ZONE ATELIER
ENVIRONNEMENTALE
URBAINE | STRASBOURG
LTSER FRANCE

in Situ

OCCUPATION DES SOLS

AVRIL 2026 | N°47

Exposition à la chaleur : un indicateur à l'échelle de la rue

Imaginez-vous marcher en plein après-midi d'été au centre de Strasbourg. D'un côté s'étend une large avenue bitumée bordée de longues barres d'immeubles vitrés ; un peu plus loin, une petite rue étroite et arborée aux façades anciennes. En passant de l'une à l'autre, la sensation de chaleur n'y est pas seulement différente : elle peut être radicalement opposée. Ce ressenti n'est pas une illusion et se traduit par de fortes variations des températures sur de courtes distances.

Localiser ces variations thermiques locales devient un enjeu majeur de santé publique, notamment lors des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes dans nos villes. Ces contrastes s'expliquent en grande partie par le phénomène bien connu des scientifiques : l'Îlot de Chaleur Urbain (ICU). Celui-ci résulte de plusieurs facteurs combinés, parmi lesquels la forte capacité des matériaux urbains à emmagasiner et restituer la chaleur, ainsi que la densité du bâti, qui limite la circulation de l'air. La rareté de la végétation joue également un rôle central, en réduisant les effets de rafraîchissement liés à l'ombrage et à l'évapotranspiration.

Comment représente-t-on généralement la chaleur en ville ?

Pour analyser ces phénomènes, les aménageurs et la communauté scientifique s'appuient généralement sur des unités spatiales relativement larges, comme les îlots urbains ou les quartiers. L'un des cadres les plus utilisés est celui des Zones Climatiques Locales (LCZs) (Stewart and Oke, 2012), qui classent la ville en grandes catégories homogènes selon la morphologie du bâti, la couverture du sol ou la présence de végétation (Fig. 1). Ces approches sont particulièrement pertinentes pour comparer les climats à l'échelle des villes et/ou alimenter des modèles climatiques.

Cependant, les LCZs reposent sur une typologie construite sur la base des formes urbaines nord-américaines, très régulières et fortement quadrillées. Ainsi, elles peinent souvent à représenter la complexité de nos villes européennes et de leurs quartiers constitués de tissus urbains historiques plus hétérogènes et imbriqués. À l'échelle de l'aménagement opérationnel, ces unités restent souvent trop grossières pour saisir les contrastes thermiques d'une rue à l'autre.

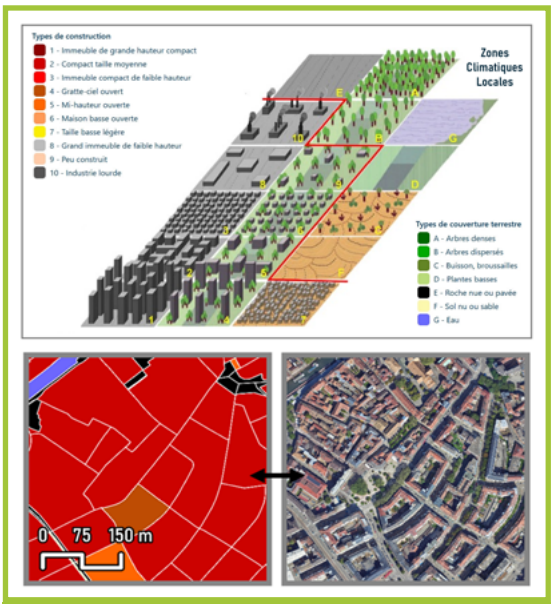

Figure 1 : Nomenclature des Zones Climatiques Locales (LCZs) avec représentation schématique des classes (types de bâti et de couverture du sol). Exemple d'application sur un zoom urbain, illustrant une cartographie à maille relativement grossière par rapport aux contrastes fins observables sur la vue aérienne.

Pourquoi travailler à l'échelle de la rue ?

Face à ces limites, il devient nécessaire de changer de focale et d'adopter une analyse plus fine, capable de rendre compte des variations localisées et des conditions thermiques telles qu'elles sont réellement vécues dans l'espace urbain.

Le travail présenté ici s'inscrit dans cette perspective et adopte une approche centrée sur l'échelle de la rue, en prenant le point de vue de ceux qui subissent directement la chaleur : les piétons. L'objectif est de développer un indicateur d'exposition thermique lié à l'inconfort, capable de traduire les conditions vécues lors des déplacements urbains au sein de la capitale alsacienne.

