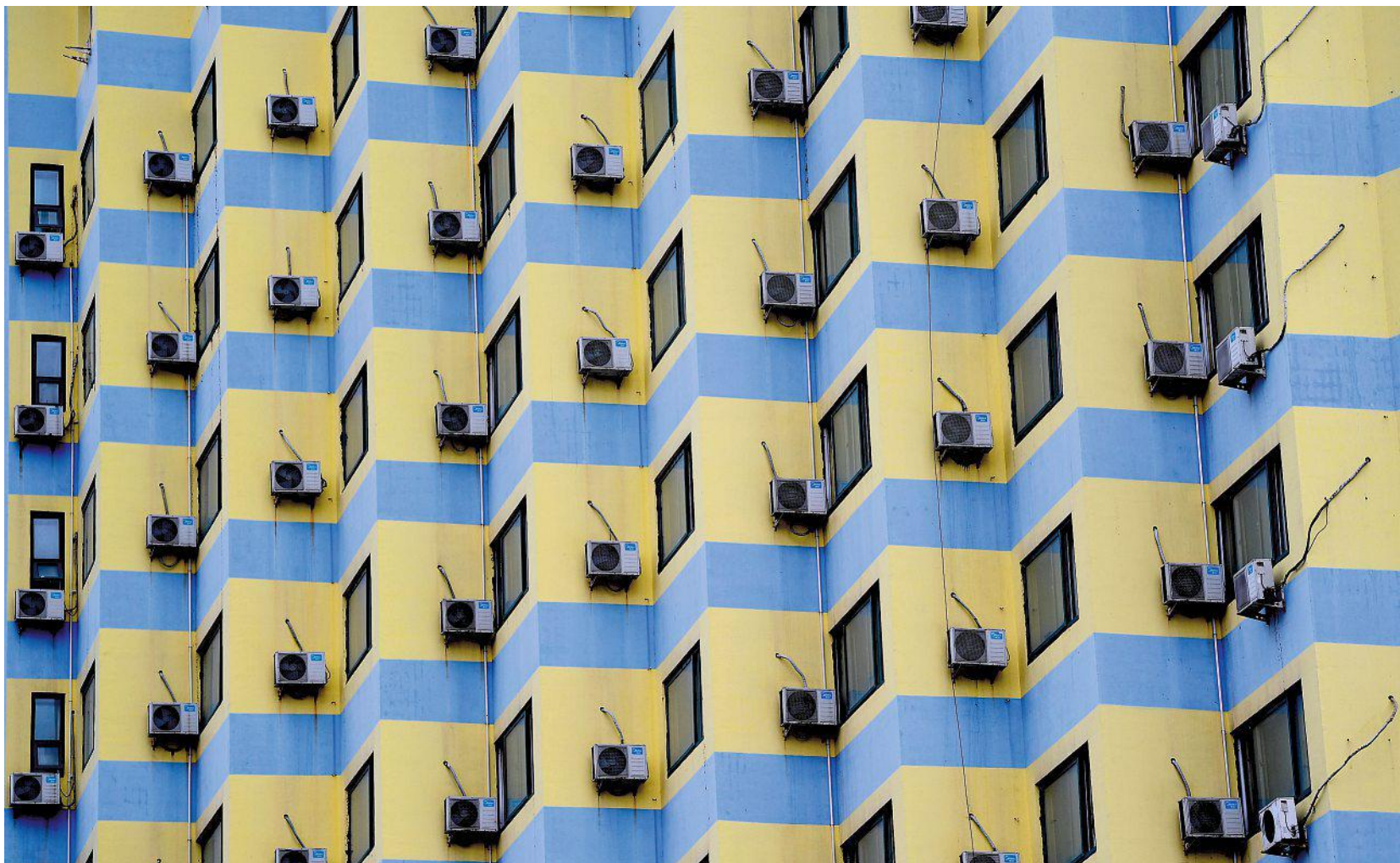




À Shenyang, en Chine. Gourmands en énergie, les climatiseurs augmentent en outre la température extérieure en rejetant de l'air chaud dehors.

