



Février 2025

Rapport d'étude

Îlot de Chaleur Urbain

Secteur GOBBA VITRAGE

Commune de Vienne (38200)

**TRANS
FAIRE**



environnement + ville

SAS au capital de 100 000 €
SIRET 438 626 491 00049
3 passage Boutet
94110 Arcueil
Tél : 01 45 36 15 00
Fax : 01 47 40 11 01
contact@trans-faire.net
www.trans-faire.net

Table des matières

INTRODUCTION.....3

Description du projet 4

Contexte et usages 5

Contexte local..... 5

Usage actuel 5

Objet et contenu de l'étude..... 5

Objet de l'étude..... 5

Structure de l'étude 5

Effet d'îlot de chaleur urbain 6

Définition de l'effet d'îlot de chaleur urbain..... 6

Facteurs d'explication..... 6

Différentes échelles d'analyse..... 7

Traduction physique..... 8

Conséquences 10

ÉTAT INITIAL 12

Modélisation des surfaces 13

Simulation des ombrages 14

Création du maillage de points 15

Résultats du modèle à l'état initial..... 16

Températures sur la journée : analyse spatiale 16

Températures à l'heure la plus chaude : analyse temporelle 17

Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100..... 18

ÉTAT PROJET 20

Modélisation des surfaces 21

Simulation des ombrages 22

Création du maillage de points 23

Résultats du modèle à l'état projet..... 24

Températures sur la journée : analyse spatiale 24

Températures à l'heure la plus chaude : analyse temporelle 25

Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100..... 26

ANALYSE DES EFFETS DU PROJET ET PRÉCONISATIONS 28

Analyse des écarts avant / après projet..... 29

Évolutions dues au projet 29

Évolutions spatiales 30

Analyse des écarts du projet à l'horizon 2100 31

RECOMMANDATIONS ET OPTIMISATION 32

Pistes d'amélioration pour le projet 33

MÉTHODE ET RESSOURCES UTILISÉES 34

Outils et hypothèses..... 35

Outils de simulation 35

Hypothèses..... 35

Modélisation..... 35

Étapes de modélisation..... 35

Paramètres pris en compte 36

Limites du modèle 36

Bibliographie 37

Description du projet

Nature du projet

Le projet concerne le secteur de Sevenne, situé dans la commune de Vienne. Il prévoit la réhabilitation et l'aménagement d'un espace actuellement marqué par une forte minéralisation, afin de répondre à des objectifs à la fois environnementaux, fonctionnels et sociaux. L'intervention inclut la démolition de plusieurs structures existantes, le réaménagement des sols, ainsi que la création d'espaces verts de qualité.

Maîtrise d'ouvrage

Le maître d'ouvrage du projet est GOBBA SEVENNE AMÉNAGEMENT, une société par actions simplifiée (SAS), représentée par son Directeur Général, M. Vincent Gobba.

Localisation

Le projet est situé à Vienne (38200), dans le département de l'Isère, dans un quartier en bordure urbaine, entouré par des résidences, des voies de circulation et des zones naturelles. Sa proximité avec des espaces boisés et des infrastructures urbaines le place dans une zone stratégique pour le développement écologique et la réduction des îlots de chaleur urbains (ICU).

Objectifs

La construction de 406 logements, incluant des résidences seniors et des logements collectifs, pour répondre aux besoins croissants en habitat sur la commune.

Le projet vise à diminuer la température moyenne au sol et à créer des microclimats favorables en augmentant la présence de végétation et en réduisant les surfaces minérales. Mise en place de végétation multistratée et d'équipements permettant une meilleure gestion de l'évapotranspiration et des ombrages.

Le projet vise également la création d'espaces commerciaux modernisés, d'une maison de santé et d'infrastructures collectives afin de dynamiser le quartier et répondre aux besoins des habitants.

Procédures associées

Permis de construire et permis de démolir déjà déposés et en cours d'instruction.

Consultation des acteurs locaux pour garantir une intégration harmonieuse dans le tissu urbain existant.

Superficie

Surface de plancher de 30 000 m².

Perspectives environnementales

Le projet met l'accent sur l'adaptation aux changements climatiques et sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers une conception éco-responsable. Il servira d'exemple pour les futurs aménagements dans des zones similaires.



Plans de masse du projet (source : GOBBA Immobilier, 2025)

Contexte local

Le secteur de Sevenne, situé dans la commune de Vienne (Isère), se caractérise par un tissu urbain mixte composé de zones résidentielles, commerciales et industrielles. Anciennement occupé par l'usine GOBBA VITRAGE, le site a subi une forte minéralisation au fil du temps, contribuant aux îlots de chaleur urbains (ICU) et à une gestion inefficace des eaux pluviales.

La localisation du projet, proche de zones naturelles et boisées, offre une opportunité unique de renforcer les continuités écologiques tout en répondant aux besoins croissants en logement et en infrastructures de proximité. Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) en vigueur classe ce site comme une zone à urbaniser prioritaire (1AUa1 et 1AUa2).

Les usages actuels du site incluent des bâtiments désuets, en partie désertés ou inadaptés aux besoins modernes. On y trouve :

- Un supermarché vieillissant (Carrefour Market).
- Des zones de stationnement fortement minéralisées.
- Un bâtiment historique accueillant les bureaux de La Poste.

Objet de l'étude

Les objectifs de l'étude d'îlot de chaleur urbain (ICU) sont de :

- Réaliser des simulations de l'effet d'ICU à l'état initial et à l'état projet.
- Comparer les résultats des simulations et analyser les impacts du projet sur l'effet d'ICU.
- Formuler des préconisations afin de réduire l'effet d'ICU à l'état projet.

L'effet d'îlot de chaleur urbain représente un enjeu majeur sur cette opération au vu du contexte urbain local. En outre l'évolution globale du climat accentuera cet enjeu dans les décennies à venir.

Les préconisations avancées en fin de document serviront de socle et s'appliqueront à l'ensemble du périmètre du projet afin de limiter la sensibilité des espaces extérieurs à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Structure de l'étude

L'étude ICU présente la structure suivante :

- Simulation du comportement thermique actuel du secteur, et sa contribution à l'effet d'îlot de chaleur urbain.
- Analyse des incidences que le projet devrait avoir sur l'effet d'îlot de chaleur urbain à l'échelle locale.
- Le cas échéant, formulation de points de vigilance sur des secteurs potentiellement sujets à la surchauffe urbaine à l'état projet.
- Formulation de préconisations visant à réduire l'effet d'ICU du projet.
- Description des méthodes utilisées pour l'étude.

Effet d'îlot de chaleur urbain

Définition de l'effet d'îlot de chaleur urbain

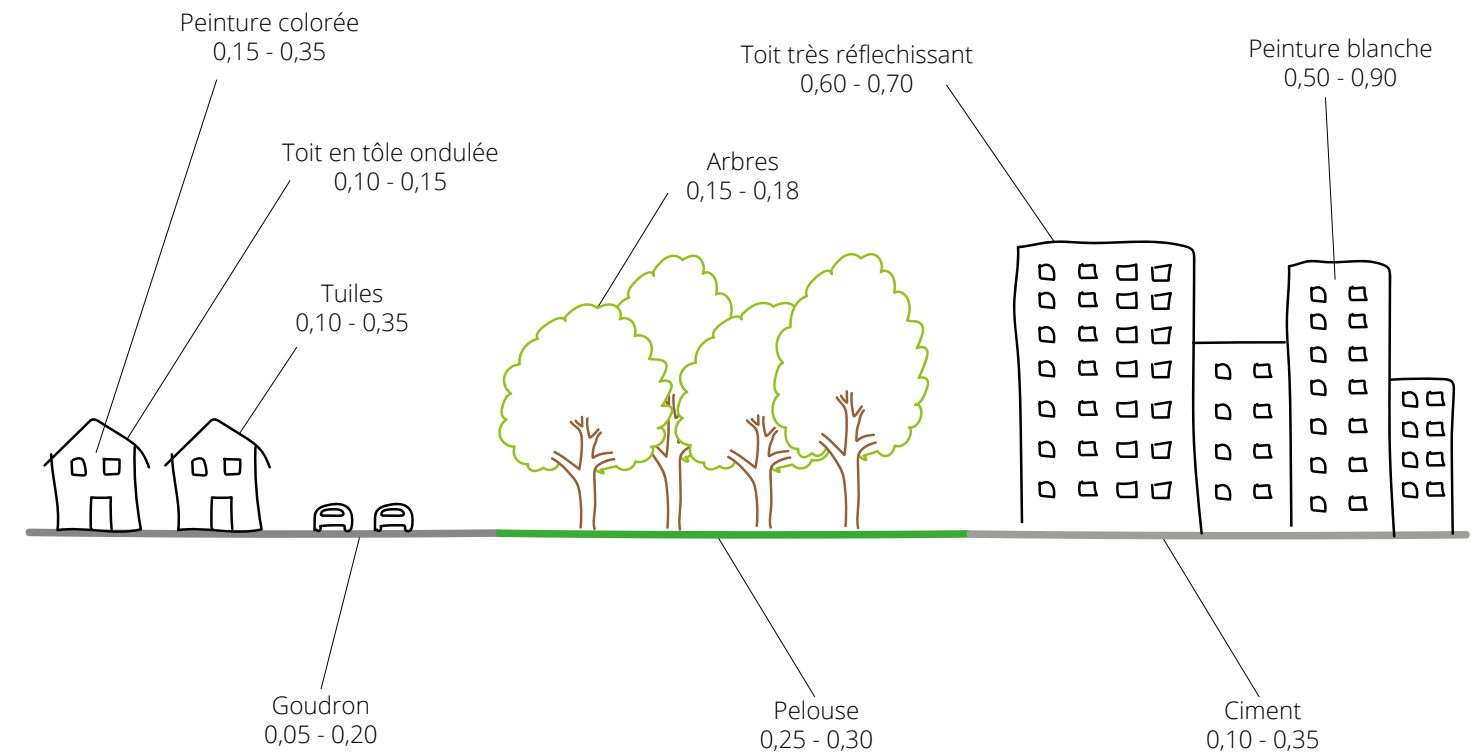
L'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène climatique largement documenté, notamment dans les travaux des instituts régionaux d'urbanisme et d'aménagement. Il se caractérise par ::

- Une élévation des températures en milieu urbain par rapport aux zones rurales et périurbaines environnantes.
- Une amplification des épisodes de chaleur dans les zones fortement urbanisées, liée à la densité bâtie et à la nature des matériaux utilisés.
- Une véritable « bulle de chaleur urbaine » qui impacte le confort thermique et la résilience des villes.

Facteurs d'explication

L'effet d'îlot de chaleur urbain est favorisé par un nombre important de paramètres, certains sont imputables aux conditions météorologiques et d'autres à la constitution du milieu urbain et aux activités qui y sont présentes. Les principaux facteurs d'explication sont les suivants :

- La météo : forte chaleur, ciel dégagé, vent faible.
- L'irradiation des surfaces : absence d'ombrage.
- Les propriétés thermophysiques des surfaces recevant le rayonnement solaire :
 - » Albédo : part de l'énergie solaire réfléchie.
 - » Émissivité : aptitude à réémettre l'énergie solaire reçue par rayonnement.
 - » Coefficient d'évapo-transpiration : coefficient caractérisant les pertes provenant de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et de la transpiration des plantes.
- La morphologie urbaine : voies de circulation importantes, grandes hauteurs des bâtiments, effet " canyon ".
- Le dégagement de chaleur issu des activités humaines : moteurs, systèmes de chauffage et de climatisation.



Exemples d'albédo de divers matériaux (source TRANS-FAIRE)

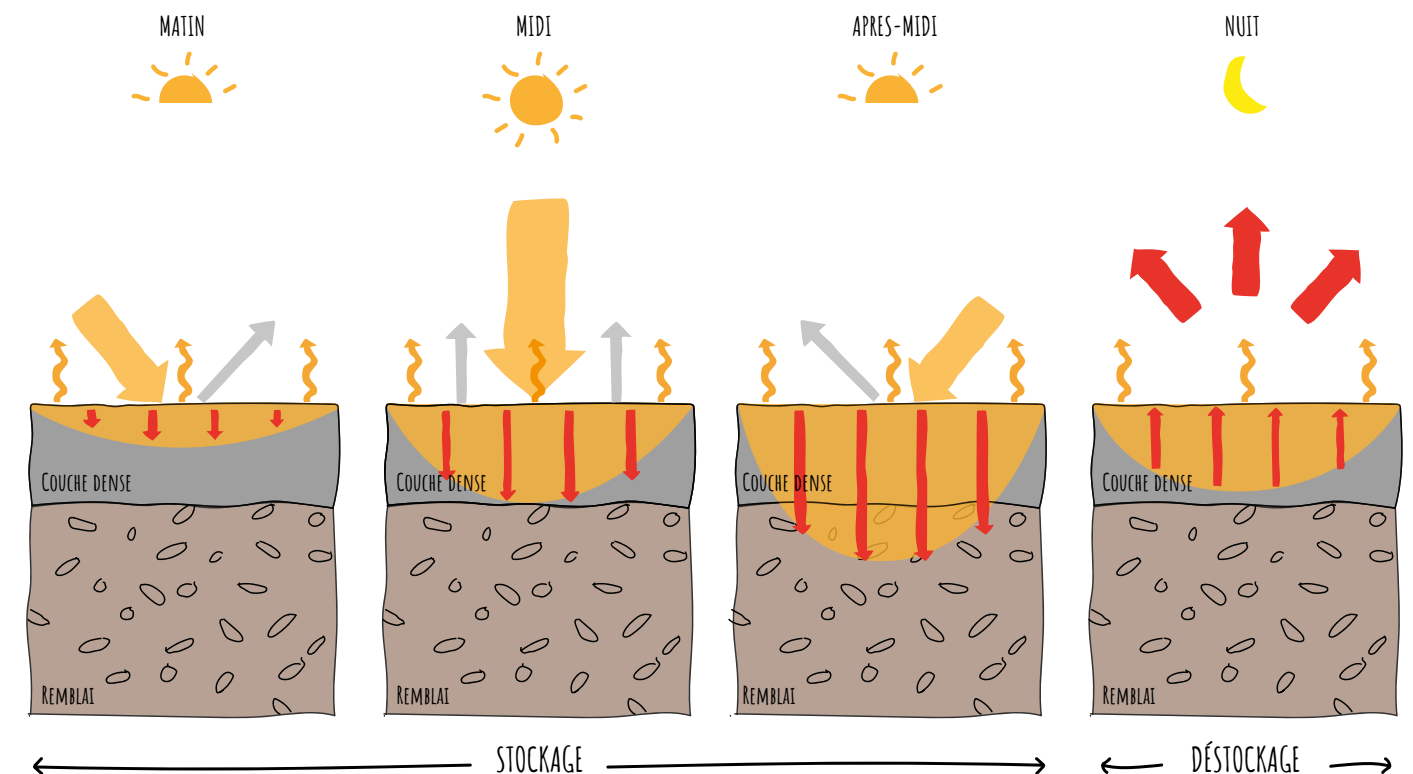


Illustration de l'émissivité (source TRANS-FAIRE)