L'unité d'analyse choisie, le **tronçon de rue** (Fig. 2), permet d'intégrer des paramètres qui agissent dans des rayons d'action pertinents : ombrage des arbres, ventilation locale, largeur de la rue, orientation, configuration du bâti, ou encore services écosystémiques fournis par la végétation. En adoptant une lecture topologique du réseau de rues, cette approche place l'individu au cœur de l'analyse et fournit une base plus adaptée à l'action urbaine face aux chaleurs extrêmes, par exemple pour le choix d'itinéraires en ville.

Pour passer de cette vision à hauteur de piéton à un outil opérationnel, nous avons choisi de structurer l'analyse autour du réseau de rues lui-même. La ville est ici envisagée comme un ensemble de parcours, composés de tronçons reliant les intersections, qui correspondent aux unités de déplacement les plus élémentaires du quotidien.

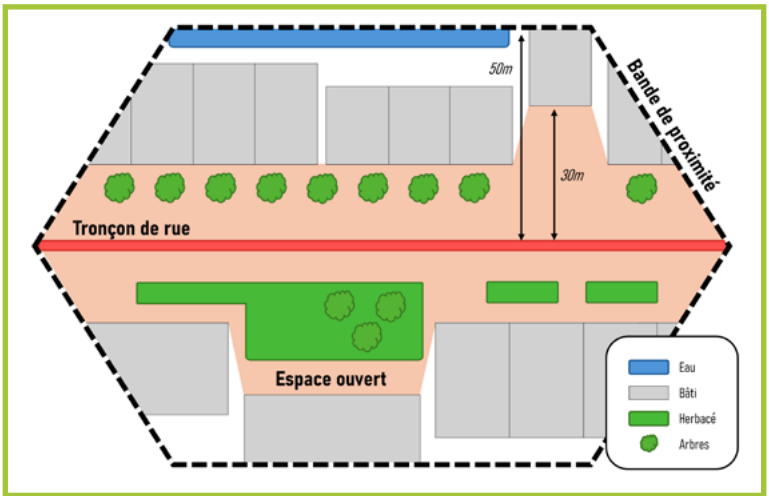

Figure 2 : Représentation de l'espace considéré pour définir les tronçons de rue

Chaque tronçon de rue est ensuite représenté par son environnement immédiat pour ne pas seulement d'observer la rue en tant que ligne. Selon les situations, cela inclut **l'espace ouvert** entre les façades, avec ses trottoirs, ses placettes, ses alignements d'arbres, mais aussi le **tissu urbain de proximité**, caractérisé par la morphologie du bâti et sa configuration spatiale. Ces différents niveaux permettent de capter à la fois les effets très locaux, comme l'ombre d'un arbre, et des influences plus diffuses, comme la densité de matériaux urbains du quartier.

À partir de cette lecture spatiale, chaque rue est décrite quantitativement à l'aide d'un ensemble de variables reconnues scientifiquement pour jouer un rôle clé dans la chaleur urbaine.

Certaines contribuent à **accentuer l'exposition thermique**, telles que :

- Les rues avec une orientation favorisant l'exposition au soleil ;
- une densité et une continuité du bâti limitant la ventilation ;
- la rareté de la végétation

D'autres, au contraire, participent à **atténuer l'exposition thermique**, telles que :

- la présence de végétation (arbres et végétation basse) ;
- la présence d'eau ;
- l'ombre apportée par la hauteur des bâtiments.

Ici, la végétation occupe souvent une place centrale, non seulement par sa présence, mais aussi par son efficacité réelle à rafraîchir l'air, qui dépend de la taille des arbres, de leur maturité et de leur activité biologique.

Pour quantifier ces éléments, notre étude s'appuie sur un large éventail de données géographiques et environnementales, issues de sources variées et en open-data, comme la base de données des arbres de la Ville et de l'Eurométropole de Strasbourg « Patrimoine arboré » (OpenDataStrasbourg). Une place importante est accordée à l'imagerie satellitaire, qui permet d'observer la ville de manière homogène et détaillée. Elle est notamment utilisée pour cartographier les surfaces végétalisées, ou encore la capacité des sols à réfléchir le rayonnement solaire. Les arbres, qu'ils soient situés dans l'espace public ou privé, font l'objet d'une attention particulière grâce à une carte des essences produite à l'aide de modèles d'intelligence artificielle appliqués à des séries temporelles d'images satellites. Cette approche permet d'aller au-delà d'un inventaire du patrimoine arboré et d'intégrer des informations sur le fonctionnement réel des arbres, comme leur potentiel de rafraîchissement (évapotranspiration), leur activité photosynthétique et leur période d'activité.

