

*Novembre 2025*

# Îlot de chaleur urbain

## 6–12 avenue du Pavé Neuf, Noisy-le-Grand (93)


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

# Sommaire


## Introduction

- **Description du projet** p.4
- **Contexte et objectifs de l'étude** p.5
- **Définitions** p.6

## État initial

- **Modélisation des surfaces** p.13
- **Simulation des ombrages** p.14
- **Analyses spatiale et temporelle** p.16
- **Analyses à l'horizon 2100** p.18

## État projeté

- **Modélisation des surfaces** p.21
- **Simulation des ombrages** p.22
- **Analyses spatiale et temporelle** p.24
- **Analyses à l'horizon 2100** p.26

## Méthodes

- **Outils et hypothèses** p.37
- **Paramètres et limites** p.38

## Optimisation

- **Préconisations et mesures** p.33

## Bibliographie

## Analyses comparatives

- **Écarts avant / après projet** p.29
- **Écarts avant / après projet en 2100** p.31

# Introduction

# Description du projet

## Nature du projet

L'opération concerne la démolition de la superstructure d'un immeuble de bureaux totalisant 20 468 m² de surface de plancher et la construction de trois bâtiments distincts accueillant une résidence étudiante, des bureaux/coworking/commerces et environ 60 logements au 6–12 avenue du Pavé Neuf, 93160 Noisy-le-Grand.

## Maîtrise d'ouvrage

Bouygues immobilier.

## Localisation

Noisy-le-Grand, Seine-Saint-Denis (93).

## Superficie

Le projet couvre une emprise foncière de 5 163 m² (0,52 ha) avec une surface de plancher d'environ 19 810 m².

## Programmation

- ≈ 9 959 m² de résidence étudiante (environ 300 chambres).
- ≈ 6 710 m² de bureaux/coworking/commerces.
- Environ 60 logements (≈ 3 150 m²).
- Conservation d'un parking en infrastructure (nombre de places à préciser, dont emplacements vélos et bornes de recharge électriques).
- Parvis planté sur l'avenue du Pavé Neuf, coeur d'îlot paysager, terrasses végétalisées.
- Démolition complète des bâtiments existants.

## Objectifs du projet

- Requalifier un foncier obsolète situé à proximité immédiate de la gare RER A en proposant une mixité de fonctions (logements, hébergement étudiant, bureaux et commerces) répondant aux besoins du territoire.
- Participer à la densification maîtrisée de Noisy-le-Grand en transformant un immeuble de bureaux dégradé en un ensemble performant et durable.
- Améliorer l'offre de logements étudiants et familiaux et favoriser le coworking et la proximité des services.
- Contribuer à la trame verte par la création de jardins en coeur d'îlot et de toitures végétalisées, conformément aux politiques locales en faveur de la biodiversité.

## Phasage

Les travaux s'échelonneront sur environ 36 mois et comprendront les réseaux, VRD, plantation et aménagement des espaces extérieurs.



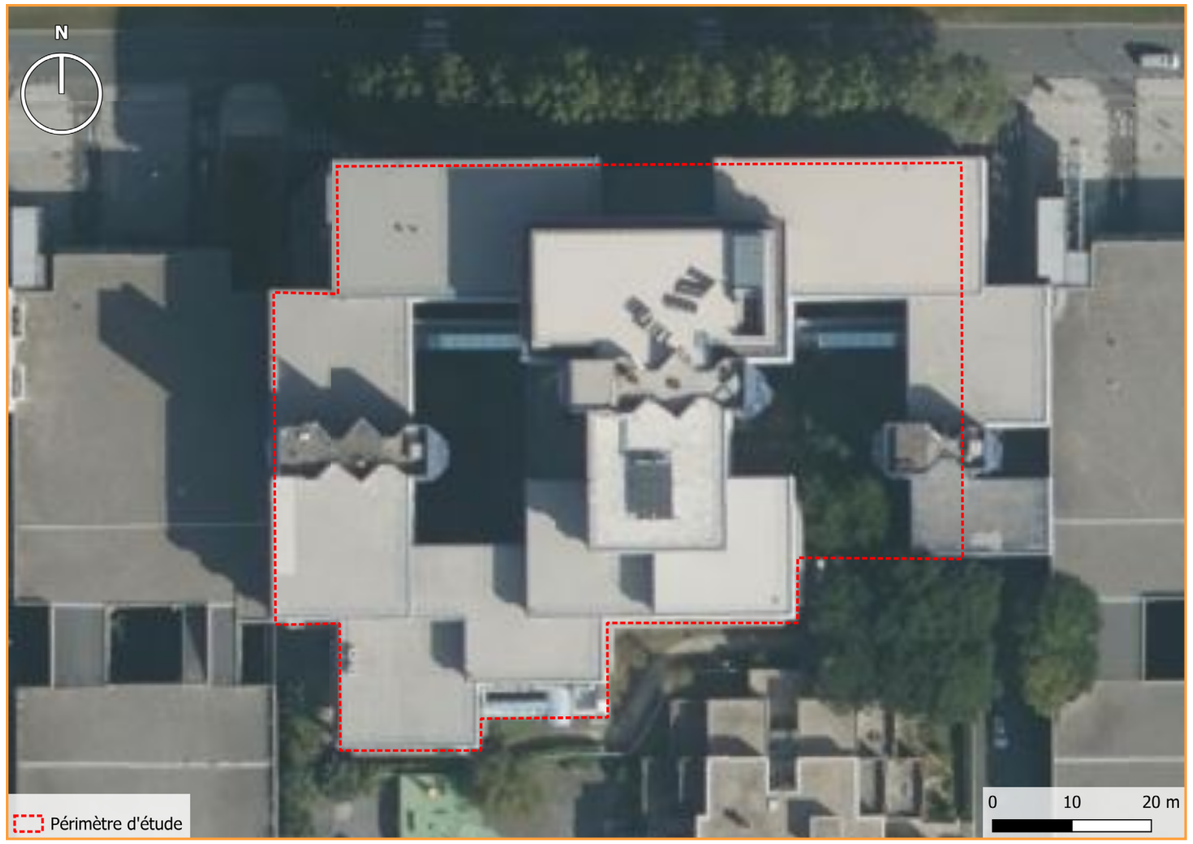

*Plan du projet 3D - Usages (2025)*

# Contexte et usages

## Contexte local et usage actuel

Le projet est situé sur la commune de Noisy-le-Grand en banlieue parisienne. La commune s'étend sur 12,95 km² et compte environ 71 632 habitants en 2022 selon l'INSEE.

Le terrain est actuellement occupé par un bâtiment de bureaux qui sera démolis. Il est situé dans la zone Ux du plan local d'urbanisme (PLU). L'assiette du projet se situe sur la parcelle section BV n°95.




*Plérimètre opérationnel (source TRANS-FAIRE, 2025)*

# Objet et contenu de l'étude

## Objet de l'étude

La présente étude porte sur le périmètre de projet d'aménagement 6-12 avenue du Pavé Neuf.

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 grâce aux relevés de températures en 2023 et aux projections de 2100.
- 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 dense et fortement imperméabilisé. 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 impacts prévus du projet 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.
- Formulations, le cas échéant, de points de vigilance concernant les secteurs potentiellement exposés à la surchauffe urbaine dans le cadre du projet.
- Description des méthodes utilisées pour l'étude.

# Effet d'îlot de chaleur urbain

## Définition de l'effet d'îlot de chaleur urbain

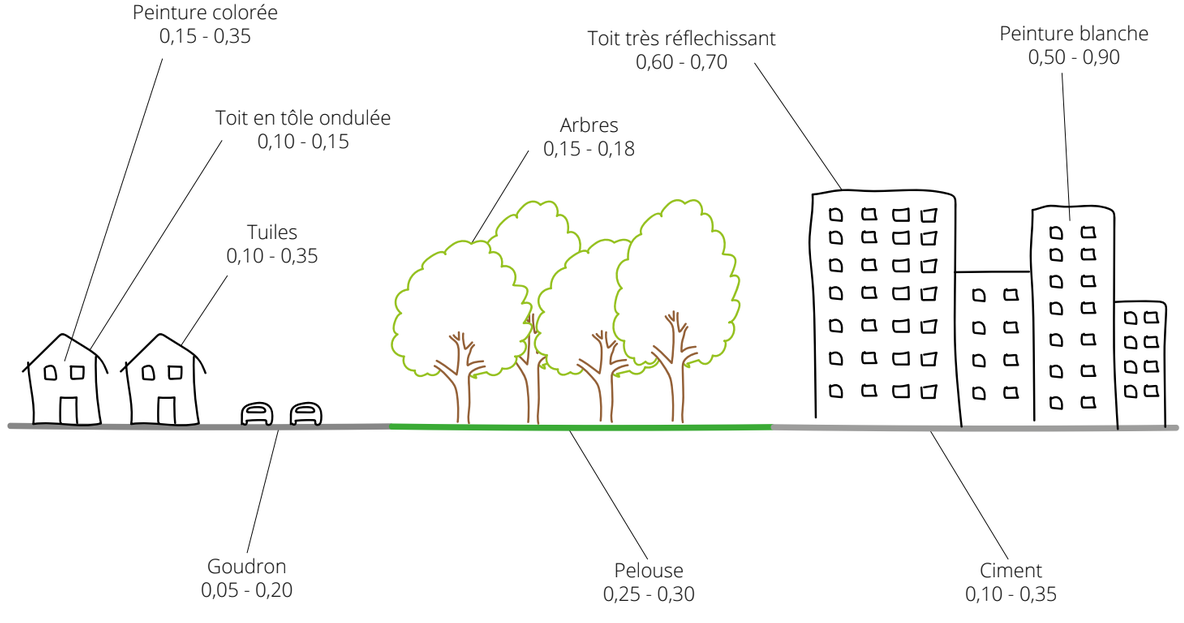
L'Atelier Parisien d'Urbanisme et l'Institut Paris Région sont deux des principaux organismes contributeurs à la documentation sur l'effet d'ICU en Île-de-France. Ils définissent ce phénomène comme[1] :

- La spécificité climatique des villes par rapport aux zones rurales et péri-urbaines avoisinantes.
- Le caractère amplificateur de la ville rendant les épisodes de chaleur plus intenses en milieu urbain.
- Ce qui peut être appelé *« Bulle de chaleur urbaine »*.

## 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'évapo-ration 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)*

