

RECHERCHE

Toutes les ombres ne se valent pas

texte Mateusz Bogdan, ingénieur de recherche, AREP ; Damien David, enseignant-chercheur, laboratoire CETHIL ; Teddy Gresse, post-doctorant, laboratoire CETHIL **schéma** Mateusz Bogdan

Passer de la lumière à l'ombre semble garantir un mieux-être thermique. Mais en ville, toutes les ombres ne se valent pas. Certaines protègent, d'autres piègent la chaleur. Comment, dès lors, concevoir des abris capables de produire une ombre réellement confortable ? La revue des mécanismes physiques en jeu et des conditions d'une ombre de qualité pourra guider les efforts des décideurs publics et des concepteurs de mobilier urbain dans des villes à la recherche de solutions d'adaptation.

De la ville ouverte à la ville exposée

Longtemps, l'ouverture, la fluidité et la continuité spatiale ont été valorisées comme des qualités urbaines majeures. Mais le réchauffement climatique révèle que cette transparence morphologique est aussi une transparence radiative, exposant directement les usagers à des charges thermiques élevées. L'ombre ne peut dès lors plus être considérée comme un effet secondaire de la forme bâtie : elle doit être pensée comme une infrastructure climatique à part entière, capable d'introduire des discontinuités solaires maîtrisées et de moduler les flux énergétiques à l'échelle du piéton.

L'ombre à l'épreuve du climat urbain

L'élévation des températures moyennes, la fréquence accrue des vagues de chaleur et la persistance des épisodes caniculaires modifient profondément les conditions d'habitabilité des espaces publics. De surcroît, la question de l'ombre en ville prend une acuité particulière avec l'intensification des îlots de chaleur urbains, qui n'est plus une projection théorique mais une réalité structurelle des villes contemporaines. Dans les tissus urbains denses, la combinaison de morphologies fermées, de surfaces minérales à forte capacité thermique et d'une faible présence végétale amplifie les phénomènes d'accumulation et de réémission de chaleur. Les espaces publics – places, quais, parvis, rues commerçantes – deviennent alors des environnements radiativement contraints, où la température moyenne radiante peut dépasser largement celle de l'air.

Ce phénomène n'est plus un enjeu de confort marginal, mais fait peser sur les villes une nécessité impérieuse d'adaptation. Le confort thermique extérieur devient une condition de maintien des usages, de santé publique et de justice climatique. L'urbanisme ne peut plus se limiter à organiser les formes de la ville : il doit aussi composer avec les mécanismes énergétiques qui déterminent son climat. La végétalisation, et en particulier l'arbre, constitue l'un des leviers les plus puissants pour atténuer ces effets. Toutefois, dans de nombreux contextes urbains – centres historiques, espaces sur dalle, zones fortement minéralisées ou contraintes par les réseaux –, la plantation d'un couvert arboré continu est difficile, voire impossible à court terme. C'est dans cet interstice qu'émerge une interrogation structurante pour l'urbanisme contemporain : toutes les ombres urbaines se valent-elles vraiment ?