Enfin, avec cette méthode, une rue peut présenter différents profils : elle peut être peu exposée au soleil et bien pourvue en végétation, ou à l'inverse très exposée, minérale et dépourvue d'éléments de rafraîchissement. Elle peut aussi présenter une combinaison intermédiaire : par exemple, très ensoleillée tout en étant largement végétalisée, ou au contraire avoir peu d'éléments de rafraîchissement tout en étant peu exposée. Ainsi, pour rendre ces situations quantifiables, les facteurs qui amplifient la chaleur et ceux qui la réduisent sont combinés dans une grille de lecture croisée, inspirée des méthodes **d'analyse des risques**. Ce croisement permet d'identifier différents profils de rues, allant des plus critiques face à la chaleur jusqu'aux rues naturellement moins exposées.

Un indicateur synthétique d'exposition thermique à l'échelle de la rue

Le résultat prend la forme d'un **indicateur synthétique d'exposition thermique** à l'échelle de la rue, structuré en quelques classes pour faciliter son interprétation, appelé le **STE index** (Street-level thermal Exposure index).

Cet indicateur ne cherche pas à prédire une température précise, mais à

qualifier le potentiel d'inconfort thermique du piéton dans un tronçon de rue, en fonction de sa configuration et de son environnement. Il offre ainsi une lecture complémentaire et directement mobilisable pour comparer les rues entre elles et guider l'action des différents acteurs, des décideurs locaux au grand public.

Un indicateur synthétique d'exposition thermique à l'échelle de la rue

Le résultat prend la forme d'un indicateur synthétique d'exposition thermique à l'échelle de la rue, structuré en quelques classes pour faciliter son interprétation, appelé le STE index (Street-level thermal Exposure index).

Cet indicateur ne cherche pas à prédire une température précise, mais à qualifier le potentiel d'inconfort thermique du piéton dans un tronçon de rue, en fonction de sa configuration et de son environnement. Il offre ainsi une lecture complémentaire et directement mobilisable pour comparer les rues entre elles et guider l'action des différents acteurs, des décideurs locaux au grand public.

Lire la ville à travers le STE index

Le STE index propose une lecture différente de l'exposition thermique des rues, en classant les tronçons de rue en cinq grands profils, allant des environnements les plus favorables au confort thermique jusqu'aux situations de forte contrainte thermique.

Les cinq classes du STE index correspondent ainsi à des ambiances urbaines bien identifiables :

Rues très peu exposées à la chaleur (STE **1**)

→ Tronçons ouverts et fortement végétalisés, avec peu de surfaces artificialisées. Les arbres, souvent matures, assurent un rafraîchissement efficace par l'ombre et l'évapotranspiration, créant un microclimat stable et confortable.

Rues faiblement à modérément exposées (STE **2**)

→ Rues où la végétation reste bien présente malgré une occupation bâtie plus marquée. Les arbres et jardins apportent encore un ombrage significatif, tandis que les bâtiments peuvent contribuer ponctuellement à la protection solaire.

Rues à exposition thermique intermédiaire (STE **3**)

→ Configurations mixtes où les effets de rafraîchissement et d'accumulation de chaleur s'équilibrent. La végétation devient plus discontinue et les surfaces minérales augmentent, entraînant des conditions variables selon l'orientation et la ventilation.

Rues fortement exposées à la chaleur (STE **4**)

→ Tronçons dominés par le bâti et les matériaux imperméables, avec une végétation rare ou peu efficace. La morphologie urbaine favorise l'accumulation de chaleur et limite la circulation de l'air, réduisant les possibilités de rafraîchissement.

Rues très fortement exposées à la chaleur (STE **5**)

→ Rues très minérales et enclavées, presque dépourvues de végétation. La chaleur s'y accumule fortement et les mécanismes naturels de régulation sont quasi absents, générant un inconfort thermique élevé pour les usagers.

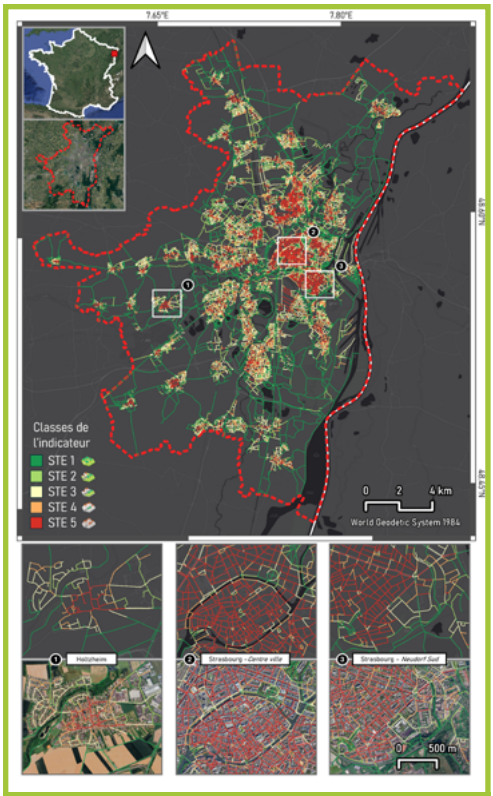

Figure 3 : Carte de l'indicateur STE sur l'ensemble de l'agglomération strasbourgeoise. Trois encadrés proposent des zooms pour observer plus en détail plusieurs types de quartiers à une échelle plus fine

Cette cartographie (Fig. 3) révèle une organisation classique avec au centre des rues les plus exposées à la chaleur (STE 4 et 5) qui forment de larges ensembles continus, correspondant aux quartiers centraux denses des villes.

