex)	Absence de feu	Peut s'avérer comme étant désécurisant	–	–
	Place du Pré-l'Évêque	Environnement bruyant, trafic aux abords très important	–	Présence de bancs tout autour de la place, point d'eau, Arbres anciens	Cette place offre beaucoup de potentiel. Elle est située au cœur du quartier et permet de relier plusieurs axes importants. En revanche, il manque des aménagements de qualité pour vouloir y rester. Sol très minéral et sombre → problématique en été. pas de lieux de rencontre hormis des bancs isolés. (fig.3)
	Traversée avenue Pictet-de Rochemont (à la hauteur de la place du pré-l'Évêque)	Feu trop court, passage piéton long	Désécurisant, ne permet pas à tout le groupe de traverser en même temps.	–	–
	Parking (fig.5)	Sol irrégulier à cause des racines des arbres (fig.7)	Peut faire trébucher ou bloquer un déambulateur	Espace généreux, avec des bancs et de l'ombre à proximité de la rue de Montchoisy (fig.6)	Malgré sa fonction de parking, cet espace dispose de beaucoup de qualité. En effet, il offre une vue panoramique sur de beaux immeubles du 18 ^{ème} . Spatialement, il se trouve en prolongement de la place du Pré-l'Évêque et pourrait être un point de rencontres et d'échanges très intéressant pour le quartier.
		Slalom entre voitures, itinéraire non tracé	Insécurité liée à la voiture, confusion dans le parcours		
	Rue de Montchoisy	Absence de banc	Ne permet pas de se reposer le long de cette longue rue (560 m) entre la place du Pré-l'Évêque et le parc de la Grange	Rue partiellement piétonne, Lien direct avec le parc de la Grange, Rez animé	Cet axe permet de relier la place du Pré-l'Évêque avec le parc de la Grange. C'est une rue particulièrement animée avec la présence de terrasses et de commerces. Les façades du 18 ^{ème} participent grandement à la qualité de cette rue. C'est également sur cette rue que se trouve l'école des Eaux-Vives. Beaucoup d'espace est utilisé pour du stationnement et pourrait être requalifié. (fig.8)
		Dévers des rampes de parking	Déstabilisant pour les personnes avec peu d'équilibre ou avec un déambulateur		
	Rue du 31 décembre	Pas d'ombre, on ressent fortement la chaleur à gauche de la rue (août, 10h15)	La chaleur a un impact plus important chez la personne âgée et peut être source de fatigue	Sentiment de fraîcheur à l'approche du lac (brise), rue calme	Rue plutôt calme permettant de relier les quais, pourrait faire l'objet d'un réaménagement avec l'aménagement de banc, de l'ombre pour permettre de relier facilement le bord du lac même en période de grosse chaleur.
	Passage piéton Rue du 31 décembre x rues des Eaux-Vives	–	–	Feu suffisamment long et adapté pour la traversée des personnes âgées.	–

				Les 4 feux sont verts en même temps.	
	Rue du Simplon	–	–	Rue calme, les aîné-e-s relèvent la présence de vitrines et ont du plaisir à marcher le long.	–
	Rue du Simplon x rue du lac	Passage compliqué, trop étroit pour passer avec le fauteuil roulant. Le trottoir est encombré des deux côtés.	Une personne seule avec une chaise ne peut pas passer. On a dû demander au service d'entretien de déplacer la barrière.	–	–
	Rue du Lac	–	–	Rue piétonne sur sa moitié, permet l'accès au lac depuis la rue des Eaux-Vives.	
	Rue des eaux-vives	–	–	Rue offrant beaucoup de commerces. Les aîné-e-s reconnaissent des commerces, caractère identitaire du lieu.	La rue des Eaux-Vives est une des rues les plus commerçantes du quartier. On y trouve des restaurants, des commerces d'alimentation et des boutiques. C'est aussi l'artère où les transports publics passent. Les trottoirs sont suffisamment larges. En revanche, l'accès y est compliqué en raison des carrefours. Exemple : la place des Eaux-Vives.
	Rue des Eaux-Vives	Passage piéton en deux parties. Feu court et îlot trop petit. (fig.9)	Ne permet pas de se tenir sur l'îlot central. Certaines personnes se trouvaient encore sur la route lorsque le feu est devenu vert pour les voitures. Très désécurisant pour les personnes de se retrouver « coincées » au milieu de la route.	–	–
	Rue du parc	Rue très raide (fig.11)	Ne permet pas l'accès à une personne en fauteuil roulant seule. Effort important	–	–

ANALYSE DES HOTSPOTS ET COOLSPOTS : APPROCHE RELATIVE

Comme discuté dans la partie « Définitions », l'analyse des hotspot et coolspot s'est faite de manière expérimentale et itérative, en cherchant à développer une méthode pertinente. Ce processus a conduit au développement de la méthode « absolue » présentée dans le rapport Urbaconfort, et à une méthode relative, présentée brièvement ici.