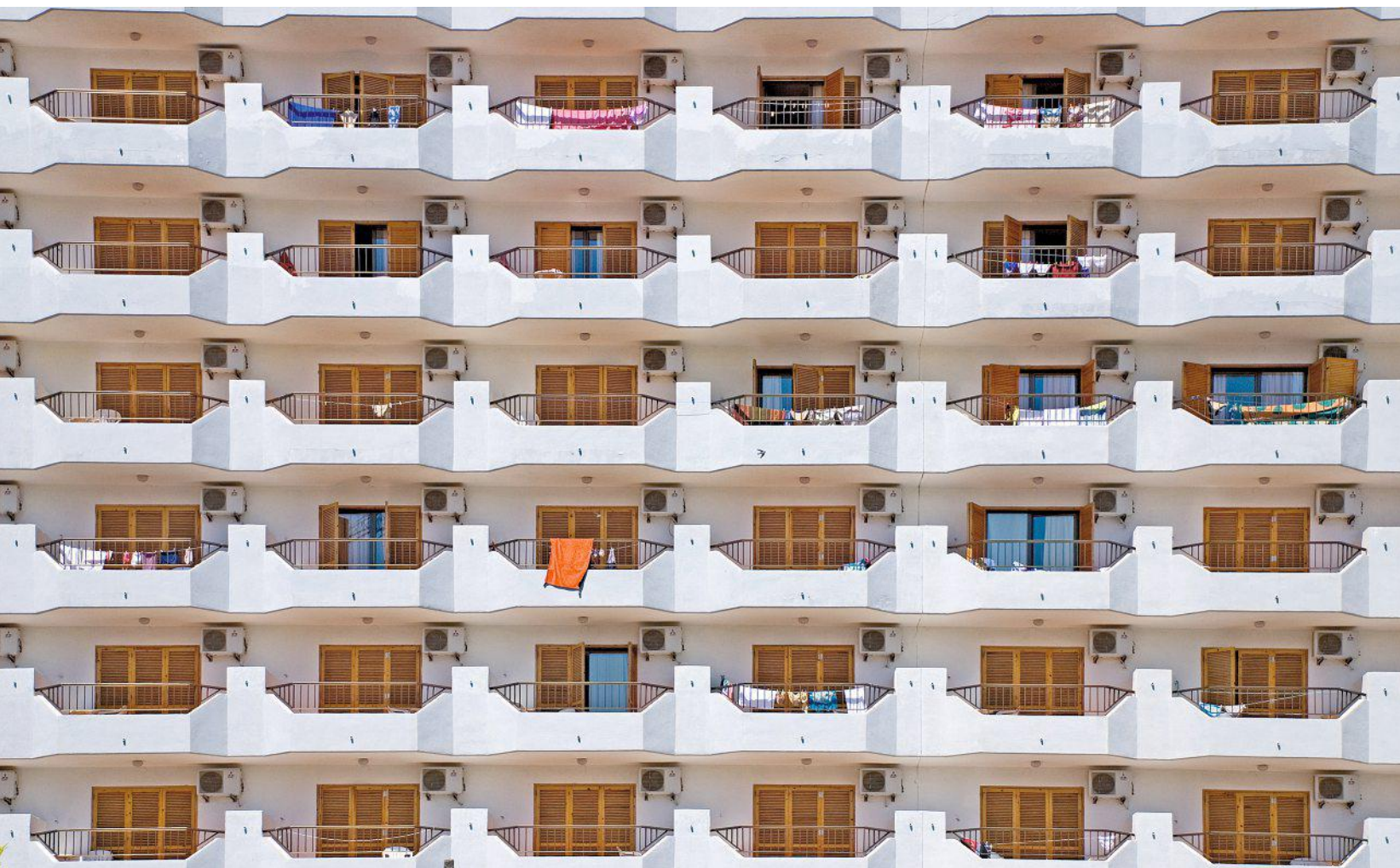
CLIM COMMENT SORTIR DU PIÈGE

La canicule qui frappe fort et tôt, en cette fin juin, en annonce bien d'autres, pires, dans les années à venir. Et, partant, un bond de la demande de climatisation, dans le monde entier, qui augmentera du même coup... l'effet de serre. Sortir de ce cercle infernal est un défi à relever d'urgence.