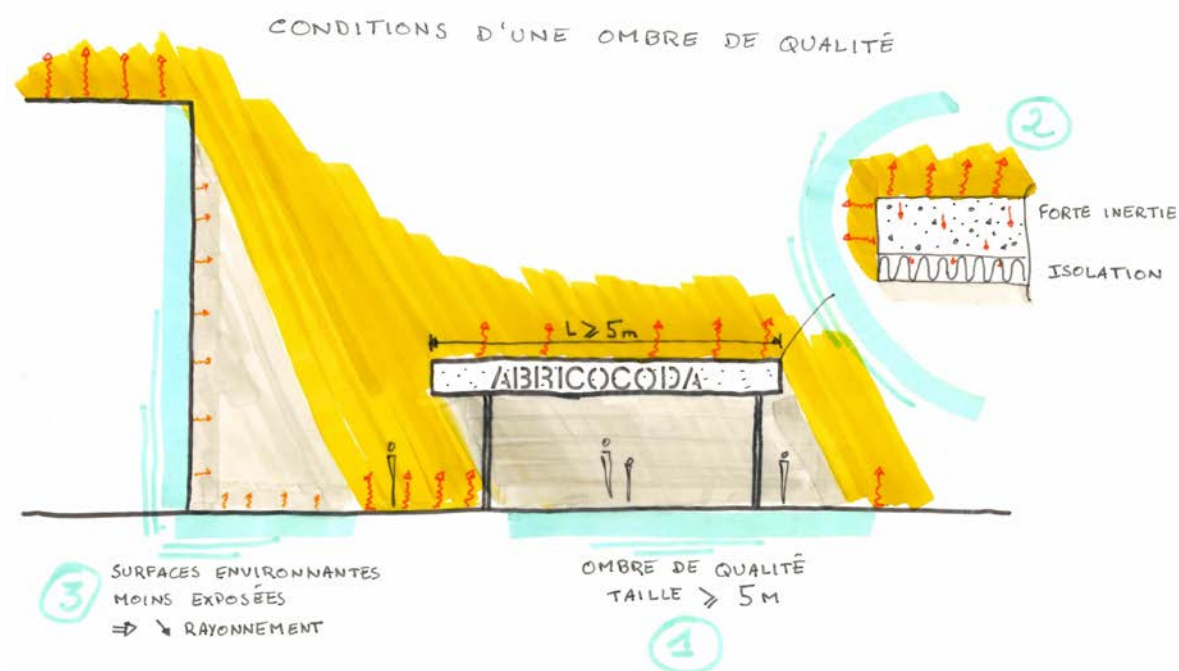
Qualifier la performance de l'ombre

Mais encore faut-il s'entendre sur ce que l'on appelle « faire de l'ombre ». Car toutes les ombres ne pro-

duisent pas les mêmes effets thermiques, et certaines peuvent même s'avérer moins efficaces qu'attendues. La question n'est donc pas seulement de multiplier les dispositifs d'ombrage, mais d'en qualifier précisément la performance. Qu'est-ce qu'une ombre confortable ? Comment mesurer son effet réel sur la température moyenne radiante et sur la sensation thermique ? Quels paramètres – géométriques, matériels, contextuels – déterminent sa qualité ? Répondre à ces questions suppose de dépasser l'intuition architecturale pour mobiliser des outils de modélisation et d'évaluation scientifique capables de caractériser finement les échanges radiatifs en milieu urbain. C'est précisément à cette condition que l'ombre peut devenir un véritable objet de projet, fondé sur des critères mesurables et comparables. La suite de cet article explore cette démarche et les travaux de recherche qui permettent aujourd'hui de distinguer l'ombre apparente de l'ombre réellement confortable.

Ombre géométrique et ombre thermique

L'ombre est souvent appréhendée comme un phénomène purement géométrique : une surface qui intercepte le rayonnement solaire direct. Pourtant, du point de vue du confort thermique extérieur, cette définition est insuffisante. Deux espaces également ombragés peuvent en réalité produire des sensations thermiques très différentes. La raison tient au rôle central de la température moyenne radiante, qui synthétise l'ensemble des flux radiatifs reçus par le corps humain. Cette grandeur intègre plusieurs contributions. Elle dépend d'abord du rayonnement solaire, qui comprend le rayonnement direct provenant du soleil, le rayonnement diffus issu de la diffusion du rayonnement solaire dans l'atmosphère, ainsi que le rayonnement réfléchi par les surfaces urbaines. Mais elle dépend aussi du rayonnement infrarouge émis par les surfaces environnantes : sol chauffé, façades, éléments ombrageants ou encore végétation. La voûte céleste joue également un rôle particulier. Par ciel clair, elle constitue une surface radiativement « froide » : elle émet moins de rayonnement infrarouge que les surfaces urbaines chauffées. Cette « fraîcheur radiative » du ciel contribue naturellement à abaisser la température radiante ressentie par les piétons. Un dispositif d'ombrage qui masque fortement le ciel peut donc, dans certaines configurations, supprimer cette source de refroidissement radiatif, ce qui constitue l'un des effets contre-intuitifs de la conception des abris. Pour caractériser l'effet combiné de ces flux sur la sensation thermique, les recherches mobilisent des indi-



cateurs de confort, indices de température équivalente, comme la PET (*physiological equivalent temperature*, sorte de température ressentie), qui traduisent l'impact conjoint du rayonnement, de la température de l'air et des vitesses d'air locales sur le confort thermique ressenti.

Autrement dit, un abri peut réduire l'ensoleillement direct tout en laissant persister des charges radiatives secondaires importantes, parfois même renforcées. La qualité d'une ombre urbaine dépend donc autant du rayonnement solaire qu'elle intercepte que des flux radiatifs qu'elle réémet ou réfléchit.

Le couvert arboré comme référence thermique

Pour évaluer la performance thermique des dispositifs d'ombrage, les recherches menées dans la présente étude proposent de s'appuyer sur une référence intuitive : l'ombre fournie par un couvert arboré continu, comparable à celle d'un sous-bois. Ce type d'environnement présente plusieurs propriétés particulièrement favorables : une interception efficace du rayonnement solaire, des surfaces végétales peu émissives, une géométrie complexe limitant les échanges radiatifs directs, et – lorsque l'eau est disponible – des processus d'évapotranspiration contribuant au rafraîchissement de l'air.

Dans cette approche, le couvert arboré continu devient un étalon thermique. Il sert de référence pour évaluer la qualité des dispositifs d'ombrage artificiels. L'objectif n'est pas de reproduire la forêt en ville, mais de disposer d'un point de comparaison permettant d'estimer dans quelle mesure certaines formes construites peuvent s'approcher des conditions thermiques qu'elle procure naturellement.