La représentation en valeurs relatives consiste à montrer sur une même carte la température ressentie de plusieurs parcours, en utilisant une échelle de couleurs qui va de la température ressentie la plus faible à la température ressentie la plus haute pour chaque parcours individuellement.

Pour illustrer cette idée : un point bleu foncé ne signifie pas forcément la même température ressentie d'un parcours à l'autre, mais ce point bleu peut être lu comme la température ressentie la plus basse au sein de chacun des parcours.

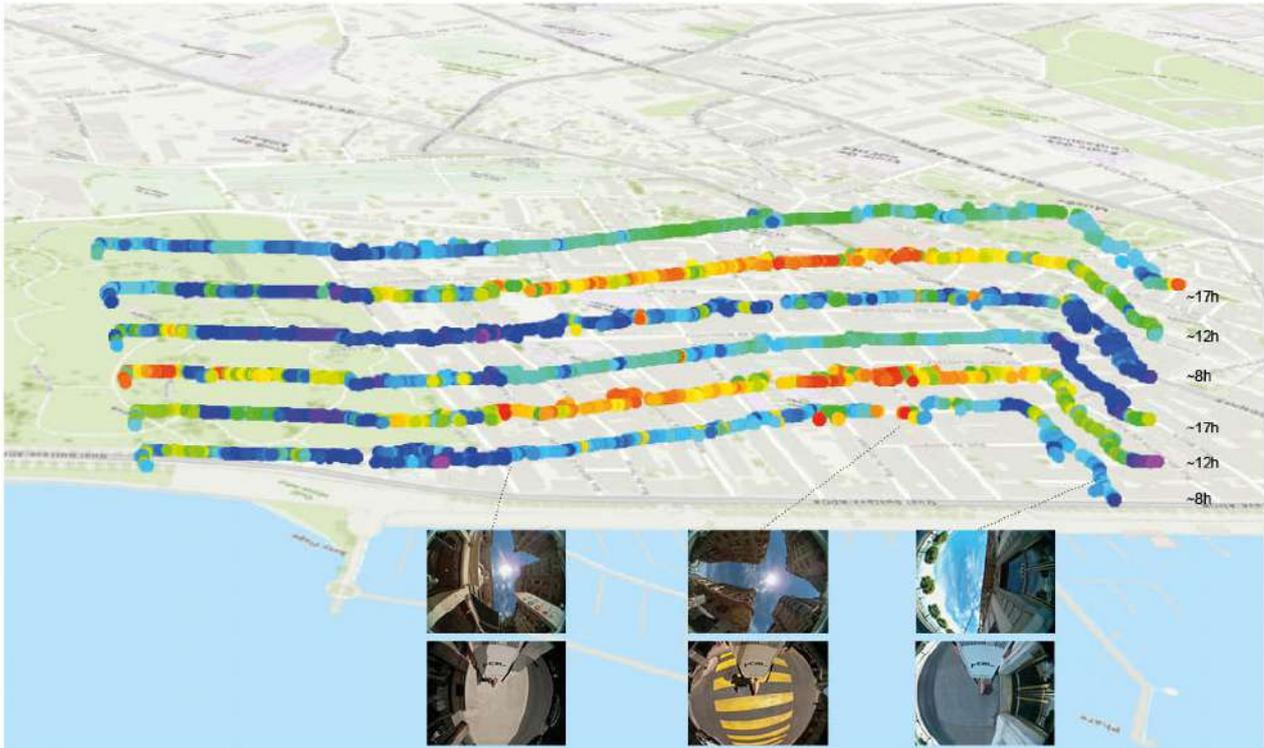
Ainsi, on peut lire une carte en cherchant si des zones sont systématiquement les lieux les plus frais ou au contraire les plus chauds du parcours, ou si on voit au contraire une évolution au cours de la journée.

Ces cartes ont été réalisées avec les données mesurées lors des étés 2019 et 2020.

