



L'ÉDITO

Confort d'été à l'échelle du bâtiment et de la ville

Des épisodes caniculaires de plus en plus fréquents et durables seront observés dans les prochaines années : les températures moyennes seront en hausse constante et il peut être anticipé que la durée de la saison estivale sera doublée à long terme. Si le phénomène de réchauffement climatique est observé dans tous les environnements, les villes connaissent des montées de températures plus intenses et parfois concentrées sur des zones spécifiques. La démographie, les activités humaines, la morphologie urbaine et les caractéristiques des bâtiments, mais aussi le niveau de nature en ville – et donc l'aménagement et la construction – sont conjointement à la source de températures élevées et d'élévations excessives et localisées de températures, les « îlots de chaleur urbains » (ICU).

Ces phénomènes seront de plus en plus nombreux à l'avenir, engendrant des conséquences directes sur la santé, le bien-être et, par ricochet, les attentes des usagers, désormais revues à la hausse. Les habitants des villes veulent aujourd'hui des solutions concrètes et des résultats probants pour améliorer de manière globale leur confort thermique, la qualité de l'air ambiant et leur environnement sonore et lumineux.

Dans ce contexte désormais connu, les enjeux sanitaires, environnementaux, énergétiques et les actions à mener en lien avec ceux-ci, sont plus que jamais à prendre en compte par les acteurs de la construction et de l'urbain.

Des impacts sanitaires, de confort et énergétiques

Ces conditions de températures sévères récurrentes risquent de se traduire par des pathologies exacerbées pour les citoyens – notamment les populations vulnérables comme les enfants et les personnes âgées – et une surmortalité en hausse.

Autre conséquence : la montée de l'inconfort dans les villes et les logements urbains. Il sera alors probable, voire nécessaire pour les habitants d'atténuer ces effets du réchauffement par le recours à la climatisation, ce qui entraînera une surconsommation énergétique et amplifiera la montée des températures en ville et l'apparition d'ICU.

Adapter le bâtiment tout au long de son cycle de vie : conception, construction, rénovation

Fort de ces différents constats, l'enjeu est clé pour la filière construction de proposer des solutions pour résorber ou faire disparaître les différents désagréments et risques liés au

réchauffement climatique, et assurer des conditions de confort acceptables dans les logements, tout particulièrement en ville.

C'est par une approche holistique du « confort d'été », intégrant les aspects sanitaires, énergétiques et environnementaux et ce, à toutes les étapes du cycle de vie des bâtiments – conception, construction, exploitation, rénovation – que les désordres liés aux évolutions climatiques pourront être atténués ou évités. À l'échelle des bâtiments et en intégrant la dimension des usages, c'est en recherchant un équilibre entre solutions passives et solutions actives que de nouvelles réponses adaptées pourront être apportées.

Solutions passives, actives et couplage des deux

Les solutions passives permettent d'étendre les qualités intrinsèques d'un bâtiment pour apporter davantage de confort, tout en rationalisant l'utilisation des énergies qui lui sont fournies. En effet, de très nombreux paramètres peuvent être pris en compte durant les phases de conception et de construction des bâtiments, surtout lorsqu'ils s'intègrent dans une logique à l'échelle du quartier ou de l'îlot. Certaines solutions peuvent aussi être ajoutées dans le cadre d'une démarche de rénovation.

Les solutions passives sont nombreuses, et leur mise en place porte sur deux échelles : celle du quartier et de la ville, et celle du bâtiment.

À l'échelle du quartier et de la ville, l'implantation du bâtiment dans son environnement, son orientation et sa protection contre le rayonnement solaire, mais aussi l'accès au vent et à la ventilation naturelle, l'arrosage et les points d'eau, la création d'ombrages, le recours à la végétalisation, etc., sont autant de paramètres qui peuvent limiter substantiellement la montée des températures et favoriser les îlots de fraîcheur.

À l'échelle du bâtiment, la prise en compte de cette problématique dès la conception est un facteur clé : hauteur des locaux pour permettre un brassage d'air naturel ou forcé, positionnement des baies et vitrages, isolation thermique adaptée à l'inertie, étanchéité à l'air, présence de masques architecturaux et de stores, végétalisation des bâtiments eux-mêmes, etc.