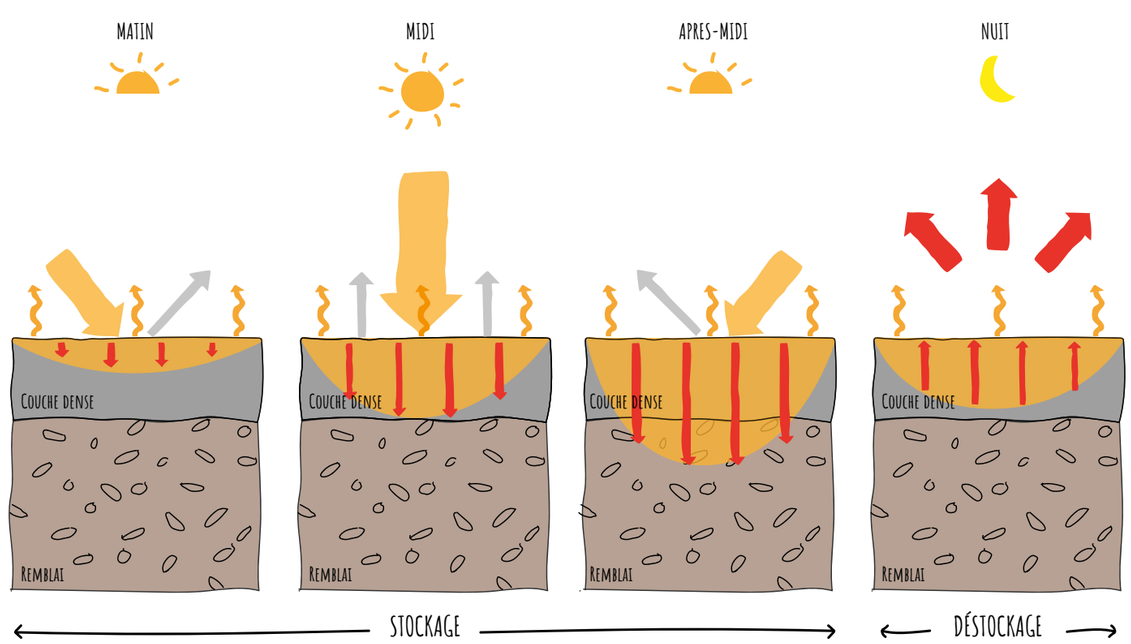



*Illustration de l'émissivité (source TRANS-FAIRE)*

1 Les Îlots de Chaleur Urbains à Paris, APUR, 2012.
Adapter l'Île-de-France à la chaleur urbaine, IPR, 2017.

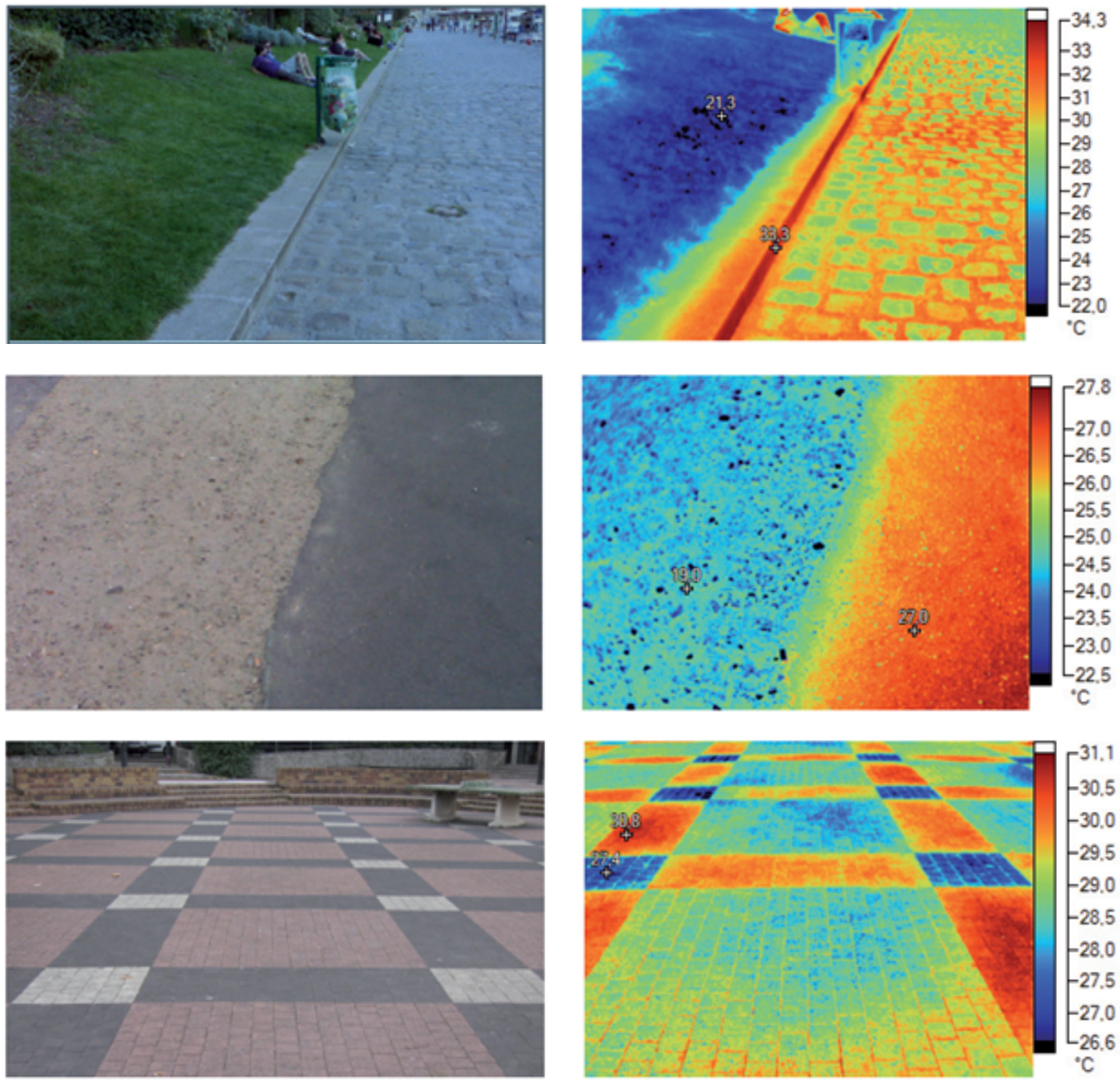
# Effet d'îlot de chaleur urbain

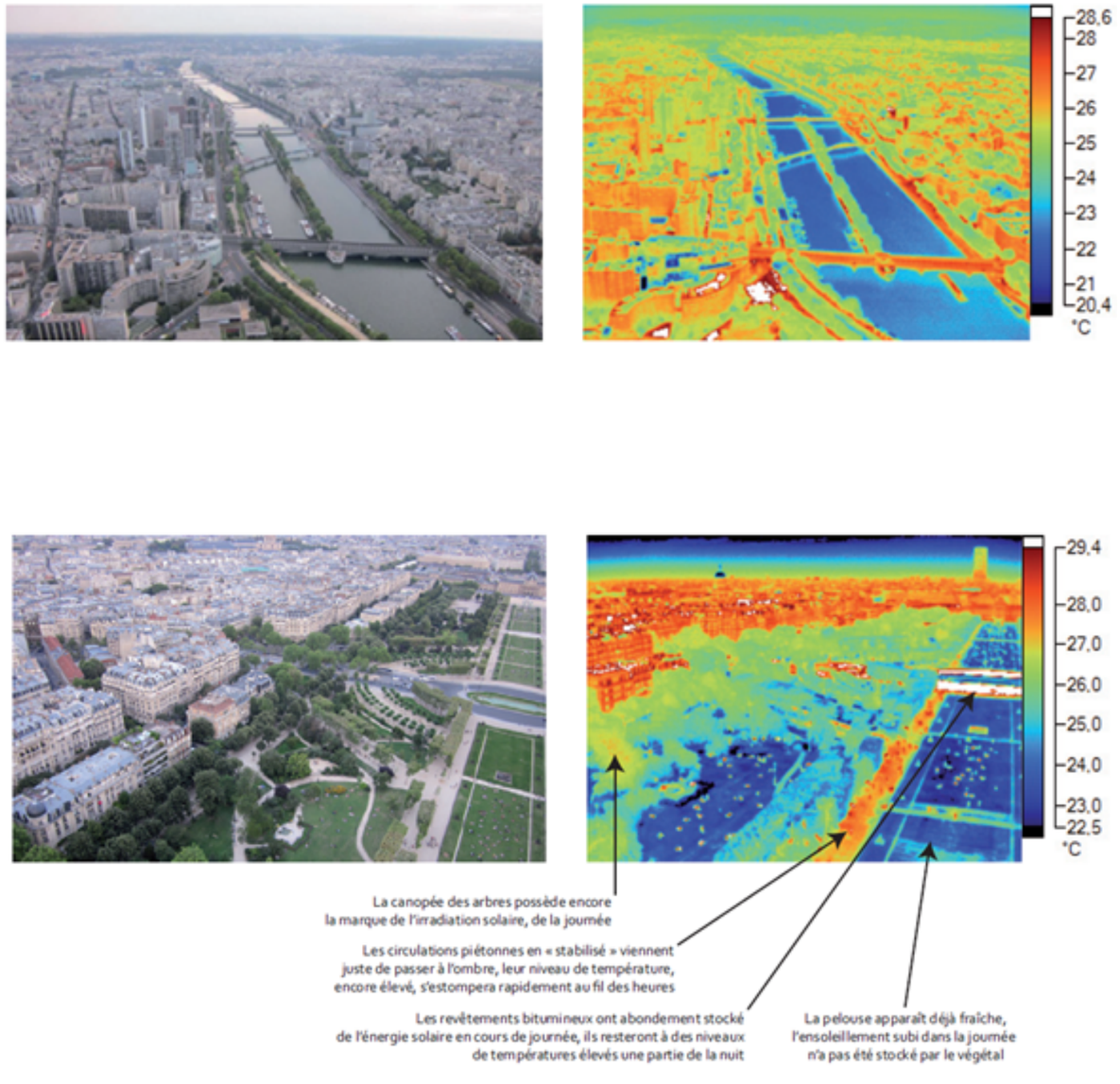
## Différentes échelles d'analyse

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

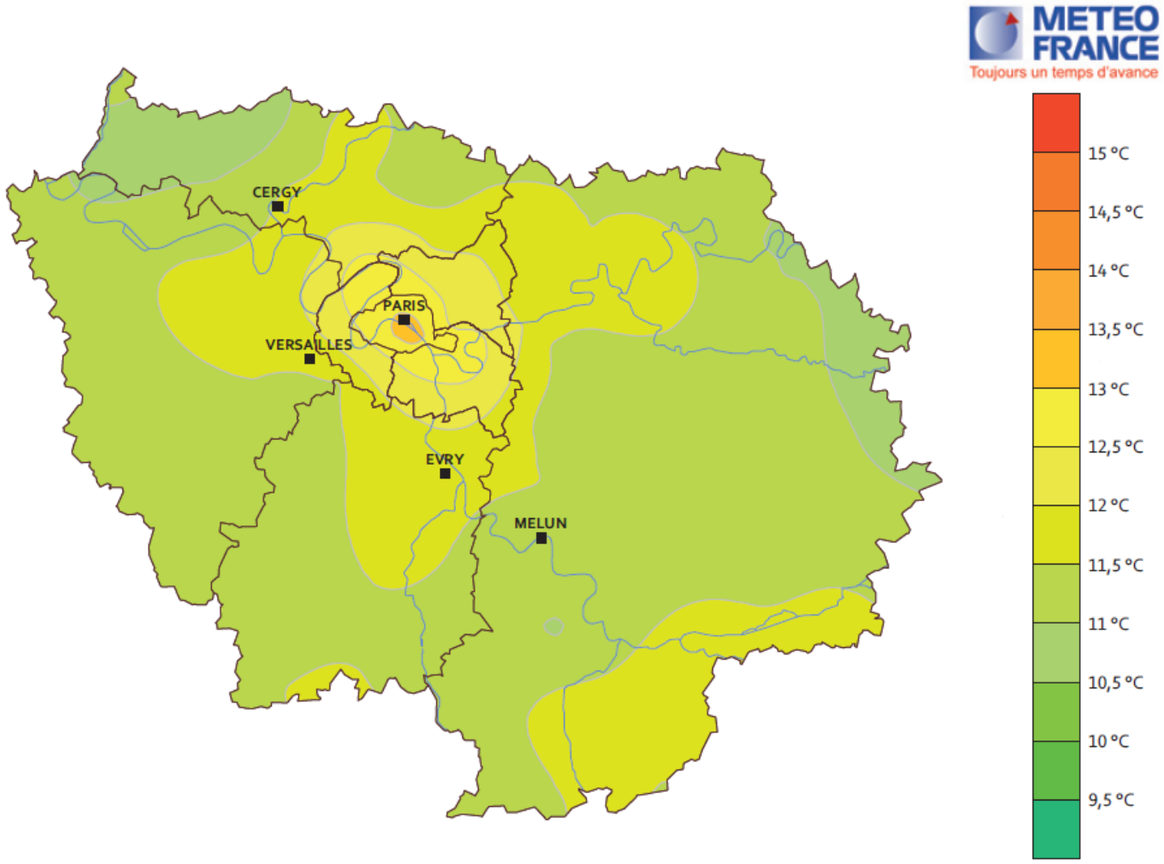
## Traduction physique

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.




*Température moyenne de 1995 à 2004 en Île-de-France (source Météo France, DIRIC)*

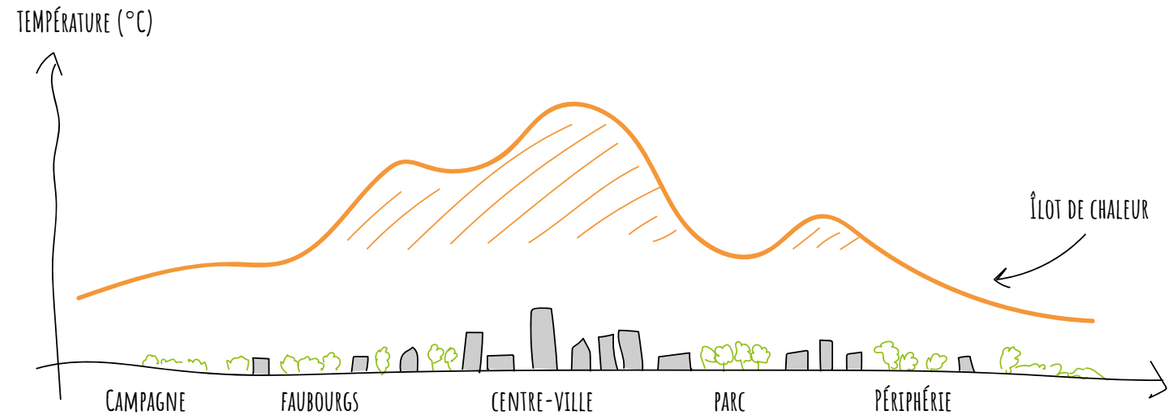


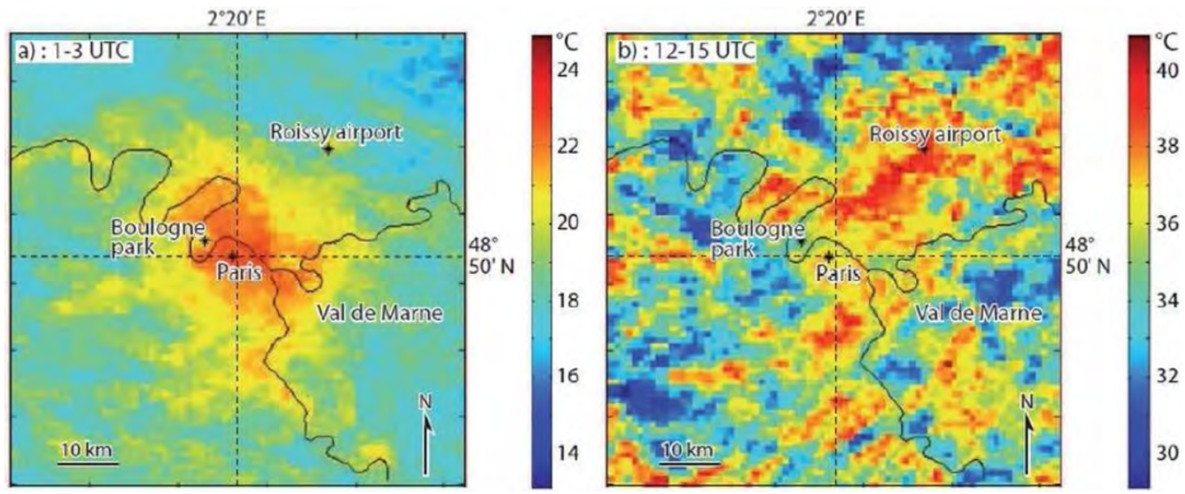

*Illustration du phénomène d'ICU (source TRANS-FAIRE)*

### 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'accentuent à mesure de l'intensité des épisodes de chaleur.

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.