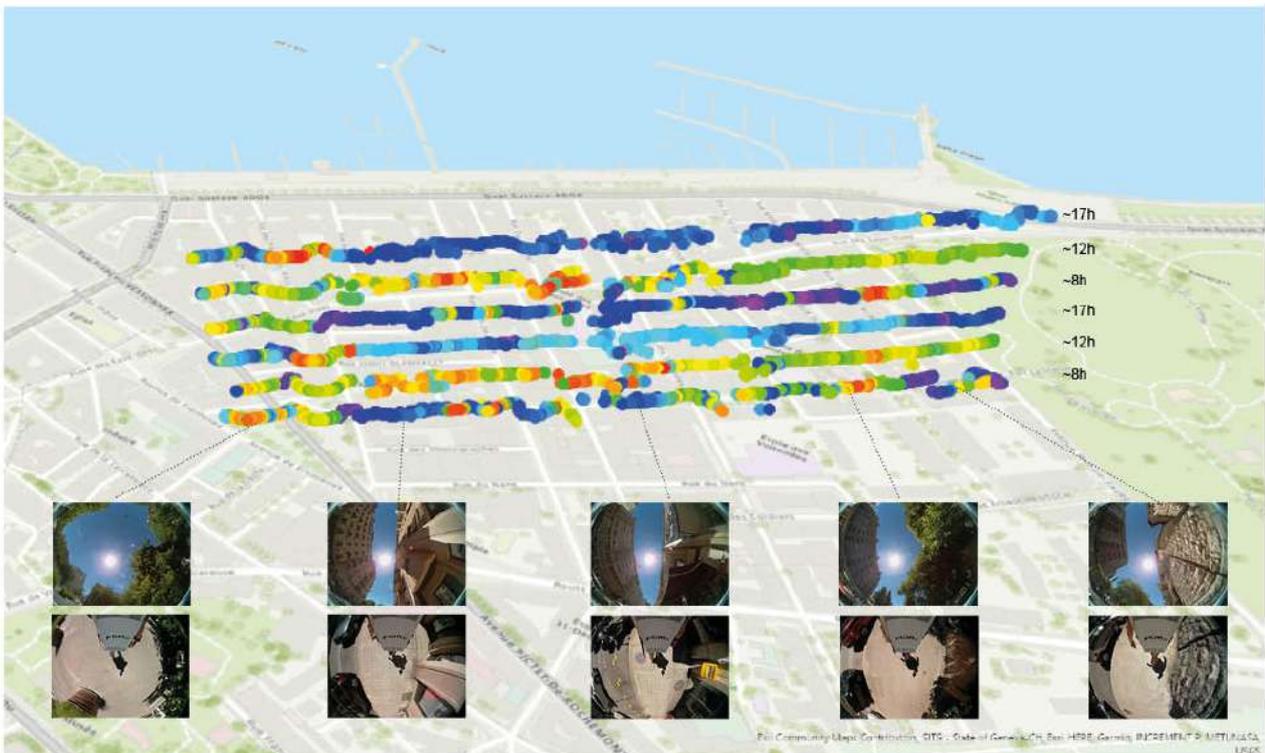
Rue de Lausanne - Quai-Wilson



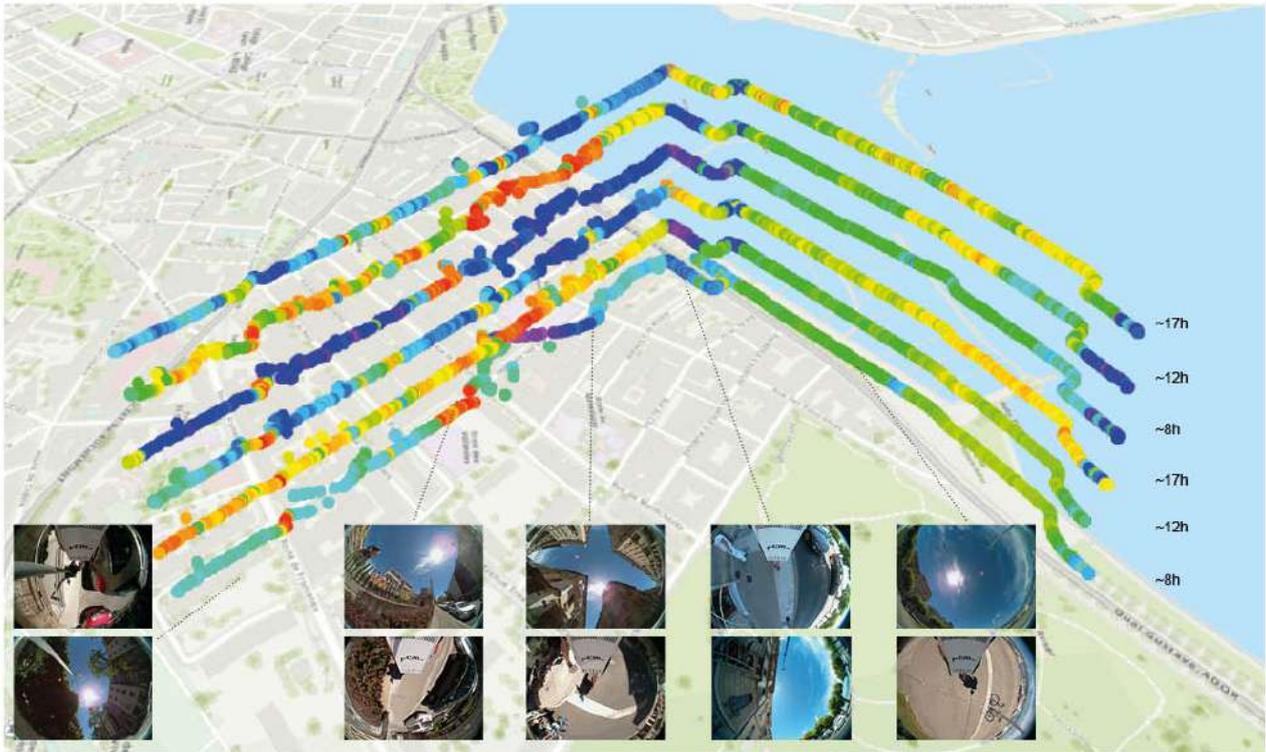