Avec l'émergence des bâtiments intelligents et connectés, les solutions actives d'optimisation du confort présentent l'intérêt d'utiliser la seule énergie nécessaire, grâce à une gestion active des infrastructures et des équipements : compteur et thermostats intelligents, gestion de l'éclairage, gestion des prises de courant, système de comptage, etc. Ces systèmes intelligents permettent ainsi de mesurer, contrôler et réguler les flux énergétiques nécessaires et, dans le même temps, de fournir davantage de confort aux usagers des bâtiments.

Les réponses d'avenir résident sans aucun doute dans le couplage des solutions passives et actives, qui représente un moyen significatif pour protéger les populations vulnérables et procurer un confort durable aux citoyens dans les bâtiments, les quartiers et la ville, pendant les périodes estivales.



NOS OFFRES

Diagnostiquer les bâtiments et les parcs dans le contexte du réchauffement climatique

Dans un projet de rénovation visant à améliorer la résilience des bâtiments face au stress thermique, ainsi que le confort intérieur d'été et la qualité sanitaire en période caniculaire, il est d'abord indispensable de s'appuyer sur un diagnostic global de l'ouvrage.

Ce diagnostic doit prendre en compte le confort thermique d'été, mais aussi les autres grandes composantes de la qualité sanitaire des environnements intérieurs : l'humidité, le bruit et la lumière. Il doit en particulier vérifier le fonctionnement et l'usage des systèmes de ventilation, tant en période normale que lors d'un épisode de chaleur extrême. Ceux-ci auront en effet un impact déterminant sur la température perçue par les occupants du bâtiment.

Ces études de résilience, qui s'appuient sur des méthodes et outils croisant les données descriptives du parc de bâtiments et les données d'usages, prennent en compte notamment les besoins spécifiques concernant le climat intérieur de bâtiments recevant du public.

Matériaux, façades, isolations, revêtements, parois vitrées, etc. : toutes les parties d'ouvrage sont prises en compte dans une approche globale, intégrant les typologies d'usage et l'environnement de proximité du bâtiment – formes urbaines, ventilation naturelle, végétalisation, etc.

Fort de la pluridisciplinarité de ses équipes et des moteurs de calculs qu'il a développés, le CSTB accompagne plusieurs projets de rénovation pour que ceux-ci prennent en compte le confort d'été aujourd'hui et en anticipation des évolutions climatiques à venir. À partir d'un programme de rénovation réalisé, le CSTB propose également de procéder à des mesures des gains de performance apportés par la rénovation, au travers d'indicateurs physiques ou grâce au recueil de perception du confort par les usagers du bâtiment.

Contacts :

Karine Hecquet – 01 64 68 88 76 – karine.hecquet@cstb.fr

Jérôme Vinet – 02 40 37 20 17 – jerome.vinet@cstb.fr

EN SAVOIR PLUS



Régie immobilière de la ville de Paris – RIVP

> Améliorer le confort d'été et éviter le risque sanitaire lié à la chaleur dans les logements



Projet SEREINE

> Progresser dans la mesure de la performance énergétique intrinsèque



Projet européen ALDREN

> Préciser les besoins des principaux acteurs engagés dans la rénovation et créer un langage commun



NOS OFFRES

Caractériser le confort d'été des espaces publics et de la ville

Les villes et quartiers sont fréquemment confrontés à une dégradation de leur confort en été, liée à une forte hausse des températures qui détériore les conditions de vie dans ces espaces aménagés très denses, concentrant de multiples activités humaines. La démographie et les usages, les caractéristiques de l'aménagement et des bâtiments, mais aussi un faible niveau de nature en ville, font simultanément augmenter les températures en milieu urbain.

Une approche multicritère et multi-échelle du confort d'été

Le CSTB, par son approche multicritère et multi-échelle, est en mesure de caractériser le confort d'été et les qualités d'usage d'un quartier et d'une ville, afin de proposer des solutions pour limiter les désagréments liés aux périodes estivales et fournir davantage de confort dans les espaces urbains.

En effet, le CSTB dispose d'une expertise confirmée sur la compréhension des mécanismes physiques de la ville et de son environnement, et de leur interdépendance. À ce titre, il caractérise les critères de confort et formule des diagnostics en procédant à :

- des mesures et analyses macro-échelle de données climatologiques et météorologiques ;
- des analyses d'images satellites, d'imagerie infra-rouge, etc. ;
- des modélisations des phénomènes via la maquette numérique ;
- des simulations de formes urbaines et du rayonnement, des caractéristiques thermiques, aérauliques, acoustiques etc. ;
- des observations et mesures des phénomènes à l'échelle bâtiment/matériau : mesure de l'albédo des matériaux, morphologie des bâtiments, présence de végétation, d'eau, etc.

