



Dans les bâtiments,
quel chauffage choisir ?
Au gaz ou électrique ?

© Carlos Castilla/shutterstock.com

année 2019 virtuelle où tous les bâtiments seraient équipés en chauffage électrique, 200 gigawatts devraient être mis en réserve, et sollicités uniquement lors d'une pointe hivernale. C'est l'équivalent de 120 EPR ou 250 centrales à gaz dernier cri... qu'il faudrait éteindre l'été.

À cette aune, quelle trajectoire peut-on imaginer pour atteindre la neutralité carbone en 2050 ? D'abord, l'ampleur du problème de la pointe hivernale de chauffage doit être attaquée à la racine. Répétons-le, la première étape est la réduction drastique et rapide de la demande énergétique des bâtiments : la chasse aux fuites thermiques est ouverte depuis quelques années et doit s'intensifier.

Deuxième front, les systèmes de production de chaleur doivent être aussi efficaces que possible lorsqu'ils s'appuient sur des ressources pilotables, qu'elles soient renouvelables (biomasse, gaz renouvelables) ou non (mais bas-carbone, comme le nucléaire de type EPR). Par ailleurs, il est nécessaire d'adosser au solaire, à l'éolien et à l'hydraulique des capacités de stockage. En effet, des moyens de production peu pilotables sont peu utiles pour suivre l'évolution des demandes en particulier lors de la pointe hivernale. Parmi les capacités de stockages, chacune a ses défauts et ses qualités. Citons les batteries (dont le bilan environnemental peut poser question), les stockages mécaniques, les stockages thermiques (dans de l'eau, ou d'autres matériaux plus complexes), ou sous forme d'hydrogène, qui est alors un gaz renouvelable.

L'enjeu suivant est l'échelle à laquelle installer ces divers moyens pilotables. C'est ici que se situe le vrai débat sur « la place de l'électricité et du gaz dans le chauffage » que l'on peut reformuler ainsi : « quels sont et où sont les moyens de production de chaleur les plus

LES AUTEURS
BENJAMIN HAAS,
ENGIE LAB CRIGEN
ET MURES ZAREA,
ENGIE RESEARCH

appropriés lors de la pointe hivernale ? » La question est d'arbitrer entre des moyens électriques pilotables centralisés et des moyens plus décentralisés, plus proches des usagers et valorisant des cycles courts et circulaires (pompes à chaleur électriques dotées d'appoint au gaz renouvelable, stockage thermique du solaire thermique, récupération de la chaleur fatale...). Ce peut être à l'échelle des territoires avec des logiques de communautés énergétiques s'appuyant sur les réseaux en place, ou bien à celle des bâtiments avec des systèmes hybrides faisant appel à des appoints pilotables et décarbonés au niveau des bâtiments.

TROIS ÉCHELLES

Chacune de ces échelles (centralisée, territoire et bâtiment) offre des avantages et des inconvénients que l'on pourrait résumer ainsi : plus la production pilotable est à forte puissance (et donc centralisée), plus sa gestion est aisée techniquement, mais moins elle est performante énergétiquement du fait des pertes lors de la transformation d'une énergie en une autre. Arbitrer entre la part de chacune de ces échelles est complexe et, alors qu'il s'agit d'un problème brûlant d'actualité, il est essentiel de ne pas perdre de vue que parier sur un seul et unique avenir (souvent vu comme tout électrique) sans s'accorder une capacité de résilience et d'évolution, c'est prendre le risque d'échouer. Pour atteindre le zéro carbone, il est urgent de ne pas se fermer d'option, de travailler sur les trois échelles et de ne pas cacher des émissions de carbone dans la production électrique centralisée et enfin d'aller chercher la performance énergétique et l'efficacité économique. C'est ce sur quoi planchent les équipes d'ENGIE. Et d'espérer d'autres manchettes, du type « Une alliance pour un chauffage vertueux ». ■