Rue du lac - Rue des Eaux-Vives



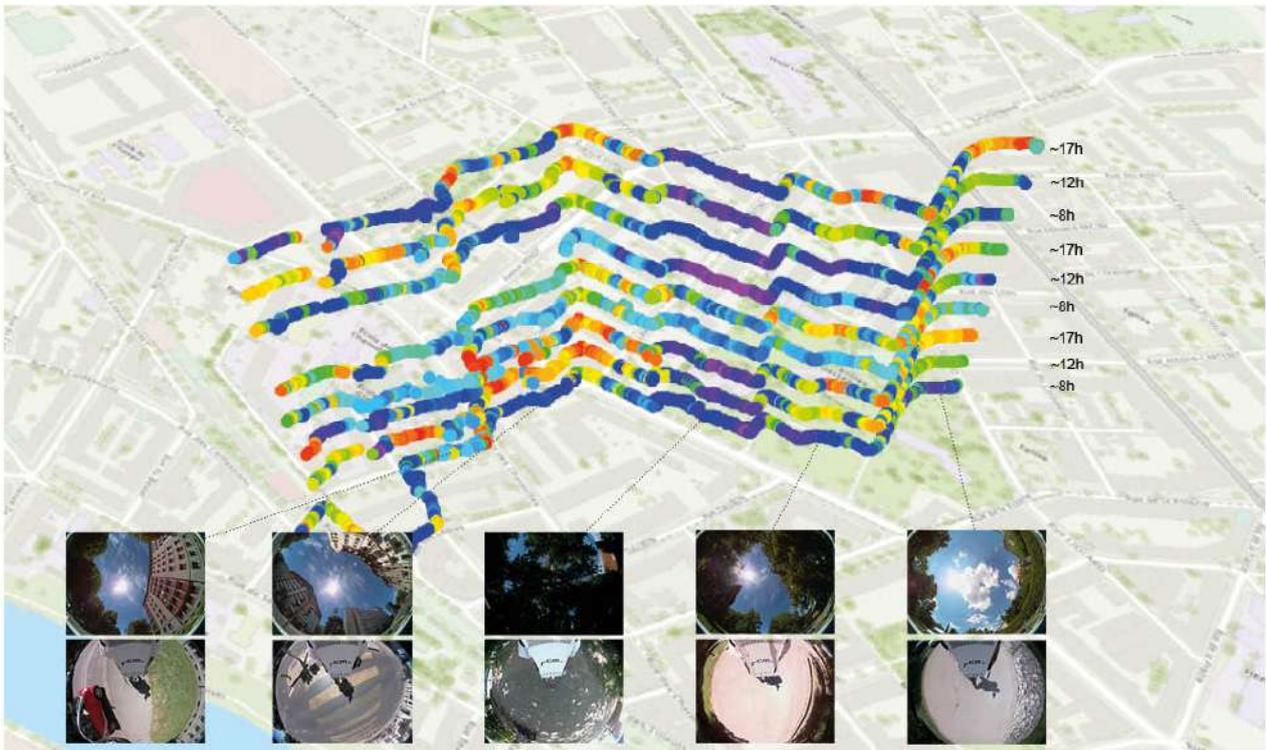
Parc de la Grange - Place de Pré-l'Evêque