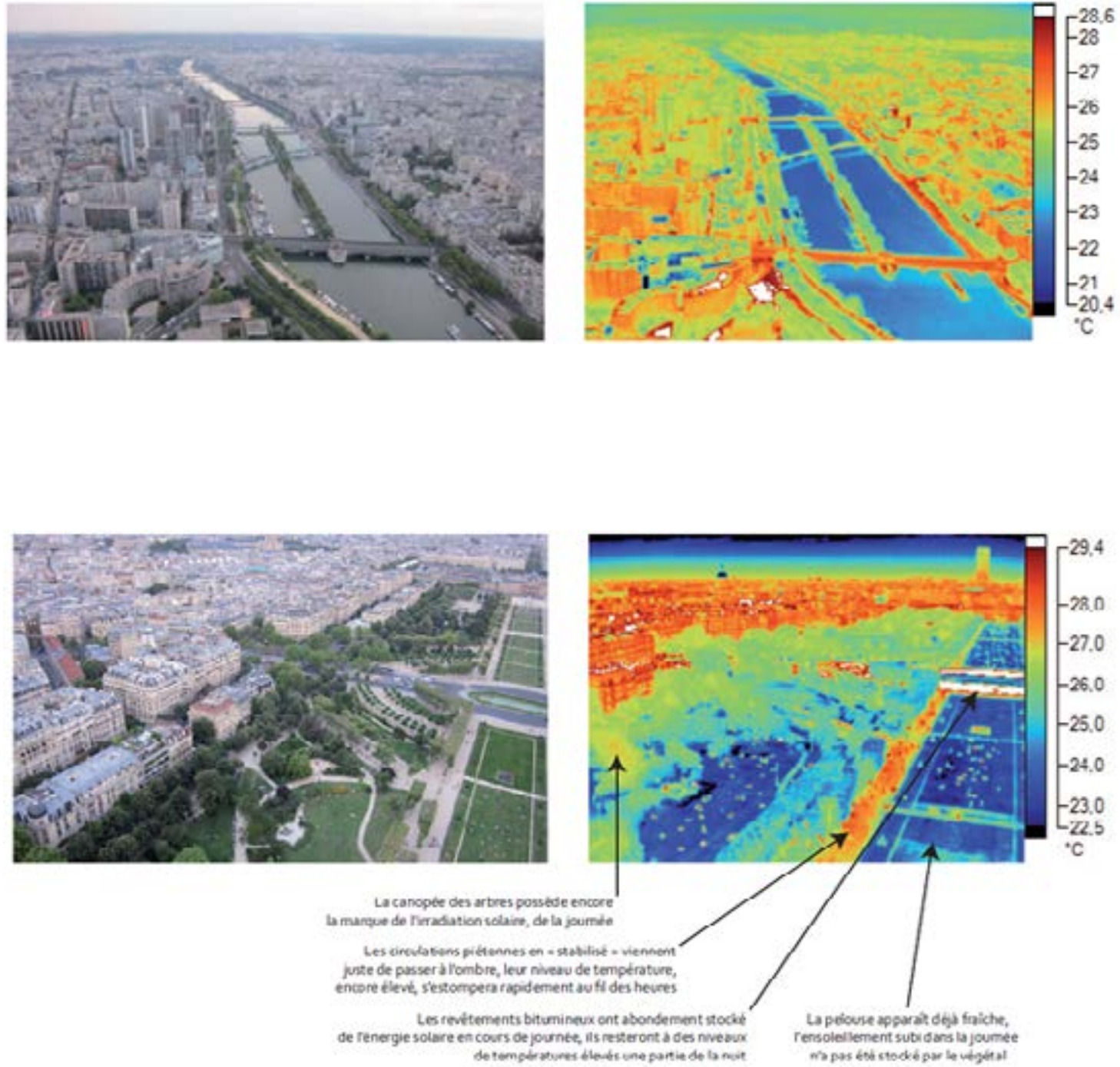
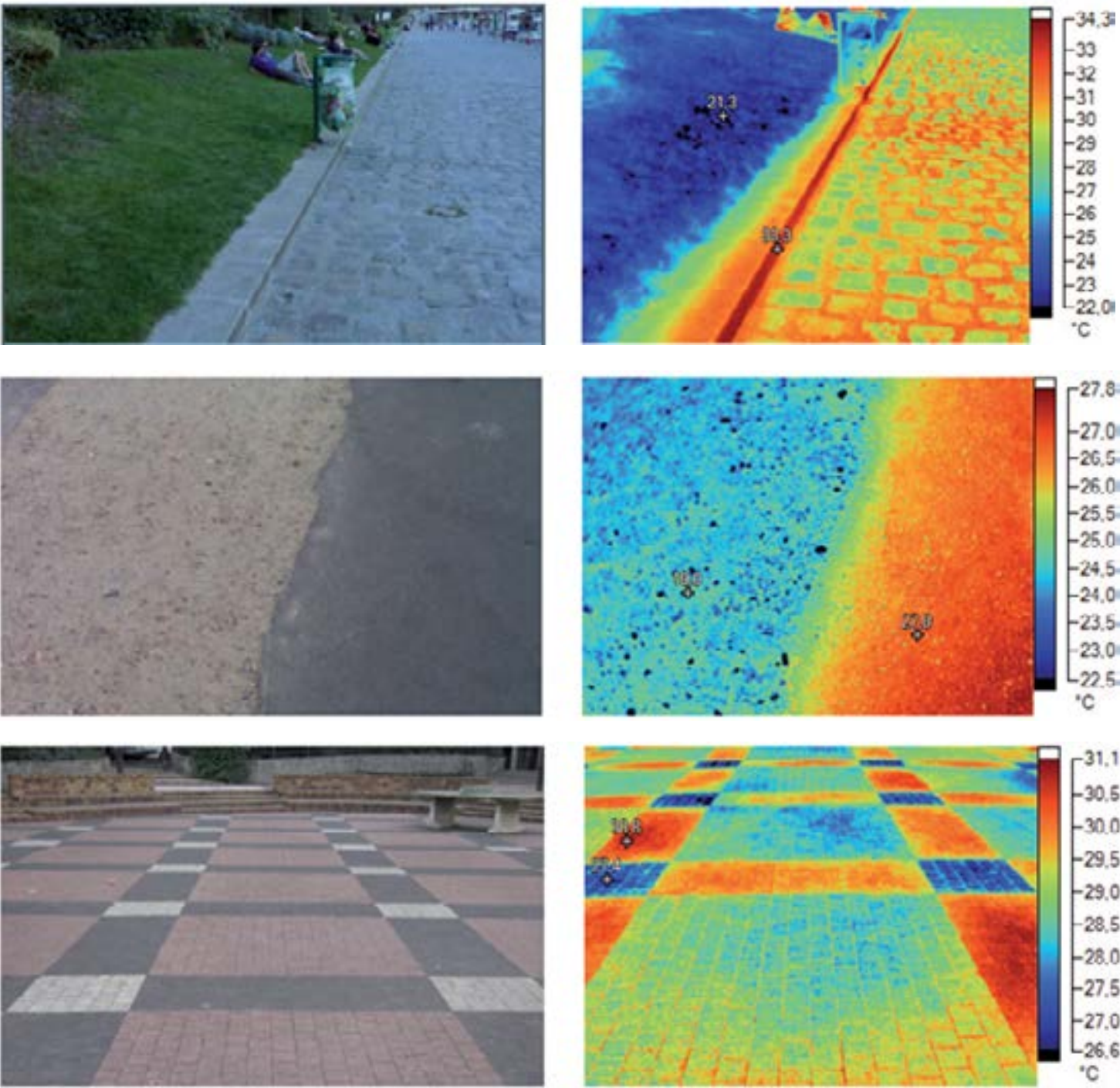
Effet d'îlot de chaleur urbain

Différentes échelles d'analyse

La sensibilité des milieux urbains à l'effet d'îlot de chaleur urbain peut être observée à des échelles variées. Les thermographies permettent d'observer le comportement thermique de zones plus ou moins larges.

A échelle rapprochée (illustrations à gauche), on peut observer la contribution des différents paramètres des matériaux de surface à la surchauffe urbaine : couleur, compacité, présence de végétation.

A échelle plus large (illustrations à droite), on peut observer le rôle des grands ensembles humides ou végétalisés sur les températures de surface et donc le ressenti à hauteur d'homme.



Thermographies urbaines peu après le coucher de soleil (source APUR, 2012)

Effet d'îlot de chaleur urbain

Traduction physique

En fonction des conditions météorologiques, le flux de chaleur en surplomb des villes est entre 20 et 60% supérieur à celui dégagé par la campagne environnante.

Concrètement, le phénomène d'ICU se traduit par des températures plus élevées en cœur d'agglomération que dans les zones rurales alentours. Cette différence de température est particulièrement importante la nuit, le rafraîchissement de la ville étant amoindri par les propriétés des matériaux de surface qui la composent.

+2,5°C en moyenne au centre de Paris

En moyenne annuelle, l'ICU se traduit en Île-de-France par des différences de températures nocturnes, de l'ordre de 2,5°C entre Paris (13,5 à 14 °C, moyenne de 1995 à 2004) et les zones rurales (11 à 11,5°C), comme le Vexin ou les forêts de Rambouillet et de Fontainebleau.

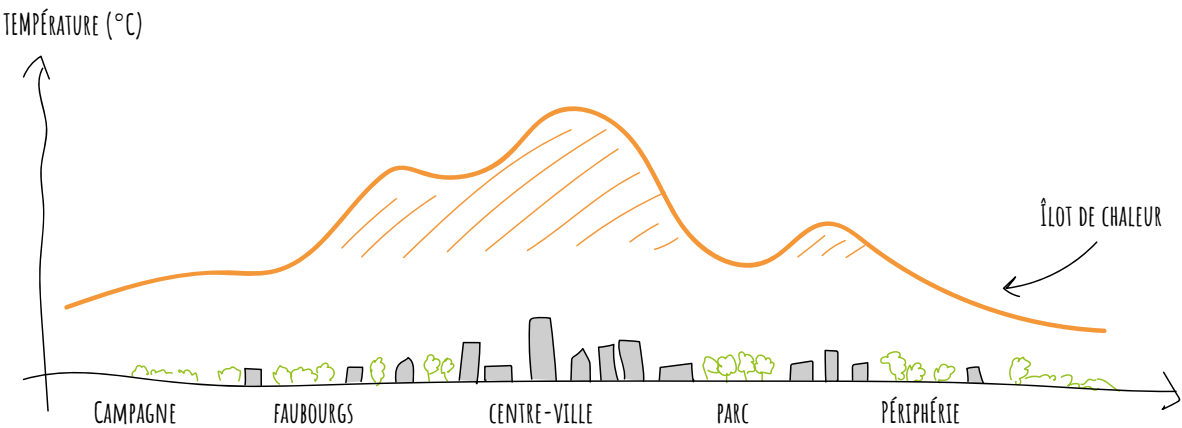


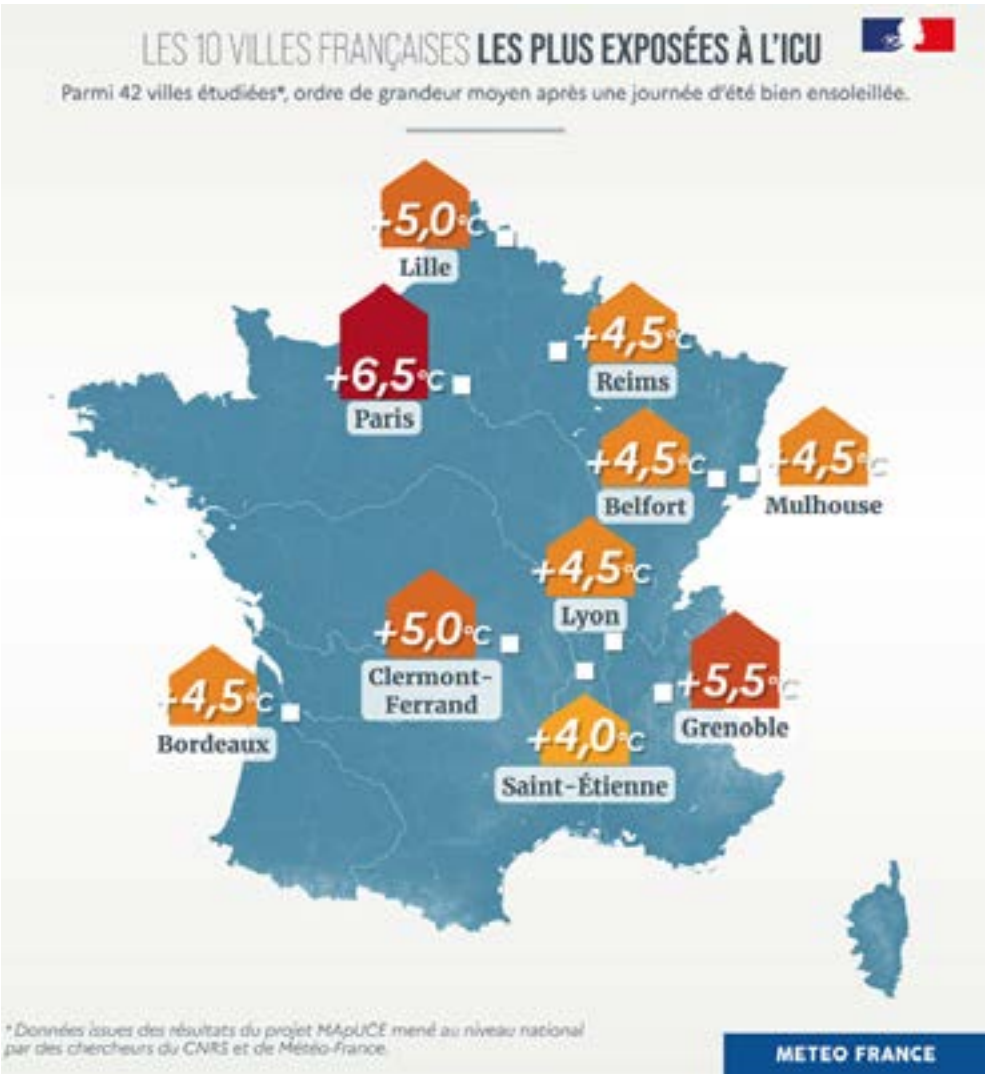
Illustration du phénomène d'ICU (source TRANS-FAIRE)

Une différence de température nocturne de plus de 8°C en période de canicule

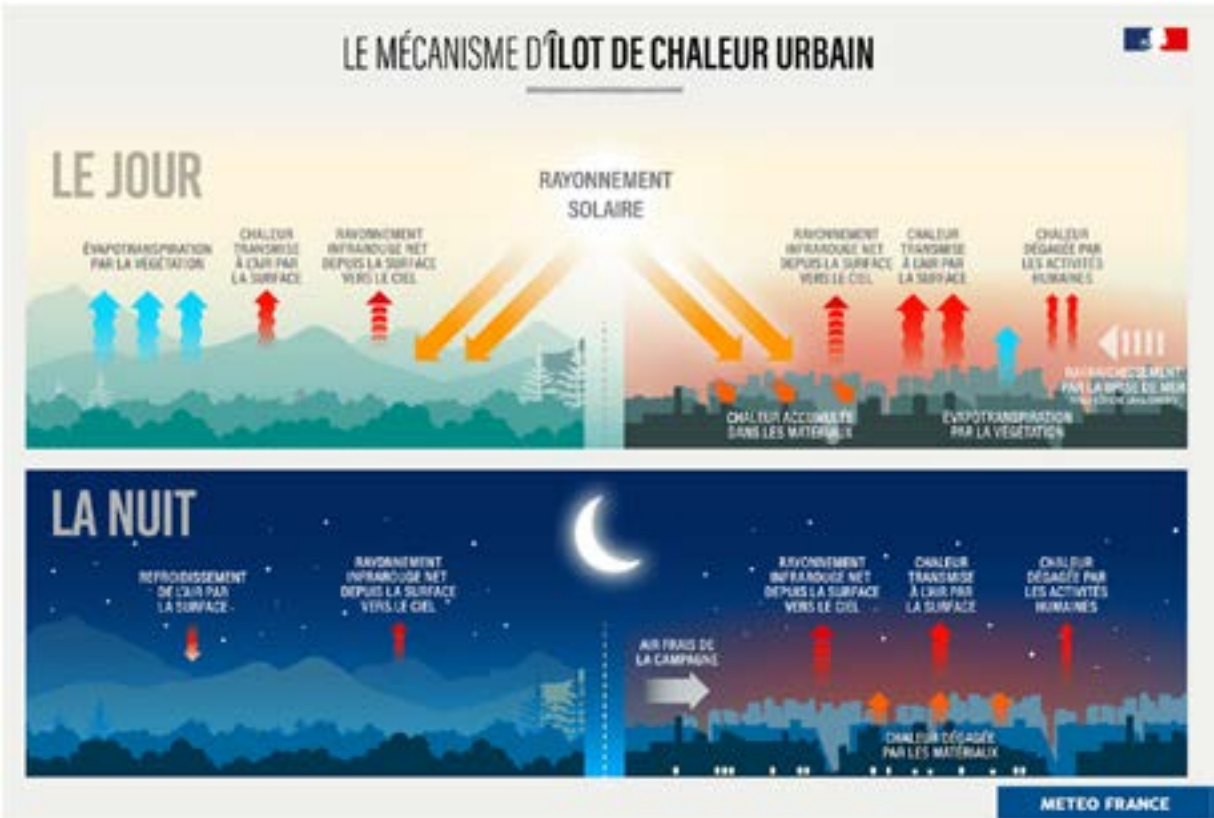
Les différences de température engendrées par l'effet d'ICU s'accroissent à mesure de l'intensité des épisodes de chaleur.

