

TABLE RONDE

Le 12 avril dernier, le temps était au beau fixe dans les locaux de l'AICVF, qui accueillait Francis Meunier (CNAM), Serge Haouizée (Costic), Julien Desplat (Météo-France), Amédée Doucouré (Climespace GDF-SUEZ), David Romary (Cofely Services) et Jean Lannaud (AICVF). Peut-on prévoir l'évolution du climat et notamment celle du climat urbain ? Comment interviennent les calculs des degrés-jour dans les contrats d'exploitation, et les contrats de performance énergétique ? Quelles sont les conditions extérieures de base hiver et été ? Comment les prévisions météo interviennent-elles dans la gestion des réseaux de chaud et de froid ? Autant de questions que nos intervenants ont débattues avec enthousiasme.

Météorologie et génie climatique

Table ronde préparée et animée par Bernard Caroff, synthétisée par Emmanuelle Jeanson

En préambule, Julien Desplat résume les connaissances : la température est le paramètre qui a le plus évolué au cours du dernier siècle, avec + 1 °C sur les minima, + 0,5 °C sur les maxima et une augmentation du nombre de jours de chaleur (plus de 30 °C en journée). Les

précipitations annuelles sont en légère augmentation et le nombre de jours de gelée tend à diminuer. Les données concernant les périodes de canicule (plus de 31 °C le jour et plus de 21 °C la nuit) et les jours de très grand froid sont trop rares pour noter une évolution si-

gnificative tandis qu'aucune indication nette ne ressort concernant la nébulosité et le vent. Quant à l'hygrométrie, les données, bien que relevées depuis 1870, ne sont pas suffisamment homogènes pour dégager une évolution objective. Pour Jean Lannaud, l'hygrométrie est un paramètre très important à considérer du point de vue du confort. Il déplore le désintérêt général et l'absence de données quotidiennes sur l'hygrométrie qui pourraient permettre d'anticiper les variations et de mieux programmer les installations de climatisation. De plus, dans les bâtiments BBC, il faut veiller à assurer une ambiance confortable dans les bâtiments pendant les demi-saisons également, surtout quand l'air extérieur est saturé en humidité.

La chaleur propre aux villes

En ville, la température, plus élevée que dans les zones rurales, s'explique par la présence de surfaces minéralisées (absorption du rayonnement solaire



De gauche à droite : Julien Desplat, Serge Haouizée, Jean Lannaud, Amédée Doucouré, Francis Meunier et David Romary.

par les bâtiments), l'absence de végétation et l'activité humaine. Les émissions anthropiques, déperditions de chauffage, circulation, nature des matériaux, orientation des murs, agencement des bâtiments, présence d'espaces verts sont autant de paramètres qui créent des micro-îlots de chaleur à l'intérieur même de la ville, de parfois + 2 °C ou + 3 °C. Julien Desplat précise : « *La restitution de la chaleur accumulée dans les bâtiments et la raréfaction de la végétation sont les principaux responsables de cette augmentation. On mesure des îlots de chaleur jusqu'à + 8 °C dans Paris, quand le ciel est clair et le vent faible !* » Les trois quarts des Français vivent en ville, où les risques de canicule sont les plus élevés. Or, la canicule est beaucoup plus directement responsable de décès que le froid (plus de 1000 décès supplémentaires dus à la canicule de 2003 à Paris, phénomène de "Summer killer" clairement identifié aux États-Unis ces dernières années, etc.). Les collectivités locales réfléchissent à limiter l'effet d'îlot de chaleur, notamment par des aménagements urbains. « *Parallèlement, il est nécessaire de réviser les conditions de bases dans lesquelles sont déterminées les installations de génie climatique* », insiste Jean Lannaud.