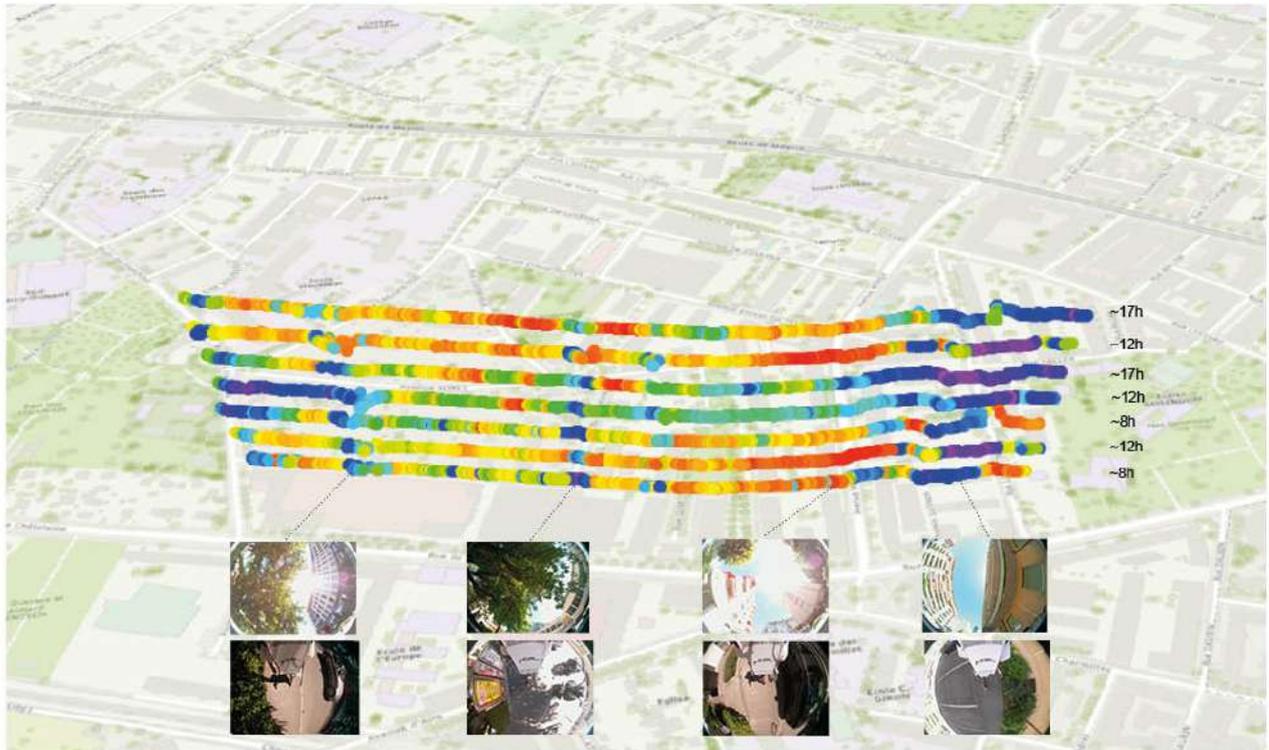
Quai gustave-Ador - Gare des Eaux-Vives (via rue des Vollandes)