Fort de cette expertise pluridisciplinaire, il développe autour des maquettes numériques multi-échelle des méthodes pour évaluer le confort global – aéraulique, thermique, acoustique, éclairage – et la qualité d'usage des espaces publics, en croisant les

différents facteurs qui les impactent. Le CSTB a notamment mené des travaux de ce type pour Paris La Défense ou encore La Plaine de Cambaie sur l'île de La Réunion.

Ces travaux portent notamment sur le développement de méthodologies et de modules logiciels s'appuyant sur un référentiel commun BIM pour la réalisation de simulations numériques. Celles-ci permettent par ailleurs de modéliser les zones urbaines où les températures d'été sont les plus sévères, les îlots de chaleur urbains (ICU).

Limiter le nombre et l'impact des îlots de chaleur urbains

Les îlots de chaleur urbains sont des microclimats artificiels caractérisés par des élévations localisées de la température en ville, par rapport à celle observée dans les milieux ruraux ou forestiers voisins. Là encore, la situation géographique et topographique, le climat, les formes urbaines, les revêtements et leurs couleurs, mais également les activités humaines déterminent et amplifient l'intensité d'un ICU, source majeure d'inconfort pour les usagers d'un quartier et de ses espaces publics.

Pour identifier et résorber les ICU, le CSTB procède à des modélisations qui servent en premier lieu à caractériser puis à tester des scénarios de remédiation et d'optimisation à partir du socle numérique du territoire concerné. Le CSTB formule ainsi des recommandations pour éviter la constitution de nouveaux ICU et limiter l'impact de ceux existants, voire créer des îlots de fraîcheur : travail sur les géométries et les matériaux, ventilation naturelle des espaces extérieurs, gestion et réutilisation des eaux de pluies, insertion de bassins et zones humides permettant l'évapotranspiration, végétalisation des bâtiments et quartiers, etc.

Étude et analyse du confort des habitants (modèles thermo-physiologiques)

En plus de caractériser le confort des espaces publics et les échauffements localisés en milieu urbain, le CSTB peut adresser le « confort des piétons » en ville, grâce à des modèles de confort dynamiques pouvant intégrer toutes les données thermiques d'un individu se promenant en milieu urbain : notions d'inconfort et de stress liés à la chaleur, et selon les voies empruntées.

La technologie Pulse© développée par le CSTB permet notamment d'intervenir localement, à l'échelle du mobilier urbain, de manière à caractériser, tester puis optimiser les dispositifs de protection solaire proposés par les concepteurs de mobilier urbain. Pulse© permet en effet de connaître et d'analyser la réponse objective du piéton, au-delà de sa seule réponse déclarative en termes de confort et de stress lié à la chaleur en ville.

Grâce à son expertise multicritère et multi-échelle, le CSTB contribue à faciliter les choix de conception urbaine pour améliorer le confort d'été des usagers en ville, dans les quartiers et les espaces publics, tout en privilégiant, lorsque c'est possible, les solutions permettant de ne pas faire croître la consommation énergétique.

Contacts :

Aurélie Tricoire – 02 40 37 20 29 – aurelie.tricoire@cstb.fr

Franck Vignau – 06 23 69 39 74 – franck.vignau@cstb.fr

EN SAVOIR PLUS



Plaine de Cambaie, île de La Réunion

> Études de confort thermique, aéraulique et acoustique sur le projet urbain de la plaine de Cambaie

Paris La Défense



> Travaux sur les qualités d'usage et multi-exposition



Programme ECCO DOM

> Maîtrise des charges énergétiques, de la climatisation, et du confort thermique en outre-mer

ILS EN PARLENT

Optimiser le confort d'été des usagers, grâce à l'expertise pluridisciplinaire du CSTB



Serge Contat
RIVP
Directeur général

« Soucieuse du confort et du bien-être de ses locataires, la RIVP souhaite optimiser le confort d'été, considérant que celui-ci devient problématique durant les périodes estivales, les épisodes de canicule devenant plus fréquents et plus marqués. Etant donné que nous procédons à de nombreuses rénovations de logements chaque année, nous avons décidé d'y inclure cette démarche de confort d'été pour les habitants, tout en optimisant la consommation énergétique des logements. Un second volet porte quant à lui sur les logements neufs de la RIVP.