À titre d'exemple, lors de la canicule de 2003, les températures de surface relevées par satellite entre le 4 et le 13 août ont permis de relever une magnitude d'environ 8°C la nuit entre le centre-ville de Paris et les zones rurales.

Lors d'un autre épisode caniculaire survenu en 2012, la différence de température relevée entre le 18 et le 20 août a atteint 8,4°C entre le centre de Paris et la commune de Melun.



Données issues des résultats du projet MAPUCE (2021) mené au niveau national par des chercheurs du CNRS et de Météo-France



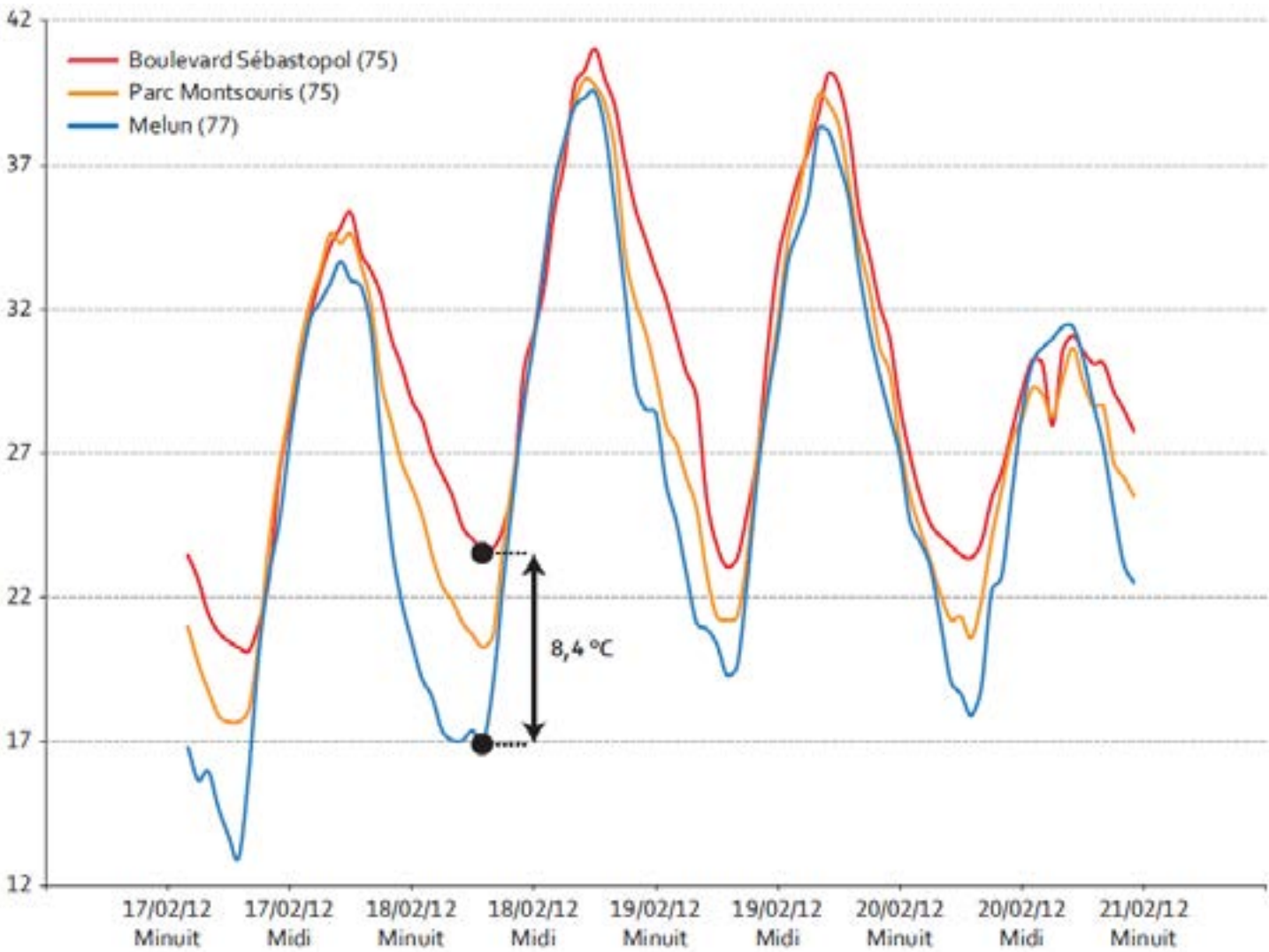
Source : Météo France, 2025

Effet d'îlot de chaleur urbain

Un comportement thermique différent de jour

En période diurne, les contrastes de température entre zones urbaines et rurales sont différents. Ils soulignent davantage les anomalies thermiques des zones industrielles (très chaudes le jour, plus froides la nuit) et la fraîcheur des espaces boisés opposée à la chaleur des champs cultivés non ombragés.

En période de fortes chaleurs, il n'existe quasiment pas de différence de température en journée entre les zones urbaines et rurales lorsque l'on observe l'échelle régionale.

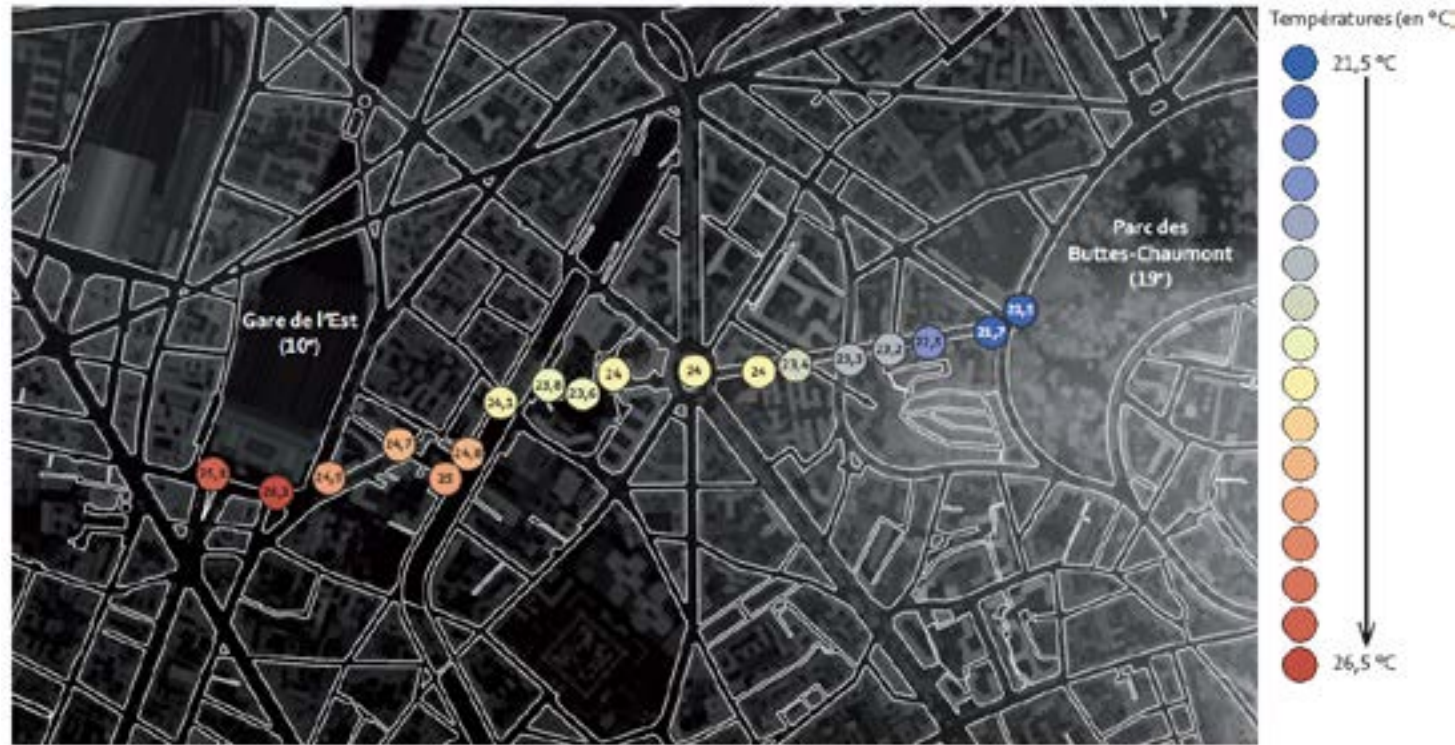


Température du 18 au 20 août sur les stations Sébastopol (Paris 1er), Montsouris (Paris 14ème) et Melun (77) (source APUR)

Des écarts de température constatés à échelle plus réduite

A une maille resserrée, des différences de température sont également constatées. Toujours en 2003, on constatait pour la température de l'air à 2 m du sol :

- + 2°C à + 5°C dans certains arrondissements parisiens par rapport à certains parcs et bois intra-muros.
- Jusqu'à + 7°C entre la banlieue parisienne nord-ouest et les forêts humides environnantes.



Températures de l'air relevées entre la gare de l'Est et les Buttes-Chaumont le 1er août 2011 à 22:00 (source APUR)

Effet d'îlot de chaleur urbain

Conséquences

Un phénomène amplificateur en épisode de canicule

L'effet d'ICU a un effet négatif sur le confort thermique urbain (inconfort des espaces de vie, publics et privés) et sont donc un risque pour la santé publique des citoyens lorsqu'ils sont combinés à un épisode caniculaire. L'îlot de chaleur urbain, particulièrement intense en période de fortes chaleurs, amplifie le stress thermique des habitants et les risques associés (déshydratation, aggravation des maladies chroniques ou coups de chaleur, surmortalité).

Si l'effet d'ICU entraîne un moindre besoin de se chauffer l'hiver, source d'économie d'énergie, le principal enjeu associé porte donc sur l'aggravation potentielle des effets liés aux vagues de chaleur : soit l'été, en période de canicule, la nuit. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur due au dérèglement climatique ainsi que le vieillissement de la population tendent à rendre ce phénomène de plus en plus préoccupant pour la santé publique en ville.

Alors que les récents épisodes de canicule – surtout 2003 mais aussi 2006, 2015 ou encore 2019 et 2022 et 2023 - ont déjà marqué particulièrement les Franciliens, le phénomène d'ICU devrait toucher une population de plus en plus importante pouvant à l'avenir rendre la vie en ville pénible.

Des conséquences multiples

Hormis le confort thermique et la surmortalité en périodes de canicule, l'effet d'ICU induit également d'autres conséquences sur les activités humaines et la biodiversité :

- Stress hydrique par l'aggravation de l'évaporation de l'eau contenue dans les sols.
- Surmortalité pour certaines espèces animales et végétales.
- Augmentation de la consommation d'énergie liée à la climatisation et à la réfrigération.
- Augmentation de la consommation d'eau liée à l'arrosage et au rafraîchissement.
- Aggravation des épisodes de pollution en été, les fortes chaleurs favorisant la formation d'ozone.
- Perte de productivité : baisse du rendement des travailleurs, adaptation des horaires pour les travaux pénibles.
- Perturbation des infrastructures et des réseaux urbains (de transport notamment).

L'îlot de chaleur à Lyon
Par intensité
Négligeable Non négligeable Fort



Source : MApUCE. Crédits : franceinfo

Exemple d'ICU de la ville de Lyon.



Processus de formation de l'ozone atmosphérique (source Airparif)

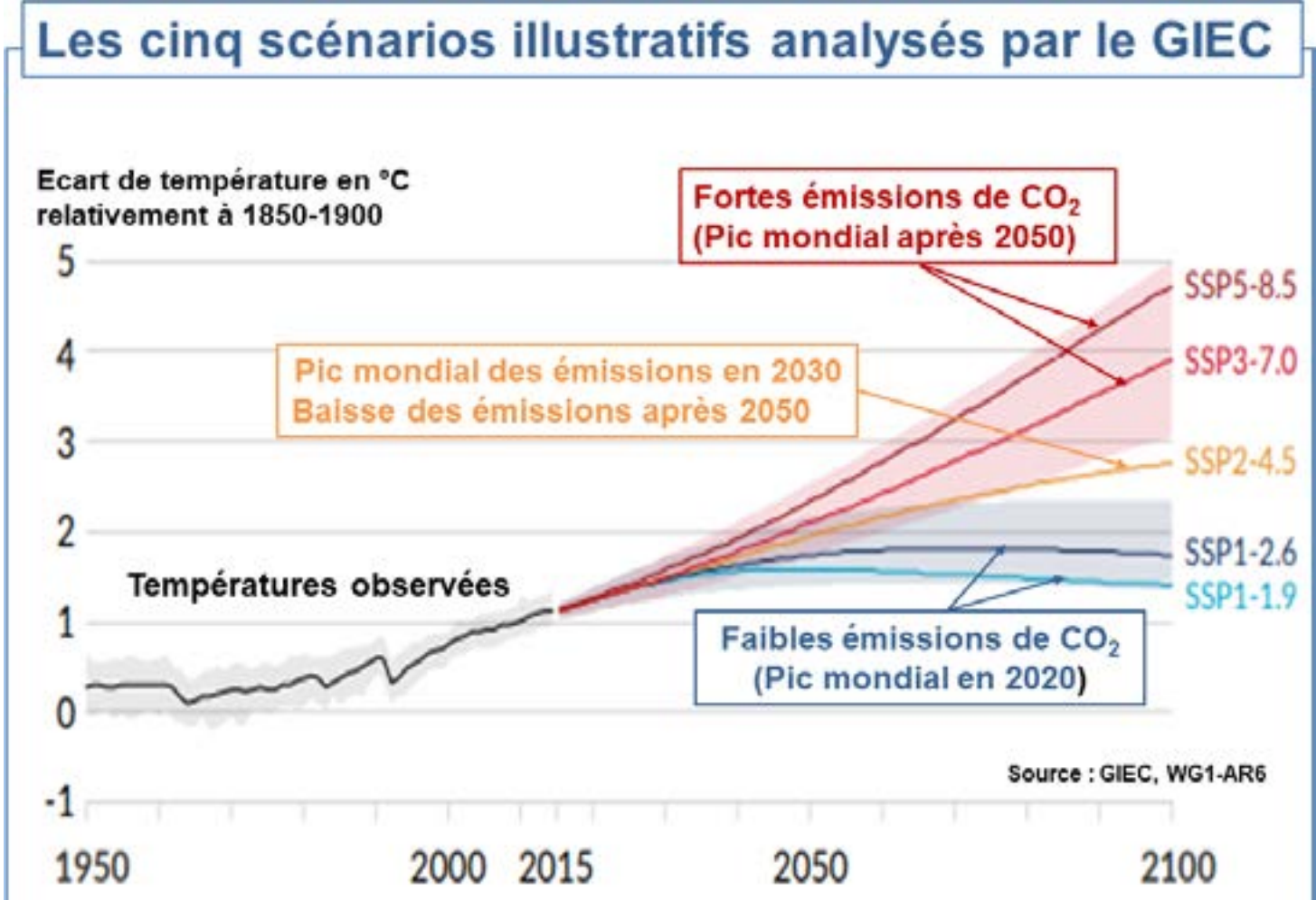
Effet d'îlot de chaleur urbain

L'amplification des événements extrêmes climatiques

Le rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) est la référence majeure dans l'étude du changement climatique. Dans ce contexte, le scénario RCP8.5 est souvent cité comme le pire des scénarios possibles, caractérisé par une augmentation importante des émissions de gaz à effet de serre. Ce scénario envisage une trajectoire où les émissions continuent d'augmenter sans intervention significative pour les réduire. En conséquence, il est associé à une élévation de température mondiale plus élevée que les autres scénarios, jusqu'à +4°C à l'horizon 2100. Cette hausse de température aura des répercussions dramatiques sur les événements climatiques extrêmes, tels que des vagues de chaleur prolongées, des tempêtes plus intenses, et des périodes de sécheresse plus fréquentes. Ces phénomènes exacerbent les îlots de chaleur urbains, où les températures dans les zones urbaines sont plus élevées que dans les zones rurales environnantes, amplifiant les risques pour la santé et le bien-être des populations urbaines. Ainsi, comprendre et anticiper ces impacts climatiques est crucial pour la planification urbaine et la gestion des risques dans les décennies à venir.

