



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2018/1

Edition spéciale

Les **installations techniques** du futur



**Systèmes
de boucles
combinées**
p10-12

**Distribution de
l'eau sanitaire**
p13-15

**Power over
Ethernet**
p20

**Intégration
des installations
techniques**
p24-25



Sommaire 2018/1

	Les installations techniques au service de l'utilisateur	3
	Conception et dimensionnement d'installations intelligentes	5
	Le stockage d'énergie dans le bâtiment.....	7
	Systèmes de boucles combinées.....	10
	Repenser la distribution de l'eau sanitaire	13
	Quelles précautions pour les appareils sanitaires économiseurs d'eau ?.....	16
	L'éclairage LED et le confort visuel	18
	Power over Ethernet	20
	Ventilation des logements : systèmes hybrides et tendances futures.....	21
	Intégration des installations techniques : un défi pour le secteur.....	24
	Smart, vous avez dit smart ?	26
	Comment nous chaufferons-nous en 2050 ?	28



Les installations techniques ont de tout temps rempli des fonctions essentielles au sein de nos bâtiments. Vu les nouvelles possibilités qu'elles offrent aujourd'hui, elles occupent plus que jamais une place centrale dans le quotidien des occupants. Dès lors, quoi de plus logique que de leur consacrer ce CSTC-Contact thématique !

Les installations techniques au service de l'utilisateur



Fonctions des installations techniques

Les installations techniques d'un bâtiment permettent de répondre aux besoins de ses occupants.

Dans certains cas, elles ont pour but de pallier les 'défauts' du bâtiment. Il se trouve en effet qu'un bâtiment, même s'il est très bien isolé, devra toujours être équipé d'une installation de

chauffage et qu'une protection solaire efficace ne suffira pas toujours à assurer les besoins en refroidissement.

De même, un **éclairage** artificiel sera toujours nécessaire pour garantir un confort visuel adéquat, et ce même si l'on utilise la lumière naturelle de façon intelligente.

Pour assurer une bonne qualité de l'air, il faudra par ailleurs recourir à un système de **ventilation**.

Enfin, une installation **sanitaire** sera indispensable pour garantir les conditions d'hygiène.

Ce CSTC-Contact thématique est consacré à ces quatre fonctions de base (HVAC, confort visuel, qualité de l'air, hygiène). D'autres aspects, non moins importants, tels que le confort acoustique, le multimédia et la sécurité (protection contre l'effraction, sécurité incendie, ...) ne seront pas abordés dans ce numéro.



Les efforts fournis pour réduire les émissions de CO₂ ne doivent pas compromettre le confort des occupants.

Deux conditions limites importantes : l'énergie et l'ICT

Le choix et la conception des installations techniques doivent être effectués en respectant les objectifs climatiques et en veillant à limiter leurs émissions de CO₂, fortement liées à la consommation énergétique. Il convient dès lors :

- de **réduire les besoins énergétiques, par une meilleure isolation des bâtiments**, par exemple
- d'**améliorer l'efficacité énergétique des processus de production, de transformation et de consommation**
- de **recourir à des sources d'énergie renouvelable n'émettant pas de CO₂ ou présentant un cycle de régénération court**, telles que la biomasse.

Les efforts fournis pour réduire les émissions de CO₂ dans chacun des domaines précités ne doivent cependant pas compromettre le confort des occupants.

Afin de répondre aux exigences de plus en plus strictes de la réglementation, les installations deviennent de plus en plus complexes. Elles sont en outre davantage connectées entre elles, ce qui facilite le réglage individuel au niveau de l'utilisateur, mais améliore également l'interaction avec le quartier ou la ville (gestion des flux énergétiques dans des réseaux d'électricité et de chaleur, par exemple). Il va de soi que les applications dédiées à la communication et à Internet joueront un rôle important dans les années à venir.

Que trouverez-vous dans les pages qui suivent ?