Par Stefano Lupieri

es Parisiens et les Lyonnais ont dû faire face, cette semaine, à la plus brutale vague de chaleur depuis 2003. On se permet de les distinguer, parmi tous les Français en sueur, en raison des accablants îlots de chaleur urbains qu'abritent Paris et Lyon, villes hyperminérales, chaque été. Pour eux, et tous les citadins en surchauffe, les ingénieurs développent de nouvelles solutions pour rafraîchir les zones les plus urbanisées.

Les bienheureux résidents des rues de Courcelles (VIII^e), Frémicourt et Lecourbe (XV^e), à Paris, ne le savent pas tous, mais ils habitent dans un laboratoire. Car c'est sur ces trois axes très fréquentés que la mairie a choisi d'installer en octobre dernier un nouveau revêtement de route développé par le spécialiste Colas. Disposé sur des tronçons test de plus de 200 mètres, ce bitume a non seulement des qualités antibruit



Une résidence balnéaire en Espagne. Le parc de climatiseurs dans le monde pourrait passer de 1,6 milliard aujourd'hui à 5,6 milliards en 2050.

mais également antichaleur. Poreux, il retient l'eau au lieu de la faire ruisseler dans les égouts. Ainsi, en cas de forte chaleur, l'arrosage de la chaussée garantissant un effet d'évaporation continu qui permet de faire baisser la température ressentie d'environ 2°C. Un soulagement bienvenu lorsque le thermomètre s'affole. La municipalité surveille in situ l'impact du dispositif. En cas de succès, il pourrait être étendu à l'ensemble de la capitale.

EN ROUTE VERS UNE « CRISE DU FROID »

Cet enrobé « rafraîchissant » n'est qu'un des nombreux moyens mis en chantier depuis peu par les urbanistes, les architectes ou les fabricants de froid naturel pour essayer de rendre les grandes villes plus vivables. Tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des bâtiments. Tous ces acteurs visent surtout à limiter le recours à la... climatisation. Longtemps considérés comme la solution de facilité contre les étuves, les appareils de confort thermique sont de plus en plus décriés. En cause, leur

impact sur l'environnement. En cas de fuite, les gaz réfrigérants dont ils sont équipés sont extrêmement nocifs pour la couche d'ozone. Surtout, en rejetant de l'air chaud vers l'extérieur, les climatiseurs ne font qu'aggraver le problème dans les rues. Dans des villes très équipées comme Tokyo, on considère qu'ils augmentent la température ambiante de près de 2°C. Qui plus est, ils consomment beaucoup d'électricité, en particulier les petits appareils mobiles au faible rendement. Aux États-Unis, où le taux d'équipement individuel avoisine, comme au Japon, les 90%, la climatisation absorbe désormais 6% de l'électricité produite. L'état des lieux ne va pas s'arranger, selon un rapport publié l'an dernier par l'Agence internationale de l'énergie. L'explosion de la demande dans les pays émergents aux climats les plus chauds comme la Chine ou l'Inde va bouleverser la donne : de 1,6 milliard d'appareils installés aujourd'hui, on pourrait passer à 5,6 milliards en 2050. En France, l'équipement individuel n'excède pas encore les 6%, mais

il est en forte croissance. « *Le monde va subir une crise du froid* », prophétise Fatih Birol, directeur de l'agence.

Alors que faire ? Si tout le monde s'accorde à considérer qu'il faut contenir la généralisation de la clim, les contre-mesures utiles se heurtent à plus d'un siècle d'urbanisation. Car le réchauffement climatique, qui devrait donner à Lyon le climat de Madrid d'ici à 2050, n'est pas seul responsable. La minéralisation à outrance des villes accentue considérablement le problème en créant les fameux « îlots de chaleur urbains ». Absorbé par les immeubles et autres revêtements, le rayonnement solaire de la journée est restitué pendant la nuit et empêche la température de redescendre comme à la campagne. Entre Rambouillet, et Paris on constate 3 à 4°C de différence. Ces écarts sont aussi dus à la différence de porosité des sols et à l'absence de végétalisation, laquelle permet de refroidir l'air via l'évaporation. Car un arbre agit comme un véritable climatiseur.