La présente étude se propose d'étudier ce phénomène à horizon futur. Dans ce cadre, le logiciel Météonorm projette et simule des fichiers météo interpolant les données météo actuel et les différents scénarios du GIEC pour pouvoir fournir des données prospectives exploitable dans la modélisation des états initiaux et des états projetés.

La modélisation est effectuée à deux horizons clés, à savoir l'horizon 2030, correspondant à la livraison du projet, et à l'horizon 2100, afin d'évaluer les risques à long terme. La méthodologie adoptée dans cette étude repose sur l'utilisation du scénario RCP8.5 du GIEC. Ce choix permet d'anticiper les conditions les plus extrêmes du changement climatique, où les émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter.



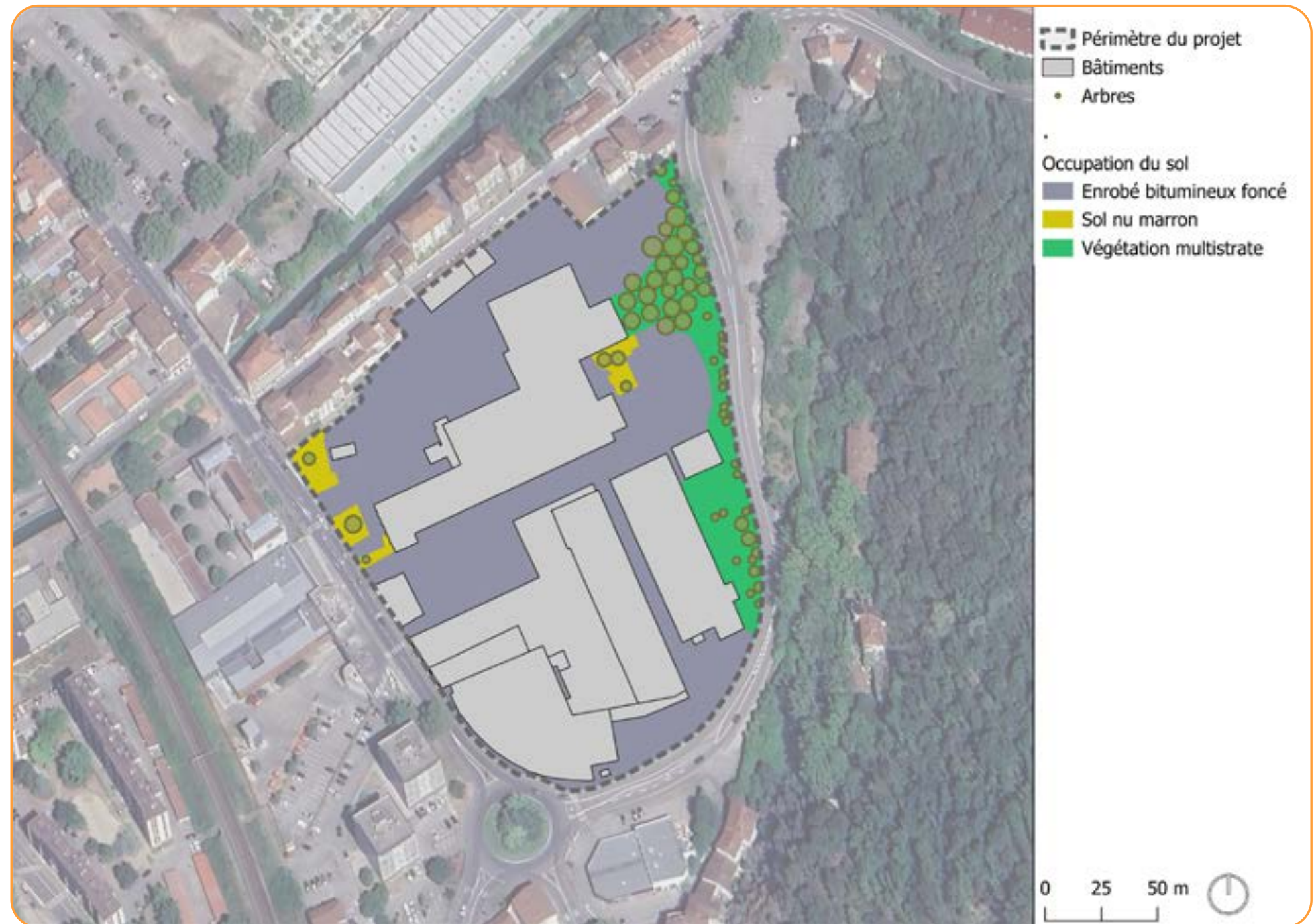
Graphique des différents scénarios étudiés par le GIEC et de l'évolution des températures associées (GIEC, 2021)

Modélisation des surfaces

L'état initial des surfaces du site de Sevenne, situé à Vienne, présente une forte prédominance de surfaces minérales, typique des zones industrielles.

La modélisation du site prend en compte plusieurs facteurs : la matérialité du sol intégrant différents paramètres physiques, le bâti et sa hauteur correspondante, puis les sujets arborés selon la hauteur et le diamètre de leur houppier. La modélisation des surfaces sur QGIS¹ à l'état initial est présentée ci-contre. Les éléments modélisés sont les suivants :

1. Les éléments bâtis avec leurs hauteurs respectives.
2. Le type de sol :
 - Enrobé bitumineux foncé ou clair.
 - Végétation multistrata
 - Sol nu minéral/Terre fortement desséchée.
3. Les arbres et arbustes modélisés avec leurs hauteurs et leurs diamètres respectifs.



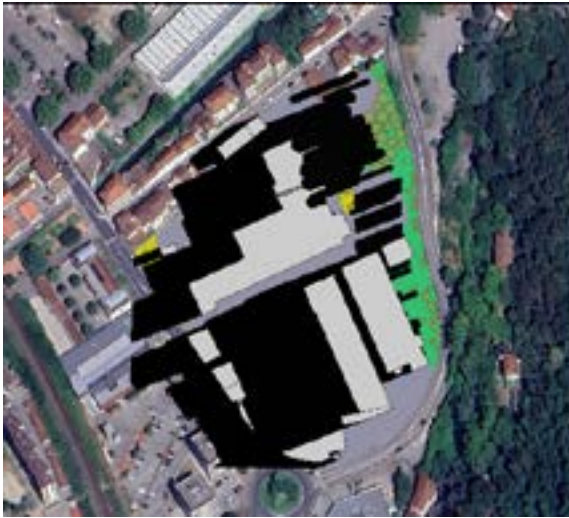
Modélisation de l'occupation du sol à l'état initial (TRANS-FAIRE, 2025)

¹ Logiciel de système d'information géographique

Simulation des ombrages

La deuxième étape du modèle consiste en la simulation des ombres portées des bâtiments et des arbres sur le périmètre d'étude pour la journée choisie, à savoir le 21 juillet 2024 (journée du solstice d'été). Les ombres portées sont simulées pour chaque heure de la journée entre 06:00 et 20:00 via le module UMEP.

Les aperçus de ces simulations à 06:00 à 20:00 par pas de 2 heures sont présentés ci-dessous.



Ombres portées à 06:00



Ombres portées à 08:00



Ombres portées à 10:00



Ombres portées à 12:00



Ombres portées à 14:00



Ombres portées à 16:00



Ombres portées à 18:00



Ombres portées à 20:00

Création du maillage de points

Afin de réaliser la simulation, un maillage de points a été réalisé sur le site. La densité des mailles est d'un point tous les quatre mètres dans les sens nord-sud et est-ouest du périmètre d'étude. A l'état initial, le maillage comprend 1247 points.

Les caractéristiques thermophysiques des différents types de revêtement sont pris en compte dans le calcul des températures, associées à la présence d'ombre, pour chaque point du maillage.

Les données considérées sont :

- Matériau.
- Couleur : couleur qui représente chaque typologie de sol dans QGIS.
- Alb : albédo du matériau (compris entre 0 et 1) – C'est l'énergie solaire réfléchie par rapport à l'énergie solaire reçue.
- Em : émissivité du matériaux (compris entre 0 et 1) – C'est l'aptitude d'un matériau à absorber puis à réémettre de l'énergie par rayonnement.
- Cv : capacité thermique isochore (en J/K) – C'est une grandeur exprimant la chaleur qu'il faut transférer à un corps pour augmenter sa température d'un kelvin.
- Kc : coefficient d'évapo-transpiration – L'évapo-transpiration est l'évaporation et la transpiration. Cela englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et de la transpiration des plantes.

Matériau	Alb	Em	Cv	Kc
Végétation multistrata	0,15	0,98	2 500 000	1,3
Pelouse verte	0,33	0,98	2 500 000	1
Sol nu minéral	0,29	0,98	1 900 000	0
Béton clair	0,45	0,94	2 083 000	0
Bitume foncé	0,15	0,94	2 083 000	0
Ciment	0,23	0,91	1 680 000	0



Maillage des points de calcul à l'état initial (TRANS-FAIRE, 2025)

Extrait des paramètres du maillage de points avec différents types de couvertures de sol (source diverses selon les matériaux, issu de l'outil ICETool, Egis open data)

Résultats du modèle à l'état initial

L'outil ICEtool permet de calculer les températures de surface des points de maillage du périmètre d'étude sur base des différentes données d'entrée, pour rappel : les données météorologiques de la station Lyon-Gron au 21 juillet 2024, les ombres portées des bâtiments et des arbres, ainsi que les paramètres thermophysiques des types de revêtement.

Les températures de surface sont calculées pour chaque heure de la journée et en moyenne sur la journée. Les résultats de la simulation peuvent être illustrés sous forme de thermographie.

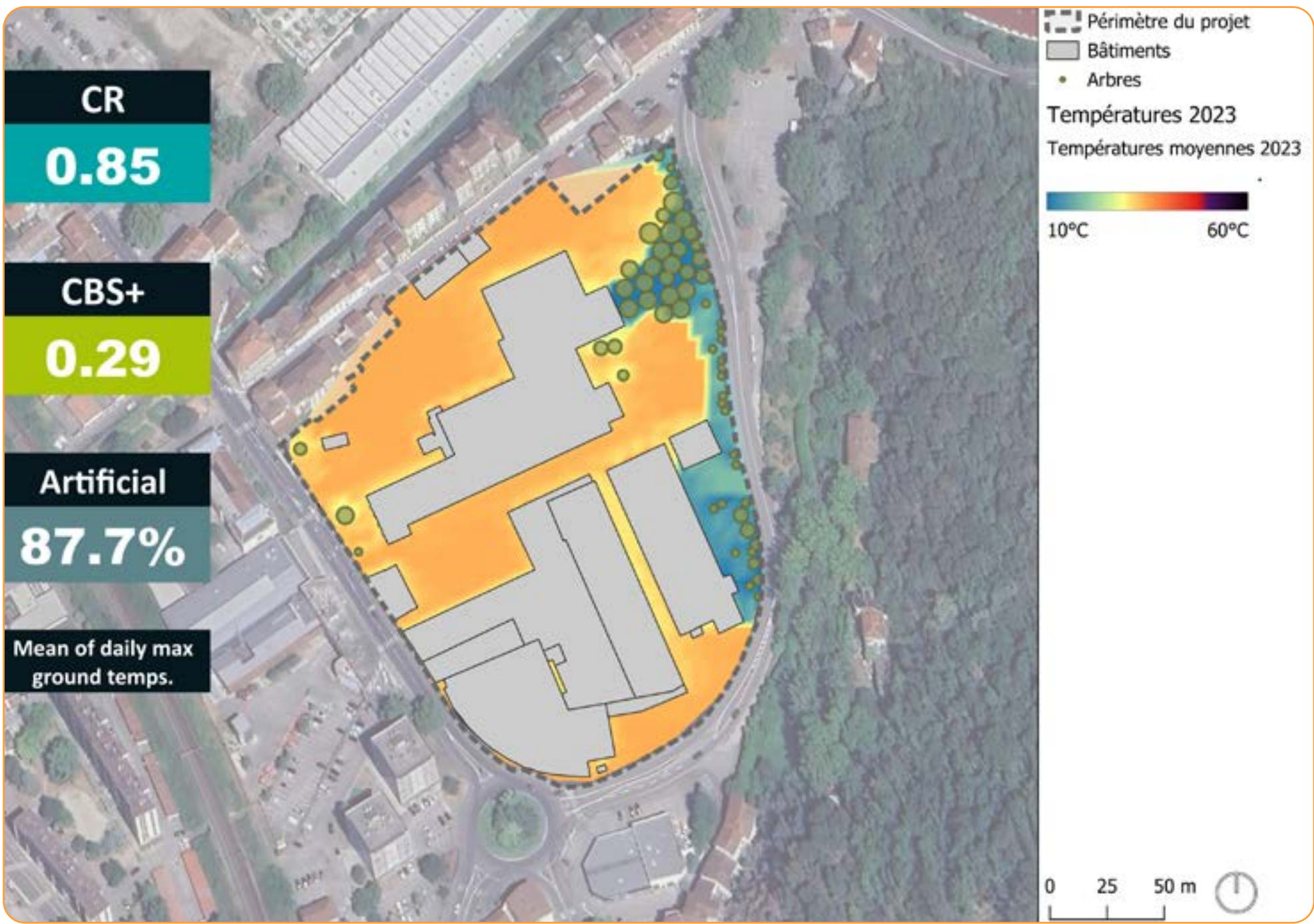
Températures sur la journée : analyse spatiale

Une forte disparité est observée dans la répartition spatiale des températures, avec des écarts pouvant atteindre près de 20 °C entre les zones végétalisées et ombragées et les surfaces bitumineuses. Cette hétérogénéité reflète l'impact direct de la typologie des surfaces sur le microclimat local.

Les surfaces bitumineuses et les sols nus minéraux enregistrent des températures maximales parmi les plus élevées (42,92 °C et 39,29 °C respectivement). Ces résultats sont liés à leurs faibles capacités d'albédo, qui exacerbent les phénomènes de surchauffe.

Les surfaces de végétation multistrates se distinguent par leur capacité à générer des points froids (5,17 °C) et des températures moyennes significativement plus faibles (24,39 °C). Cela s'explique par l'effet d'évapotranspiration, qui contribue à abaisser la température ambiante et améliore localement le confort thermique.