Comment mesurer la qualité d'une ombre ?

Pour répondre à cette question, les travaux menés dans le cadre du post-doctorat ABRICOCODA¹ (2024-2025) ont permis de mettre au point une méthodologie quantitative d'évaluation des abris climatiques urbains. L'approche repose sur des simulations thermoradiatives réalisées avec le modèle Imotep² (développé pour l'occasion), capable de calculer l'ensemble des échanges thermiques : les échanges radiatifs entre les surfaces urbaines, les dispositifs d'ombrage et le ciel, la conduction au sein des parois de la scène urbaine et de l'abri, ainsi que les échanges convectifs. À partir de ces flux, le modèle estime le confort thermique ressenti d'un individu à l'aide de l'indice PET. La performance d'un dispositif est alors évaluée en comparant la PET mesurée sous l'abri avec celle observée sous couvert arboré continu. Si les conditions de confort thermique sous l'abri sont équivalentes ou meilleures, l'ombre

produite est considérée comme une ombre de qualité. Cette approche permet ainsi de passer d'une appréciation intuitive de l'ombre à un critère quantifiable, capable de comparer différentes géométries, matériaux et implantations urbaines.

Ce que montrent les simulations

Une large campagne de simulations a été menée pour analyser l'influence de plusieurs paramètres : taille des abris, composition des toitures et insertion dans différents contextes urbains. Afin de restreindre le champ d'exploration, seuls des abris à toiture plate ont été étudiés, de forme carrée ou rectangulaire (un doctorat à venir devrait permettre d'élargir ce champ d'exploration).

Les résultats mettent en évidence plusieurs enseignements majeurs. D'abord, la dimension du dispositif joue un rôle déterminant. Les petits abris produisent une ombre trop limitée pour réduire efficacement la charge radiative en milieu de journée. Les simulations montrent qu'une dimension caractéristique d'au moins cinq mètres est nécessaire pour générer une ombre thermiquement efficace.

Ensuite, le choix des matériaux s'avère crucial. Les structures légères, comme les toiles d'ombrage, interceptent le rayonnement solaire mais restent thermiquement peu performantes. À l'inverse, des toitures plus massives et isolées (en bois ou en béton, par exemple) permettent de limiter la réémission thermique et d'améliorer significativement les conditions radiatives.

Enfin, l'étude révèle l'importance du contexte urbain. L'environnement bâti peut amplifier ou dégrader la qualité de l'ombre. Par exemple, un bâtiment situé au sud d'un abri peut améliorer le confort thermique en limitant l'ensoleillement du sol environnant. À l'inverse, certaines configurations favorisent les réflexions solaires sur les façades et dégradent le confort sous l'abri.

Ces résultats montrent que la performance d'un dispositif d'ombrage ne peut être déduite ni de sa forme seule ni de son intention architecturale : elle résulte de l'interaction entre la géométrie du dispositif, les propriétés des matériaux et le contexte urbain dans lequel il s'insère.

Vers des « abris-quais » urbains ?

En conclusion, ces travaux invitent à dépasser une approche ponctuelle de l'ombrage pour envisager de véritables infrastructures climatiques urbaines. Si la forêt demeure une référence difficilement transposable partout, les outils développés permettent désormais de concevoir des dispositifs artificiels capables de s'en rapprocher fonctionnellement.

Dans cette perspective, ces travaux donnent un nouvel éclairage à certaines intuitions de projets, comme celle d'abris urbains inspirés des quais de gare. Des structures continues, dimensionnées pour l'échelle piétonne, intégrées aux espaces publics et conçues à partir de critères thermiques objectivés. Ces abris pourraient structurer des parcours ombragés, des zones d'attente ou de séjour, et constituer une réponse pragmatique là où la végétation ne peut être déployée à court terme.

Loin d'une utopie abstraite, cette approche repose sur une idée simple mais structurante : considérer l'ombre comme une ressource urbaine mesurable, comparable et concevable. Et faire de sa qualité un véritable objet de projet, à l'interface entre science, architecture et urbanisme. •

1. ABRICOCODA pour « ABRIS COuverts COmme Des Arbres ». Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du LabEx IMU (ANR-10-LABX-0088) de l'université de Lyon, dans le cadre du plan France 2030 mis en place par l'État et géré par l'Agence nationale de la recherche (ANR).
2. Teddy Gresse, Damien David, « Imotep: Micro-Meteorological Model for Outdoor Thermal Environment Perception », 2025.



Thermal Delight in Architecture,
Lisa Heschong, MIT Press,
1979, 96 pages



The City and the Coming Climate,
Brian Stone Jr.,
Cambridge University Press,
2012, 198 pages