Dans un premier temps, nous expliquerons l'importance d'un dimensionnement correct dans un bâtiment bien conçu. Nous présenterons ensuite

quelques innovations pouvant être mises en œuvre dès aujourd'hui.

Nous poursuivrons par quelques réflexions sur les développements futurs. Bien qu'il ne s'agisse que de simples prévisions, elles sont susceptibles d'influencer fortement les activités du CSTC.

Enfin, vous trouverez en fin de magazine une liste de divers projets, en relation avec les installations techniques, auxquels le CSTC participe activement.

Nous vous souhaitons une agréable lecture !

*P. Van den Bossche, ing., chef du laboratoire
Chauffage et ventilation, CSTC
A. Deneyer, ir., chef de la division
Climat intérieur, équipements
et performance énergétique, CSTC*





Destinées à assurer le confort des occupants, les installations techniques d'un bâtiment doivent être conçues en tenant compte des besoins des utilisateurs mais aussi de la destination du bâtiment. Ces installations sont toutefois nombreuses et soumises à une liste d'exigences de plus en plus longue. Afin qu'elles puissent fonctionner de manière optimale, il importe qu'elles aient été correctement conçues et dimensionnées.

Conception et dimensionnement d'installations intelligentes

Enveloppe du bâtiment

Les caractéristiques énergétiques de l'enveloppe du bâtiment influencent fortement le **dimensionnement des installations**. Concevoir l'enveloppe de manière intelligente permet de minimiser les besoins en chauffage et en refroidissement, et de dimensionner correctement les installations dès la phase de conception du bâtiment. Cette approche est essentielle à tout ouvrage performant, les installations techniques

Les caractéristiques énergétiques de l'enveloppe du bâtiment influencent la conception des installations et leur dimensionnement.

n'ayant pas pour fonction première de compenser les défauts de conception de l'enveloppe.

La performance énergétique de l'enveloppe, caractérisée notamment par son isolation thermique et son étanchéité à l'air, a une influence directe sur les **puissances de chauffage nécessaires** et sur la **consommation énergétique de l'installation de chauffage**. Plus le bâtiment est isolé et étanche à l'air, plus les pertes énergétiques seront faibles et moins l'installation de chauffage devra être puissante.

La présence de protections solaires a également un impact sur le dimensionnement de certaines installations. Leur gestion intelligente permet de limiter les apports solaires et les besoins en refroidissement. Ces dispositifs contribuent ainsi à limiter le risque de surchauffe, lequel est maîtrisé davantage lorsque les protections sont placées dans des bâtiments ayant une inertie thermique élevée (forte résistance aux changements de température). Une bonne conception de l'enveloppe peut

ainsi permettre de se passer de toute installation de refroidissement actif (sauf cas extrême).

Profil d'utilisation du bâtiment, besoin des occupants et coûts

Bien évidemment, le profil d'utilisation d'un bâtiment et les besoins de ses occupants ont également un impact direct sur la conception et le dimensionnement des installations techniques. Celles-ci doivent donc être dimensionnées et leur puissance déterminée en fonction des **besoins de confort des occupants**.

Elles doivent en outre être conçues et dimensionnées en fonction des coûts qu'elles engendrent :

- les **coûts d'investissement** induits par l'achat du matériel (chaudière, pompe à chaleur, système de distribution de chaleur, corps de chauffe, système de régulation, ...) et à l'exécution des travaux d'installation (pose de canalisations, forage géothermique, ...)
- les **coûts d'exploitation** liés au com-



Shutterstock



La conception et le dimensionnement sont fonction du profil d'utilisation du bâtiment, des besoins des occupants et des coûts.

bustible utilisé. Le prix de ce dernier peut en effet présenter une volatilité plus ou moins grande (gaz, mazout, biomasse, ...) ou faire l'objet d'une tarification horaire en fonction de sa disponibilité sur le réseau (électricité ou chaleur)

- les **coûts d'entretien** engendrés par la technologie et le combustible utilisés.