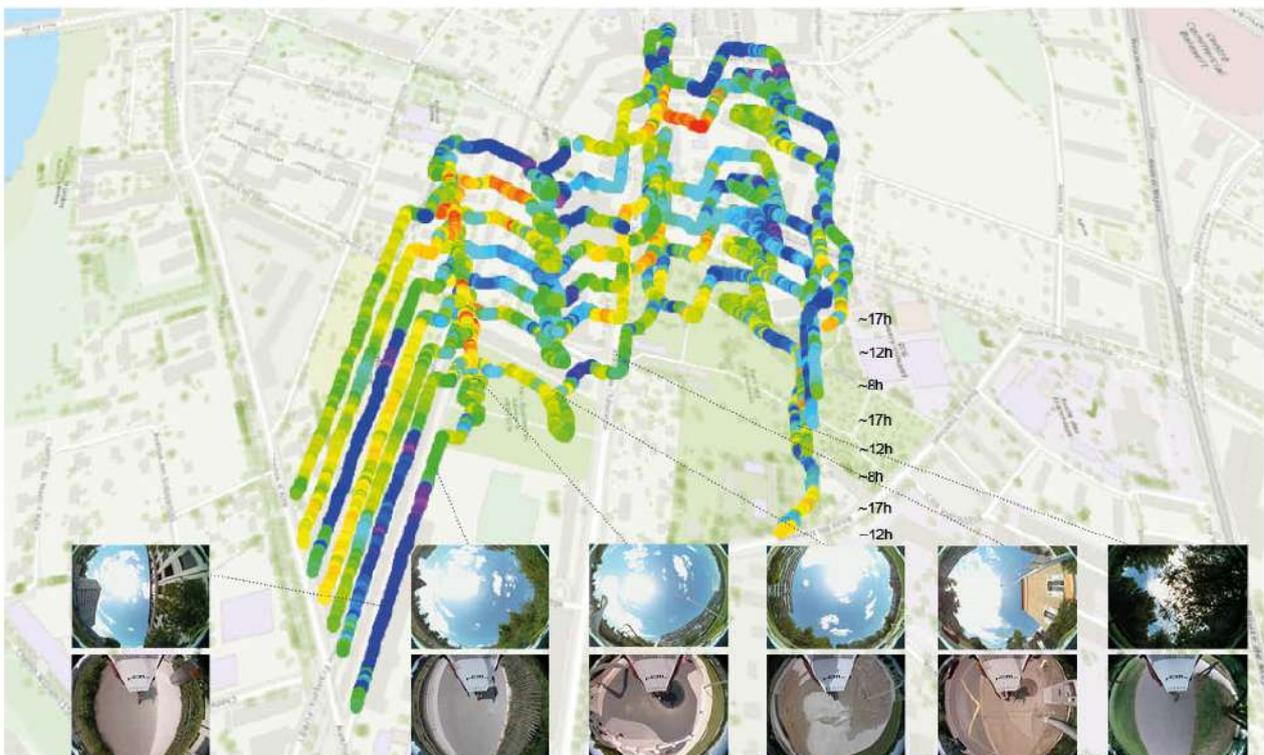
Parc Geisendorf - St-Jean



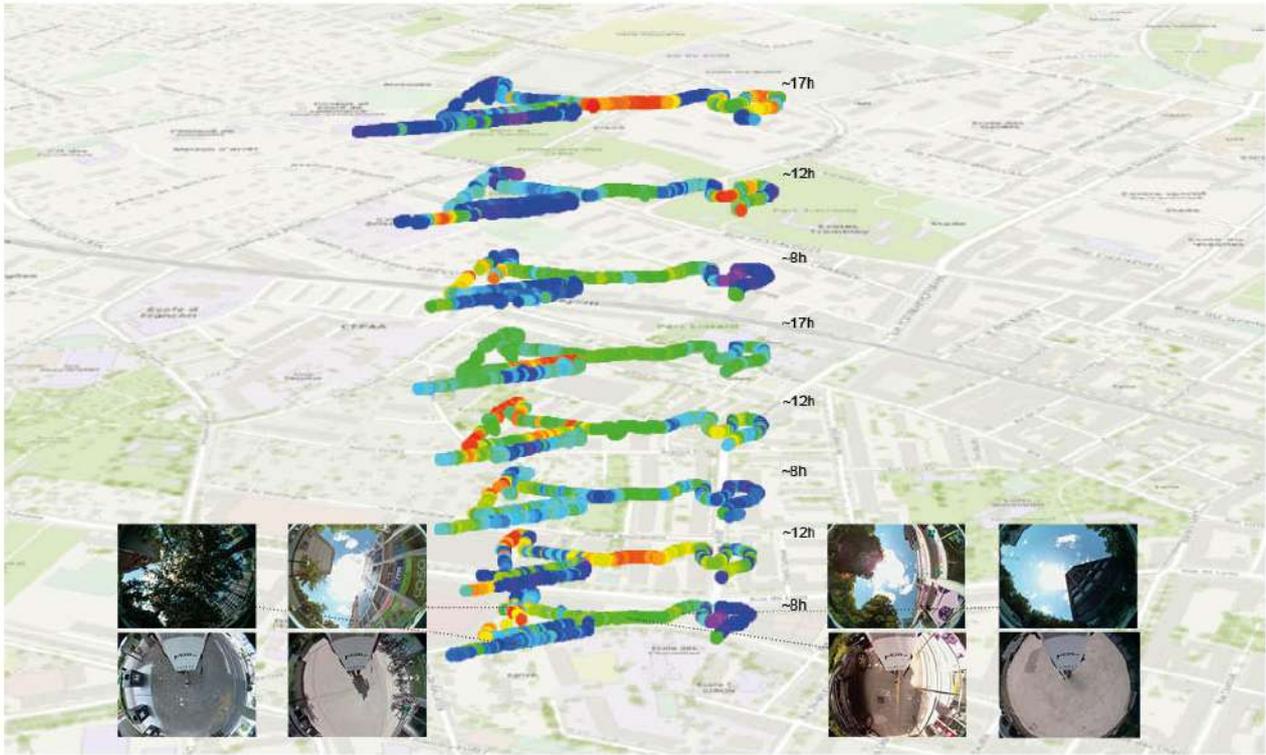
Parc Geisendorf - Parc des Franchises via rue de Bourgogne



Parc Hentsch - Parc des Franchises



Place des Charmilles - Planète Charmilles



MICRO-OASIS – UN PROJET DE L'HEPIA (ATELIER CEN) EN COLLABORATION AVEC LA VILLE DE GENÈVE.