Pour cela, nous avons naturellement sollicité le CSTB qui dispose d'une expertise pluridisciplinaire forte en la matière, avec une approche globale permettant de prendre en compte les différents enjeux de santé, confort, consommation énergétique, performance des rénovations, etc. Nous avons donc demandé au CSTB d'identifier les axes de progrès possibles et de formuler des recommandations pour nous permettre de mettre en œuvre les meilleures solutions.

Nous collaborons de longue date avec le CSTB. Dans le cadre de notre partenariat signé en 2018, nous menons des travaux de recherche dans des domaines aussi divers que sont la santé et le confort, l'énergie et l'environnement, ainsi que l'usage de la maquette numérique au service de nos projets. »

ILS EN PARLENT

Augmenter l'intensité de la relation ville-nature en préservant voire en augmentant la biodiversité



Sébastien Nerva
EpaMarne
Directeur adjoint

« EpaMarne est partenaire du CSTB et soutient ses travaux de recherche sur le thème « Méthodologie hybride d'évaluation des interactions entre les systèmes urbains et la biodiversité », en collaboration avec le Muséum national d'Histoire naturelle. La thèse d'Aline Brachet, doctorante au CSTB, cofinancée par EpaMarne, traite en effet d'un sujet stratégique pour EpaMarne et pour le CSTB en lien avec les enjeux de la nature en ville et de la biodiversité. Comment établir une évaluation robuste des interactions entre les systèmes urbains et la biodiversité ? Cette problématique est au cœur des préoccupations et ambitions de l'aménageur. Augmenter l'intensité de la relation ville-nature en préservant, voire en augmentant la biodiversité, est l'objectif suivi, et cela, quelle que soit l'échelle d'intervention, du pied d'arbre au quartier de 3 000 logements.

Les travaux menés avec le CSTB ont permis le développement d'une méthodologie d'évaluation Hybride des Interactions Biodiversité/système Urbain (HIBOU), basée sur la synergie entre l'écologie, l'Analyse du cycle de vie (ACV) et la data science. Elle permet de prendre en compte les interactions entre les systèmes urbains et la biodiversité in situ (locale) et ex situ (globale), via les interactions indirectes dues au choix des matériaux, des vecteurs énergétiques, etc. La méthodologie est compatible avec les méthodes et outils promus par la réglementation RE2020. En attestent notamment les projets situés à Chanteloup-en-Brie ou les écoquartiers développés avec les communes de Bussy-Saint-Georges et de Montévrain avec, par exemple, le projet d'agriculture urbaine biologique de 20 ha, qui fait la part belle aux multiples espaces plantés.

Qu'il s'agisse de l'ancienne compensation au titre des défrichements ou de la nouvelle réflexion sur le « zéro artificialisation nette », en passant par la démarche « éviter-réduire-compenser », la philosophie d'EpaMarne est d'aller toujours plus loin que le curseur réglementaire, pour le dépasser en démontrant que l'action de l'aménageur ne rime pas automatiquement avec « impact négatif », bien au contraire. Chaque opération, qu'elle soit immobilière ou d'aménagement, est une opportunité renouvelée pour favoriser l'expression des services écosystémiques rendus par la préservation et le développement de la biodiversité. »

EN SAVOIR PLUS

[La thèse « Méthodologie hybride d'évaluation des interactions entre les systèmes urbains et la biodiversité »](#)

BILLETS D'EXPERTS

Simuler le confort thermique et identifier les îlots de chaleur urbains



Thibaut Delval
CSTB
Maquettes numériques et ingénierie concourante
Direction Technologies de l'information

« Le confort thermique d'un espace public peut être modélisé et simulé depuis les socles numériques fournis par les opérateurs du territoire que sont les aménageurs, collectivités ou exploitants. Cette modélisation peut notamment permettre d'identifier les îlots de chaleur urbains.