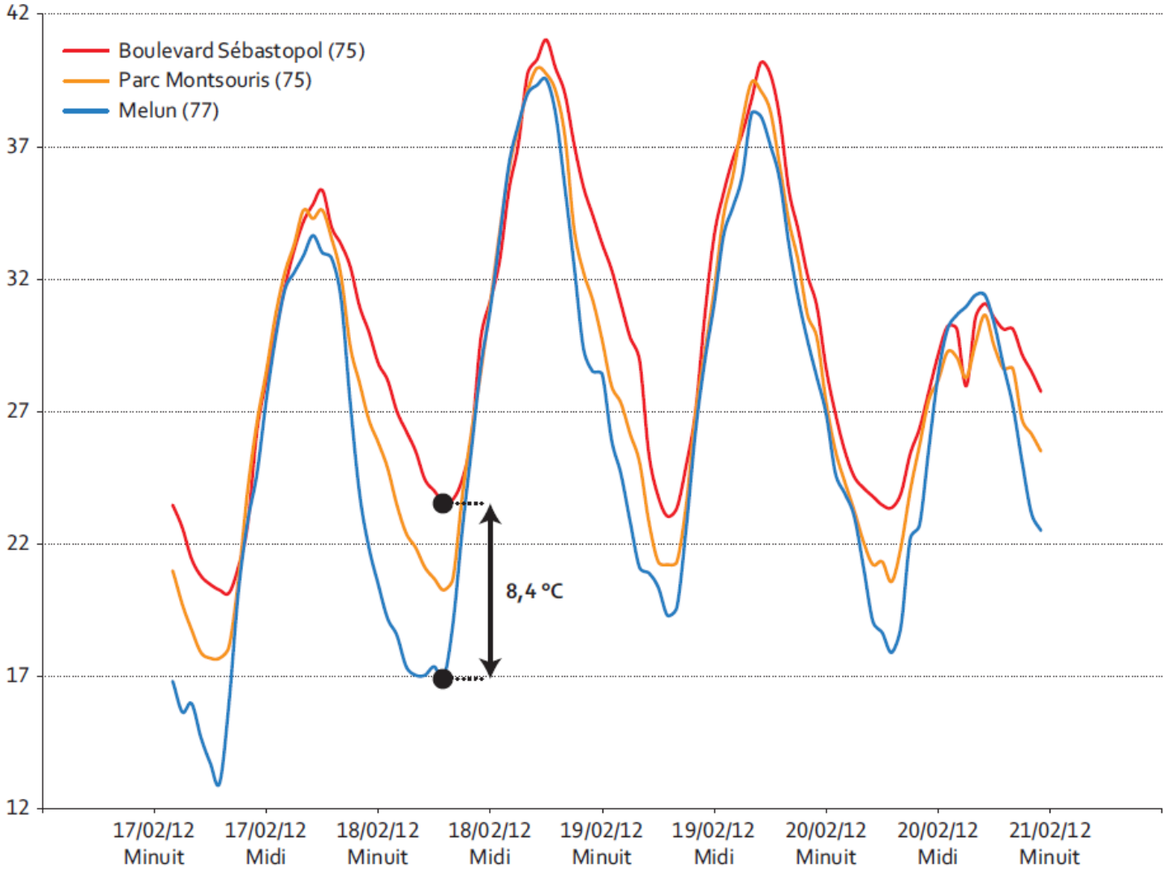

*Thermographie du 4 au 13 août 2003 en période nocturne (à gauche) et diurne (à droite) (source InVS)*

# 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.

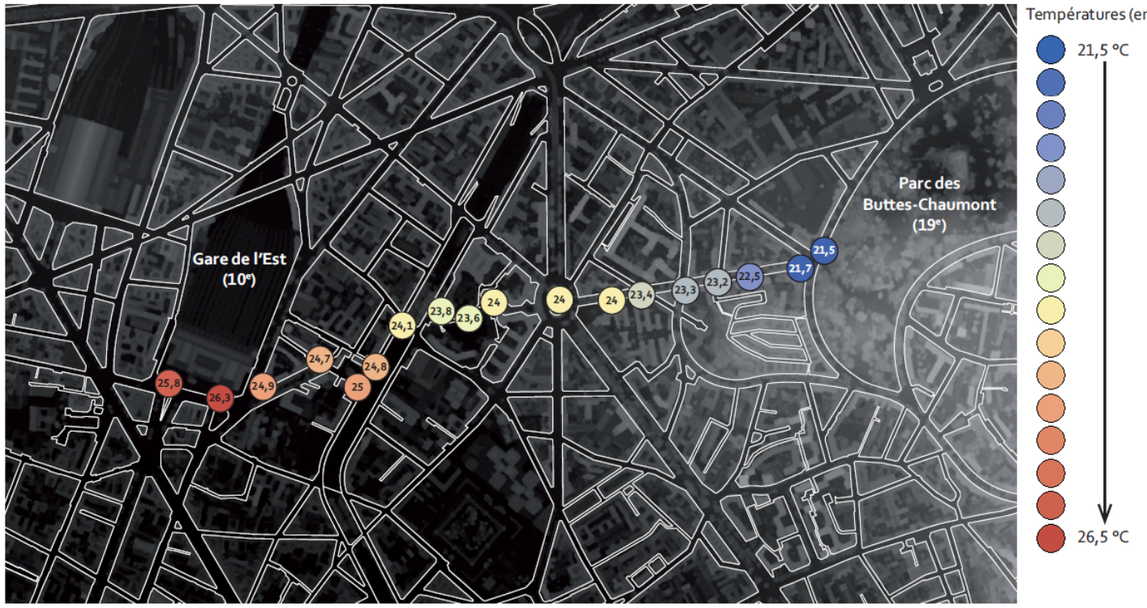



*Température du 18 au 20 août sur les stations Sébastopol (Paris 1er), Montsouris (Paris 14ème) et Melun (77) (source APUR)*

### 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 citadins 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 Franciliens et les risques associés (déshydratation, aggravation des maladies chroniques ou coups de chaleur, surmortalité).

Si l'effet d'ICU entraine 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.

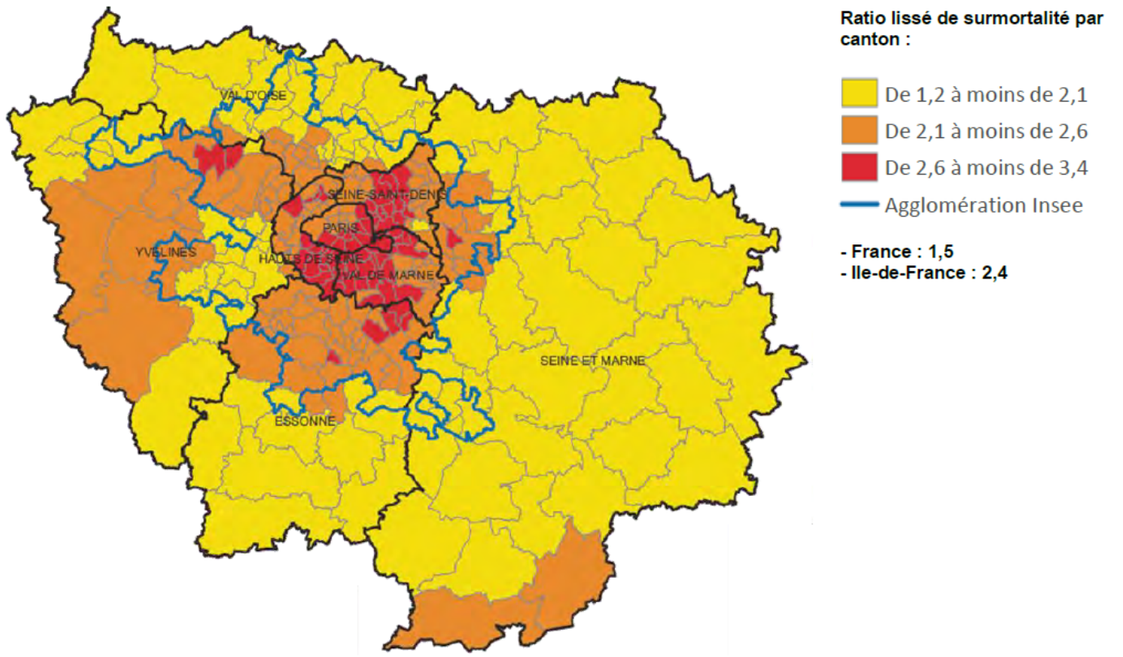
Alors que les récents épisodes de canicule – surtout 2003 mais aussi 2006, 2015 ou encore 2019 et 2022 et 2023 - ont déjà marqué particulièrement les Franciliens, le phénomène d'ICU devrait toucher une population de plus en plus importante pouvant à l'avenir rendre la vie en ville pénible.

L'InVS, l'Inserm, l'ORS et l'Atelier Parisien de la Santé Publique ont étudié le rapport entre la mortalité observée lors de la canicule 2003 et les décès survenus. Tous font le constat que l'Île-de-France est la région où le taux de surmortalité a été le plus fort (de 127 à 171%, selon les départements) et souligne le rôle particulièrement important de l'effet d'ICU et de la dégradation de la qualité de l'air.

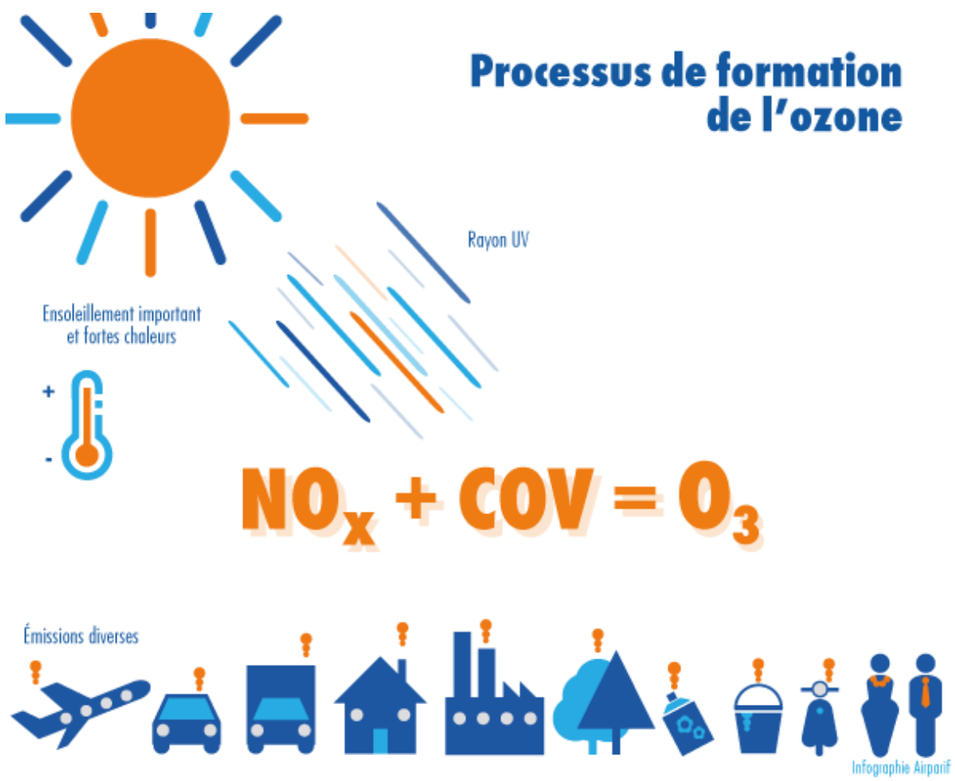
### Des conséquences multiples

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 chaleur 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).