Dans le cadre d'un Atelier interdisciplinaire, des étudiant·e·s en architecture, génie civil et architecture du paysage ont eu l'opportunité d'être accompagné·e·s par différents services de la Ville de Genève. Cet accompagnement s'est déroulé en collaboration avec le projet G'innove – Urbanconfort qui vise à proposer des espaces de fraîcheur pour les habitant·e·s et usager·e·s de la Ville de Genève.

Les étudiant·e·s avaient comme objectif de travailler sur différents lieux proposés par le service de l'aménagement, génie civil et mobilité (AGCM) de la Ville de Genève.

Le service social (SOC) de la Ville de Genève ainsi que des personnes âgées fréquentant Cité Seniors sise à la rue de Lausanne ont aussi suivi l'atelier durant le semestre.

L'atelier s'est déroulé en trois phases :

1. Phase d'immersion dans le thème
2. Phase d'avant-projet
3. Phase de projet définitif

Les objectifs étaient les suivants :

- Concevoir des micro-aménagements urbains d'été sur le domaine public de la Ville de Genève
- Leur localisation se situe à des emplacements identifiés par la Ville de Genève, en lien avec leur fréquentation par les seniors
- Des « oasis » de repos, de rencontre, de repère, de sécurisation ouvertes à toutes et tous
- Des « oasis » spécialement réfléchis pour les seniors dans le but d'inciter à la promenade à pied même lorsqu'il fait chaud

Ci-dessous, une représentation des lieux définis :

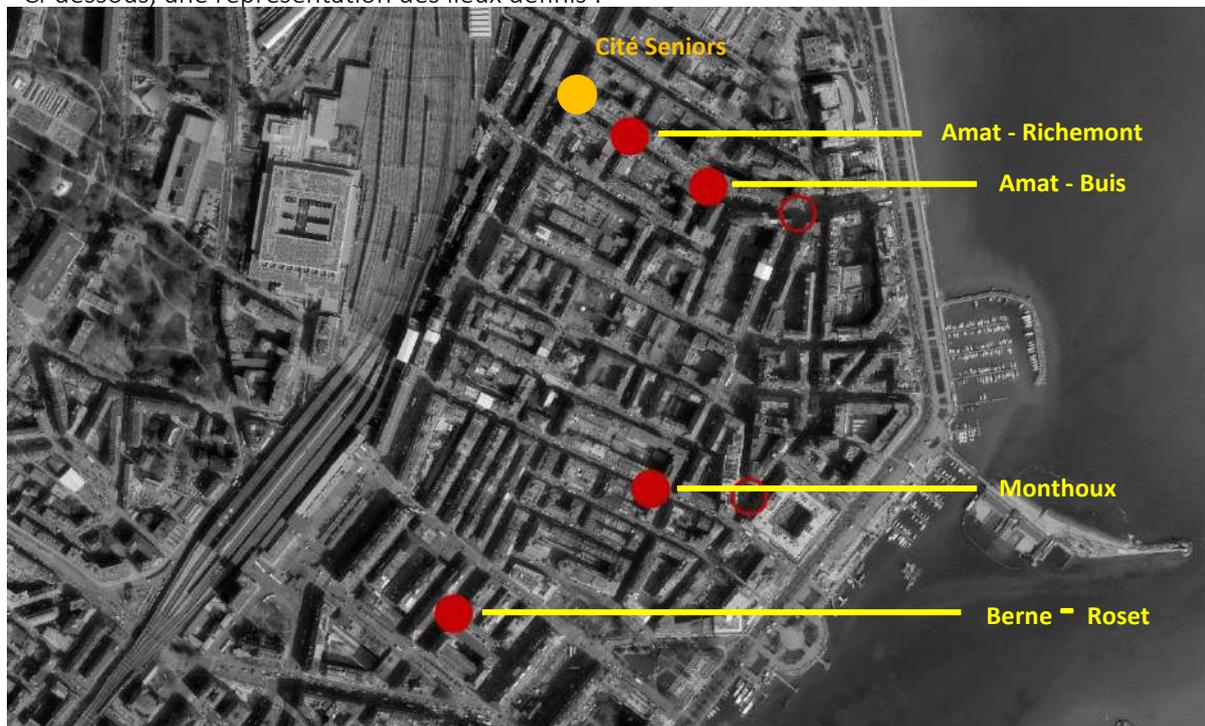
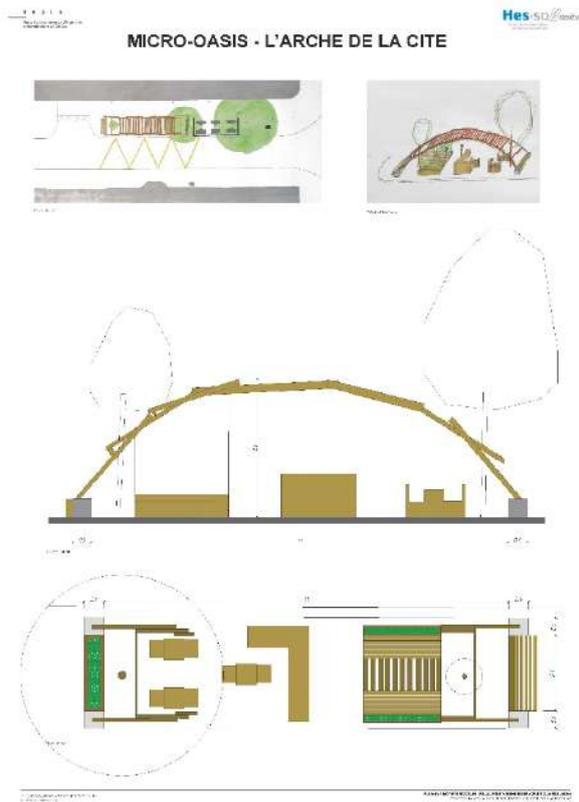