Le climat du futur

Notre "M. Météo" prévoit une augmentation globale des températures de 2 °C à 4 °C jusqu'en 2080. Avec une accentuation de cette élévation dans la seconde moitié du XXI^e siècle, plus marquée dans les périodes estivales. Le nombre de jours de canicule et de jours de forte chaleur va fortement augmenter, si les hypothèses pessimistes d'émissions de gaz à effet de serre se confirment. Parallèlement, les projections indiquent avec une grande certitude que les précipitations estivales diminueront, entraînant une sécheresse agricole sur tout le territoire pendant les trois quarts de l'année dès l'horizon 2050. L'évolution des périodes d'inondations, le nombre des tempêtes et orages sont, en revanche, plus difficiles à prévoir. Les températures évolueront en moyenne mais aussi



Francis Meunier, professeur émérite au CNAM et ex-directeur de l'IFFI

« *Avec le développement vraisemblable de la climatisation en ville et compte tenu de l'influence de celle-ci sur les îlots de chaleur urbains, il faut étudier d'une part la relation entre gestion de la clim et données climatiques, et de l'autre, le mode de climatisation ayant le moins d'impact sur la température urbaine.* »

en variabilité, à l'image d'une courbe de répartition gaussienne qui tendrait à s'affaïssir et à se déplacer vers le "chaud", les épisodes de froid extrême ne disparaissent pas pour autant. Serge Haouizée signale que les bâtiments très inertes qui se construisent ne constitueront pas une solution satisfaisante sous un tel climat et que le degré d'hygrométrie va devenir un facteur très important : « *La climatisation de ces bâtiments ne sera-t-elle pas nécessaire, alors même que la RT 2012 ne favorise pas ces installations, et ne permet pas de climatiser un bâtiment en catégorie CE1 ? Ne faut-il pas tenir compte de l'évolution de l'environnement climatique, qui va amplifier les problèmes ?* ». Francis Meunier rappelle cependant qu'à l'occasion de canicules, les pouvoirs publics reconnaissent l'effet bénéfique de la climatisation dans les établissements de santé ou qui accueillent des personnes âgées, et Julien Desplat approuve : « *La climatisation sera très utile pour limiter l'impact des jours de stress thermique en ville, en complément des dispositions de la politique de "bioclimatisation" qui se met en place et qui consiste à jouer sur l'aménagement urbain, le choix des matériaux, etc. Par ailleurs, développer la climatisation par réseau en zone urbaine est une solution pour limiter l'impact de la climatisation particulière.* » Francis Meunier remarque : « *L'impact des rejets dus à la climatisation sur la température*

dans les rues de Paris a été étudié par le CNAM avec Climespace et Météo-France. Basée sur la canicule 2003 et utilisant le modèle TEB, elle montre que les températures auraient été inférieures avec clim et rejet thermique dans la Seine, et supérieures avec l'usage d'une clim sèche uniquement. La température peut monter de plusieurs degrés dans les quartiers où la densité d'équipements est forte. »

L'impact de l'évolution du climat dans les calculs prévisionnels de consommation

Serge Haouizée explique que dans la notion de degrés-jours unifiés (DJU), les données utilisées sont les températures minimale et maximale sur la journée : « *Les études du Costic montrent que l'évolution de la température sur la journée se modélise selon une courbe quasi sinusoïdale dont les deux extrêmes suffisent pour qualifier la température moyenne journalière. Les apports gratuits par l'activité à l'intérieur du bâtiment et l'ensoleillement sont de 3 ou 4 K. Le seuil choisi en 1965 pour les degrés jours est 18 °C, correspondant à une température intérieure autour de 21 °C. Dans le cas classique, le DJU est calculé à partir de l'écart entre les 18 °C et la température moyenne de la journée. Si la température minimale est supérieure à 18 °C, on ne comptabilise pas de DJU. Si la température maximale est inférieure à 18 °C, une correction est apportée pour calculer les*



Jean Lannaud, président du Comité technique de l'AICVF

« *Il est nécessaire de réviser les conditions de bases dans lesquelles sont déterminées les installations de génie climatique. L'importance de la température et de l'hygrométrie extérieures ne peut pas être ignorée pour faire l'étude d'un bâtiment.* »



Amédée Doucouré, ingénieur Efficacité énergétique de Climespace GDF-SUEZ

« Anticiper par la prévision des consommations des réseaux permet de maîtriser la performance énergétique et économique. »

DJU. La base des DJU est utilisée par les exploitants en chauffage. C'est un des éléments de mesure, reconnu par tous, sur lequel repose leur contrat de fourniture de chauffage. Cette base est ensuite corrigée si la température intérieure demandée est supérieure au seuil de 21 °C (18 °C + apports). » On mesure les DJU sur 83 stations de Météo-France réparties sur le territoire. Il suffit de choisir la station la plus proche du bâtiment. Les stations n'étant pas situées en ville, elles ne reflètent pas la contrainte environnementale immédiate. La base est corrigée sur le contrat selon les spécificités mentionnées. Les DJU sont publiés du 1^{er} septembre au 30 juin, par décades (10 jours). La première base disponible des DJU trentennaires court de 1951 à 1980. Serge Haouizée souligne: « Une nouvelle mesure de DJU trentennaires a été réalisée entre 1981 et 2010, ces moyennes permettant de qualifier des hivers moyens. En comparant l'ensemble de ces valeurs trentennaires sur l'ensemble du territoire pour ces deux périodes, on note une baisse de 5 % des DJU. »

Quels degrés jours unifiés pour l'été?