*Ratio de surmortalité en Île-de-France lors de la canicule de 2003 (source Inserm CépiDC, Insee, Exploitation ORS Île-de-France)*




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

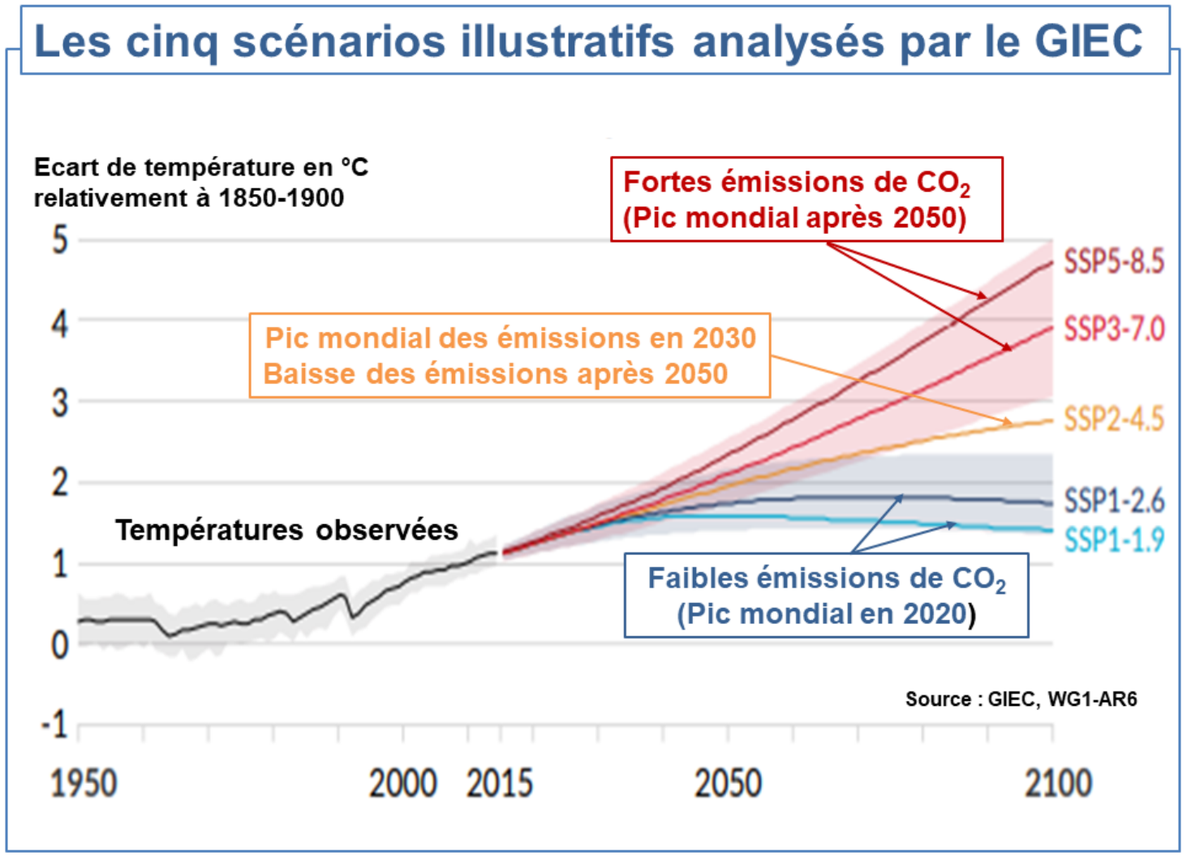
# Effet d'îlot de chaleur urbain

### 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 météorologiques interpolant les données météorologiques actuelles et les différents scénarios du GIEC pour pouvoir fournir des données prospectives exploitables dans la modélisation des états initial et projeté.

La modélisation est effectuée 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)*

État initial

# Modélisation des surfaces

L'étude simule l'effet d'ICU sur un plan 2D et la température à un point donné prenant en compte les températures des points alentours. Ainsi les éléments adjacents au périmètre sont pris en compte seulement s'ils influent sur les éléments au sein du périmètre.

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 leur hauteur et leur diamètre au cas par cas. La modélisation des surfaces sur QGIS[1] à l'état initial est présentée ci-contre.

Les matérialités modélisées sont les suivantes :

1. Les éléments bâtis avec leurs hauteurs respectives. En plus du bâti au sein du périmètre, les bâtiments extérieurs ayant un impact sur l'ombrage du site sont pris en compte.

2. Le type de sol :

- Grès beige représentant l'entrée du bâtiment.
- Gazon vert.

3. Les arbres et arbustes avec leurs rayons et hauteurs 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 à simuler les ombres portées des bâtiments et des arbres sur le périmètre d'étude pour la journée choisie, à savoir le 26 août 2023 (journée particulièrement caniculaire). 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 mètres dans les sens nord-sud et est-ouest du périmètre d'étude. A l'état initial, le maillage comprend 1 019 points. Une grande majorité du périmètre est en zone bâtie.

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) – La proportion d'énergie solaire réfléchie par rapport à l'énergie solaire reçue.
- Em : émissivité du matériaux (compris entre 0 et 1) – L'aptitude d'un matériau à absorber puis à réémettre de l'énergie par rayonnement.
- Cv : capacité thermique isochore (en J/K) – 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 qui englobent 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 |
|---|---|---|---|---|
| Gazon vert | 0,33 | 0,98 | 2 500 000 | 1 |
| Grès beige | 0,45 | 0,93 | 2 050 000 | 0 |

*Extrait des paramètres du maillage de points du périmètre (source diverses selon les matériaux, issu de l'outil ICETool, Egis open data)*




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

# 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 : les données météorologiques de la station Paris Charles-de-Gaulle au 26 août 2023, 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 moyennées sur la journée. Les résultats de la simulation peuvent être illustrés sous forme de thermographie.

## Températures sur la journée : analyse spatiale

Sur la journée du 26 août 2023, les températures moyennes au sol simulées varient de 16,5°C et 33,7°C selon les surfaces au sol dans le périmètre d'étude à l'état initial.

La minimale est atteinte dans les espaces végétalisés pleine terre ombragés (16,5°C). Les maximales sont également atteintes dans ces espaces  exposés quasiment toute la journée au soleil (33,7°C).

La température moyenne sur la journée atteinte dans les surfaces végétalisées se situe autour de 19,4°C, tandis que celle atteinte dans les surfaces artificialisées approchent les 25,6°C soit supérieurs d'environ 6,2°C.

| | Températures des surfaces sur la journée (état initial) | | |
|---|---|---|---|
| | Grès beige | Gazon vert | Toutes surfaces |
| Point froid | 22,8°C | 16,5°C | 16,5°C |
| Point chaud | 29,0°C | 33,7°C | 33,7°C |
| Moyenne | 25,6°C | 19,4°C | 20,0°C |

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




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

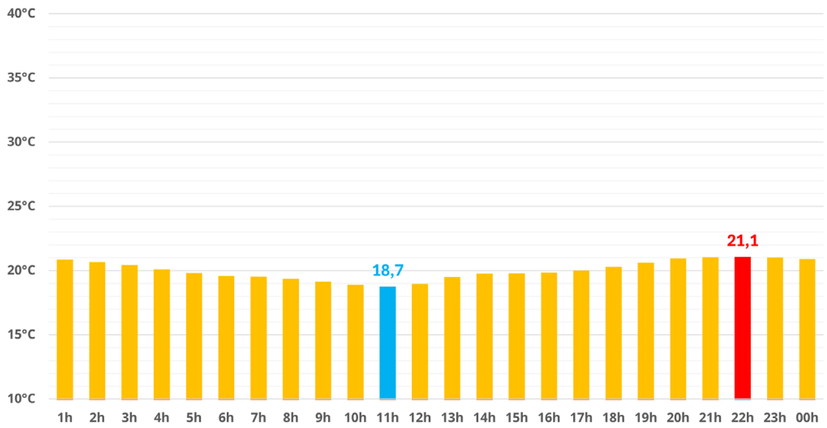
# Résultats du modèle à l'état initial

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

Sur la journée du 26 août 2023, la température moyenne au sol varie entre 18,7°C et 21,1°C, avec une température moyenne de 20,0°C sur la journée.

La température au sol sur la journée présente une amplitude de 2,3°C, elle reste donc très stable tout au long de la journée. La température augmente ainsi rapidement de 11h jusqu'à 22h où elle atteint son maximum, puis diminue dans la nuit.

La température des sols la nuit restent relativement modérée (20,7°C à 2h) où les matériaux minéraux déstockent progressivement la chaleur emmagasinée tout au long de la journée. La température au sol passe sous la barre des 20°C entre 5 et 16h.




*Évolution de la température moyenne au sol sur la journée du 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)*




*Températures au sol simulées à 22:00 le 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)*

# Résultats du modèle à l'état initial

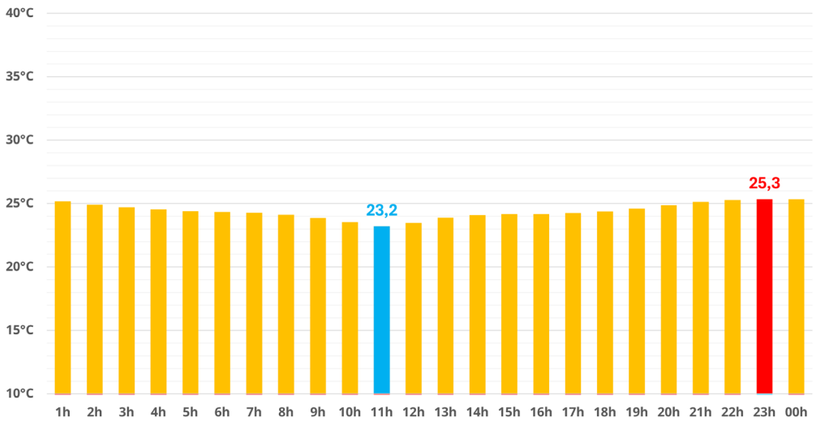
## Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

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, toujours depuis la station Paris Charles-de-Gaulle.

La température moyenne au sol sur le périmètre au cours de la journée du 21 juillet 2100 varie entre 23,2°C à l'heure la plus froide et 25,3°C à l'heure la plus chaude.

La température augmente progressivement de 11h jusqu'à 23h où elle atteint son maximum, puis décline dans la nuit.

Les sols restent relativement chauds la nuit (24,9°C à 2h) où les matériaux minéraux déstockent la chaleur emmagasinée tout au long de la journée. Le site se rafraîchit peu au cours de la nuit, la température passant sous la barre des 23°C entre 9h et 13h.