Les maquettes numériques, connectées aux données d'exploitation, sont en effet désormais en mesure d'apporter des informations précises sur les taux, la nature des végétalisations des toitures et des murs, le type de matériaux pouvant stocker ou restituer la chaleur ou encore la présence d'objets urbains impactant la température du bâtiment, du quartier et de la ville (brumisateurs, fontaines, étendues d'eau). L'intégration de ces informations dans des modèles de données interopérables (IFC, CityGML) permet de les exploiter à travers les moteurs de calculs conçus par le CSTB : simulation thermique, aéraulique, d'ensoleillement ou encore radiatif, et simulation couplée bâtiment/milieu ambiant pour capter toutes les interactions complexes d'un système urbain et simuler un phénomène complexe comme un îlot de chaleur urbain.

En couplant les résultats de mesures in situ éventuellement disponibles, les cartographies infrarouge grande échelle (avion satellite) et les données météo, avec les résultats de moteurs de calculs, le CSTB est en mesure de qualifier les ICU actuels et surtout potentiels sur la base de maquettes numériques intégrant l'existant et les projets d'aménagement. Ces simulations permettent de comparer l'efficacité des différentes solutions urbaines proposées pour réduire la formation d'îlots de chaleur. Ces capacités de simulation permettent aussi d'évaluer les différentes solutions innovantes pour le rafraîchissement de l'espace public ainsi que leur intégrabilité.

Ces représentations numériques constituent un outil d'aide à la conception-rénovation des espaces publics. Cet outil numérique est aussi de plus en plus utilisé dans le cadre de concertations initiées par les acteurs – les phases de concertation peuvent s'appuyer sur les méthodes et démarches mises au point par les experts en sciences humaines et sociales du CSTB.

Balbutiants il y a encore quelques années, ils sont désormais utilisés par le CSTB et ses partenaires dans plusieurs grands projets d'aménagement. Tout laisse penser que les possibilités d'utilisation des outils numériques pour la conception et la fabrique de la ville vont d'une part se généraliser, d'autre part s'enrichir de nouveaux usages et de nouveaux services. Ainsi, sans attendre la réglementation environnementale, le CSTB travaille avec plusieurs partenaires à une approche Carbone à l'échelle du quartier, et à l'intégration de ces travaux dans les outils numériques. »

BILLETS D'EXPERTS

Isolation courante et gain thermique par rapport à un bâtiment non isolé



Salem Farkh
CSTB
Chef de division Hygrothermique des ouvrages
Direction Enveloppe du bâtiment

« En période estivale, il est très important de limiter la transmission de l'énergie solaire à l'intérieur du bâtiment à travers les parois opaques et vitrées.

Pour les parois opaques, la quantité d'énergie transmise par le rayonnement solaire est inversement proportionnelle à la résistance thermique de la paroi et dépend donc de l'isolation thermique installée. Ainsi, un bon niveau d'isolation de l'enveloppe participe efficacement à la réduction du flux de chaleur traversant la paroi. Cette réduction pour un niveau d'isolation courant par rapport à une paroi non isolée est d'un facteur 10⁽¹⁾.

Par ailleurs, la couleur du revêtement extérieur de la paroi a une importance primordiale. En effet, les surfaces sombres absorbent jusqu'à trois fois plus de rayonnement infrarouge solaire que les teintes claires. Certains revêtements/peintures réfléchissant(e)s permettent de réduire davantage l'énergie absorbée par la paroi, à condition de présenter des caractéristiques durables dans le temps.

Pour les parois vitrées, la conception et l'orientation des parois doit faire l'objet d'une attention particulière pour éviter qu'elles n'atténuent l'efficacité de l'isolation des parois opaques. Le recours aux protections solaires extérieures permet de réduire significativement la part de l'énergie solaire transmise. »

(1) Ordre de grandeur du rapport entre le coefficient de transmission thermique d'une paroi non isolée (U proche de 5) et d'une paroi isolée niveau RT2012 (U = 0,3 à 0,2).

DÉCODAGE

Aéroport Roland Garros Ventilation naturelle : nouveaux défis de confort et de sécurité



Projet d'extension de l'aéroport de Roland-Garros à La Réunion dans un contexte énergétique qui vise l'autonomie en 2030. L'objectif est de diviser la consommation d'énergie par quatre par rapport au standard des aéroports climatisés. Pour réussir ce défi, il adopte des principes de conception bioclimatiques avec une architecture aérodynamique favorisant la ventilation naturelle du bâtiment.

EN SAVOIR PLUS

[Expertise Grands ouvrages du CSTB](#)