Julien Desplat rappelle: « Météo-France fournit aussi des DJU pour la climatisation, avec le seuil souhaité par le client. La température de consigne utilisée est de 22 °C ou 24 °C, mais elle est aussi paramétrable selon le désir du client. » Pour Jean Lannaud, « dans le cas du rafraîchissement, il faudrait utiliser des degrés heure car la consommation liée à la climatisation est beaucoup plus fluctuante que celle du chauffage. Il faudrait publier des tables car beaucoup de gestionnaires sont demandeurs. Alors qu'il existe des températures de base pour l'hiver, aucune température de base n'a été définie officiellement concernant

l'été, pour lequel il existe plusieurs formules de calcul. Par exemple, à Paris, beaucoup travaillent avec comme référence 32 °C et 40 % d'humidité, alors que 30 °C et 40 % suffisent. » David Romary estime que pour l'exploitant, utiliser la température horaire pour expliquer les consommations à l'échelle de la journée complique les calculs: « On aurait intérêt à n'utiliser que la température maximale pour justifier les besoins de climatisation. Par ailleurs, le poids d'eau journalier ou l'enthalpie journalière peuvent nous aider à expliquer les consommations. Dans le cadre du contrat de performance énergétique (CPE), on doit trouver une situation de référence, des formules très simples avec lesquelles expliquer la consommation d'un bâtiment, quelle qu'elle soit, par des règles de proportionnalité avec les variables influentes les plus pertinentes possibles. À des échelles inférieures à l'année pour le chauffage, les DJU hiver avec une base de 18 °C sont insuffisants. Les apports internes jouent beaucoup, notamment. De même, les divers DJU été ne suffisent pas pour la climatisation, qui est généralement déclenchée au-delà de 12 ou 14 °C car beaucoup de bâtiments ont une charge interne importante. Les exploitants développent actuellement des méthodes pour identifier les variables nécessaires pour expliquer les consommations du bâtiment. On teste tout ce qui peut avoir un impact: le vent, l'ensoleillement, l'humidité, etc. En fonction des équipements, de l'activité intérieure,

des consignes de fonctionnement appliquées, on peut identifier ces variables, les isoler, et trouver les seuils au-delà ou en deçà desquels il faut les prendre en compte. Il est ainsi possible de caractériser chaque bâtiment, d'introduire tous les paramètres impactants que nous parvenons à identifier à partir des 2 ou 3 ans de données historiques récupérées auprès du client, et de répondre aux besoins du CPE. Ces modèles statistiques fonctionnent bien sur des volumes journaliers et ne sont valables que quand le fluide dont on cherche à prévoir la consommation a été utilisé avec le moins de perturbations possibles, dans le cadre d'un périmètre constant et d'une activité constante du bâtiment. Le point limitant étant qu'il faut arriver à récupérer des données de qualité! » David Romary précise que ce genre de démarche est très récent au niveau des exploitants en ce qui concerne la climatisation et regrette de ne trouver aucune autre référence que les DJU dans la bibliographie. « Il serait intéressant pour nous de savoir ce qui se pratique dans d'autres pays, et de définir les valeurs les plus pertinentes. Ce pourrait être un bon sujet de recherche au niveau européen par exemple. »

L'évolution des conditions extérieures de base hiver et été

Les conditions fixées pour l'hiver de longue date sont-elles toujours valables, compte tenu des évolutions du climat? Doivent-elles évoluer et si oui, de façon différenciée dans les centres-villes, les périphéries, la campagne? Et en l'absence de réglementation pour les conditions d'été, sur quoi se basent les contrats? Jean Lannaud rappelle qu'en hiver pour la région parisienne, les conditions extérieures de base utilisées pour dimensionner un chauffage sont de - 7 °C pour la



