



# « LA MEILLEURE ÉNERGIE EST CELLE QUI N'EST PAS CONSOMMÉE »

**L'urbanisme, à l'échelle du territoire, et l'architecture, à l'échelle du bâtiment, ont un rôle majeur à jouer dans la régulation du bouleversement climatique en cours. Les solutions viendront-elles de la haute technologie ou, au contraire, des méthodes constructives traditionnelles des pays confrontés aux fortes chaleurs ?**

PAR MARION BLEIN

**S**i les systèmes actifs de refroidissement des bâtiments sont de plus en plus performants, l'enjeu majeur aujourd'hui est de se passer – ou tout du moins de réduire fortement – ces systèmes actifs, et ce quel que soit le type de construction : industrie, commerce, bâtiment technique, tertiaire, logement, etc.

Pourquoi ? Parce que les changements climatiques l'imposent, parce que l'énergie nécessaire au refroidissement, aussi renouvelable soit-elle, porte un coût environnemental et financier non neutre. Parce que l'un des grands défis de l'humanité à l'aube de bouleversements majeurs (environnementaux, climatiques, sociétaux, économiques...)

est de retrouver un rapport à la nature, à l'humain, et donc de limiter, lorsqu'une alternative passive ou naturelle existe, le recours aux technologies complexes. Parce que l'objectif neutralité carbone fixé par la France pour 2050 est loin d'être atteint et qu'il convient de tout mettre en œuvre pour accélérer le processus<sup>(1)</sup>.

Comment ? Par l'urbanisme, d'abord, capable d'offrir un environnement plus ou moins tempéré à l'échelle d'un quartier ou d'une ville et de lutter contre l'îlot de chaleur urbain. Par l'architecture, ensuite. Une architecture respectueuse de son contexte, pensée avec ses données environnementales (altitude, climat, masques solaires, paysage, patrimoine), une architecture à la fois innovante et inspirée de modèles anciens, parfois très performants mais oubliés sous prétexte de modernité. Une architecture au service de l'Homme qui réponde bien évidemment aux besoins de confort (thermique, hygrométrique, lumineux,

fonctionnel, esthétique...). Mais les réponses viendront aussi d'une prise de conscience collective et d'une responsabilisation de chacun pour participer au confort passif : "des usagers actifs pour un bâtiment passif".

## L'urbanisme et l'îlot de chaleur urbain

Avant de s'atteler à la question du bâtiment, il est indispensable de prendre du recul et d'observer l'impact des formes urbaines sur le microclimat local. C'est ce qu'on appelle l'îlot de chaleur urbain : l'élévation localisée des températures enregistrées en milieu urbain par rapport aux zones alentour non urbanisées. Il est principalement lié à trois éléments : la production de chaleur en ville (chaleur anthropique : circulation, industries, équipements dont climatisation pour une part non négligeable...), le stockage de la chaleur (solaire et anthropique) par les revêtements absorbants, et les pièges à chaleur dus à la densité et aux formes urbaines.

De nombreuses études<sup>(2)</sup> se sont attachées à mesurer l'écart de température entre des parcs urbains et les zones construites environnantes, entre quartiers d'une même ville, entre centre-ville et périphérie ; elles révèlent des écarts de la température de l'air qui peuvent atteindre près de 10 °C selon le contexte, en été. Un écart considérable en période de canicule.

Ces études ont révélé de grandes variations de l'impact de la végétation sur le microclimat en fonction du contexte, puisque la présence végétale agit sur plusieurs paramètres comme le vent, le rayonnement solaire, les échanges

Des usagers actifs pour un bâtiment passif



*Siège social d'Akuo Energy, à La Réunion: utilisation de la végétation pour réduire la température environnante. (Altitude 80 architecture).*

de chaleur et d'eau avec l'air ou encore l'humidité des sols. Les différences constatées sont également liées à la taille des masses végétales, à la nature de la végétation ou à la forme urbaine. Certaines de ces études ont également démontré que l'augmentation de la densité des arbres dans les rues pouvait induire une réduction des charges de chauffage et de climatisation allant de 12 à 80 %, l'impact étant plus limité dans le cas de bâtiments bien isolés.

Dans les départements d'outre-mer la végétation est un élément majeur de l'architecture bioclimatique. En effet la végétation des pieds de façades contribue par évapotranspiration des plantes à créer une atmosphère fraîche et humide contrairement aux traitements nus (enrobés, dallages, graviers) qui absorbent puis restituent la chaleur autour du bâtiment. Outre sa contribution au rafraîchissement ou au non-réchauffement, la végétalisation possède d'autres atouts indéniables : préservation de la biodiversité végétale et animale, drainage des sols et temporisation du rejet des eaux pluviales, confort visuel, absorption de CO<sub>2</sub> et de certains polluants... Pour lutter contre l'îlot de chaleur urbain, la végétalisation des abords de bâtiments gagnerait donc à être largement développée en métropole.