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




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

# Résultats du modèle à l'état initial

## Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

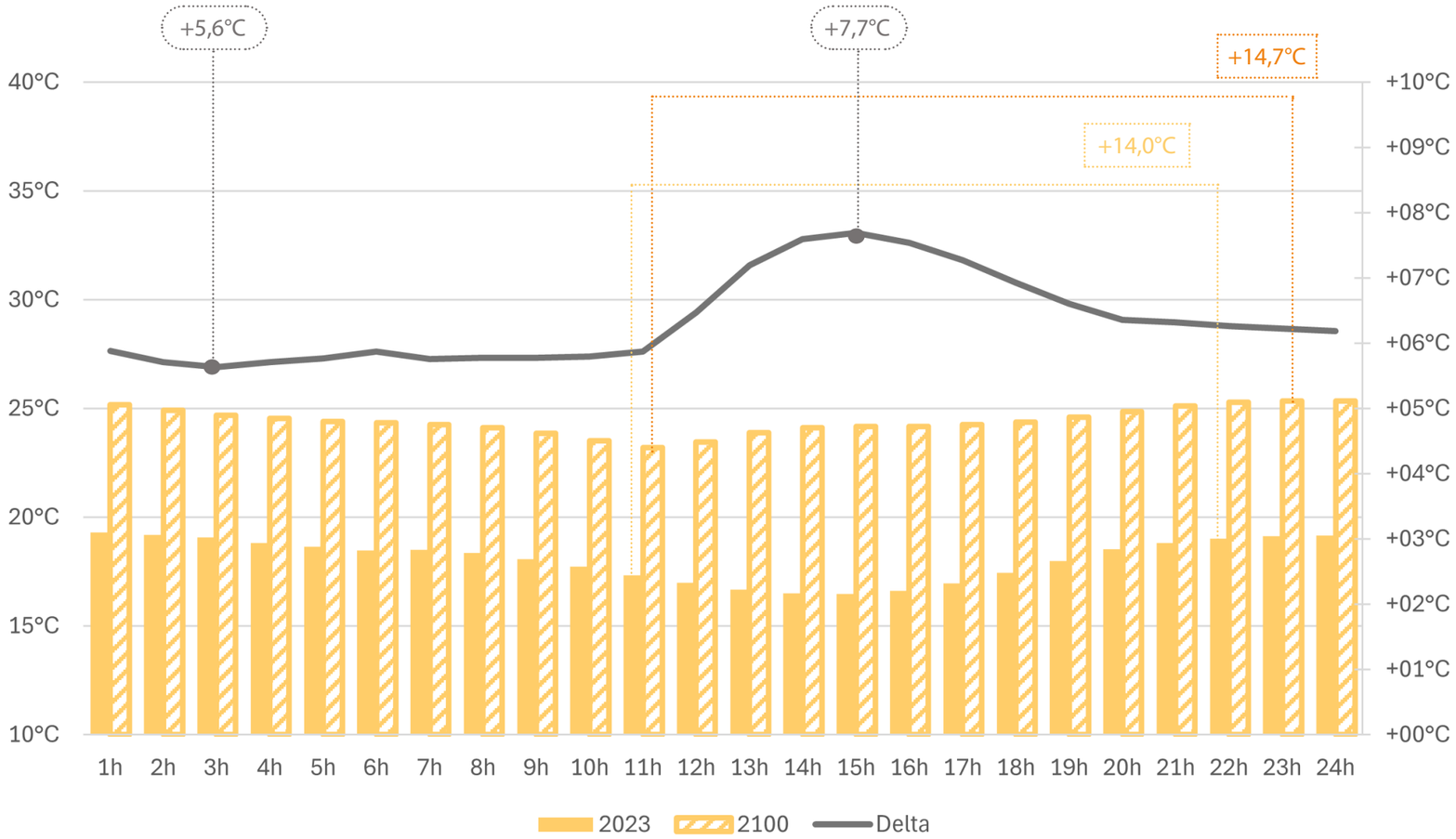
A l'heure la plus chaude selon chaque journée, l'écart entre les températures moyennes des espaces végétalisés et les espaces minéralisés est moins important en 2023 qu'en 2100. Respectivement, 20,3°C contre 24,3°C pour les zones végétalisées et 26,8°C contre 34,1°C pour les zones minéralisées, soit une amplitude d'environ 6,5°C en 2023 et 9,8°C en 2100.

L'amplitude de températures sur la journée est globalement similaire entre 2023 et 2100 (+2,3°C en 2023 contre +2,1°C en 2100).

Les écarts de températures entre 2023 et 2100 augmentent rapidement entre 11h et 15h, puis diminuent modérément entre 15h et 20h. De minuit jusqu'à 11h et de 20h jusqu'à minuit, l'écart reste stable.

Les matériaux chauffent plus rapidement et déstockent plus lentement la chaleur en 2100 par rapport à 2023. Entre 15h et 20h, la tendance s'inverse : la température moyenne de l'état initial en 2023 se rapproche de celle en 2100. Les matériaux emmagasinent plus vite la chaleur lorsqu'ils sont plus froids au départ.

La température du site entre 2023 et 2100 augmente de +6,3°C en moyenne sur la journée, avec des écarts allant de +5,6°C à +7,7°C.




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

# État projet

# Modélisation des surfaces à l'état projet

Comme pour l'état initial, les éléments modélisés pour l'état projet sont les suivants :

1. Les éléments bâtis avec leurs hauteurs respectives.
2. Le type de sol :
   - Enrobé bitumineux foncé : ce matériau est choisi pour représenter le pire matériau utilisable. Les simulations seront donc dans le cas le plus défavorable du projet.
   - Gazon vert représentant les jardins et les zones de pleine terre.
3. Les arbres et arbustes au sein du projet ne sont pas modélisés car à ce jour, les plantations au sein du projet n'ont pas encore été décidées. Ce choix de modélisation rejoint l'hypothèse que les simulations suivantes seront dans le cas le plus défavorable du projet puisque la présence d'arbres est bénéfique pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain.

La modélisation prend en compte toutes les types de surface au sol mais ne prend pas en compte l'effet des toitures végétalisées qui n'ont pas d'impact suffisamment avéré et dépendant de facteurs non controlés à ce stade.




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

# Simulation des ombrages à l'état projet

Comme à l'état initial, les ombres portées sont simulées pour chaque heure de la journée entre 06:00 et 20:00 le 26 août 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 pour l'état projet.



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 à l'état projet

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

La densité des mailles est, comme à l'état initial, d'un point tous les mètres dans les sens nord-sud et est-ouest du périmètre d'étude. A l'état projet, le maillage comprend 2 151 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) – La proportion d'énergie solaire réfléchie par rapport à l'énergie solaire reçue.
- Em : émissivité du matériaux (compris entre 0 et 1) – L'aptitude d'un matériau à absorber puis à réémettre de l'énergie par rayonnement.
- Cv : capacité thermique isochore (en J/K) – 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 qui englobent 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 |
| Gazon vert | 0,33 | 0,98 | 2 500 000 | 1 |

*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 : les données météorologiques de la station Paris Charles-de-Gaulle au 26 août 2023, 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 moyennées sur la journée. Les résultats de la simulation peuvent être illustrés sous forme de thermographie.

## Températures sur la journée : analyse spatiale

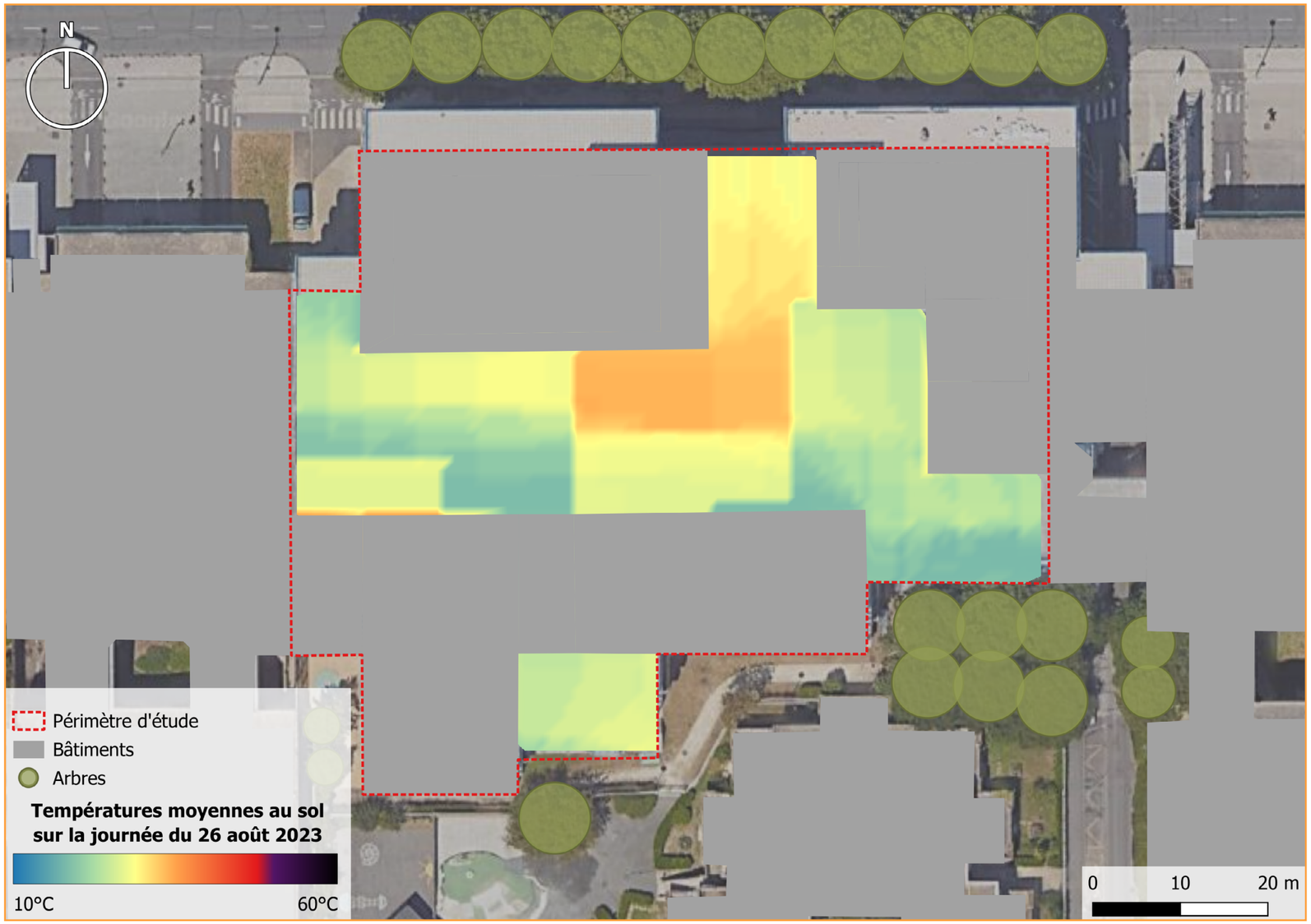
Sur la journée du 26 août 2023, les températures moyennes au sol simulées varient de 16,6°C et 45,3°C selon les surfaces au sol dans le périmètre d'étude à l'état projet.

La minimale est atteinte dans les espaces pleine terre (16,6°C) et les maximales sont atteintes sur les surfaces revêtues d'enrobé (45,3°C).

La température moyenne sur la journée atteinte dans les surfaces végétalisées se situe autour de 23,5°C, tandis que celle atteinte dans les surfaces artificialisées approchent les 30,0°C soit supérieurs d'environ 6,5°C, contre 6,2°C à l'état initial.

| | Température moyenne sur la journée (état projet) | | |
|---|---|---|---|
| | Enrobé bitumineux foncé | Gazon vert | **Toutes surfaces** |
| Point froid | 23,0°C | 16,6°C | 16,6°C |
| Point chaud | 45,3°C | 33,8°C | 45,3°C |
| Moyenne | 30,0°C | 23,5°C | 26,0°C |

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




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

# Résultats du modèle à l'état projet

## Températures à l'heure la plus chaude

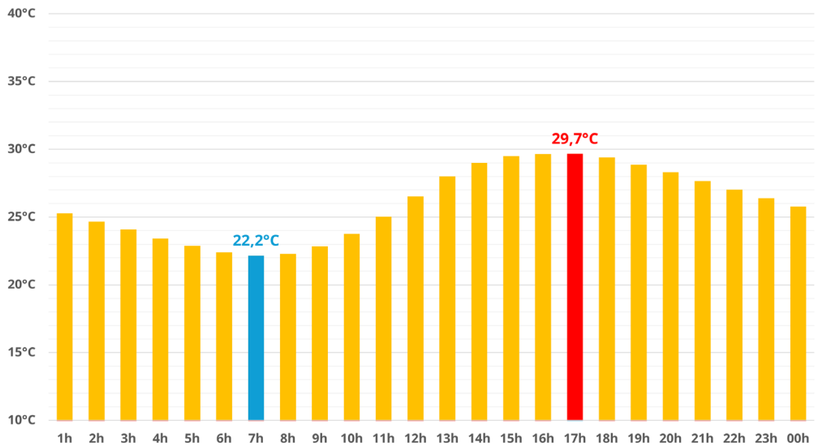
La température moyenne au sol sur le périmètre varie entre 22,2°C et 29,7°C à l'heure la plus chaude avec une moyenne sur la journée de 26,0°C.

La température moyenne augmente entre 7h et 17h où elle atteint son maximum, puis décline progressivement en fin d'après-midi et début de soirée. Les sols restent relativement chauds la nuit, à une température plus élevée qu'à l'état initial (24,7°C à 2h contre 20,7°C à l'état initial).