Ces résultats soulignent l'urgence de requalifier les surfaces bitumineuses et minérales. Les interventions prioritaires incluront l'augmentation des surfaces végétalisées et l'utilisation de matériaux à haute réflectance thermique (tout en évitant d'éblouir les usagers) pour minimiser les effets des îlots de chaleur urbains.



Températures moyennes au sol simulées sur la journée du 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2024)

	Végétation multistrates	Sol nu minéral	Bitume foncé	Toutes surfaces
Point froid	5,17 °C	24,28 °C	26,12 °C	5,17 °C
Point chaud	20,36 °C	39,29 °C	42,92 °C	42,92 °C
Moyenne	24,39 °C	33,4 °C	29,69 °C	29,54 °C

Températures extrêmes et moyennes atteintes par type de surface sur la journée (TRANS-FAIRE,2025)

Résultats du modèle à l'état initial

Températures sur la journée : analyse temporelle

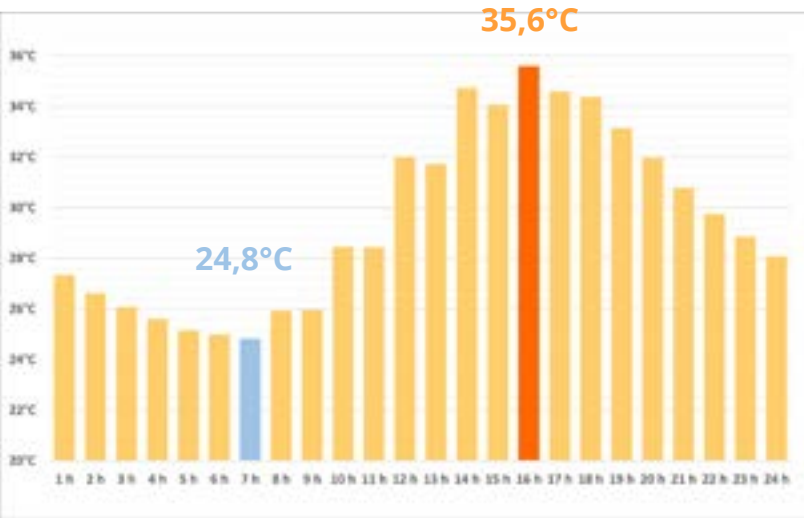
L'analyse des températures sur une journée montre une variabilité significative des conditions thermiques en fonction des heures. Les données présentées ci-dessous mettent en évidence les variations de température pour différents moments de la journée, ainsi que les secteurs les plus affectés par les îlots de chaleur urbains (ICU).

Heure la plus froide : observée à 7h du matin, avec une température moyenne de 24,8 °C.

Heure la plus chaude : enregistrée à 16h, avec des températures moyennes atteignant 35,6 °C sur certaines surfaces bitumineuses. Les surfaces végétalisées offrent une résistance thermique, préservant des températures plus modérées.

La cartographie des températures à 16h illustre clairement les zones critiques du site :

- Surfaces bitumineuses : Températures maximales proches de 50 °C, reflétant une capacité thermique faible et une absorption solaire élevée.
- Végétation multistrata : Températures plus modérées autour de 25 °C comme moyenne, grâce à l'effet rafraîchissant de l'évapotranspiration.



Évolution de la température moyenne au sol sur la journée du 21 juillet 2024



Températures au sol simulées à 16:00 le 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)

Les heures les plus chaudes accentuent l'impact des surfaces minérales sombre sur l'effet ICU. Le projet devra prioriser le remplacement de ces surfaces par des aménagements végétalisés ou des matériaux à fort albedo

Résultats du modèle à l'état initial

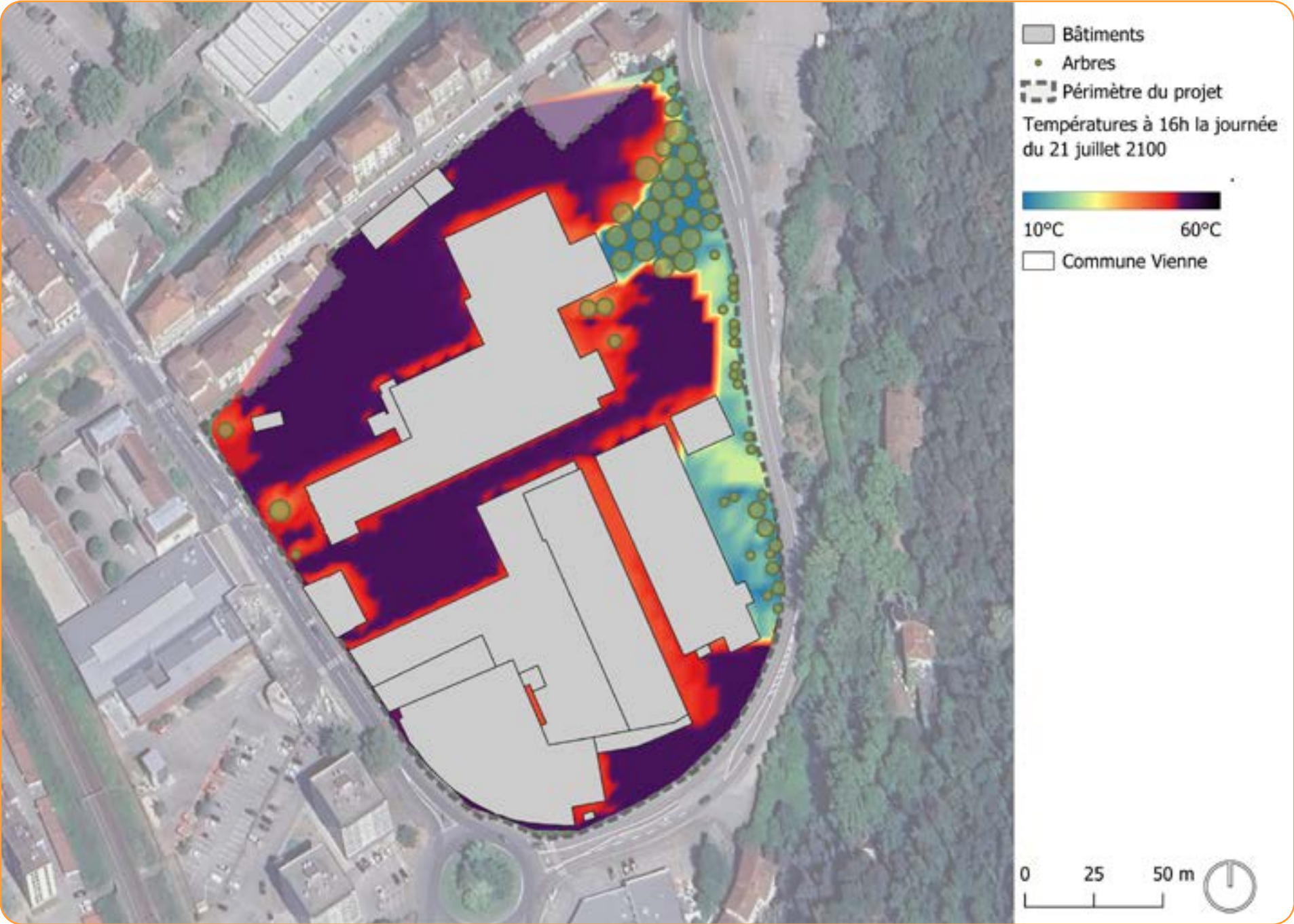
Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

L'analyse des températures à l'état initial projeté pour l'année 2100 montre des écarts thermiques accrus en raison des effets du changement climatique. Les données présentées ci-dessous mettent en évidence les variations de température au cours d'une journée type d'été, ainsi que les zones critiques en termes de gestion des îlots de chaleur urbains (ICU).

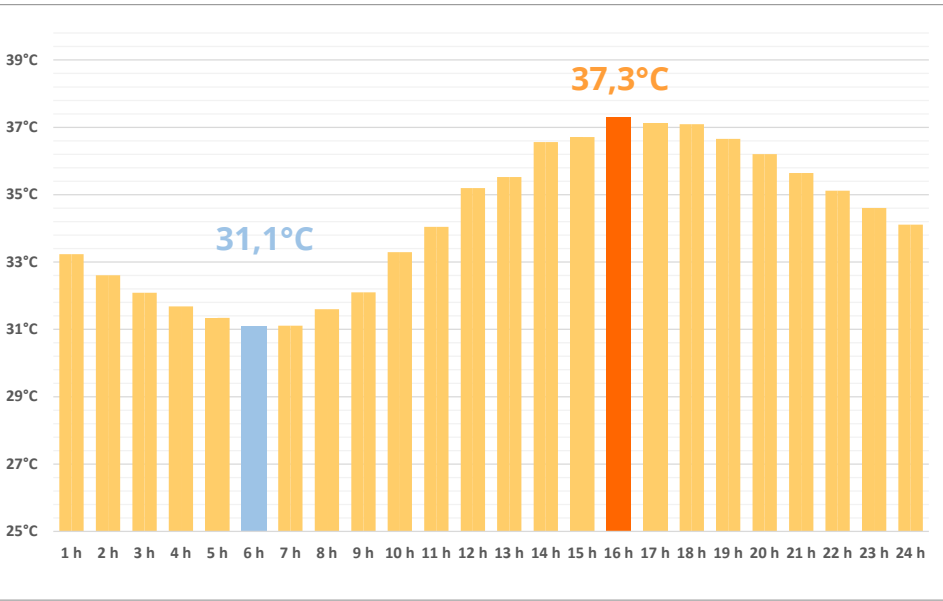
L'heure la plus froide est 6h du matin, avec une température moyenne de 31,1 °C. Malgré une baisse nocturne, les températures minimales restent élevées, au dessus de la barre de 30 °C, reflétant l'effet des îlots de chaleur même en absence de soleil.

L'heure la plus chaude est enregistrée à 16h, avec des températures atteignant 37 °C en moyenne et jusqu'à 60 °C sur certaines surfaces bitumineuses. Ces valeurs traduisent une augmentation significative par rapport à 2023.

La cartographie des températures à 16h pour l'été 2100 met en avant des températures maximales très élevées (à partir de 50 °C), amplifiant les phénomènes de surchauffe dans les zones urbanisées. Les zones boisées et les espaces verts conservent des températures plus basses, autour de 27 °C.



Températures moyennes au sol simulées le 21 juillet 2100 (TRANS-FAIRE, 2025)



Évolution de la température moyenne au sol sur la journée du 21 juillet 2100

En 2024, les températures moyennes journalières oscillaient entre 22 °C (le matin) et 32 °C (l'après-midi). En 2100, elles atteignent 30 °C au minimum et culminent à 37 °C.

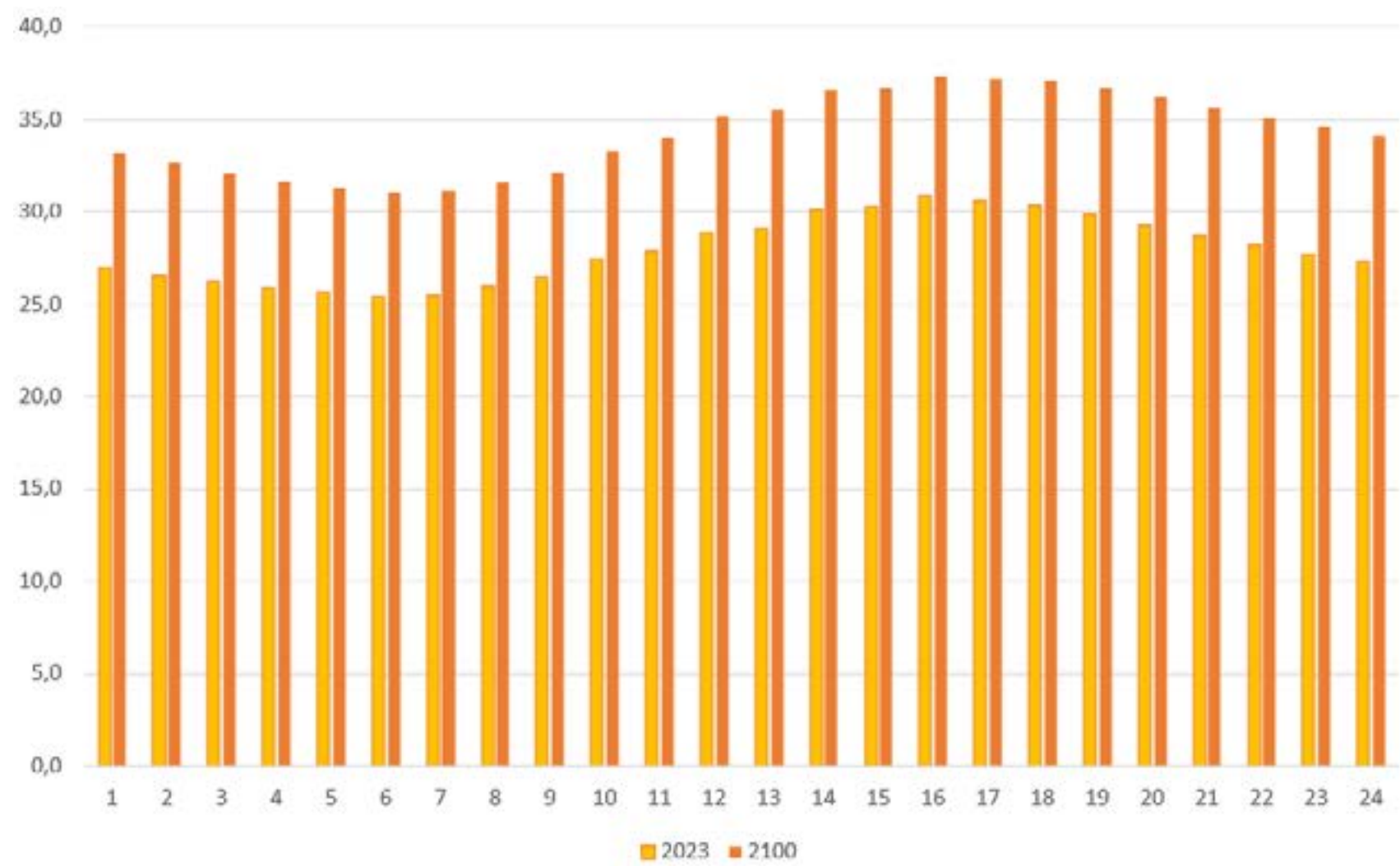
Les zones bitumineuses, déjà critiques en 2024 (atteignant 42 °C), enregistrent des températures maximales pouvant dépasser 60 °C en 2100, soulignant l'urgence de leur requalification.

Résultats du modèle à l'état initial

Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

L'amplitude de températures sur la journée en 2023 est plus importante qu'en 2100. Cela s'explique par le fait que les températures basses augmentent à l'horizon 2100 par rapport aux plus hautes.

Les écarts entre 2024 et 2100 sont les plus faibles en milieu de journée (11h à 16h), avec une différence minimale de +3,2 °C à 15h. Cela reflète le fait que les matériaux chauffent rapidement et atteignent des températures proches de leurs seuils maximaux. En fin de journée et la nuit, les écarts augmentent progressivement, atteignant un maximum de +6,7 °C à 3h du matin. Cela est dû au déstockage thermique moins efficace des matériaux en 2100.



Comparaison des températures de l'état initial entre 2023 et 2100 (source : TRANS-FAIRE, 2025)

Modélisation des surfaces

De même que pour l'état initial, le site a été modélisé sur QGIS à l'état projet. Les éléments modélisés sont les suivants :

1. Les éléments bâtis avec leurs hauteurs respectives.
2. Le type de sol :
 - Bitume foncé.
 - Dalle en béton
 - Pavé en béton.
 - Pelouse verte (représentant la pleine terre).
 - Végétation multistrata.
3. Les arbres et arbustes modélisés avec leurs hauteurs et leurs diamètres respectifs.