Image : SITG

Ci-dessous, un extrait des projets d'étudiant-e-s présenté à Cité Seniors lors du rendu final.



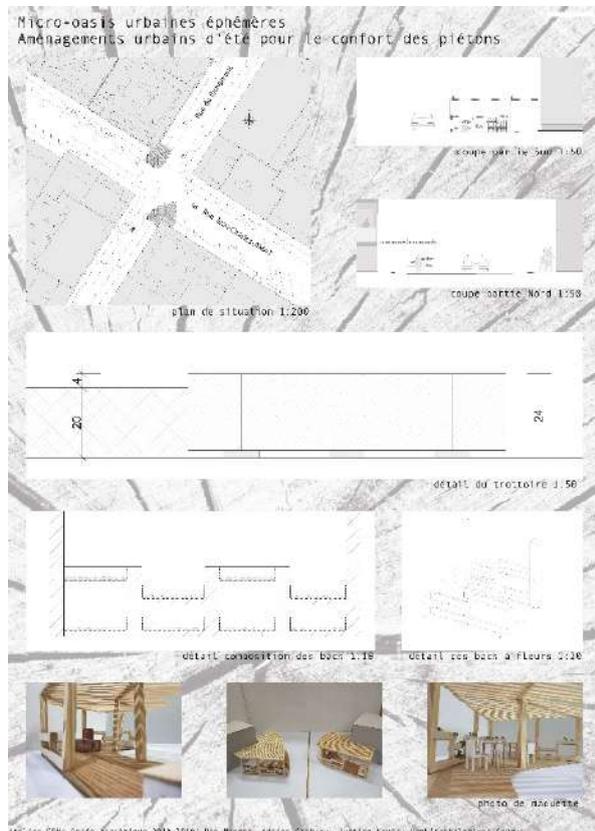
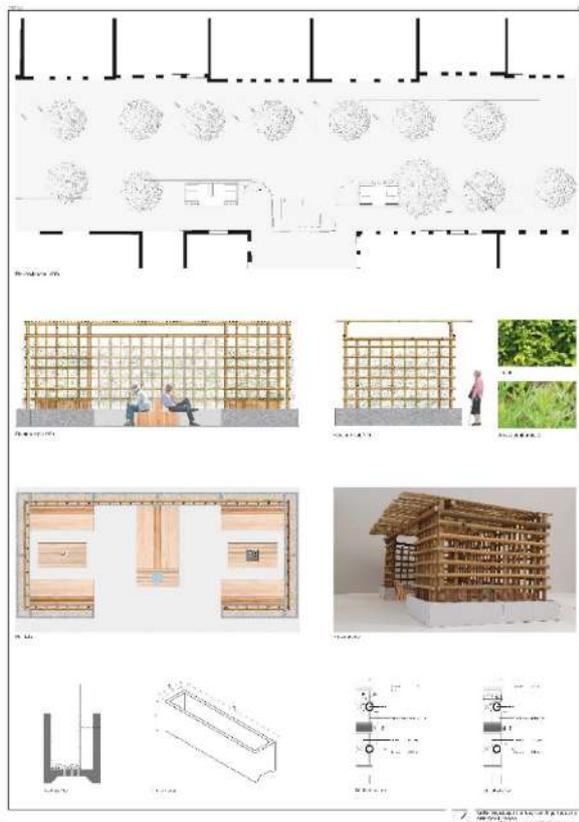
Un lieu de détente et de fraîcheur ...



PAUSE URBAINE

...dans le quartier des Pâquis

S. Leicht, L. Lopes, D. Riat et A. Wiedemeier



C'est cet atelier qui a par la suite inspiré la DGS, service ayant fait partie des accompagnants de l'atelier hepia, à mettre sur pied le projet « de Parc en Parc ».