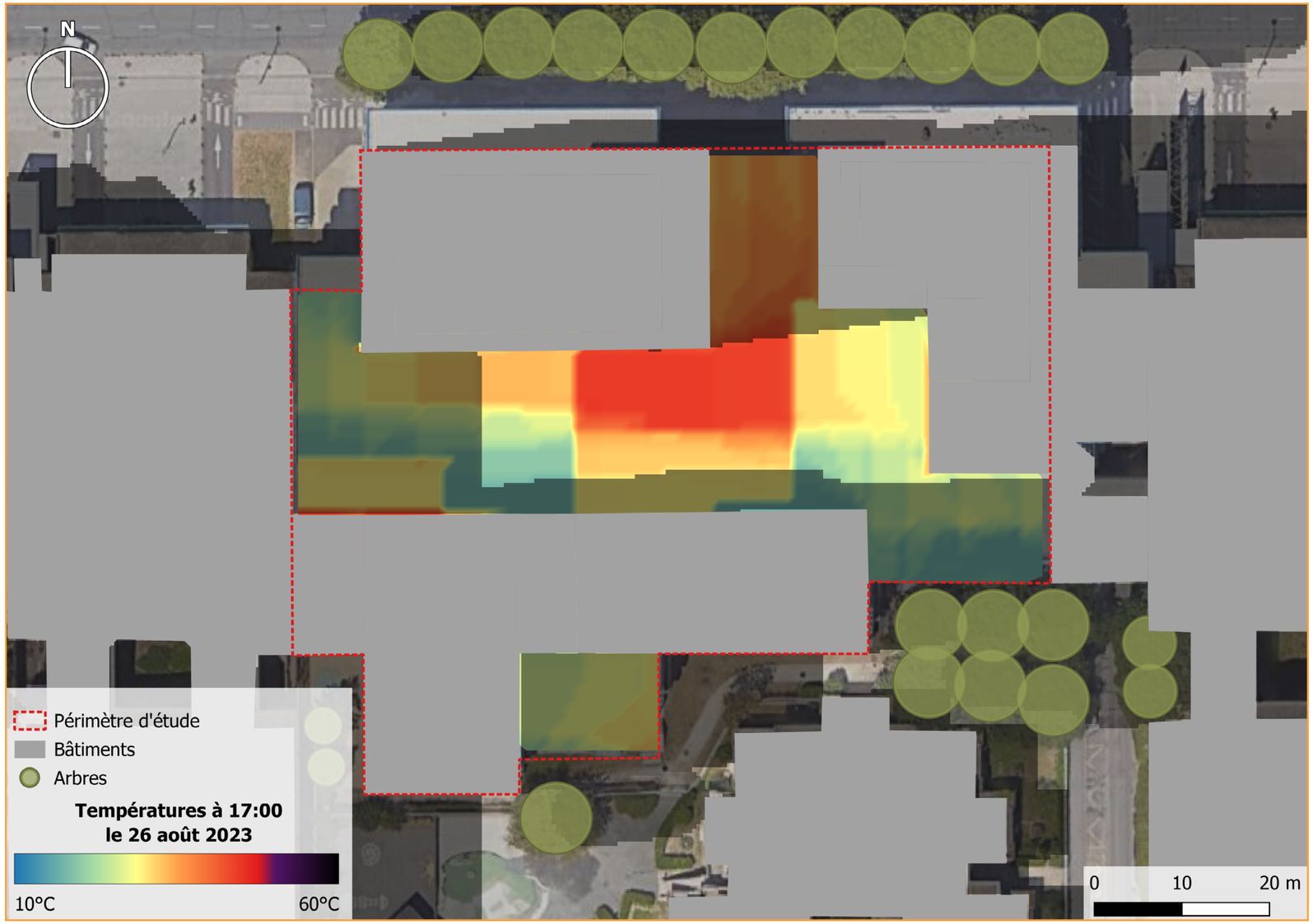
Le site se rafraîchit au cours de la nuit, la température est sous la barre des 25°C entre 2h et 10h.

A 17h, heure la plus chaude, la température moyenne atteint 29,7°C soit plus qu'à l'état initial avec un pic atteint à 21,1°C à 22h, soit 8,6°C de plus.

Les températures restent plutôt stables tout au long de la journée.




*Évolution de la température moyenne au sol sur la journée du 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)*




*Températures au sol simulées à 17:00 le 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)*

# Résultats du modèle à l'état projet

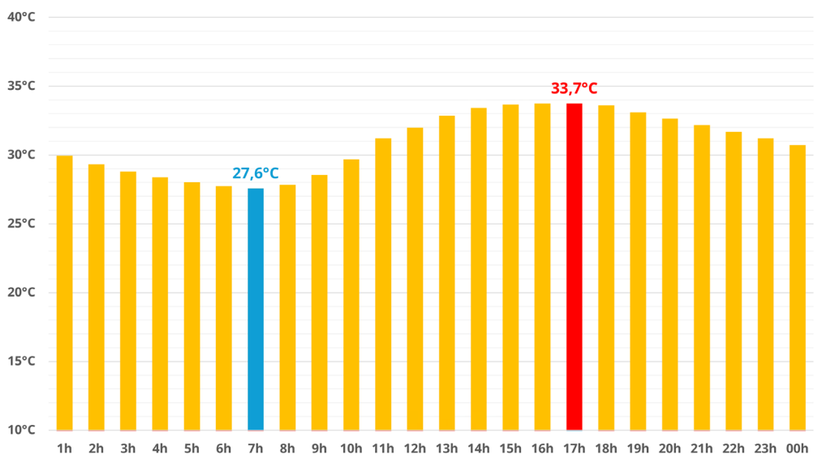
## Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

Les températures moyennes au sol en 2100 ont été également simulées en prenant comme fichier météorologique les prévisions du scénario RCP8.5, scénario le plus pessimiste, toujours de la station Paris Charles-de-Gaulle.

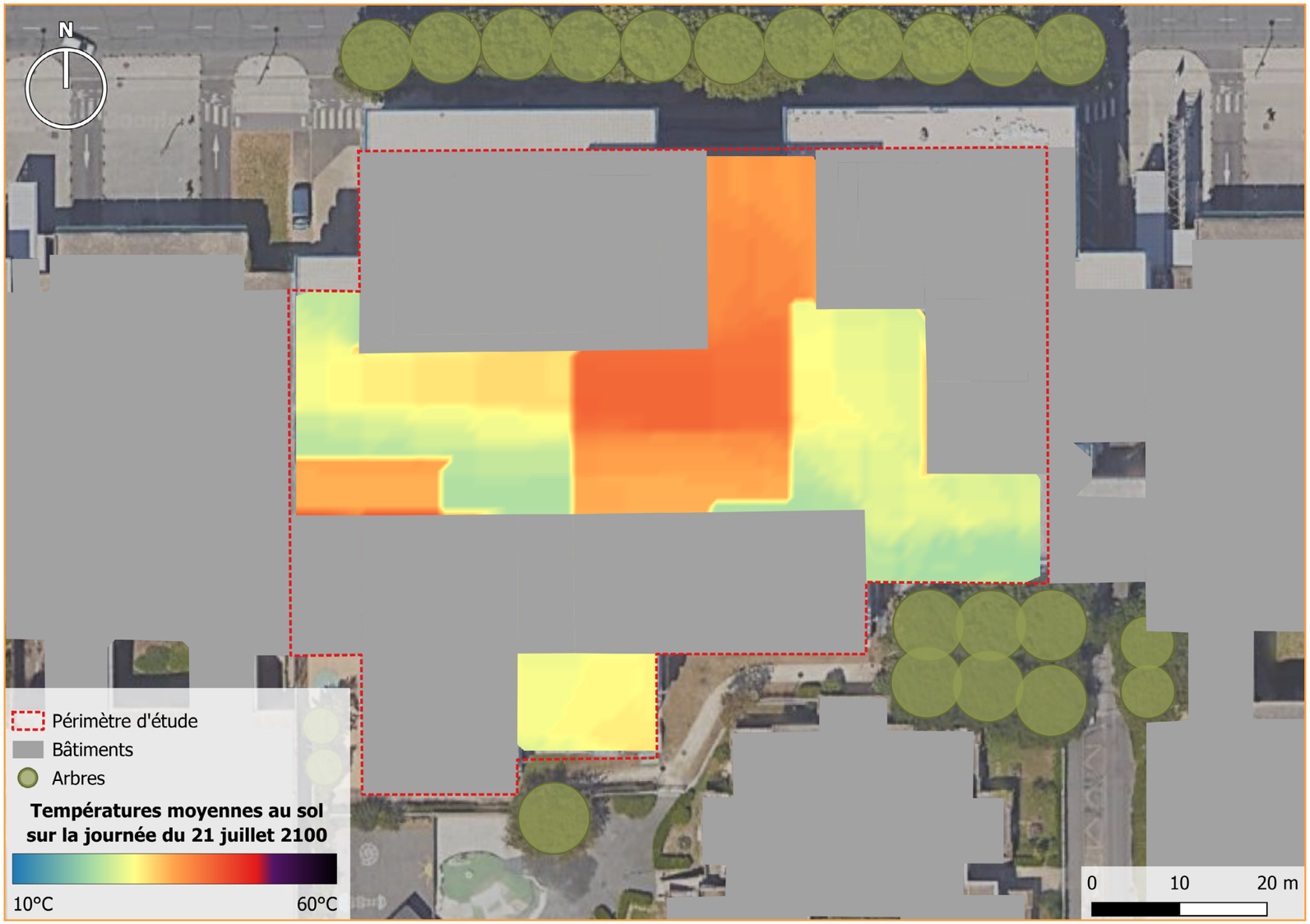
La température moyenne au sol sur le périmètre au cours de la journée varie entre 27,6°C à l'heure la plus froide et 33,7°C à l'heure la plus chaude, soit une amplitude de 6,1°C.

La température augmente progressivement du lever du soleil jusqu'à 17h où elle atteint son maximum, puis décline lentement en fin de soirée. Les sols restent relativement chauds la nuit (29,3°C à 2h à l'état projet contre 24,9°C pour l'état initial en 2100).

Le site se rafraîchit modérément au cours de la nuit, la température est sous la barre des 30°C entre 1h et 10h. A 17h, heure la plus chaude, la température moyenne atteint 33,7°C contre 25,3°C au pic de l'état initial en 2100.




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




*Températures moyennes au sol simulées en 2100 (TRANS-FAIRE, 2025)*

# Résultats du modèle à l'état projet

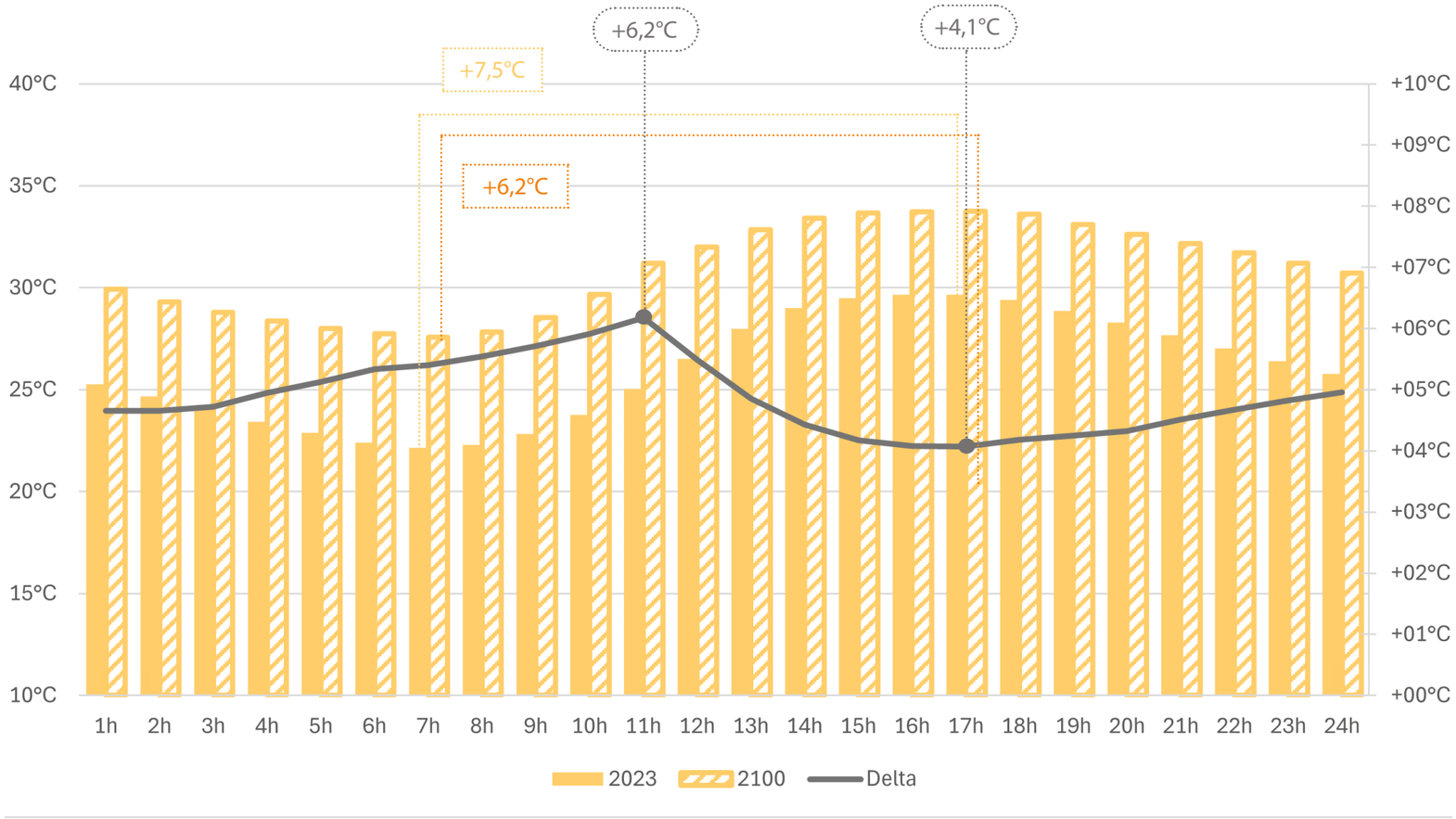
## Températures prospectives : analyse à l'horizon 2100

A l'heure la plus chaude selon chaque journée, l'écart entre les températures moyennes des espaces végétalisés et les espaces minéralisés est moins important en 2023 qu'en 2100. Respectivement, 25,2°C contre 28,3°C pour les zones végétalisées et 36,6°C contre 42,3°C pour les zones minéralisées, soit une amplitude d'environ 11,4°C en 2023 et 14,0°C en 2100.