L'état projeté présente une réorganisation significative de l'occupation du sol, visant à réduire les effets des îlots de chaleur urbains (ICU) et à améliorer le confort thermique global.



Simulation des ombrages

Comme à l'état initial, les ombres portées sont simulées pour chaque heure de la journée entre 06:00 et 20:00 le 3 juillet 2023 via le module UMEP.

Les aperçus de ces simulations à 06:00 à 20:00 par pas de 2 heures sont présentés ci-dessous.



Ombres portées à 06:00



Ombres portées à 08:00



Ombres portées à 10:00



Ombres portées à 12:00



Ombres portées à 14:00



Ombres portées à 16:00



Ombres portées à 18:00



Ombres portées à 20:00

Création du maillage de points

Comme à l'état initial, un maillage de points a été réalisé sur le site. Chaque point de ce maillage a des données attribuées.

La densité des mailles est, comme à l'état initial, d'un point tous les quatre mètres dans les sens nord-sud et est-ouest du périmètre d'étude. Le module intègre également des points sur les contours des bâtiments. A l'état projet, le maillage comprend 628 points.

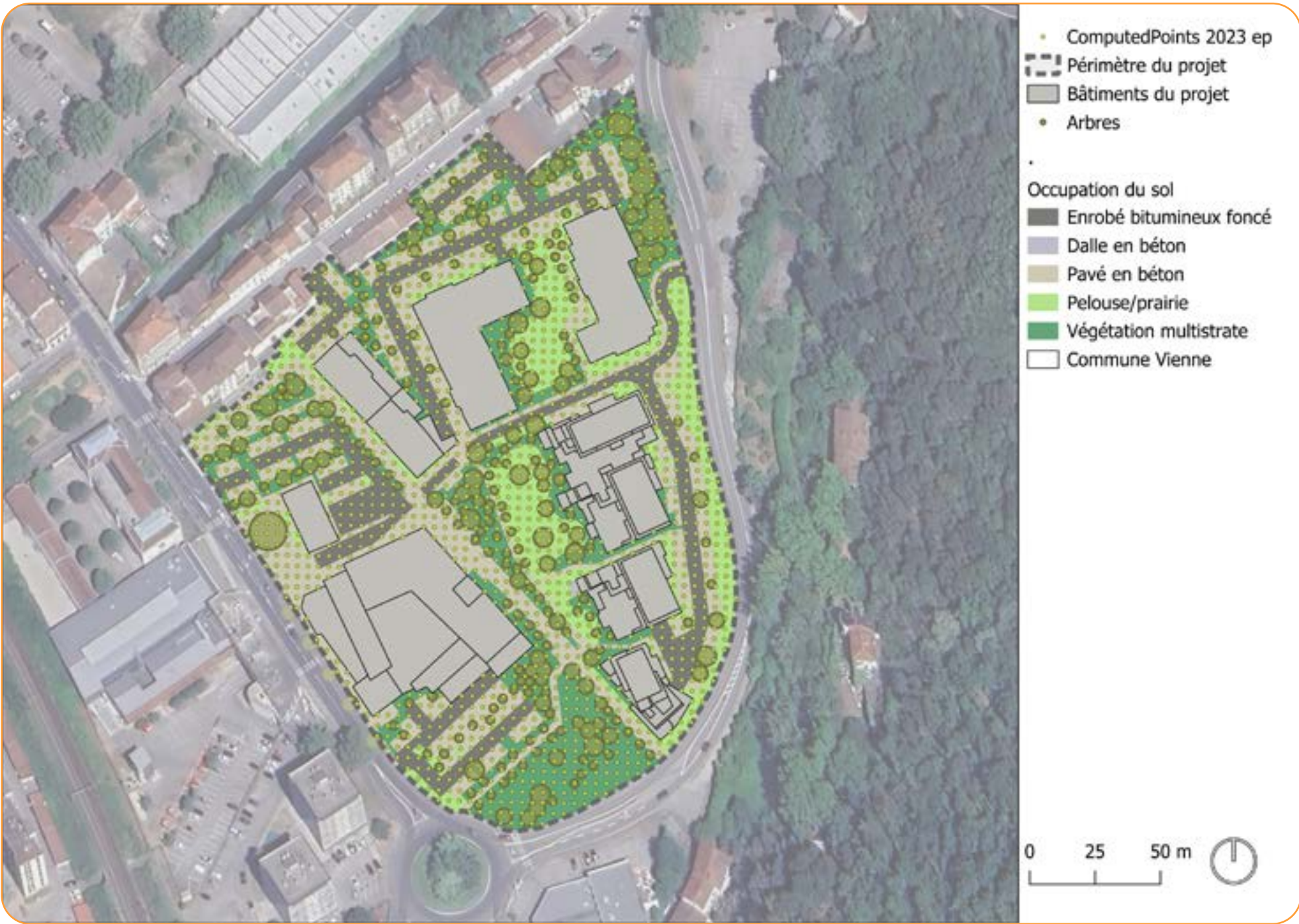
Les caractéristiques thermophysiques des différents types de revêtement sont pris en compte dans le calcul des températures, associées à la présence d'ombre, pour chaque point du maillage.

Les données représentées sont les suivantes :

- Matériau.
- Couleur : couleur qui représente chaque typologie de sol dans QGIS.
- Alb : albédo du matériau (compris entre 0 et 1) – C'est l'énergie solaire réfléchiée par rapport à l'énergie solaire reçue.
- Em : émissivité du matériaux (compris entre 0 et 1) – C'est l'aptitude d'un matériau à absorber puis à réémettre de l'énergie par rayonnement.
- Cv : capacité thermique isochore (en J/K) – C'est une grandeur exprimant la chaleur qu'il faut transférer à un corps pour augmenter sa température d'un kelvin.
- Kc : coefficient d'évapo-transpiration – L'évapo-transpiration est l'évaporation et la transpiration. Cela englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et de la transpiration des plantes.

Matériau	Alb	Em	Cv	Kc
Enrobé bitumineux foncé	0,15	0,94	2 083 000	0
Pavé en béton clair	0,38	0,92	2 438 000	0
Dalle en béton	0,25	0,94	2 083 000	0
Gazon vert	0,33	0,98	2 500 000	1
Végétation multistrata	0,15	0,98	2 500 000	1,3

Extrait des paramètres du maillage de points du périmètre



Maillage des points de calcul à l'état projet (TRANS-FAIRE, 2025)

Résultats du modèle à l'état projet

L'outil ICEtool permet de calculer les températures de surface des points de maillage du périmètre d'étude sur base des différentes données d'entrée, pour rappel : les données météorologiques de la station Lyon-Bron au 21 juillet 2024, les ombres portées des bâtiments et des arbres, et les paramètres thermophysiques des points de maillage.

Les températures de surface sont calculées pour chaque heure de la journée, et en moyenne sur la journée. Les résultats de la simulation peuvent être illustrés sous forme de thermographie.

Températures sur la journée : analyse spatiale

L'analyse spatiale des températures moyennes à l'état projet révèle une réduction globale des îlots de chaleur urbains grâce à l'amélioration de la composition des surfaces : à l'état initial le projet comptait environ 4596 m² d'espaces perméables contre environ 19591 m² à l'état projet. Les zones à forte végétation, telles que le gazon vert et la végétation multistrata, permettent de créer des zones de fraîcheur pour se protéger en période caniculaire, contribuant à abaisser la température ambiante localement. Ces zones sont stratégiquement réparties autour des bâtiments et le long des circulations piétonnes. Les surfaces pavées et enrobées bitumineuses, bien que présentes pour des questions d'accessibilité (portance des sols pour l'usage, sols plat pour l'accessibilité PMR, poussette, sols propre, facilité d'entretien), sont réduites au minimum nécessaire pour limiter les élévations de températures. Les températures y restent plus élevées, notamment dans les zones exposées au soleil direct.

Le projet présente une diminution de la variation des températures à travers le site, réduisant les contrastes thermiques par rapport à l'état initial.



Températures moyennes au sol simulées sur la journée du 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)

	Température moyenne sur la journée (état projet)					Toutes surfaces
	Gazon vert	Végétation multistrata	Dalle béton	Pavé	Enrobé bitumineux foncé	
Point froid	11,4°C	6,12°C	26,06°C	26,19°C	26,15°C	6,12°C
Point chaud	24,9°C	20,36°C	39,32°C	38,1°C	42,92°C	42,92°C
Moyenne	19,1°C	15,05°C	30,9°C	30,3°C	32,28°C	25,5°C

Températures extrêmes et moyennes atteintes par type de surface sur la journée

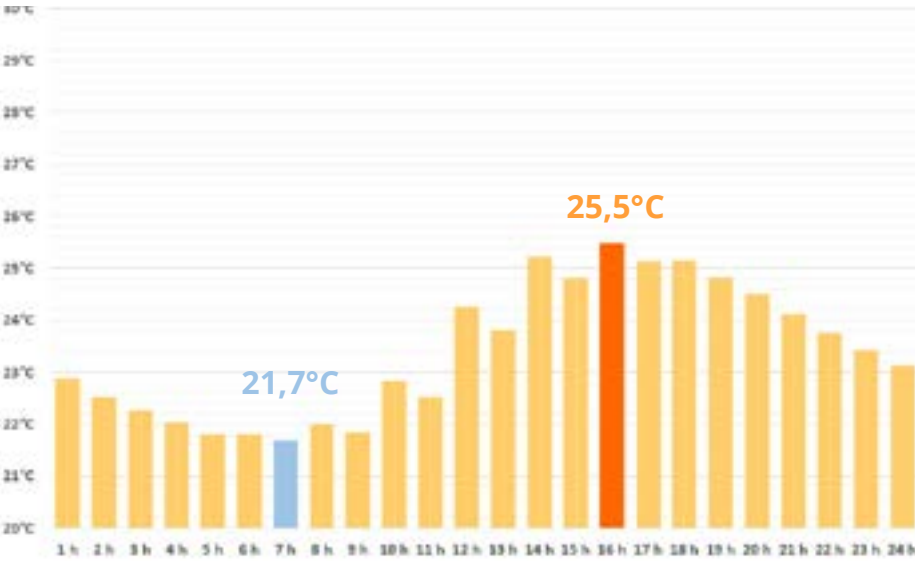
Résultats du modèle à l'état projet

Températures à l'heure la plus chaude : analyse temporelle

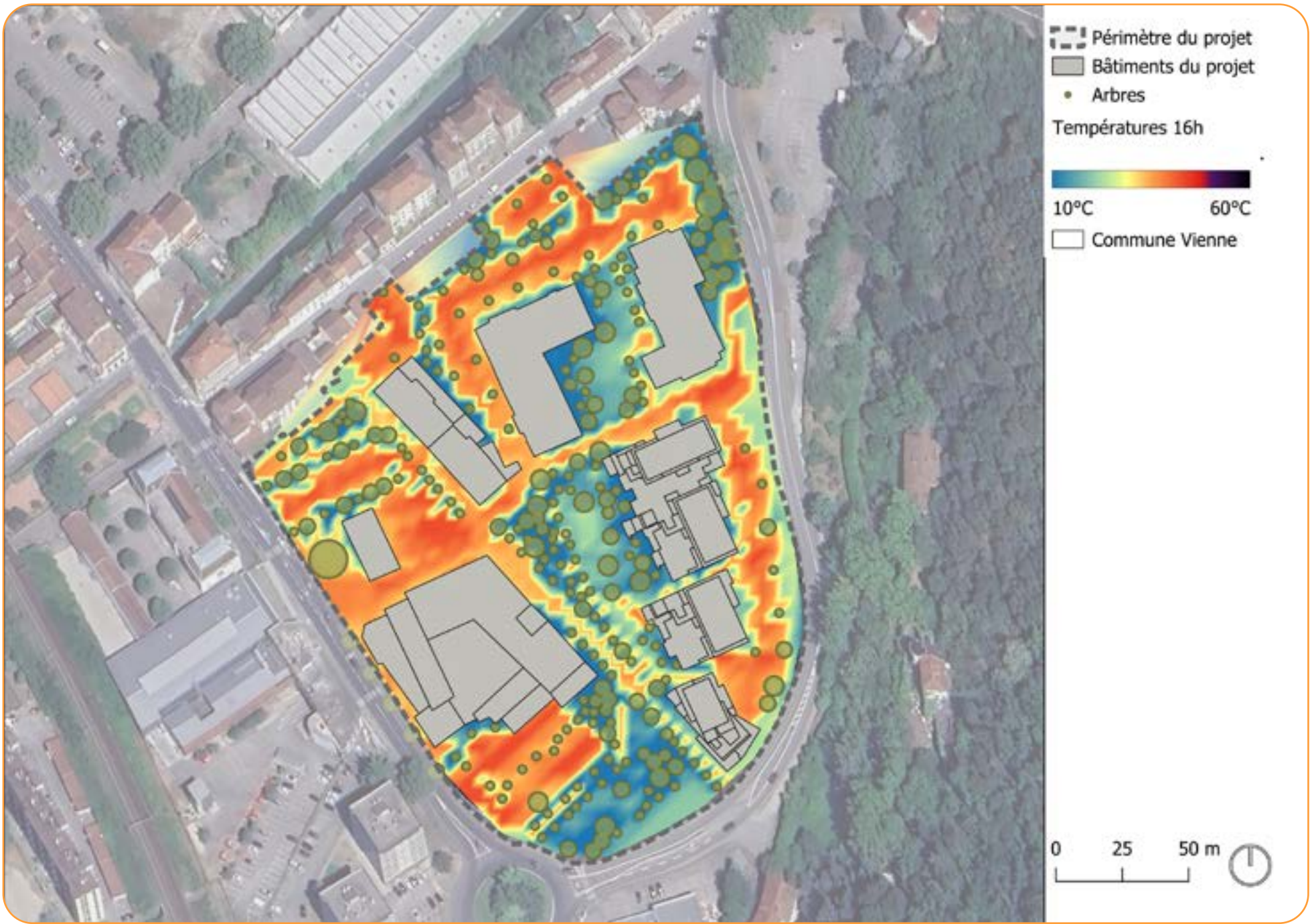
L'analyse temporelle pour l'heure la plus chaude à l'état projet (16h) montre une nette amélioration par rapport à l'état initial.

Les zones à forte végétation (gazon vert et végétation multistrata) présentent une diminution importante des températures maximales par rapport aux zones bitumineuses. Dans l'état projet, les températures moyennes relevées sont de 19,1 °C pour le gazon vert et 15,05 °C pour la végétation multistrata, contre respectivement 24,39 °C et 20,36 °C à l'état initial. Cette amélioration, allant jusqu'à -5 °C, est le résultat direct de l'augmentation de la couverture végétale et des aménagements visant à favoriser l'évapotranspiration et l'ombrage. En comparaison, les zones bitumineuses restent les plus chaudes avec une moyenne de 32,28 °C à l'état projet contre 33,4 °C à l'état initial, marquant une réduction modeste.

La répartition spatiale des températures est plus homogène, réduisant les contrastes thermiques marqués précédemment observés à l'état initial.