Flexibilité énergétique

À l'avenir, les installateurs seront de plus en plus confrontés à des systèmes permettant le stockage énergétique et/ou l'utilisation d'énergies renouvelables. Ceci est une évolution inéluctable liée à l'évolution du **'mix énergétique'** (voir encadré en bas de page) impliquant une réduction de l'utilisation des énergies fossiles (mazout, gaz et charbon) et une augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables (solaire thermique, solaire photovoltaïque, éolienne, hydraulique et biomasse).

La présence de systèmes de stockage énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables dans une installation technique influencent sa conception et son dimensionnement de par la nécessaire **flexibilité** qu'ils induisent. Citons, à titre d'exemple, le déphasage entre la production d'eau chaude au moyen de panneaux solaires thermiques et la consommation de cette eau, qui nécessite l'intégration d'un boiler dans toute installation.

Les grilles de tarification des fournisseurs sont liées à cette notion de disponibilité énergétique. C'est pourquoi les systèmes intelligents de régulation des installations intègrent les notions de **disponibilité** et de **tarification énergétique**, ce qui permet de gérer les installations en fonction des besoins et de la disponibilité énergétique : réseau électrique, réseau de chaleur, ... Si les besoins sont propres au bâtiment (volume à chauffer,

niveau d'isolation thermique, ...) et aux occupants (nombre, types d'activité, ...), la disponibilité énergétique est, quant à elle, souvent fonction des conditions météorologiques et du réseau, ce qui se manifeste par une variabilité du coût de l'énergie.

'Commissionnement' des installations

Cette évolution vers des installations correctement conçues et dimensionnées intégrant des systèmes de gestion avancés est nécessaire, vu les exigences de confort de plus en plus sévères de la part de l'utilisateur et la variation de la disponibilité énergétique.

Certes, elle nécessite une adaptation des habitudes de conception et de dimensionnement (calcul fin des puissances installées et utilisées, paramétrage de la gestion, ...), mais elle ouvre également la porte à de nouvelles possibilités que l'on peut qualifier de *'smart'* : *smart installations, smart monitoring, ...*

Ainsi, le **'commissionnement' des installations** sera facilité par des systèmes intelligents de gestion permettant un suivi avancé des équipements. Par commissionnement, il faut entendre un processus complet de suivi et d'amélioration de la performance du bâtiment

en trois étapes pouvant se répéter :

- la **comparaison entre les performances projetées** (basées sur des notes de calcul) **et réalisées** (basées sur des consommations réelles)
- l'**identification des possibilités d'amélioration des performances** du bâtiment et de l'installation, sur la base de relevés (consommations énergétiques, mesures de température, ...) et/ou du retour des occupants (plaintes liées à des situations d'inconfort, de dysfonctionnement, ...)
- l'**amélioration du fonctionnement de l'installation** grâce, par exemple, à des adaptations de l'équipement (sondes complémentaires, vannes de réglage complémentaires, ...) et/ou de la régulation (nouveau régime horaire, modification des températures de circulation d'eau, ...).

De même, le suivi du fonctionnement des installations, de la consommation énergétique, de l'évolution du climat intérieur, ... permettra également d'assurer plus aisément le maintien des performances initiales. **I**

*A. Deneyer, ir., chef de la division
Climat intérieur, équipements
et performance énergétique, CSTC
X. Loncour, ir., chef de la division Energie,
CSTC*

Le 'mix énergétique'

Le mix énergétique désigne la répartition des différentes ressources primaires consommées pour produire de l'énergie. Il est fonction :

- de la disponibilité des ressources exploitables et de la possibilité d'en importer
- de l'importance des besoins énergétiques à satisfaire
- des choix politiques découlant de la situation démographique, économique, sociale et environnementale.



Comme mentionné dans les pages précédentes, les installations techniques sont là pour assurer le confort des occupants. Or, pour ce faire, elles consomment une certaine quantité d'énergie. Cet article aborde la problématique de son stockage et les différentes solutions existantes.