L'amplitude de températures sur la journée est plus importante en 2023 (+7,5°C contre +6,2°C en 2100).

Les écarts de températures entre 2023 et 2100 augmentent lentement entre minuit et 11h, puis diminuent rapidement de 11h à 17h, et augmentent ensuite lentement durant le reste de la nuit. Les matériaux chauffent plus rapidement et déstockent plus lentement la chaleur en 2100 par rapport à 2023.

La température du site entre 2023 et 2100 augmente de +4,9°C en moyenne sur la journée, avec des écarts allant de +4,1°C à +6,2°C. L'état projet tend à diminuer l'écart de températures entre 2023 et 2100, puisqu'à l'état initial la température du site augmente en moyenne de +6,3°C avec des écarts de +5,6°C à +7,7°C. Cependant, les températures sur la journée à l'état projet restent plus élevées qu'à l'état initial, autant en 2023 qu'en 2100.




*Comparaison des températures de l'état projet entre 2023 et 2100 (TRANS-FAIRE, 2025)*

# Analyse des effets du projet et préconisations

# Analyse des écarts état initial - état projet

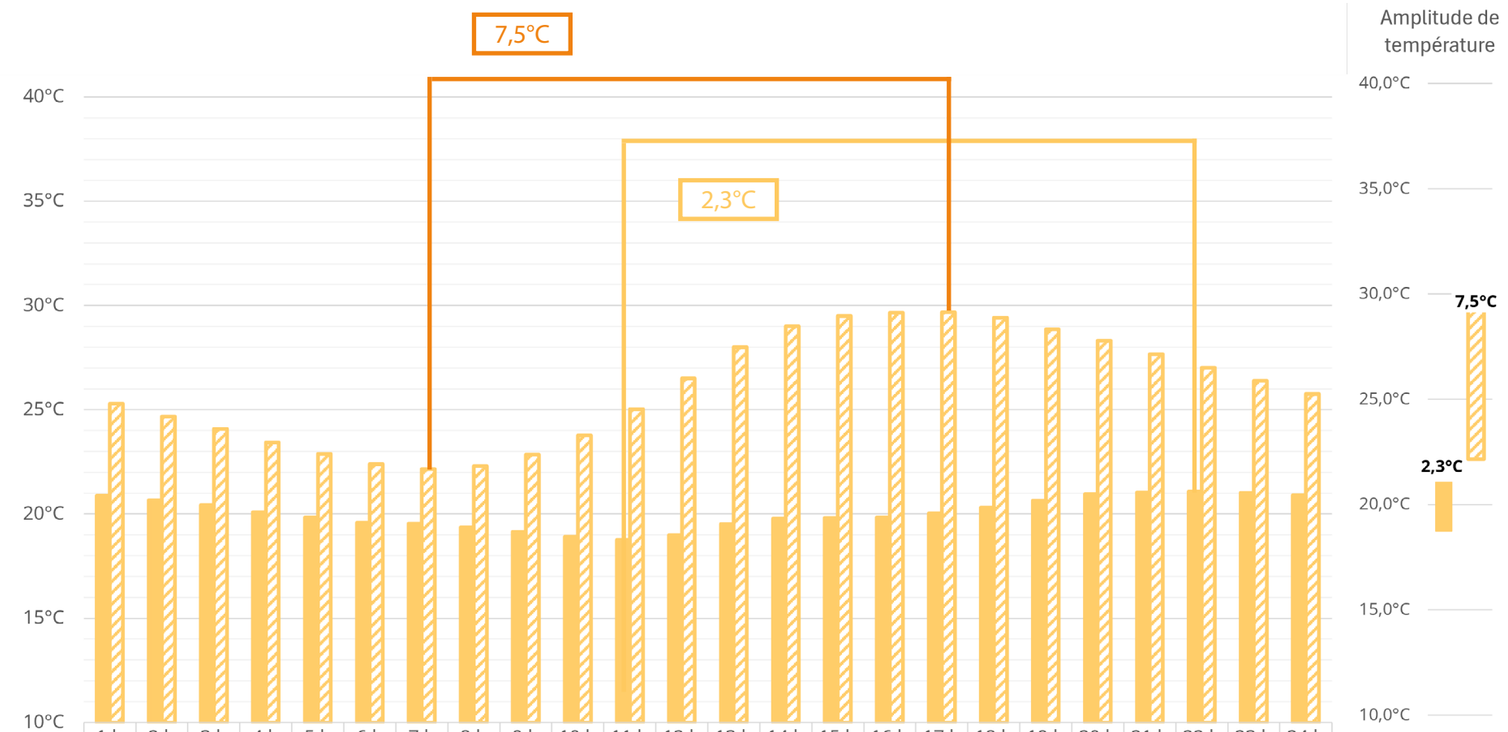
## Évolutions dues au projet

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 largement augmenter l'amplitude des températures moyennes sur le secteur en plus de faire augmenter les températures en elles-mêmes, faisant évoluer l'amplitude de 2,3°C à l'état initial à 7,5°C à l'état projet. La température moyenne sur la journée évolue de +6,0°C entre l'état initial et l'état projet, passant de 20,0°C à 26,0°C.

Néanmoins, il faut noter que la surface de pleine terre augmente à l'état projet. Également, le nombre et l'emplacement de sujets arborés ont un réel effet positif sur la diminution des températures du secteur qui ne peut pas être perçu sur ces simulations. Enfin, le matériau choisi pour l'espace piéton (enrobé bitumineux foncé) étant le pire, il est possible que la maîtrise d'ouvrage choisissent un matériau moins impactant, ce qui ferait aussi diminuer de façon non négligeable les températures pour l'état projet.

**En conclusion, le secteur d'étude à l'état initial est peu arboré, végétalisé concernant les îlots intérieurs au bâtiment, mais également très enclavé, donc faiblement sensible aux épisodes de chaleur. La création du projet va permettre d'introduire de nombreux espaces verts, ombragés où les sujets arborés seront prévus et ainsi créer des îlots de fraîcheur à l'échelle du périmètre.**




| | 1 h | 2 h | 3 h | 4 h | 5 h | 6 h | 7 h | 8 h | 9 h | 10 h | 11 h | 12 h | 13 h | 14 h | 15 h | 16 h | 17 h | 18 h | 19 h | 20 h | 21 h | 22 h | 23 h | 24 h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etat initial | 20,9 | 20,7 | 20,4 | 20,1 | 19,8 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,1 | 18,9 | 18,7 | 19,0 | 19,5 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,3 | 20,6 | 20,9 | 21,0 | 21,1 | 21,0 | 20,9 |
| Etat projet | 25,3 | 24,7 | 24,1 | 23,4 | 22,9 | 22,4 | 22,2 | 22,3 | 22,8 | 23,8 | 25,0 | 26,5 | 28,0 | 29,0 | 29,5 | 29,7 | 29,7 | 29,4 | 28,9 | 28,3 | 27,7 | 27,0 | 26,4 | 25,8 |

*Comparaison initial - projet des températures moyennes au sol sur la journée du 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)*

# Analyse des écarts état initial - état projet

## Évolutions spatiales

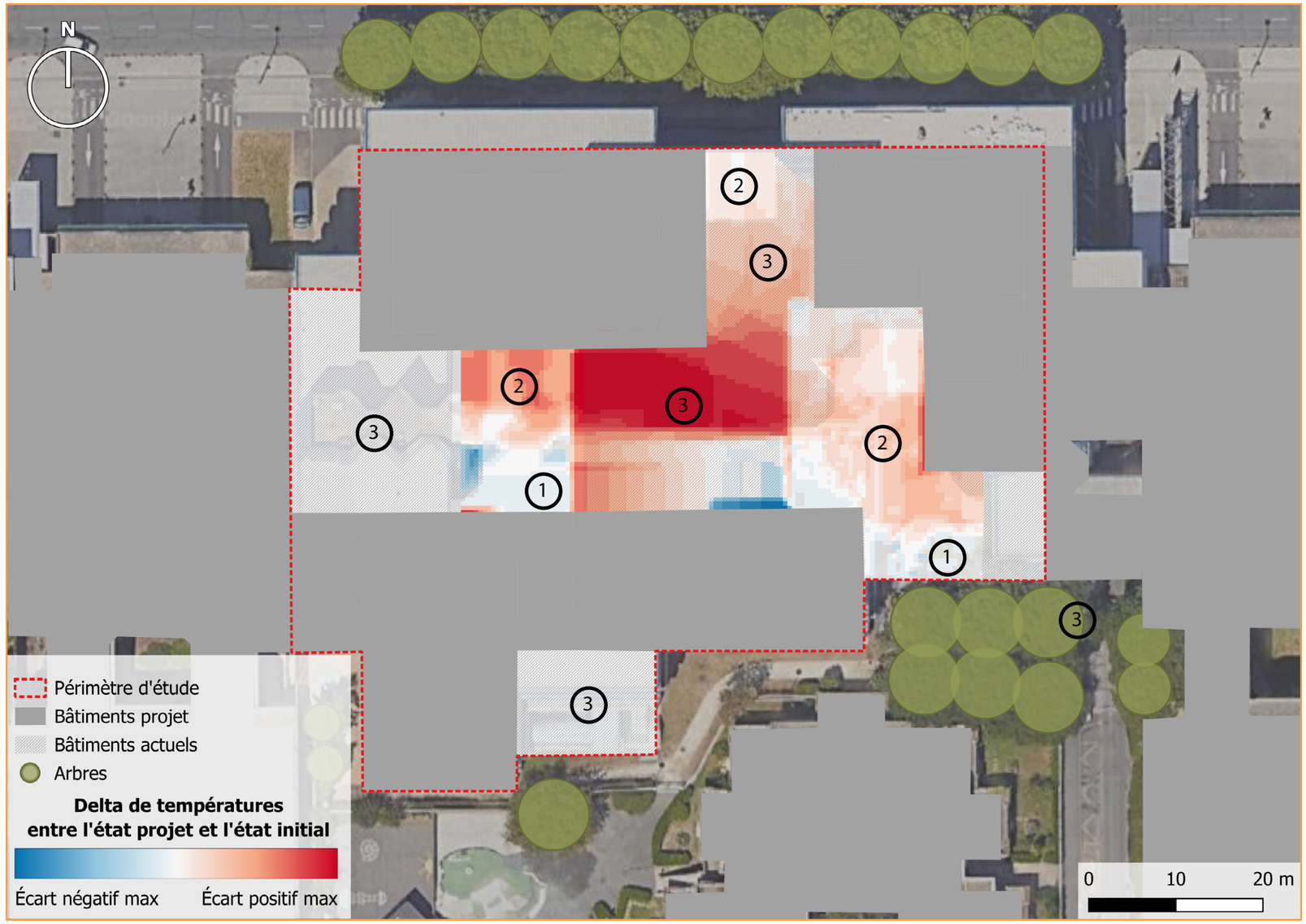
L'évolution des températures entre l'état initial et l'état projet permet de visualiser les espaces ayant le plus d'effet positif et de localiser les zones qui font l'objet d'une augmentation, afin de prévoir des mesures adaptées.

La cartographie ci-contre représente la différence de températures moyennes entre l'état initial et l'état projet. 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 l'effet d'ICU.

Aux points notés 1, on note des effets de rafraîchissement liés à l'ombrage précuré par le bâtiment sud du périmètre et la végétalisation avec des espaces de pleine terre. Pour rappel, les sujets arborés non pas encore été placés au sein au site.

Aux points notés 2, on note des augmentations localisées de la température au sol dûes au réaménagement des voies de circulation à l'état projet.

Aux points notés 3, les écarts repérés sont dus à une nouvelle zone exposée au rayonnement solaire. Correspondant aux emprises bâties à l'état initial, la comparaison des températures au sol n'est pas pertinente entre les deux états.