« *En transformant l'eau du sol en vapeur,*





Le Jardin d'acclimatation, à Paris. Les arbres abaissent la température ambiante, en agissant comme des climatiseurs.

il consomme de l'énergie», précise Valéry Masson, responsable du climat urbain au Centre national de recherche météorologique. Ce qui fait baisser la température ambiante. Ainsi, dans un parc urbain, elle chute de près de 1,5°C. «Mais cet effet ne se propage que dans un rayon d'une cinquantaine de mètres», rappelle Luce Ponsar, chef de projet plan climat de l'agglomération lyonnaise. Encore faut-il qu'il y ait de l'eau ! «En ville, elle a été progressivement chassée. D'abord pour lutter contre l'insalubrité puis pour épouser le progrès du tout-voiture», explique Erwan Cordeau, chargé d'études climat et énergie à l'Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France. On a ainsi enterré des rivières comme la Bièvre, qui se jetait jadis dans la Seine à Paris, construit des égouts, artificialisé le sol des rues... C'est pourquoi, avant même d'imaginer des solutions pour se passer de climatisation, il faut essayer d'améliorer les systèmes existants. Conscients de la bronca qui se lève contre leurs appareils, les fabricants planchent de leur côté sur des dispositifs plus «eco-friendly».

UNE CROISADE MENÉE PAR L'EUROPE

Inventé au début du siècle dernier par un ingénieur new-yorkais de 25 ans du nom de Willis Carrier, le premier système de climatisation faisait circuler de l'air dans des bobines refroidies par eau. Il était destiné à rafraîchir les usines et augmenter de ce fait la productivité des ouvriers. En peu de temps, toutes les industries américaines l'adoptèrent. Suivront les bureaux, les lieux de loisirs comme les cinémas, les restaurants, les magasins et enfin – après la Seconde Guerre mondiale – les foyers. Dès 1980, plus de la moitié sont équipés. Tous les sociologues s'accordent à dire que l'air conditionné a joué un rôle considérable dans la vie des Américains, jusque dans leurs habitudes sexuelles, faisant disparaître les variations saisonnières de natalité... Sans clim, le Sud, et en particulier la Californie, ne se serait jamais autant peuplé. Revers de la médaille : les Américains ont adopté de mauvaises pratiques. «Aujourd'hui, ils chauffent l'hiver à 22°C et climatisent l'été à 18°C», s'empare Valéry Masson. Or leur parc est très glouton en électricité. «Outre-Atlantique, on commence à peine à adopter la technologie "Inverter" capable de réguler la puissance du compresseur et donc nettement moins énergivore, alors qu'elle est généralisée au Japon», précise François Deroche, directeur marketing de Daikin France.

L'Europe mène la croisade pour une climatisation plus verte. Elle vise notamment les fluides frigorigènes chimiques utilisés pour créer du froid. Bruxelles a d'abord classé leur nocivité via un indice dit «pouvoir de

STRESS THERMIQUE

Pour notre corps, la température de confort de l'air extérieur se situe entre 20 et 27°C. Au-delà, il doit s'adapter pour se maintenir à 37°C. L'évacuation de la chaleur

se passe, en premier lieu, par la transpiration, qui, pour s'évaporer, brûle des calories. Parallèlement, les vaisseaux de l'épiderme se dilatent pour faciliter le transport du surplus d'énergie vers les extrémités. Le transfert de chaleur pourra aussi se faire par «conduction», au contact

d'une surface plus froide, ou par «convection», immergé dans l'eau ou sous l'effet d'une brise. En cas de canicule prolongée, ces mécanismes finissent par saturer, plaçant le corps en stress thermique, ce qui génère hypertension, troubles digestifs et baisse de la concentration.