Le stockage d'énergie dans le bâtiment

1 Le stockage pour favoriser certaines énergies renouvelables

Les combustibles sont une forme compacte et performante de stockage de l'énergie. Selon les cas, ils peuvent être transformés en chaleur, dans un poêle ou une chaudière, ou en électricité, dans une unité de cogénération ou une pile à combustible. Lors de leur combustion, la plupart des combustibles rejettent du CO₂, le plus important des gaz à effet de serre.

Les énergies renouvelables constituent une alternative intéressante aux combustibles fossiles, dans la mesure où la consommation de ces derniers doit être réduite pour des raisons environnementales. Il est à souligner que le bois, à l'inverse des combustibles fossiles, est une source d'énergie renouvelable, car son cycle de régénération est court.

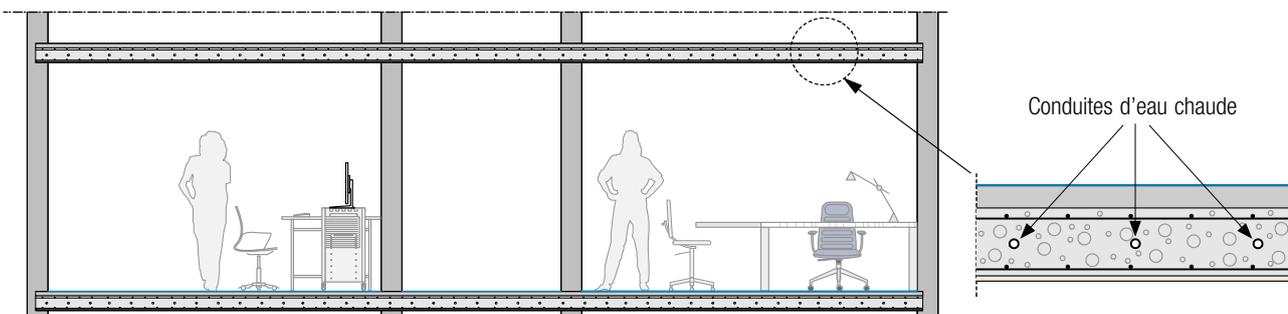
Certaines sources d'énergie, telles que le soleil et le vent, sont néanmoins intermittentes. Pour ce qui est de l'énergie solaire, cette variabilité s'exprime à court terme (une minute à quelques heures) en raison de l'alternance des nuages et des éclaircies, des jours et des nuits, ... mais également à long terme (quelques mois) si l'on considère les périodes d'ensoleillement durant chaque saison. L'utilisation des énergies renouvelables nécessite de faire correspondre leurs périodes de disponibilité avec les besoins des utilisateurs. La variabilité à court terme peut être résolue grâce à la flexibilité énergétique des bâtiments. Pour la variabilité à long terme, un stockage saisonnier doit être mis en œuvre.

2 Flexibilité énergétique et stockage saisonnier

Deux exemples ont été imaginés pour illustrer ces deux concepts.

Commençons par le **premier exemple**. La quantité d'énergie délivrée au réseau de distribution par une installation photovoltaïque varie selon l'ensoleillement des capteurs. Lorsque ces installations se multiplient localement, elles peuvent générer des pics de production que le réseau est incapable d'absorber. Certaines installations sont alors momentanément déconnectées. Une partie de la consommation électrique des bâtiments peut cependant être décalée dans le temps pour mieux correspondre à ces pics et les atténuer. Lorsque cette action est commandée par un signal provenant d'un réseau intelligent, on parle de *Active Demand Response* (ADR). Ce signal peut être utilisé pour activer certains appareils électriques (machines à laver, ...) ou le stockage de l'énergie. **Ceci contribue à améliorer ce que l'on appelle la flexibilité énergétique du bâtiment.**

Passons à présent au **second exemple**. La puissance thermique délivrée par



1 | Système constitué d'un élément de construction activé permettant le stockage dans la masse thermique du bâtiment.