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

# Analyse des écarts en 2100 état initial - état projet

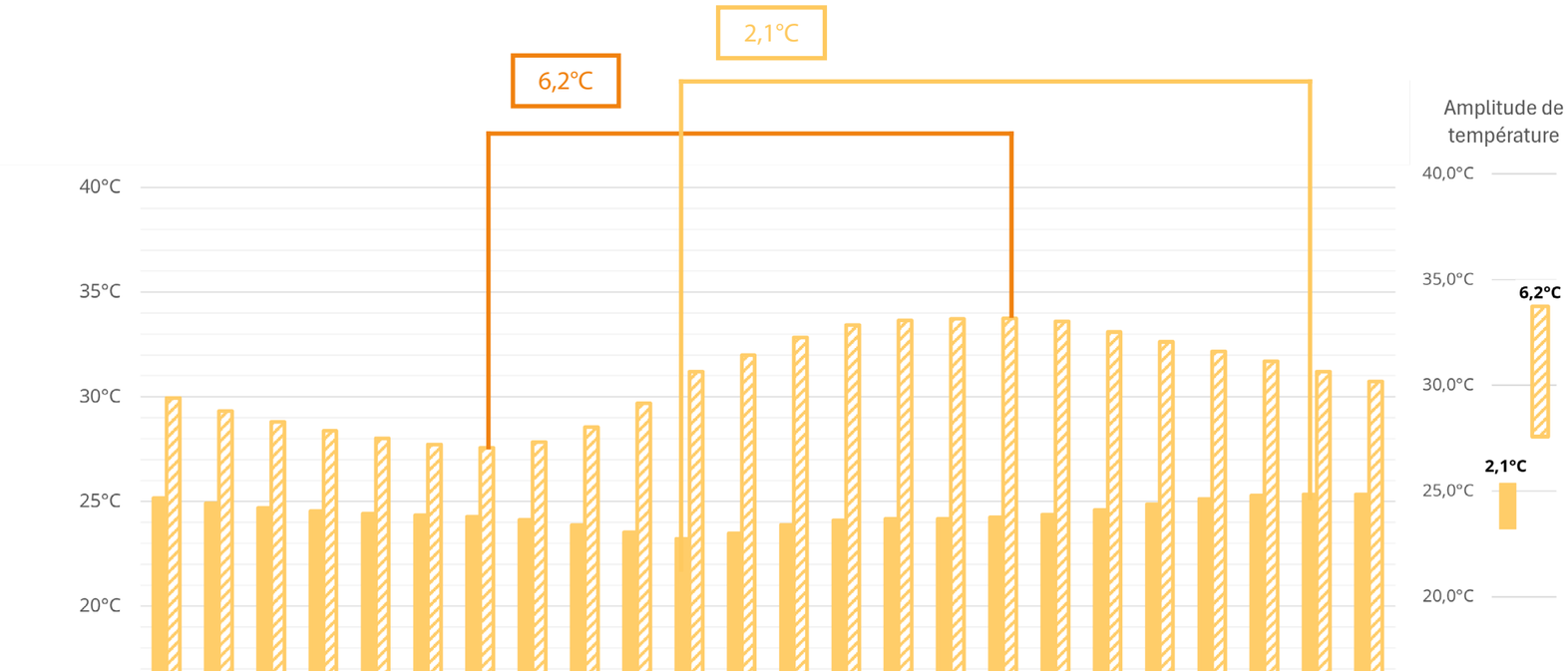
## Évolutions à l'horizon 2100

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, comme en 2023, la réalisation du projet a pour conséquence de augmenter l'amplitude des températures moyennes sur le secteur (les températures maximales évoluant à la marge), faisant évoluer l'amplitude de 2,1°C à l'état initial contre 6,2°C à l'état projet. Les amplitudes en 2100 diminuent également par rapport à celles de 2023, passant de 2,3 à 2,1°C pour l'état initial et de 7,5 à 6,2°C pour l'état projet. La température moyenne sur la journée évolue de +6,5°C entre l'état initial et l'état projet en 2100, passant de 24,4°C à 30,9°C.

**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, lorsque les sujets arborés seront prévus, à l'échelle du périmètre.**

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




| | 1 h | 2 h | 3 h | 4 h | 5 h | 6 h | 7 h | 8 h | 9 h | 10 h | 11 h | 12 h | 13 h | 14 h | 15 h | 16 h | 17 h | 18 h | 19 h | 20 h | 21 h | 22 h | 23 h | 24 h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etat initial | 25,2 | 24,9 | 24,7 | 24,5 | 24,4 | 24,3 | 24,3 | 24,1 | 23,9 | 23,5 | 23,2 | 23,5 | 23,9 | 24,1 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,4 | 24,6 | 24,9 | 25,1 | 25,3 | 25,3 | 25,3 |
| Etat projet | 29,9 | 29,3 | 28,8 | 28,4 | 28,0 | 27,7 | 27,6 | 27,8 | 28,6 | 29,7 | 31,2 | 32,0 | 32,8 | 33,4 | 33,7 | 33,7 | 33,7 | 33,6 | 33,1 | 32,6 | 32,2 | 31,7 | 31,2 | 30,7 |

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

# Recommandations et optimisation

# Pistes d'amélioration pour le projet

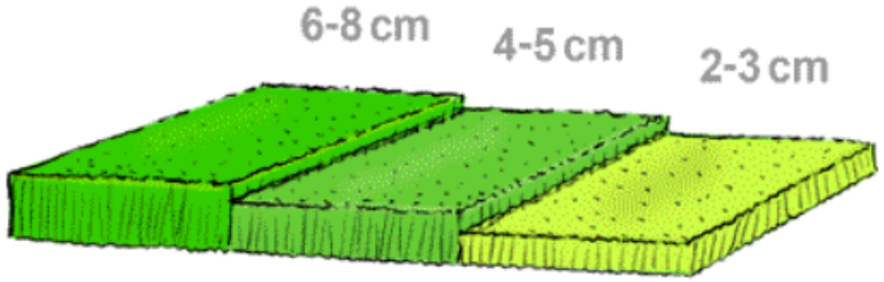
L'étude ICU présentée dans ce rapport permet de dégager un certain nombre de pistes d'amélioration du projet afin de limiter la sensibilité des espaces extérieurs à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

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 (béton, pavés, etc..) 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 CCTP.
- Le choix de la végétation devra privilégier les essences rafraîchissantes avec un fort potentiel d'évapotranspiration. L'infiltration des eaux pluviales dans le sol permettra d'alimenter la végétation. La gestion de l'eau à ciel ouvert pourra être effectuée par des noues qui réduisent l'élévation des températures et peuvent générer localement des îlots de fraicheur.
- Prévoir des espaces ombragés, efficaces dès la livraison, sans attendre le développement des sujets arborés prévus (ombrières, toiles tendues, pergola, ...). L'augmentation des masques d'ombre créés par la végétation et le bâti permet de limiter l'exposition au sol des surfaces et donc de leur surchauffe.
- Installer des dispositifs de rafraîchissement tel que des brumisateurs ou fontaines à boire afin de créer des espaces refuges pour les usagers. Le refroidissement moyen journalier engendré par ce type de dispositif varie entre 2 et 7°C.
- 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.



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




*Modes de tonte de pelouse (source Energie-environnement)*



*Martha Schwartz*



*Dispositifs d'ombrage et de brumisateur Paris plage (Ville de Paris, 2023)*

# Pistes d'amélioration pour le projet

L'étude a révélé plusieurs secteurs à enjeux.

## PRÉCONISATIONS SUR LES ESPACES PUBLICS

### Secteur 1

- Poursuivre les efforts pour créer un véritable espace refuge lors de canicules avec l'installation de brumisateurs, fontaines à boire et pergolas à proximité des espaces frais.

### Secteur 2

- Traiter les espaces de circulation et leur abords pour limiter l'effet ICU et l'élévation de la température. Étudier les enrobés clairs ou limitant le stockage de chaleur.
- Poursuivre le travail de végétalisation et ambition de pleine terre sur les espaces extérieurs en prévoyant des dispositifs d'ombrage pour les usagers en période de canicule.
- Prévoir des dispositifs de rafraîchissement en favorisant les techniques sobres (ventilation naturelle, surventilation nocturne, ventilateurs, brasseurs d'air).
- Étudier une densification de la végétation sur les espaces libres.
- Prévoir des protections solaires adaptées en priorité au sud (casquette) et à l'ouest (brise soleil).



*Ombrière Freshcity, collaboration de 100 Détours et Alexis Tricoire*

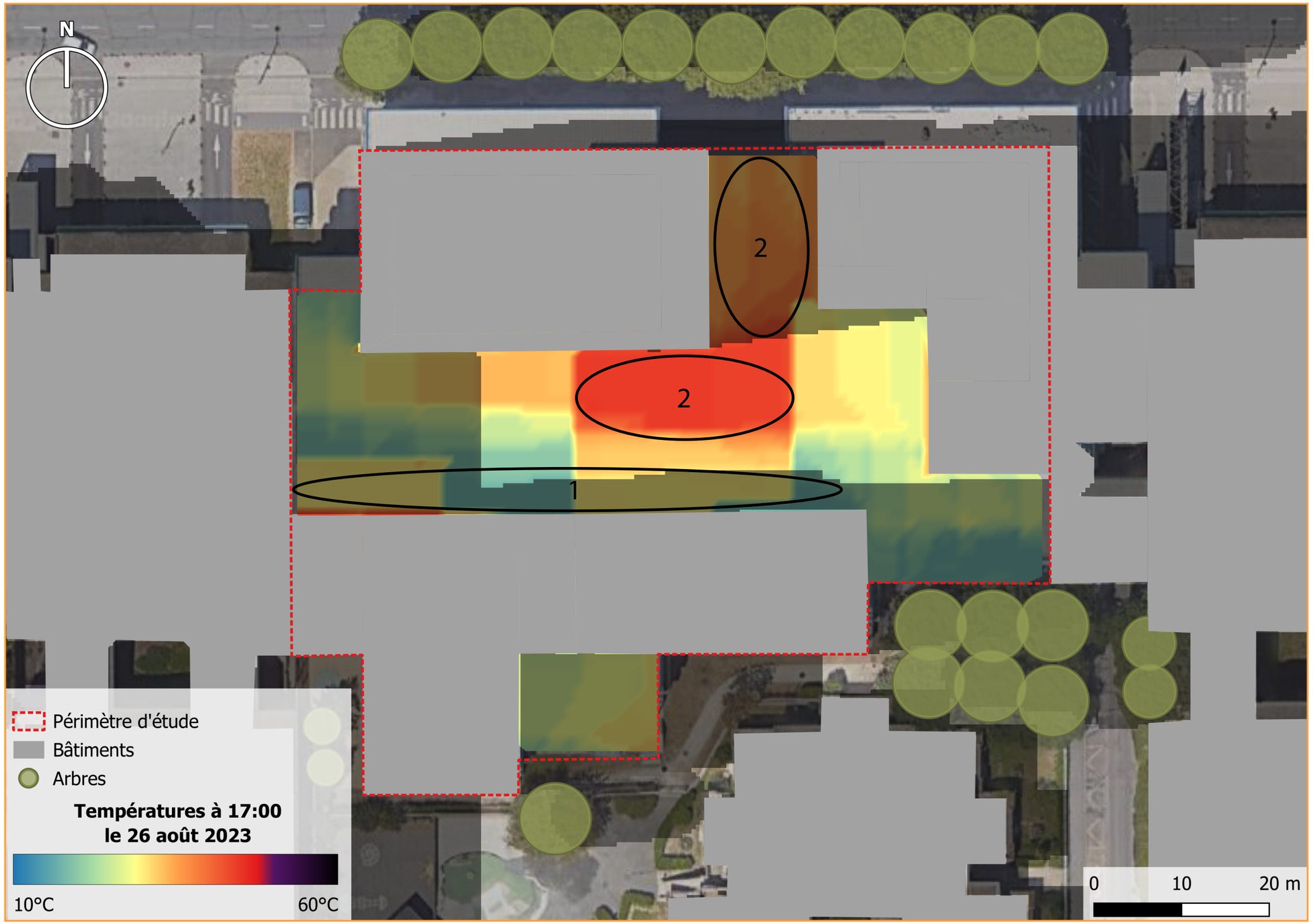


*Ombrage des voiries et stationnements*



*Noue cloisonnée par des gabions ; Crédit photo GRAIE Wikihydro*

# Pistes d'amélioration pour le projet




*Températures au sol simulées à 17:00 le 26 août 2023 (TRANS-FAIRE, 2025)*

# Méthode et ressources utilisées

# Outils et hypothèses

## Outils de simulation

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette étude est QGIS, logiciel de système d'information géographique dans sa version 3.40.

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

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 Paris-Charles-de-Gaulle au format EPW.

### Date

La modélisation est calibrée sur la journée du 26 août 2023, correspondant à une journée d'été relativement caniculaire :

- 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 : hc= 6 W/m$^2$K.

### Température du sol

Température intérieure du sol constante : Tint=35°C.

# Modélisation

## Paramètres pris en compte

Pour simuler les ombres portées sur la journée type prise en compte (ici le 26 août 2023), l'emprise des bâtiments et des arbres a été approximée avec les paramètres suivants :

- Bâtiments : hauteurs récupérées sur la base de données BD TOPO de l'IGN à l'état initial.
  Hauteurs sur base des données transmises par la maîtrise d'ouvrage à l'état projet.
- Arbres : rayon et hauteur déterminés au cas par cas à l'état initial.

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 réfléchie 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.

## 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.

## 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 Charles-de-Gaulle 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 aéraulique 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 mais ne prend pas en compte l'effet des toitures végétalisées qui n'ont pas d'impact suffisamment avéré et dépendant de facteurs non controlés à ce stade.

# 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)

# TRANS
# FAIRE