Évolution de la température moyenne au sol sur la journée du 21 juillet 2024 (source : TRANS-FAIRE, 2025)



Températures au sol simulées à 16:00 le 21 juillet 2024 (TRANS-FAIRE, 2025)

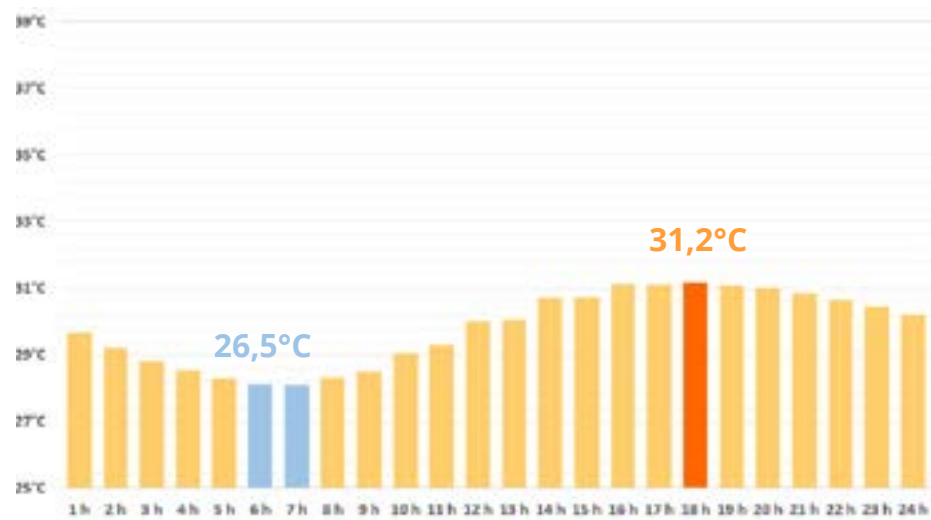
Résultats du modèle à l'état projet

Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

Les températures moyennes au sol ont également été calculées en simulant un fichier météo à horizon 2100 tenant compte du scénario RCP8.5 défini par le GIEC, scénario le plus pessimiste prévoyant une augmentation globale de 4°C à l'échelle planétaire, toujours depuis la station Lyon-Bron.

Les projections des températures à l'horizon 2100 montrent les impacts positifs des aménagements prévus dans le projet. Les zones à forte végétation continuent d'agir comme des points froids avec des températures moyennes d'environ 16,5 °C pour la végétation multistrata et 20,2 °C pour le gazon vert. En comparaison, les surfaces enrobées bitumineuses présentent des températures plus élevées, atteignant une moyenne de 35,1 °C.

Par rapport à la simulation de l'état initial en 2100, les aménagements permettent une réduction globale des températures moyennes sur l'ensemble du site. En particulier, les surfaces végétalisées montrent une diminution allant jusqu'à 4 °C par rapport aux prévisions de l'état initial.



Évolution de la température moyenne au sol sur la journée du 21 juillet 2100 (source : TRANS-FAIRE, 2025)



Températures moyennes au sol simulées le 21 juillet 2100 (TRANS-FAIRE, 2025)

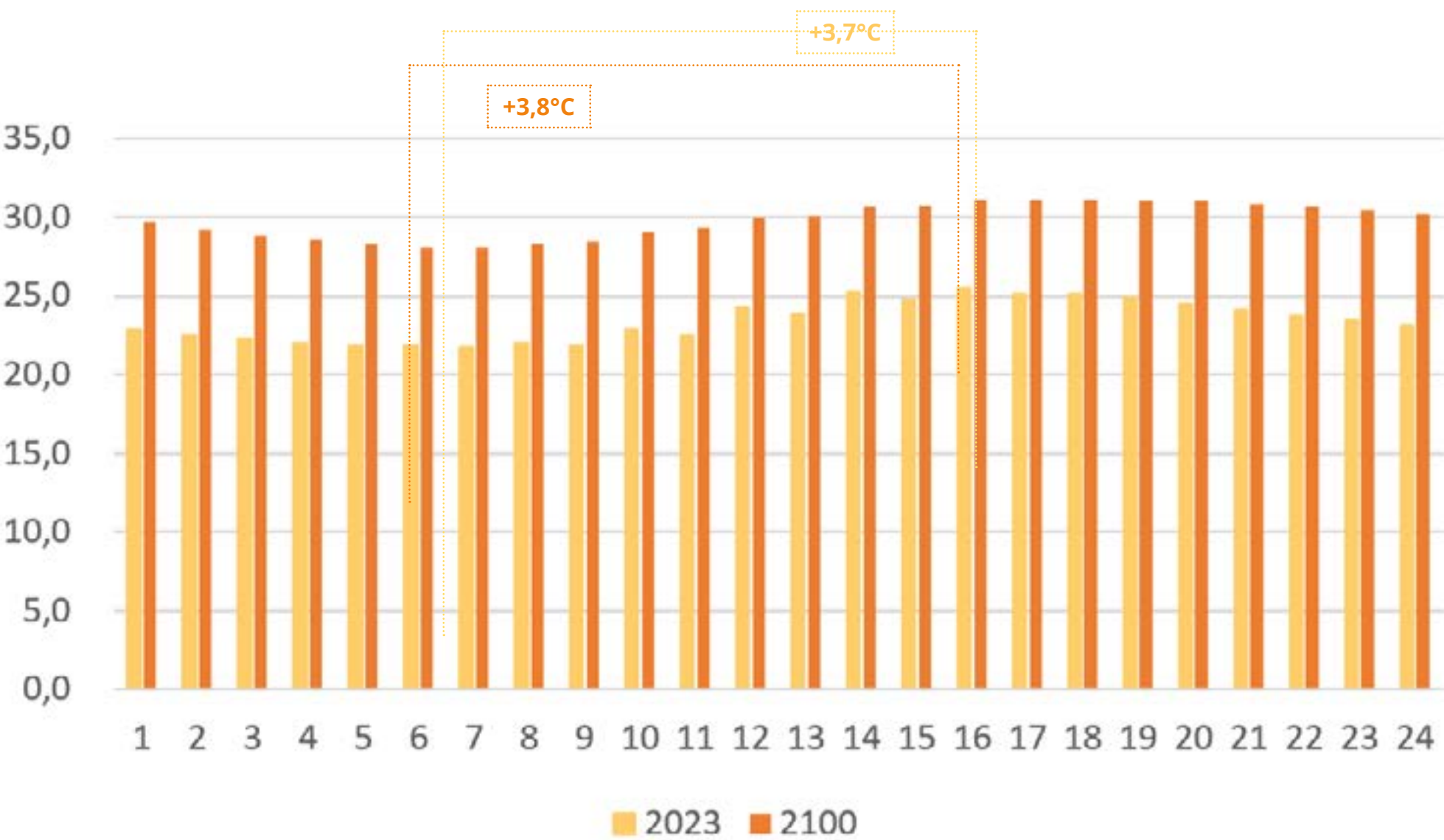
Résultats du modèle à l'état projet

Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

En 2023, les températures journalières moyennes varient entre 22,0 °C et 29,7 °C, avec une moyenne d'environ 25 °C. En 2100, ces valeurs augmentent significativement, oscillant entre 28,1 °C et 31,2 °C, pour une moyenne de 29,6 °C.

L'état projet de 2024 présente une amplitude de 3,7 °C, tandis que celui de 2100 révèle un écart de 3,8 °C, indiquant une concordance et surtout une résilience des espaces verts face à l'augmentation de la température.

Les températures moyennes les plus élevées en 2023 sont enregistrées entre 15 h et 17 h, atteignant jusqu'à 25-26 °C. En 2100, le pic thermique se produit également entre 15 h et 18 h, mais avec des valeurs plus importantes (à hauteur de 31,2 °C).



Comparaison des températures de l'état projet entre 2023 et 2100

Analyse des écarts avant / après projet

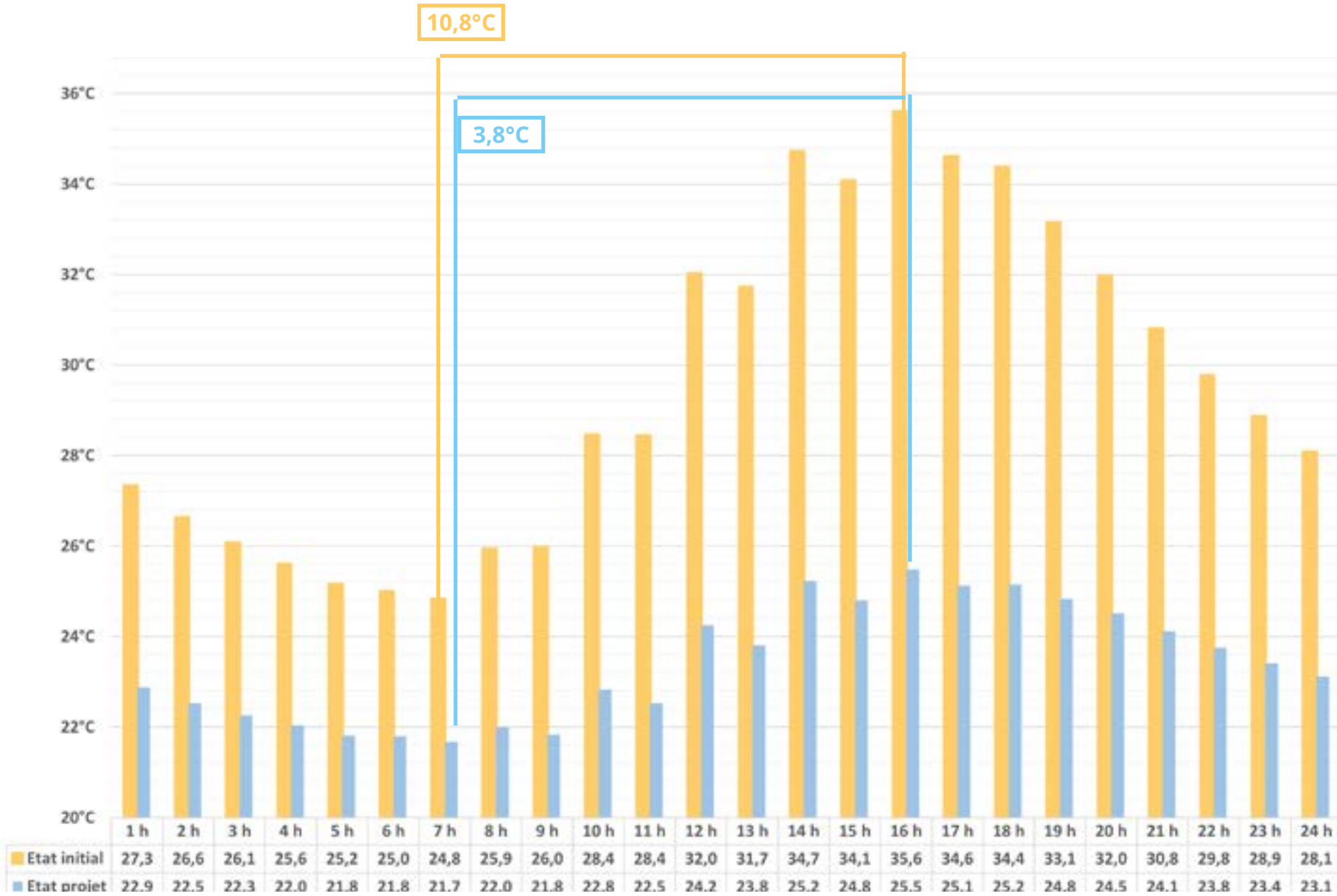
Évolutions dues au projet

La comparaison des températures au sol permet de comprendre l'évolution du comportement thermique du secteur d'étude entre l'état initial et l'état projet.

La réalisation du projet a pour conséquence de faire diminuer l'amplitude des températures moyennes sur le secteur, faisant évoluer l'amplitude de 10,8°C à l'état initial contre 3,8°C à l'état projet entre 7h et 16h. La température moyenne sur la journée baisse de -5,1°C entre l'état initial et l'état projet, passant d'environ 29,6°C à 24,5°C.

La désimperméabilisation et le nombre important de sujets arborés ont donc un réel effet positif sur la diminution des températures du secteur.

Les aménagements prévus dans l'état projet pour 2024 permettent une réduction significative des températures moyennes sur le site, notamment grâce à l'introduction de surfaces végétales et d'arbres. La diminution des amplitudes thermiques et l'amélioration de l'homogénéité thermique constituent des points forts qui renforcent le confort climatique du site et réduisent les effets des îlots de chaleur urbaines.



Comparaison avant / après projet des températures moyennes au sol sur la journée du 21 juillet 2024 (source : TRANS-FAIRE, 2025)

Analyse des écarts avant / après projet

Évolutions spatiales

L'évolution des températures entre l'état initial et l'état projet permet de visualiser les espaces ayant le plus d'effet positif et de localiser les zones qui font l'objet d'une augmentation, afin de prévoir des mesures adaptées.

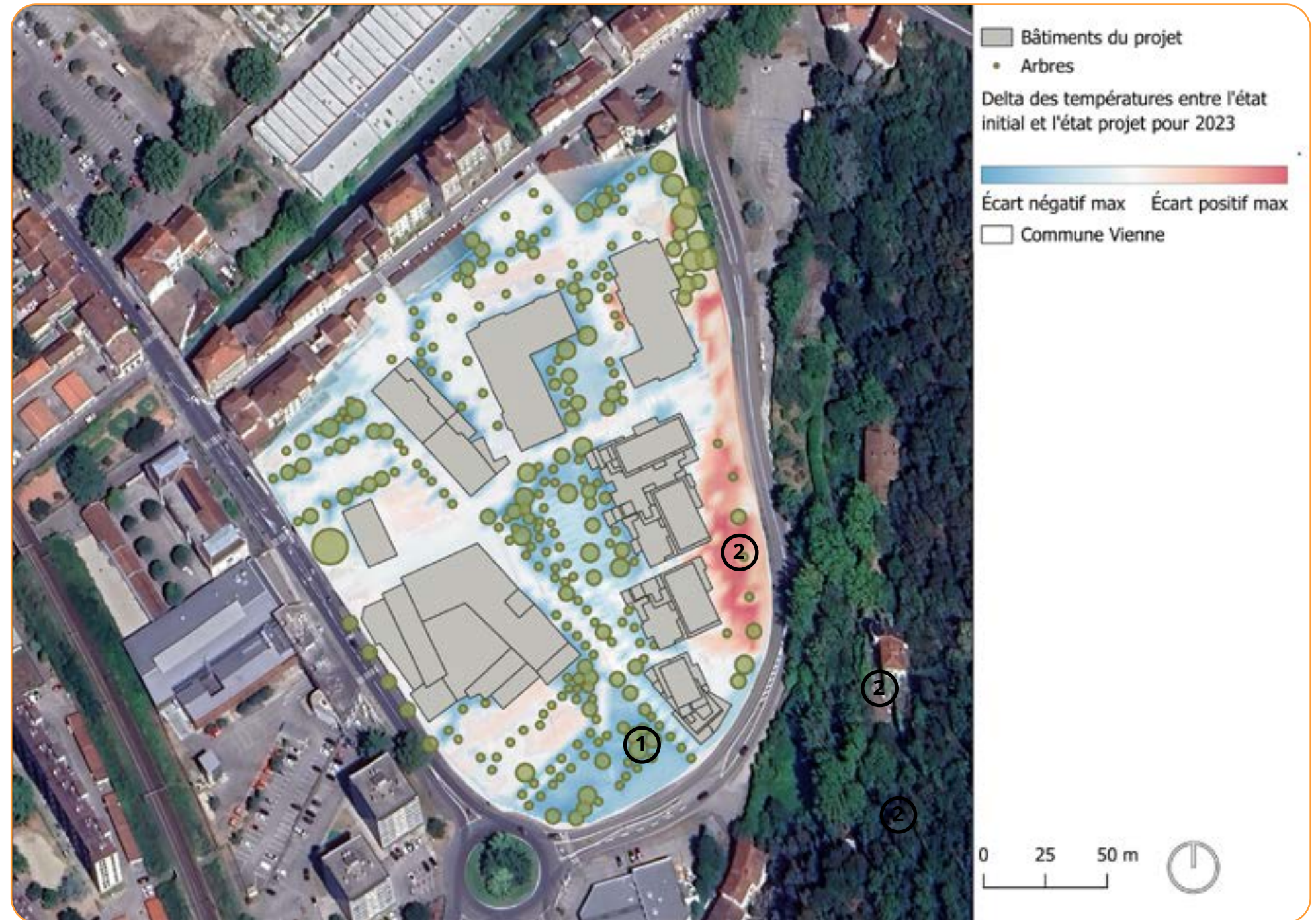
La cartographie ci-contre représente la différence de températures moyennes entre l'état initial et l'état projet en 2023. Les couleurs froides représentent une diminution des températures au sol entre l'état initial et l'état projet, donc un impact positif sur l'effet d'ICU. A contrario, les couleurs chaudes représentent une augmentation de températures, soit un impact négatif sur le secteur.