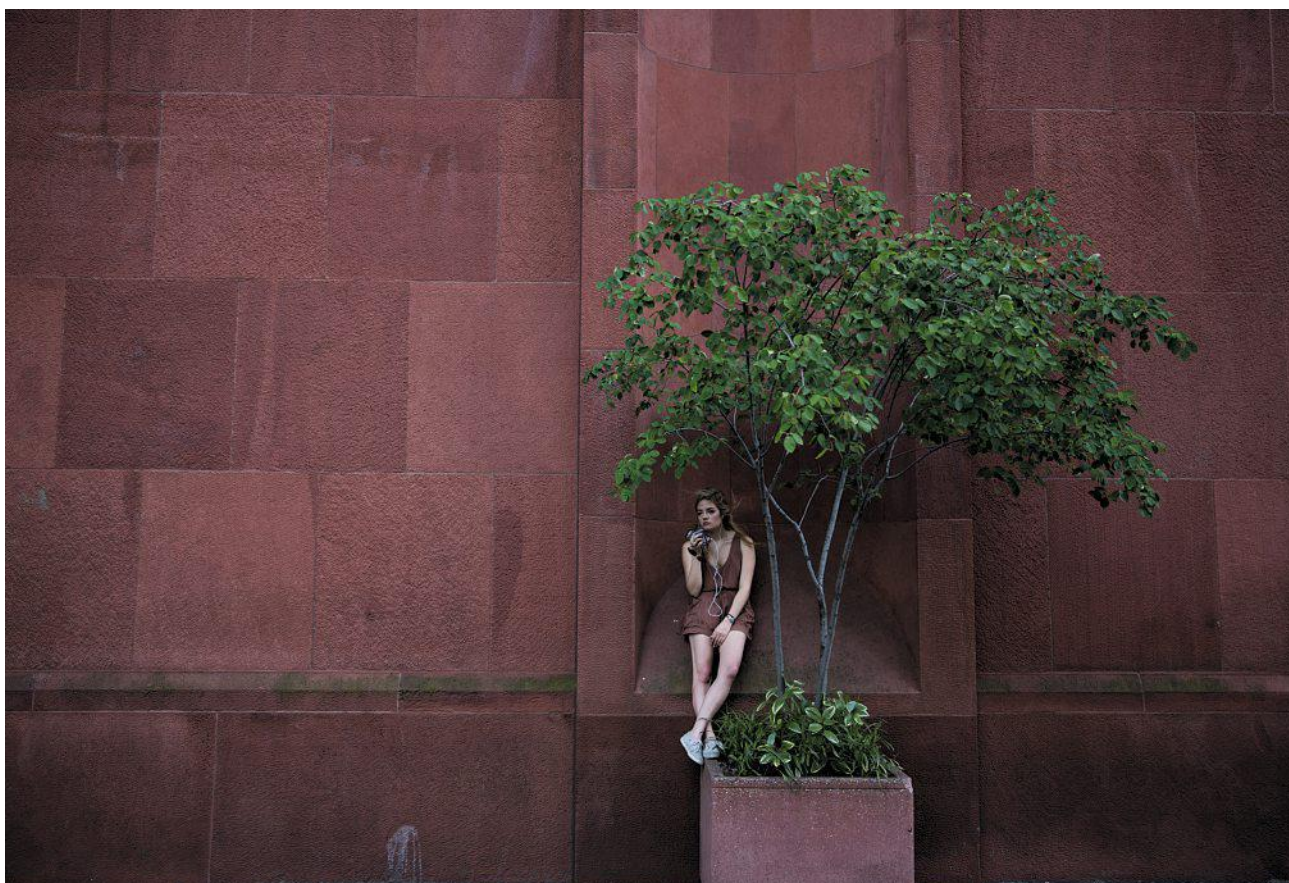
réchauffement global» (PRG). Puis a établi un calendrier de baisse progressive de la mise en circulation de ces substances, calculé sur la base de leur impact, qui court jusqu'en 2050. S'ils veulent continuer à développer leurs ventes sur le Vieux Continent, les équipementiers n'ont donc pas d'autres choix que d'utiliser des frigorigènes au PRG plus faible. Ils tablent notamment sur un nouveau fluide, le R32, «trois fois moins nocif», souligne François Deroche. Ce tour de vis imposé par l'UE a favorisé le développement des frigorigènes «naturels» comme le propane, l'ammoniac et même paradoxalement le CO₂, qui ont un PRG quasi nul, créant un schisme, dans la profession, avec les tenants des fluides «chimiques». Bien qu'ils soient moins efficaces et encore peu adaptés pour la climatisation domestique, ils intéressent les opérateurs soucieux de montrer leur fibre verte comme la société foncière Gecina, qui entend convertir 50% de son parc de bâtiments d'ici à dix ans.