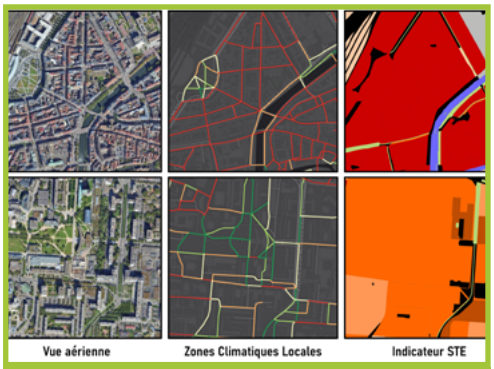

Figure 4 : Zooms sur les secteurs Gare et Esplanade à Strasbourg : vue aérienne, carte de l'indicateur STE à l'échelle de la rue et classification LCZ (légendes sur figures 1 et 3).

À l'inverse, les rues les moins exposées (STE 1 et 2) se situent majoritairement en périphérie urbaine ou dans des espaces plus ouverts, proches du milieu rural.

Par ailleurs, le point fort de cette représentation est de révéler l'existence de tronçons nettement plus frais au cœur même de secteurs urbains très denses où l'exposition à la chaleur est forte. Ces segments prennent la forme de poches de fraîcheur ou de couloirs végétalisés, tels que des rues arborées, les abords de parcs ou des secteurs proches de l'eau, et jouent un rôle clé dans la régulation thermique locale.

Cette lecture fine est rendue possible, encore une fois, par le choix de la rue comme unité d'analyse, contrairement aux méthodes de représentation plus classiques comme les LCZs présentées précédemment. Ici, il est observé des contrastes thermiques beaucoup plus précis, parfois d'un tronçon à l'autre au sein d'une même zone (Fig. 4). Elle montre ainsi que l'exposition à la chaleur se joue avant tout dans l'espace vécu, au niveau de la rue.

Des perspectives d'application

Cette capacité à représenter plus finement l'espace urbain ouvre des perspectives concrètes pour l'action, par exemple en matière de marchabilité et de mobilités douces. En identifiant à la fois les rues les plus inconfortables et celles offrant de meilleures conditions thermiques, le STE index permet de repenser les itinéraires piétons, en particulier pour les personnes sensibles à la chaleur. Il permet également d'orienter les aménagements urbains, en mettant en évidence les secteurs prioritaires pour guider les stratégies de végétalisation et renforcer les continuités de fraîcheur.

Acronymes

ICU : Îlot de Chaleur Urbain (Urban Heat Island)

LCZ : Zone Climatique Locale (Local Climate Zone)

STE index : Indicateur d'Exposition Thermique à l'Echelle de la Rue (Street-Level Thermal Exposure index)

Pour en savoir plus

Bressant, C. (2025). *Télédétection hypertemporelle de la strate arborée urbaine pour l'aménagement urbain* (Thèse de doctorat, Université de Strasbourg).

Bressant, C., Herrault, P.-A., & Puissant, A. (2024). Fine-scale phenology of urban trees from satellite image time series: Toward a comprehensive analysis of influencing factors. IEEE *Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 17, 11685–11706.

Bressant, C., Wenger, R., Puissant, A., & Herrault, P.-A. (2026). Data-driven interpretability of urban tree species classification from deep learning models and satellite image time series. *Urban Forestry & Urban Greening*.

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1879–1900

Auteurs et contacts

Bressant Clément, UMR LIVE 7362 CNRS / Université de Strasbourg (clement.bressant@live-cnrs.unistra.fr)

Puissant Anne, UMR LIVE 7362 CNRS / Université de Strasbourg (anne.puissant@live-cnrs.unistra.fr)

Remerciements
Merci aux services de la Ville et de l'Eurométropole de Strasbourg pour la mise à disposition en libre accès de la base de données Patrimoine arboré sur OpenDataStrasbourg (https://data.strasbourg.eu)

Conception graphique : Zone Atelier Environnementale Urbaine, ZAEU, Céline Merlaud - Oxo Mini Agence