Serge Haouizée, directeur adjoint du COSTIC

« Le génie climatique consiste à gérer le climat à l'intérieur du bâtiment. Il doit améliorer sa connaissance des données climatiques, non encore utilisées jusqu'à présent. Les températures de base d'hiver servant de référence vont devoir évoluer légèrement pour suivre l'évolution du climat. »



David Romary, chef de projets Énergie de Cofely Services

« Pouvoir anticiper divers phénomènes à l'aide de banques de données et de modèles statistiques du bâtiment est une opportunité de faire évoluer les métiers de l'énergie. »

périphérie et de - 5 °C pour le cœur de ville. Pour l'été, un certain nombre d'ouvrages de référence, notamment de l'AICVF, indiquent des valeurs. « La RT 2012 annonce elle aussi des valeurs, avec une carte des régions. La réglementation acoustique définit aussi des températures maxi à ne pas dépasser dans une zone de bruit, fenêtres fermées. Au niveau international, l'ASHRAE donne des données de base assez détaillées, dont des données issues d'une cinquantaine de stations pour la France. » Francis Meunier rappelle la tendance à prendre la température la plus chaude des dernières années pour dimensionner les installations de clim, qui a souvent mené à les sur-dimensionner. « À présent, les composants à vitesse variable permettent d'améliorer les rendements. Les BE ont tendance à utiliser des modèles de la thermique du bâtiment afin d'éviter le surdimensionnement et de limiter les consommations d'énergie. » Serge Haouizée conclut : « Les températures de base d'hiver servant de référence vont devoir évoluer légèrement pour suivre l'évolution du climat. » Selon Jean Lannaud, « les exploitants et les installateurs ont besoin d'avoir des conditions extérieures de base autres que celles qui servent actuellement et qui datent de 1945-1946 ! » Serge Haouizée rappelle qu'elles ont de plus été définies par rapport à l'inertie des bâtiments de l'époque : « Les températures de base doivent évoluer ne serait-ce qu'en fonction du mode de construction des bâtiments actuels. Et pour remettre en cause ces températures de base, il faut tenir compte du retour d'expérience sur les bâtiments existants, toujours en sur-puissance. »

La gestion des réseaux en fonction des prévisions météo

Amédée Doucouré présente les caractéristiques des deux réseaux de froid

totalisant 140 km posés depuis 1991 par Climespace dans Paris. Il explique l'intérêt de tenir compte de la météo pour optimiser leur gestion. « Climespace produit annuellement 400 GWh de froid, diffusé auprès de plus de 550 clients. L'eau circule à 2 °C sur les artères "Aller". Elle est obtenue à partir de sept sites de production, dont trois à refroidissement par l'eau de Seine, deux stockages de glace et un d'eau glacée. Le COP du réseau a été de 4,02 en 2012. Nous comptons parmi les plus importants consommateurs d'électricité de Paris Intramuros. Nos fournisseurs d'électricité nous appliquent une soixantaine de tarifs différents. Étant donné notre consommation électrique, nos marges sont très sensibles aux budgets consacrés à la dépense électrique. L'efficacité énergétique est au cœur de notre métier : la production du réseau est suivie en temps réel en 3 x 8 pour optimiser la conduite du réseau et les prévisions météo interviennent dans cette optimisation (voir p. 10). 80000 points d'information concernant températures, pressions, débits, etc., archivés par notre GTC, sont utilisés pour améliorer nos performances énergétiques. Les outils de planification de production intègrent notamment un outil de prévision de charge développé en 2010 avec Metnext, filiale de CDC Climat. Ce modèle statistique permet de prévoir la courbe de charge à sept jours, et même une prévision affinée à trois jours, en