Les parcs urbains, trames vertes, les arbres plantés dans de vraies fosses qui leur laissent la place de se développer et d'absorber l'eau de pluie et autres présences végétales

pourraient également être liées étroitement à des trames bleues. L'eau joue en effet également un rôle dans le microclimat urbain en réduisant la température par évaporation : des plans d'eau ou noues en plein air au lieu d'une partie des réseaux canalisés souterrains permettraient de plus de gérer les eaux pluviales en laissant une place à la biodiversité.

Outre ces éléments naturels, les couleurs jouent un rôle important dans la réduction de l'îlot de chaleur dans certaines villes. C'est par exemple le cas à Mykonos (Grèce) ou Hammamet (Tunisie) où les constructions sont intégralement blanches pour réfléchir le rayonnement solaire.

1. En France, tous les gaz à effet de serre qui pourront être rejetés en une année selon les objectifs pour 2050, l'ont été le jeudi 5 mars pour l'année 2020, ce qui ne permettra à ce rythme d'atteindre les objectifs qu'en 2085. Etude du cabinet de conseil Carbone 4 pour les quatre associations de "l'affaire du siècle". Voir "Jour du dérèglement : à compter de jeudi 5 mars, la France a une dette climatique", Le Monde, 4 mars 2020.

2. Voir notamment "L'étude des microclimats urbains : champ de recherche à l'interface entre climatologie, urbanisme et génie civil", par Marjorie Musy, dans Vertigo, sur <https://journals.openedition.org>. Voir aussi Villes et changement climatique, îlots de chaleur urbains, sous la direction de Jean-Jacques Terrin, publié en 2015 aux éditions Parenthèses.





## L'architecture et le rafraîchissement passif

Bien que le sujet développé ici soit le rafraîchissement, il est indispensable d'évoquer également la question du confort d'hiver. En effet, la France métropolitaine, avec ses variations locales, présente une double contrainte climatique rythmée par les saisons : il s'agit à la fois de s'y protéger du froid l'hiver, et de la chaleur l'été... Sans que la gestion d'une saison ne nuise à l'autre. Ainsi, si les retours d'expérience sur l'inconfort d'été dans les bâtiments prennent tant d'ampleur aujourd'hui, avec des épisodes caniculaires de plus en plus fréquents et intenses, c'est en partie parce que certains bâtiments ont été pensés dans une logique de réduction des déperditions thermiques et de valorisation des apports solaires, qui peut compromettre le confort en période estivale. Les solutions apportées pour le traitement de la problématique du confort d'hiver peuvent être sources de surchauffes estivales : en sur-isolant et en supprimant les défauts d'étanchéité à l'air, elles piègent la chaleur sans possibilité de l'évacuer.

Lors d'opérations de rénovation aussi, la question du confort d'été est trop peu souvent prise en compte, l'accent étant mis sur l'isolation et l'étanchéité à l'air : la problématique est la même que pour les constructions neuves.

La question se pose différemment sous d'autres climats ; pour les départements d'outre-mer (Guadeloupe, Martinique, La Réunion, Guyane, Mayotte), l'approche diffère puisqu'elle est concentrée sur la problématique de la gestion des surchauffes, malgré des exceptions dans certains contextes localisés (altitude notamment).

Les stratégies pour le confort estival peuvent être schématiquement divisées en deux thèmes principaux : le premier consiste à éviter les apports solaires, tandis que le second met en œuvre des systèmes pour évacuer la chaleur et stocker la fraîcheur.

Le rayonnement solaire direct est la première source d'élévation des températures intérieures. Une implantation réfléchie au regard des expositions solaires est primordiale, ainsi qu'une bonne isolation et l'installation de protections solaires adaptées à l'orientation. Il existe une multitude de

protections solaires adéquates : casquettes brise-soleil, pergolas couvertes par des canisses, des plantes grimpantes ou des cellules photovoltaïques, velums, brise-soleil à lames orientables, résilles de toutes sortes, sur-toitures, volets de tous types (battants, coulissants, pivotants, pleins, ajourés, persiennés), panneaux déportés, murs épais avec menuiseries positionnées au nu intérieur... Placées judicieusement en fonction de l'orientation solaire, ces protections portent ombre sur les vitrages, les façades et/ou les toitures des bâtiments. Le bon sens et l'ingéniosité permettent de contrôler le rayonnement estival tout en favorisant les apports solaires hivernaux qui contribueront au chauffage en période froide. Ce sont la plupart du temps des dispositifs fixes ne nécessitant aucune intervention, mais il existe également des protections mobiles telles que les stores brise-soleil à lames orientables qui permettent de réguler les apports solaires sur les vitrages en fonction du moment de la journée ou de l'année.