L'inventeur de l'air conditionné, Willis Carrier, dans un «igloo» de démonstration, à la foire de Saint-Louis (Missouri), en 1939.

Mais le must, en matière de frigorigènes «eco-friendly», c'est encore... l'eau. Ce liquide a l'avantage de ne présenter aucun danger collatéral – il n'est ni irritant, ni inflammable –. Baptisés «adiabatiques», les dispositifs qui l'utilisent relèvent cependant davantage du rafraîchissement que de climatisation. Car ils ne peuvent garantir une température intérieure mais seulement un certain écart avec celle de

l'extérieur. La start-up niçoise Sustain'air a amélioré le procédé utilisé jusque-là en asséchant l'air avant de le réhumidifier, ce qui, à la manière d'un orage, crée du froid. «Selon le taux d'humidité extérieure, on peut gagner entre 5 et 15° C», explique le fondateur, Thierry Lamouche. Mais au-delà de 32-33° C, le mécanisme perd beaucoup en efficacité. Même s'il est plus vertueux, il consomme aussi de l'énergie et rejette de la chaleur vers l'extérieur. Pour limiter l'usage de la clim, il faut donc rendre les enveloppes des bâtiments plus réfractaires à la chaleur. Pour son premier immeuble sous la marque Green Office, conçu sans climatisation et livré en 2011, Bouygues Immobilier a joué sur tous les leviers. À commencer par un plan en forme de peigne qui permet de créer des zones d'ombre. De même, les architectes ont tourné le dos au tout-vitré, cette absurdité. 60% des surfaces du bâtiment sont pleines, en particulier les plus chaudes, situées à l'ouest. Le rafraîchissement est basé sur un système



À New York, durant la canicule de juillet 2013. La minéralisation à outrance des villes, où immeubles et revêtements restituent la chaleur et empêchent la température de baisser la nuit, est à l'origine des îlots de chaleur urbains.

GUERRE DES SEXES

Dès que les premières grosses chaleurs s'annoncent, la guerre de la clim reprend dans les bureaux entre ceux qui en veulent plus et ceux qui en veulent moins. Un conflit qui se transforme souvent en guerre des sexes. Le métabolisme des hommes serait 20 à 35 % plus calorifique que celui des femmes. Pour eux, la température de confort se situe donc autour de 21° C alors que, pour les femmes, elle grimpe à 25° C. Pour l'instant, la législation du travail ne dit rien sur la question. La seule obligation de l'employeur se réfère au débit minimal de renouvellement d'air (25 m³ par heure dans les bureaux).

d'ouvrants motorisés qui permet d'aérer la nuit. Volontairement dépourvues de faux plafonds, les dalles en béton peuvent ainsi absorber les « frigories » (inverses des calories) nocturnes. « La température dans les bureaux n'est jamais montée au-dessus de 26°C », indique Alexandre Cartier, directeur du pôle technique de Bouygues Immobilier. Reste que, depuis, Green Office n'a jamais retenté le coup du « sans clim ». « À Meudon, nous avions des conditions idéales, car l'immeuble était placé en lisière de forêt », précise Émeric Fagnot, directeur de la marque. Il est vrai, par ailleurs, qu'un employeur hésite encore à proposer à ses salariés d'emménager dans des bureaux sans « airco ». L'environnement ne pèse pas toujours lourd quand le confort personnel est en jeu ! À défaut, Green Office a installé, dans la douzaine d'immeubles construite depuis, des dispositifs de refroidissement ou de climatisation « propres », adiabatiques ou géothermiques.

LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE CHANGE DE CAP

Ces pratiques plus vertueuses vont probablement s'accélérer avec la nouvelle réglementation thermique en cours de discussion (RE 2020). Le précédent texte (RT 2012) avait surtout mis l'accent sur les déperditions de chaleur l'hiver. Résultat, les bâtiments conçus depuis, très étanches, se sont révélés difficiles à rafraîchir. La RE 2020 change de cap en fixant de nouvelles règles favorisant le confort thermique estival. « Le principe retenu consiste à définir une température d'inconfort et un nombre d'heures au-delà desquelles le bâtiment ne serait pas conforme et devrait revoir sa copie », explique Charles Pelé, responsable de la division conception des bâtiments performants au Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Plus ce seuil de température d'inconfort est bas, plus la facture s'alourdit pour le promoteur.