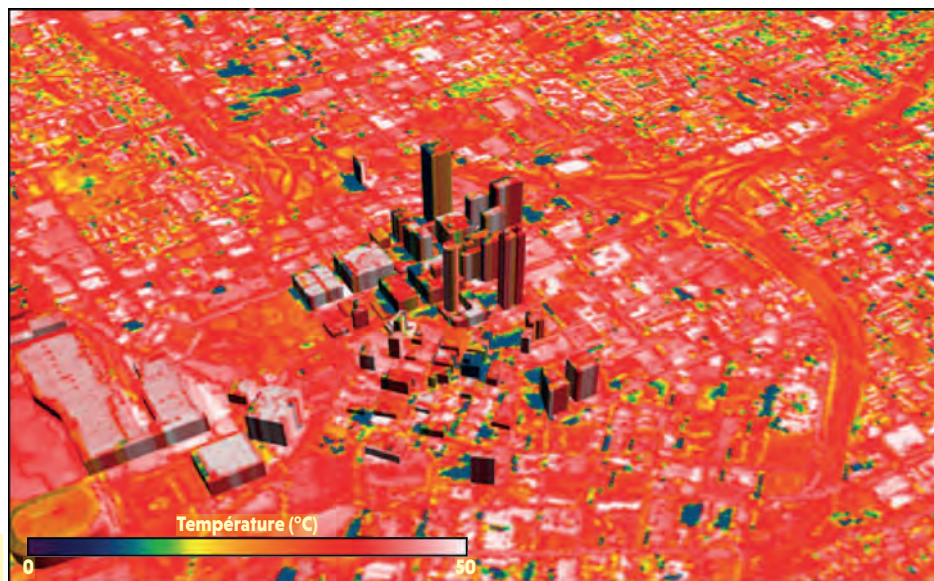
Un monde décarboné... et climatisé

Les défis à relever dans le domaine du bâtiment, et plus particulièrement en matière d'équipements frigorifiques de climatisation, afin de lutter efficacement contre le réchauffement climatique sont immenses. Mais pas insurmontables...

Aux États-Unis, la consommation d'énergie liée à l'air conditionné et à la climatisation serait supérieure à la consommation globale de... l'Afrique ! Et la tendance n'est pas à la baisse. De fait, les systèmes frigorifiques adaptés au traitement d'air des locaux résidentiels et tertiaires sont promis à un fort développement commercial. Cela tient principalement à la volonté d'améliorer le confort des occupants de ces locaux en période estivale, particulièrement lorsque les épisodes de chaleur s'accroissent. Que faire face à l'augmentation inéluctable de la demande de « froid » ?

Un grand nombre d'équipements (climatiseurs, pompes à chaleur réversibles, groupes refroidisseurs d'eau...) sont disponibles, mais l'offre commerciale regroupe quasi exclusivement des machines électriques à compression mécanique et quelques produits fonctionnant au gaz. Certains de ces équipements ont de bonnes performances énergétique et environnementale grâce, d'une part, à l'utilisation systématique d'énergie renouvelable associée parfois à un dispositif de récupération de chaleur, et, d'autre part, à l'emploi de fluides frigorigènes naturels ou à faible potentiel de réchauffement planétaire, comme le dioxyde de carbone, l'ammoniac, le propane, les hydrofluoro-oléfinés...

Toutefois, nul doute que les fabricants de systèmes de climatisation vont poursuivre leurs efforts, notamment pour respecter les échéances réglementaires en matière d'émissions de gaz à effet de serre, par exemple l'amendement de Kigali prévoyant une baisse drastique de la production et consommation des fluides frigorigènes de type HFC (hydrofluorocarbure) beaucoup plus réchauffants que les gaz réfrigérants précités. Un autre objectif est l'amélioration,



Les îlots de chaleur (ici à Atlanta) se traduisent par des pics de température (en blanc) dans les endroits les plus urbanisés.

entre autres, des coefficients de performance saisonniers de ces équipements. En complément de ces mesures, il est essentiel de réduire au maximum le besoin de « froid » en favorisant les bâtiments bioclimatiques, nous y reviendrons.

LES DÉFIS À RELEVÉR

En matière de développement de produits, il est fondamental de faire preuve d'innovation en améliorant les performances globales des systèmes existants et en proposant de nouvelles fonctionnalités, voire des technologies de rupture. Elles concernent, entre autres, les systèmes thermodynamiques utilisant la vaporisation de fluides frigorigènes (systèmes à compression mécanique ou thermique, à éjection, à sorption, thermochimiques...), des gaz actifs ayant de bonnes capacités à transférer de la chaleur, l'évaporation de l'eau, ainsi que les systèmes à effet « thermoacoustique » (des ondes sonores extraient la chaleur d'un environnement à refroidir) et « thermoélectrique ».