Leur fonctionnement est presque toujours électrique et programmable.

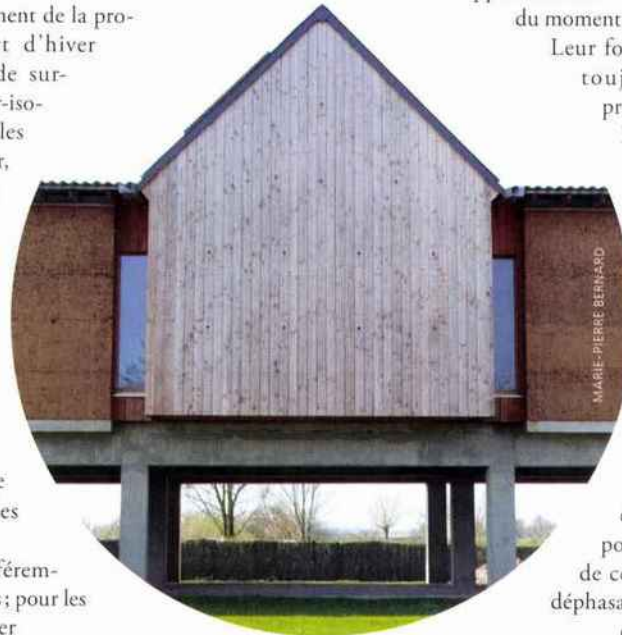
Pour limiter l'entrée de chaleur, l'isolation a bien évidemment un rôle important à jouer, et le choix des matériaux a une influence non négligeable sur le confort d'été puisque le déphasage de l'isolant pourra permettre de temporiser l'apport de chaleur et ainsi de lisser les températures intérieures. Pour exemple, on considère qu'à pouvoir isolant égal, la ouate de cellulose aura un temps de déphasage 2,5 fois plus important qu'une laine de verre.

Malgré ces dispositifs, la chaleur ambiante finit par atteindre le bâtiment. La ventilation jouera alors un rôle prépondérant dans la

gestion des surchauffes. Il s'agira en effet de limiter les apports d'air chaud en journée et, au contraire, de favoriser les entrées d'air frais la nuit.

Les systèmes de ventilation naturelle assistée et contrôlée (VNAC) permettent d'utiliser les forces naturelles (convection de l'air chaud, vent) pour ventiler. Les ventilations hybrides quant à elles se basent sur ces mêmes forces naturelles, mais les complètent par des appoints mécaniques basse pression ponctuels lorsque le débit, mesuré par des capteurs, n'est pas suffisant ou qu'un besoin précis le nécessite.

Pour ce type de ventilation, on retrouve fréquemment des grilles de ventilation intégrées aux menuiseries extérieures



Maison du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin : la terre crue comme régulateur hygrothermique. (L'Archivolette architecture).





qui permettent de ventiler naturellement la nuit sans risque d'intrusion et à l'abri des intempéries. Elles peuvent être couplées avec des cheminées de ventilation qui permettent d'augmenter le débit du flux d'air en évacuant l'air chaud par le haut. Évidemment, les systèmes de ventilation peuvent aussi être mécaniques et assureront le même rôle. On veillera alors à la consommation énergétique des extracteurs et à privilégier une surventilation nocturne (augmentation des débits d'air extrait la nuit) et une ventilation limitée le jour.

Un puits provençal (ou puits canadien, ou puits climatique) peut être couplé à la VMC : l'air neuf circule alors dans des tuyaux enterrés à une profondeur où la température est relativement stable, avant d'être insufflé à une température abaissée dans le bâtiment pour assurer le renouvellement d'air.

Une autre solution de rafraîchissement s'appuie, elle aussi, sur la géothermie : il s'agit des planchers rafraîchissants

passifs. De l'eau fraîche, captée par forage géothermique et mise en mouvement par un simple circulateur, circule dans les planchers et les rafraîchit, permettant ainsi d'abaisser la température intérieure et la température du sol si son inertie thermique favorise l'accumulation les frigories.