Aux points notés 1, on note des effets de rafraîchissement importants liés à la désimperméabilisation, la végétalisation avec des espaces de pleine terre et la plantation de sujets arborés générant de l'ombrage.

Aux points notés 2, on note des augmentations localisées de la température au sol dues au réaménagement des voiries circulées à l'état projet.

La majorité du site bénéficie d'une stabilisation ou d'une diminution des températures grâce aux aménagements. Les écarts négatifs de température dominent (ce qui veut dire une baisse de température), démontrant l'efficacité globale du projet dans la lutte contre les îlots de chaleur urbains.

La plantation d'arbres contribue significativement à l'ombrage et à la réduction des températures grâce au phénomène d'évapotranspiration.



Évolution des températures moyennes au sol entre l'état initial et l'état projet (TRANS-FAIRE, 2025)

Analyse des écarts du projet à l'horizon 2100

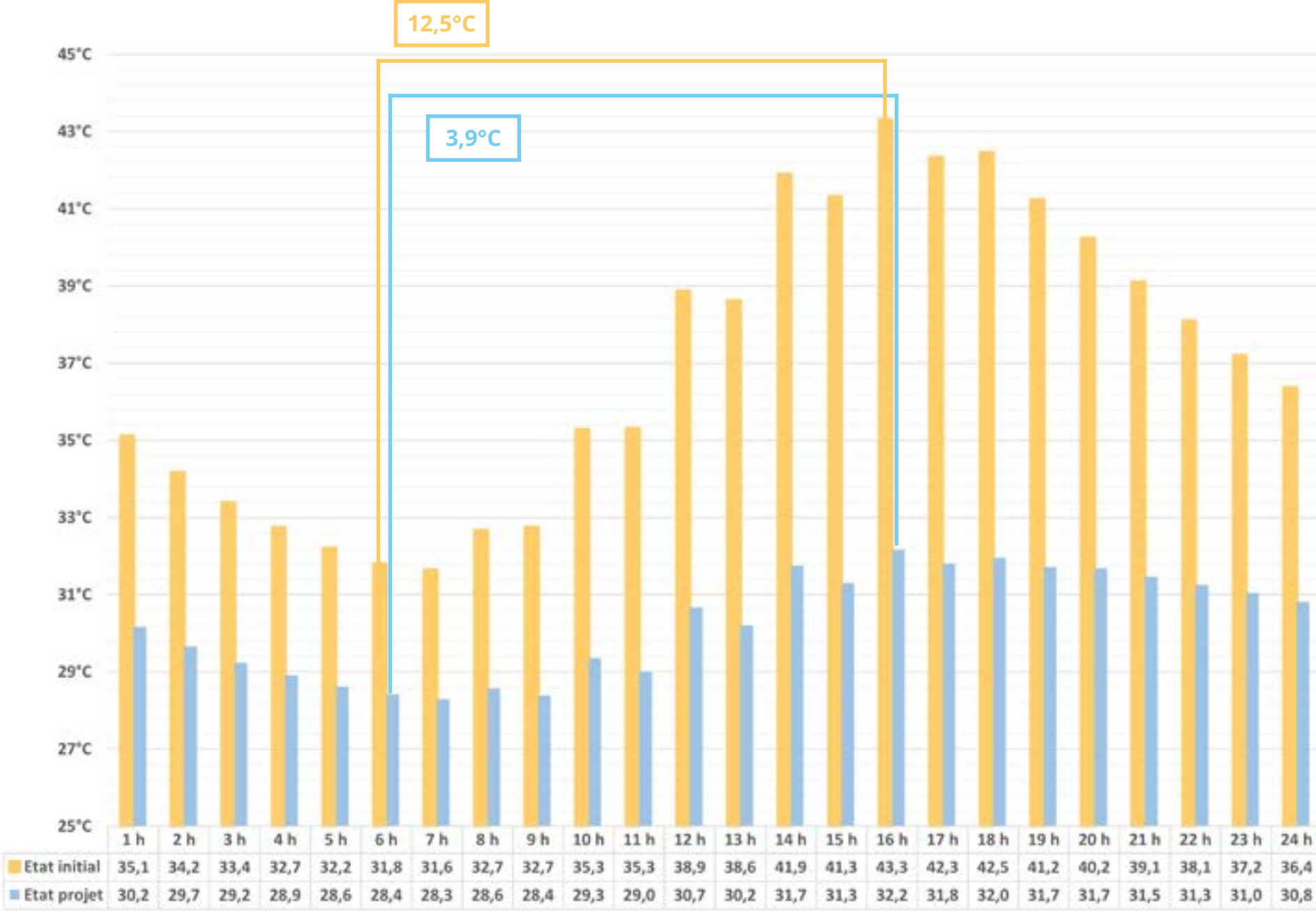
Évolutions en 2100

Avec une hausse d'environ 4°C prédite par le RCP8.5, les températures moyennes au sein du projet évoluent en cohérence avec ce scénario.

En 2100, la réalisation du projet a pour conséquence de diminuer l'amplitude des températures moyennes sur le secteur (les températures maximales évoluant à la marge), faisant évoluer l'amplitude de 12,5°C à l'état initial contre 3,9°C à l'état projet. La température moyenne sur la journée en 2100 évolue de -4,4 °C entre l'état initial et l'état projet, passant d'environ 31,5 °C à 27,1 °C, contre 25,5 °C en 2023

En conclusion, comme dit précédemment, la création du projet va permettre d'introduire de nombreux espaces verts et ainsi créer de véritables îlots de fraîcheur à l'échelle du quartier. Cette végétalisation a pour conséquence directe une baisse des températures de près de -6,0°C en moyenne sur la journée du 21 juillet 2100 par rapport à l'état initial en 2100.

L'élévation des températures à l'horizon 2100 lisse l'écart entre l'heure la plus chaude et la plus froide à l'état projet par rapport à 2023.



Comparaison état initial / état projet des températures moyennes au sol sur la journée du 21 juillet 2100 (source : TRANS-FAIRE 2025)

Pistes d'amélioration pour le projet

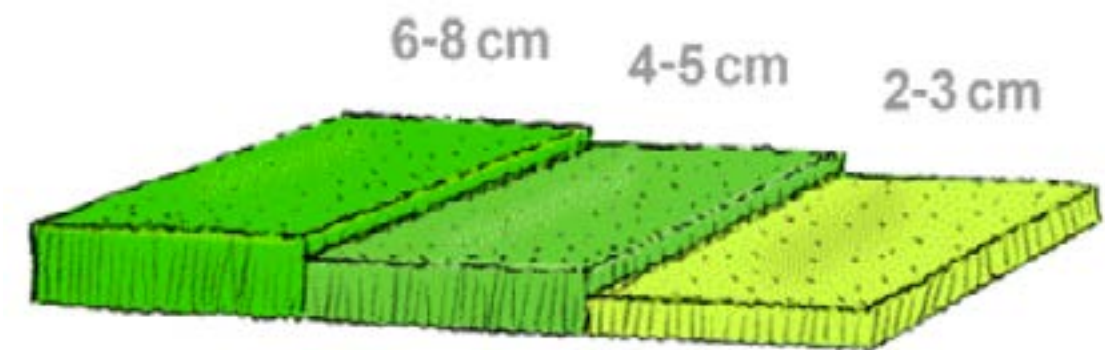
L'étude ICU présentée dans ce rapport permet de dégager un certain nombre de pistes d'amélioration du projet afin de limiter la sensibilité des espaces extérieurs à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Dans l'objectif de réduire le phénomène d'ICU, des préconisations s'appliquent à l'ensemble du périmètre du projet et concernent :

- Les types de surfaces à mettre en œuvre dans les espaces publics (stabilisé, pavés, calcaire) devront être suffisamment clairs pour augmenter l'albédo. La clarté des matériaux ne devra cependant pas éblouir les usagers. Des teintes de couleur devront être définies dans le cahier des charges.
- Préserver au maximum les arbres et espaces verts ombragés existants qui procurent des espaces de fraîcheur au sein du périmètre de projet. Maximiser dans la mesure du possible l'implantation de pergolas ou autres dispositifs qui garantissent l'ombre dans les parkings pendant les premières années de croissance des jeunes arbres.
- Le choix de la végétation devra privilégier les essences rafraîchissantes avec un fort potentiel d'évapotranspiration. Les espèces choisies doivent être résistantes aux épisodes de sécheresse, tout en étant adaptées au sol et au climat local. Par exemple, les *Cornus alba*, *Hydrangea paniculata*, et *Osmanthus burkwoodii*, mentionnés dans la notice paysagère du projet.
- L'infiltration des eaux pluviales dans le sol permettra d'alimenter la végétation. La gestion de l'eau à ciel ouvert pourra être effectuée grâce aux noues mises en place par le projet qui réduisent l'élévation des températures et peuvent générer localement des îlots de fraîcheur.
- Prévoir une gestion des espaces verts adaptée avec une tonte raisonnée et différenciée. Une tonte courte favorisera les îlots de chaleur et augmente la quantité d'eau nécessaire pour l'arrosage. Une gestion différenciée laissant une hauteur de pelouse de 6 cm et plus en période de canicule, réduira les effets d'îlot de chaleur (voire créera des îlots de fraîcheurs) et la consommation en eau pour l'arrosage.
- Zones exposées à des écarts de température élevés (par exemple, les zones « rouges » identifiées dans l'analyse thermique) : prévoir des plantations denses ou des structures d'ombrage spécifiques comme des pergolas ou des treillis végétalisés, en cohérence avec la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (loi APER) du 10 mars 2023.



Béton clair sur la ZAC Chanteraine (source NP2F – Antoine Espinasseau, 2014)



Modes de tonte de pelouse (source Energie-environnement)

Outils de simulation

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette étude est QGIS, logiciel de système d'information géographique dans sa version 3.36.

Le module de calcul utilisé est l'outil intégré ICEtool, développé et mis à disposition sur le logiciel QGIS par EGIS.

L'étape de simulation des ombrages repose sur le générateur d'ombre du plugin UMEP, développé dans le cadre de travaux de recherche universitaire : *Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP): An integrated tool for city-based climate services*, Environmental Modelling & Software, Volume 99, 2018, Pages 70-87 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815217304140>).

Hypothèses

Données météorologiques

Le fichier météorologique utilisé est celui de la station Lyon-Bron au format EPW.

Date

La modélisation est calibrée sur la journée du 21 juillet 2024, correspondant à une journée d'été relativement courante :

- Température minimale : 16,9°C.
- Température maximale : 29,1°C.
- Journée ensoleillée, absence de précipitation.

Les périodes de modélisations sont :

- Simulation des ombrages : de 06:00 à 20:00.
- Simulation de la température au sol : toute la journée.

Le pas de temps pris en compte est de 1 heure.

Vent

Vent faible : $h_c = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Température du sol

Température intérieure du sol constante : $T_{int} = 35^\circ\text{C}$.

Étapes de modélisation

La modélisation est intégralement réalisée dans QGIS en 6 étapes :

1. Modélisation du périmètre, du bâti, des arbres et des typologies de sol.
2. Calcul des ombres du bâti et des arbres.
3. Import des caractéristiques des matériaux du sol depuis une base de données.
4. Création d'un maillage de points et vérification à chaque heure de la journée si chaque point du maillage est à l'ombre ou pas.
5. Réalisation d'un bilan énergétique des surfaces du sol pour obtenir les températures de surface.
6. Interpolation des résultats des points de maillage pour obtenir une cartographie fluide et lissée avec des statistiques sur tout le périmètre.

Les simulations sont réalisées à l'état initial et à l'état projet.

Paramètres pris en compte

Pour simuler les ombres portées sur la journée type prise en compte (ici le 3 juillet 2023), l'emprise des bâtiments et des arbres sur le périmètre a été approximée avec les paramètres suivants :

- Bâtiments : hauteurs récupérées sur la base de données BD TOPO de l'IGN à l'état initial et grâce au plan masse transmis par la maîtrise d'ouvrage à l'état projet.
- Arbres : rayon et hauteur déterminés au cas par cas, par imagerie satellite et Street View à l'état initial et par un dimensionnement standard à l'état projet par manque d'informations (5 mètres de hauteur et 4 mètres de diamètres).

Pour modéliser le comportement thermique des différentes typologies d'occupation du sol, le module utilise les attributs thermophysiques suivants :

- Albédo (compris entre 0 et 1) : c'est la proportion d'énergie solaire réfléchi par rapport à l'énergie solaire totale reçue.
Plus l'albédo est proche de 0, plus le matériau absorbe le rayonnement et chauffe en cas d'exposition au soleil.
- Émissivité (comprise entre 0 et 1) : c'est l'aptitude d'un matériau à réémettre de l'énergie par rayonnement.
Plus l'émissivité est proche de 1, plus le matériau restitue la chaleur emmagasinée au cours de la journée.
- Capacité thermique isochore (en J/K) : c'est la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température d'un corps d'un kelvin.
- Coefficient d'évapotranspiration : c'est la perte en eau des sols et des végétaux due au climat, provenant de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et de la transpiration des plantes.
L'évapotranspiration augmente avec la température, elle a un effet rafraîchissant dans les zones tempérées sèches, a contrario elle a un effet d'inconfort thermique dans les zones tropicales où l'humidité est déjà forte.

Limites du modèle

Comme toute modélisation, le module utilisé dans le cadre de cette étude utilise des hypothèses simplificatrices dans le but de réduire les temps de modélisation et de calcul. Les principales simplifications utilisées lors de cette étude sont les suivantes :

- Typologies de sol : la diversité de matériaux de revêtement du sol n'est pas totalement modélisée, notamment pour les surfaces végétales qui sont variées.
- Bâtiments et arbres : les hauteurs sont approximées selon les données des derniers plans d'aménagement, elles ne sont pas exactes et sont vouées à évoluer dans les futures étapes de conception.
- Données météorologiques : les données météo proviennent de la station Paris-Orly et ne sont donc pas forcément exactes au niveau du périmètre d'étude.
- Paramètres physiques : un nombre limité de paramètres est pris en compte pour simuler le comportement thermique du périmètre.

D'autres facteurs influant pourraient également être considérés : comportement aérodynamique de la zone urbaine, fonctionnement de moteurs thermiques ou d'équipements de production de chaud/froid, etc.

L'étude ICU calcule la température au sol à un instant donné. La modélisation prend en compte toutes les types de surface au sol.

Bibliographie

ATELIER PARISIEN D'URBANISME (APUR). Les Îlots de Chaleur Urbains à Paris - Phase 1. décembre 2012.

ELIOTH. « ICEtool ». Disponible sur : < <https://github.com/Art-Ev/ICEtool> > (consulté le 4 décembre 2022)

INSTITUT PARIS RÉGION. Adapter l'Île-de-France à la chaleur urbaine - Identifier les zones à effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) et établir leur degré de vulnérabilité afin de mieux anticiper. septembre 2017.

MÉTÉO FRANCE. « Données Publiques de Météo-France - Fiche climatologique ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique=39 > (consulté le 27 juillet 2022)

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE. « DRIAS, Les futurs du climat - Découverte ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < <http://www.drias-climat.fr/decouverte> > (consulté le 6 juillet 2022)

Février 2025

TRANS FAIRE