Pour s'adapter aux nouveaux standards, les architectes pourront compter notamment sur les progrès réalisés avec les vitrages dynamiques qui font barrage à la chaleur. « Une fenêtre de 2 m² sans protection particulière laisse passer autant d'énergie solaire qu'un mur de 50 m² », souligne Rémi Bouchié, responsable du pôle expertise au CSTB. Le Massachusetts Institute of Technology a annoncé il y a quelques mois la mise au point d'un film polymère transparent, applicable sur n'importe quelle fenêtre, qui permet de renvoyer 70% de la chaleur reçue. Mais il ne faut pas négliger des solutions plus basiques, comme peindre les toits avec une peinture réfléchissante. La start-up bretonne Cool Roof creuse ce sillon. Développé à partir des recherches de la Nasa, son revêtement renvoie 95% du rayonnement solaire, contre moins de 80% pour une simple



Inauguré le 16 mai 2019, le stade Al Wakrah, au Qatar, accueillera la Coupe du monde de football en 2022. La chaleur ne sera pas un problème : il est entièrement climatisé...

TOMBER LE VESTON

On commence à l'admettre : si l'on veut contenir le développement de la climatisation, il va falloir apprendre à changer nos habitudes. Soumis à de fortes canicules, le Japon donne l'exemple. Réputé plutôt strict sur le code vestimentaire au bureau, le pays du Soleil levant a lancé depuis 2005 une

campagne baptisée « Cool Biz » qui autorise les employés, à partir de juin, à tomber la cravate et le veston du costume. Initiée par le ministre japonais de l'Environnement dans le service public, elle s'est étendue depuis à tout le secteur privé. En contrepartie, les entreprises sont incitées à lever le pied sur la climatisation.

peinture blanche. « On peut ainsi faire baisser de 5°C à 6°C la température sous le plafond », précise son directeur, Antoine Hollerou. Pour l'heure, l'entreprise vise surtout les surfaces commerciales. Pilotées par les collectivités, des solutions de ce type peuvent aussi servir à faire baisser la température extérieure. Des chercheurs de Berkeley ont établi, il y a déjà quelques années, qu'en peignant les toits des immeubles des onze principales agglomérations américaines, on pourrait économiser 750 millions de dollars d'air conditionné par an.

Aiguillonnées par leur plan d'action climat, les municipalités françaises cherchent aussi des solutions pour augmenter leur « albédo »,

à savoir le pouvoir réfléchissant d'une surface. Celui de la neige, qui sert de référence, est égal à 1. En comparaison, le goudron plafonne à 0,1. En moyenne, une ville tourne entre 0,15 et 0,30. La marge de progrès est donc considérable. Les collectivités peuvent aussi revoir les revêtements de sol. L'agglomération de Lyon a testé les performances comparées du bitume, du béton clair ou poreux, du granit, du calcaire et de la terre battue – ce qui l'aide aujourd'hui à orienter ses choix. Avant cela, la ville avait expérimenté en 2012 l'arrosage de tronçons de chaussée en période de canicule. Mais, à l'inverse de Paris, elle ne dispose pas d'un réseau d'eau non potable implanté dans tout l'espace urbain. Dans la capitale, cette solution est envisagée à grande échelle. Les tests effectués depuis 2013, notamment rue du Louvre, ont permis de constater une baisse de la température ressentie de 2,8°C. Option appropriée alors que Paris ne peut guère miser sur le levier de la végétalisation. Un nombre croissant de grandes agglomérations imposent désormais dans leur plan local d'urbanisme un ratio minimum d'espaces verts publics. « Mais le taux de renouvellement de la ville n'excède pas 2 à 3% par an », précise Erwan Cordeau. Il faut donc se rendre à l'évidence : bien qu'ils s'additionnent, tous ces efforts auront du mal à compenser les effets du réchauffement climatique. L'air conditionné a encore de beaux jours devant lui. L'inauguration du premier stade climatisé au Qatar prouve qu'on n'est pas à une aberration près. Même si, on n'y coupera pas, il va falloir apprendre à augmenter notre tolérance à la chaleur. ●

Plus d'infos sur weekend.lesechos.fr