La plupart de ces technologies sont adaptées aux différentes typologies de bâtiments grâce à leur large plage de puissance, à leur mode d'utilisation (individuel ou collectif) et à leur intégration possible à des réseaux de chaleur. À titre d'exemple, les systèmes « thermofrigorifiques », produisant simultanément du chaud et du froid, intégrés aux réseaux de chaleur, sont probablement promis à un bel avenir s'ils sont en mesure de

recupérer une part importante de la quantité d'énergie inéluctablement perdue lors de la production de froid. C'est d'autant plus important que ces pertes contribuent à la création d'îlots de chaleur dans les zones urbaines (voir la figure page ci-contre).

Il est important de souligner que les conditions de mise en œuvre de ces systèmes sont essentielles pour obtenir les résultats escomptés : importance du stockage, de la gestion fine des niveaux de production et de consommation, ainsi que des outils de communication, par exemple dans les « smart grid ».

Autre défi, favoriser l'utilisation de sources d'énergie propre aux dépens des énergies traditionnelles (fossiles et nucléaire). Parmi les sources d'énergie susceptibles d'être valorisées par les systèmes frigorifiques liés au bâtiment, citons les ressources aquifères, le solaire car en phase avec le besoin de climatisation, la biomasse, l'hydrogène... La politique énergétique du Danemark est un exemple de cette transition puisqu'elle vise une autonomie énergétique « renouvelable » d'ici à 2050. C'est aussi le cas de Helsinki, en Finlande (voir la figure ci-dessous).

Le développement de l'infrastructure « cloud » et celui de la gestion intelligente des équipements de climatisation sont aussi des axes de recherche incontournables. L'architecture décentralisée sera vraisemblablement utilisée massivement par les entreprises en charge de l'exploitation et de la maintenance de ces équipements afin de traiter puis d'analyser les données de fonctionnement. Le croisement de ces informations, avec d'autres de nature technique ou administrative, aidera à améliorer la qualité des services proposés.

LES AUTEURS
RODOLPHE DESBOIS ET
CRISTIAN MURESAN, ENGIE

La ville de Helsinki organise ses réseaux de chaleur et de refroidissement de façon à atteindre la neutralité carbone en 2050.

La raison d'être d'un bâtiment est la création d'un « intérieur », d'une ambiance maîtrisée. En gérant les rapports entre cet intérieur et le climat extérieur, l'enveloppe du bâtiment et le système de traitement d'air ont un rôle primordial en matière d'efficacité énergétique. La règle actuelle consiste fondamentalement à isoler l'intérieur du bâtiment de son environnement proche. Pourtant, le sol, l'air, le soleil, le ciel, le vent, offrent des sources potentielles d'énergie, en hiver comme en été. Peut-on exploiter ces éventuelles sources d'énergie en les faisant pénétrer dans les bâtiments ?

LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

C'est le sens de la conception bioclimatique destinée à réduire les besoins de chauffage et surtout de refroidissement. Des bâtiments résidentiels et tertiaires pourraient réduire drastiquement le recours aux équipements de refroidissement en récupérant des frigories (qui sont au froid ce que les calories sont au chaud) disponibles dans l'environnement.

Parmi les solutions bioclimatiques les plus prometteuses, les équipes d'ENGIE Research en explorent de nombreuses. Ainsi, des revêtements avec des propriétés radiatives sélectives contrôlent les apports solaires ou bien augmentent les déperditions du bâtiment et des équipements associés par rayonnement sur des bandes de fréquences bien définies, et diminuent alors la température intérieure (on parle de « skycooling »).

On peut augmenter l'inertie thermique des bâtiments en intégrant des matériaux à changement de phase dans leur enveloppe et donc utiliser pendant la journée les frigories accumulées pendant la nuit.

Les solutions de « freecooling / géocooling » exploitent quant à elles les différents gisements de froid à disposition comme les eaux profondes marines et lacustres, les courants d'air froids, la neige en montagne, les nuits ou journées fraîches, les eaux souterraines.

Le secteur du bâtiment semble aujourd'hui suffisamment bien structuré pour répondre au défi de la transition énergétique. Concernant le froid, l'évolution technologique des méthodes de construction et de fabrication des systèmes frigorifiques se poursuit à grands pas même si le modèle économique associé peut se révéler « complexe » en fonction du cadre réglementaire du pays concerné. Au bout du compte, les États-Unis pourront peut-être rester toujours aussi frugivores sans pour autant réchauffer la planète. ■