utilisant les variables calendaires et les historiques de production des deux dernières années. On estime ainsi la courbe de charge de production avec une marge d'erreur de 10 %. Celle-ci étant trop importante, nous avons introduit comme variable explicative la température extérieure et l'hygrométrie, en installant une station météo sur le toit des Galeries Lafayette, l'un de nos clients, pour avoir une meilleure appréciation de la température dans Paris même. » Julien Desplat précise : « La station de Paris Montsouris n'est en effet pas représentative de la contrainte météo pour nos clients de Paris. Certains installent des stations de façon à référencer des données plus représentatives. » Climespace a tenté de mesurer également le taux d'ensoleillement, la vitesse et direction du vent mais le manque de précision des capteurs n'a pas permis d'affiner les prévisions, induisant même des erreurs dans le modèle statistique qui modélise l'ensemble du réseau. « Avec l'ajout de la température extérieure et de l'hygrométrie, nous avons réduit la marge d'erreur des prévisions à 3 %, ce qui est très satisfaisant », précise Amédée Doucouré. « Le pilotage de la conduite avec les prévisions de production présente plusieurs intérêts : étant "électro-intensifs", nous devons maîtriser nos coûts de production, nous rationalisons ainsi la production de manière optimale. Grâce à cet outil, nous rassurons également nos fournisseurs d'électricité en envoyant chaque jour nos données froid, converties en données électriques grâce au COP. Ces prévisions à trois jours leur permettent d'acheter l'électricité au plus près de nos besoins. Les prévisions à sept jours nous permettent également d'optimiser la planification de la

Météo ou climato : une question d'échéance

Alors que la météorologie décrit l'atmosphère à un temps donné, la climatologie étudie les mêmes paramètres sur une plus longue période, en utilisant des moyennes. Les prévisions météo concernent le court terme (quelques heures ou jours). À sept jours, on parle de prévision probabiliste. L'étude de l'évolution du climat à long terme (trente ans ou plus) relève de projections probabilistes moyennées sur plusieurs décennies.



Julien Desplat, responsable Études et climatologie à Météo-France

« Le lien entre les données météo et les besoins énergétiques est aujourd'hui établi. Il reste à le renforcer pour qu'à l'avenir, les services climatiques participent à la gestion des besoins à plus long terme. »

sa filiale Metnext fournissent des prestations à des entreprises souhaitant mieux gérer leurs consommations de chauffage ou de climatisation. Elles peuvent s'appuyer aussi bien sur de l'expertise météorologique (prévisions déterministes et probabilistes) que sur de la détermination statistique des relations entre une consommation d'énergie locale et des paramètres atmosphériques. Les prévisions météorologiques opérationnelles à très forte résolution en milieu urbain (en dessous du kilomètre) sont un des axes R&D de Météo-France. On n'en est certes encore qu'aux prémises, mais elles pourraient susciter un intérêt certain pour nos partenaires énergéticiens. En nous projetant plus loin dans le futur, de nouvelles démarches scientifiques permettent de quantifier l'évolution de la demande énergétique dans le contexte du changement climatique en ville, à l'image du projet de recherche Muscade qui dévoilera très prochainement ses résultats.

■ 11-63-811

maintenance du réseau. Et les agents de conduite anticipent la courbe de charge d'une demi-heure, et agissent donc de façon efficiente. Enfin, depuis 2012, une nouveauté est apparue: l'effacement sur le marché de l'électricité. Les prévisions de charge électrique servent de référence vis-à-vis de nos fournisseurs d'électricité pour justifier une opération d'effacement qui ne se voit pas forcément sur les courbes résultantes. Par ailleurs, Climespace poursuit sa démarche environnementale, en couvrant 100 % de ses achats d'électricité par des certificats garantissant une énergie d'origine verte. Cela permet en complément d'une production performante, de livrer aux utilisateurs un froid bas car-

bone. » Du côté des exploitants de gros réseaux de chauffage, les prévisions météo ne sont guère utilisées, ce que déplore David Romary: « Il y aurait un intérêt à les utiliser pour mieux gérer nos consommations. » Serge Haouizée approuve: « En chauffage urbain, le besoin en électricité est nettement moins essentiel que pour un réseau de froid, mais l'optimisation de la conduite est elle aussi très importante. On se préoccupait peu des consommations liées à la clim mais aujourd'hui, notamment avec la RT 2012, il va falloir travailler sur l'optimisation. Un modèle de base sera nécessaire pour prévoir les consommations de clim dans le bâtiment. » Julien Desplat remarque: « Météo-France et

Nos systèmes de chauffage multi-énergies vous ouvrent de nouvelles perspectives pour l'individuel et le collectif



Alezio colonne



Naneo



Inisol Uno
Inisol Neo



SOLAIRE

BOIS

POMPES À CHALEUR

CONDENSATION FIOUL/GAZ

De Dietrich 
Le Confort Durable®