Pour être parfaitement efficaces, toutes ces solutions consistant à introduire de la fraîcheur dans le bâtiment doivent être associées à une recherche d'inertie thermique plus ou moins lourde : la ventilation doit permettre ainsi non seulement d'évacuer l'air chaud, mais aussi de stocker la fraîcheur dans les matériaux de construction. À cet égard, le matériau terre crue joue un rôle particulièrement efficace en régulant à la fois l'hygrométrie et la température d'une pièce grâce aux échanges entre l'argile et l'air.

Pour les départements d'outre-mer, les enjeux ne sont pas tout à fait les mêmes : le climat y est globalement chaud toute l'année et c'est donc la gestion de la chaleur qui est le premier enjeu. La proximité de l'équateur a pour conséquence un soleil plus haut dans le ciel qui rend les protections solaires nécessaires sur toutes les orientations, y compris sur les façades les moins exposées, au nord (Antilles, Guyane) ou au sud (La Réunion). Si elles permettent de

*Gymnase multisport régional à Saint-Martin-en-Haut (Rhône) : des protections solaires efficaces en façade sud. (Teckené architectes).*







*Groupe scolaire Daniel-Pennac, à La-Colle-sur-Loup (Alpes-Maritimes): protection solaire par panneaux de verre colorés et brise-soleil à lames orientables.*

limiter les apports solaires directs, ces protections ne sont néanmoins pas suffisantes pour obtenir un bon confort intérieur. Elles peuvent être complétées par des compositions de façade ventilées qui limitent le stockage de chaleur dans la structure du bâtiment. Ici aussi, la ventilation joue un rôle prépondérant, non seulement pour évacuer l'air

chaud mais aussi pour créer des courants d'air contrôlés qui permettront de diminuer la température ressentie des occupants : on estime que sous un balayage d'air léger mais permanent, celle-ci s'abaisse de 4 °C.

Il est à noter que les concepts évoqués ci-dessus (ventilation, rafraîchissement, stockage de fraîcheur) ont été déclinés dans de nombreux pays du monde à travers l'histoire. C'est ainsi le cas des tours à vent ou *badgir* dans l'architecture persane : des tours de ventilation permettent de capter les vents souhaités pour faire pénétrer l'air frais et évacuer l'air chaud. Couplés à des bassins situés sous la tour (l'air chaud





*Réservoir d'eau réfrigéré par des badguirs, ou tours à vent en Iran.*

provoque une évaporation à la surface du bassin et perd de la chaleur) et à une architecture de terre crue (rôle d'inertie et de régulation hygrothermique), ces dispositifs rafraichissent considérablement les pièces des bâtiments. Ce type d'architecture mérite d'être étudié pour une réinterprétation contemporaine et européenne.

### Les occupants au centre de la conception

Aujourd'hui, les mesures de performances sont trop souvent déconnectées de la valeur d'usage, dictées par les normes et les labels et non par les usagers, leur ressenti, leur mode de vie. L'humain n'est pas toujours bien pris en compte, ses comportements sont parfois indésirables (ouverture de fenêtre, augmentation du chauffage...). Pour y remédier, certains gestionnaires ont tendance à se tourner vers les hautes technologies qui tendent à tout contrôler (température, luminosité, hygrométrie, renouvellement d'air...), mais la sensation de confort peut varier fortement d'un individu à l'autre. Les comportements sont propres aux sensibilités de chacun (ouvrir la fenêtre pour sentir l'odeur extérieure, écouter le bruit de la rue ou

Les principes de base d'une architecture bioclimatique confortable hiver comme été sont fortement dépendants du site et de l'usage.

des oiseaux...) et le contrôle automatisé n'est pas encore toujours très bien maîtrisé et peut être source de surconsommations au lieu d'économies.

Les principes de base d'une architecture bioclimatique confortable hiver comme été sont fortement dépendants du site et de l'usage. On ne peut les limiter à une approche purement analytique et il est indispensable d'avoir une vision holistique, systémique de l'environnement construit, y compris d'éléments dont les effets sont difficilement quantifiables ou mesurables comme la végétation, l'eau, le vivant, ou même les propriétés de matériaux non industrialisés comme la terre crue. Les architectes sont formés pour jouer ce rôle majeur dans l'élaboration de constructions et de rénovations ambitieuses, efficaces, économes et confortables, et peuvent porter une vision globale nourrie par des domaines de compétence pointus. Les décideurs (élus, aménageurs...) ont eux aussi un rôle crucial à jouer pour l'avenir des villes et la réduction de l'îlot de chaleur, avec un urbanisme réinventé, audacieux, résolument écologique intégré dans une vision globale. Un avenir en ville supportable et soutenable à long terme est donc tout à fait possible moyennant un changement progressif des habitudes. ■