un chauffe-eau solaire est stockée sous forme d'eau chaude dans un réservoir. Ce dispositif permet de couvrir plus de 50 % des besoins annuels en eau chaude sanitaire. Le réservoir absorbe sans problèmes les variations d'ensoleillement au cours d'une ou plusieurs journées, mais il est incapable de compenser le déficit solaire en hiver. Un dispositif supplémentaire est dès lors requis pour produire de l'eau chaude, alors que l'ensoleillement excédentaire en été pourrait théoriquement couvrir les besoins annuels s'il était possible de conserver cette énergie durant plusieurs mois grâce à un **système de stockage saisonnier**.

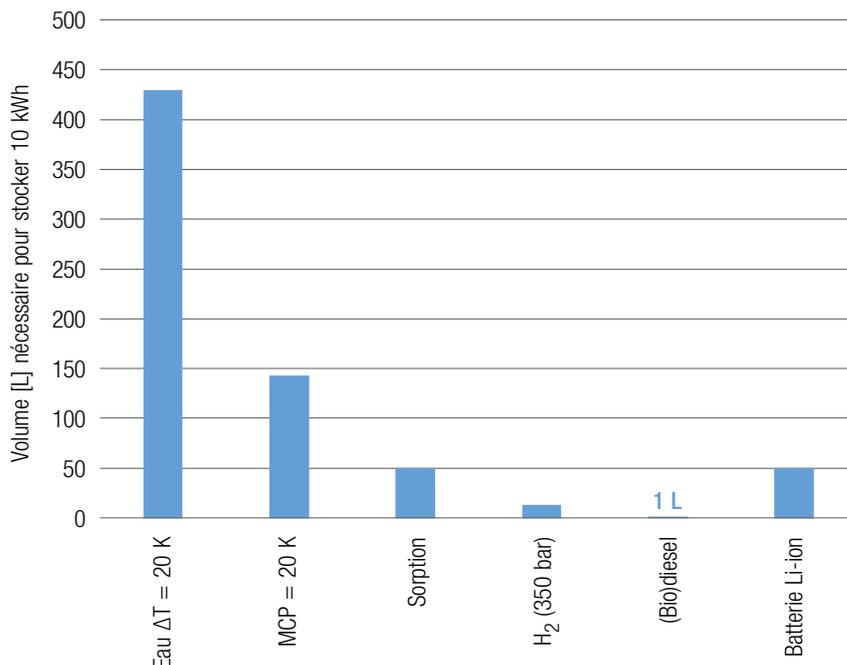
3 Solutions pour le stockage dans le bâtiment

3.1 Structure du bâtiment

Un bâtiment peut être chauffé temporairement à une température supérieure à la température de confort et ne plus être chauffé durant la période suivante. **L'énergie est alors stockée dans la masse du bâtiment**. La capacité de stockage dépend de l'élévation de température, du volume du bâtiment et du type de structure. Une structure en béton permet en effet de stocker davantage d'énergie qu'une structure en bois. Lorsque cette structure peut être 'activée' (*) par des conduites d'eau chaude (chauffage par le sol ou béton activé; voir figure 1, p. 7) plutôt que par l'élévation de la température de l'air intérieur, la capacité de stockage augmente, les pertes thermiques diminuent et le confort est moins affecté.

3.2 Réservoir d'eau chaude

L'eau peut être stockée dans un réservoir isolé thermiquement. La capacité de stockage dépend évidemment du volume et de la différence entre la température de stockage et la température minimale d'utilisation. L'eau permet de stocker environ 1,2 Wh par litre et par degré. Par contre, si une température de stockage élevée augmente la quantité d'énergie stockée, elle entraîne



2 | Comparaison du volume nécessaire pour stocker 10 kWh d'énergie selon différents procédés.

également des pertes thermiques. Un appoint d'énergie doit être assuré si la température du stockage descend sous la température de consigne.

3.3 Matériaux à changement de phase (MCP)

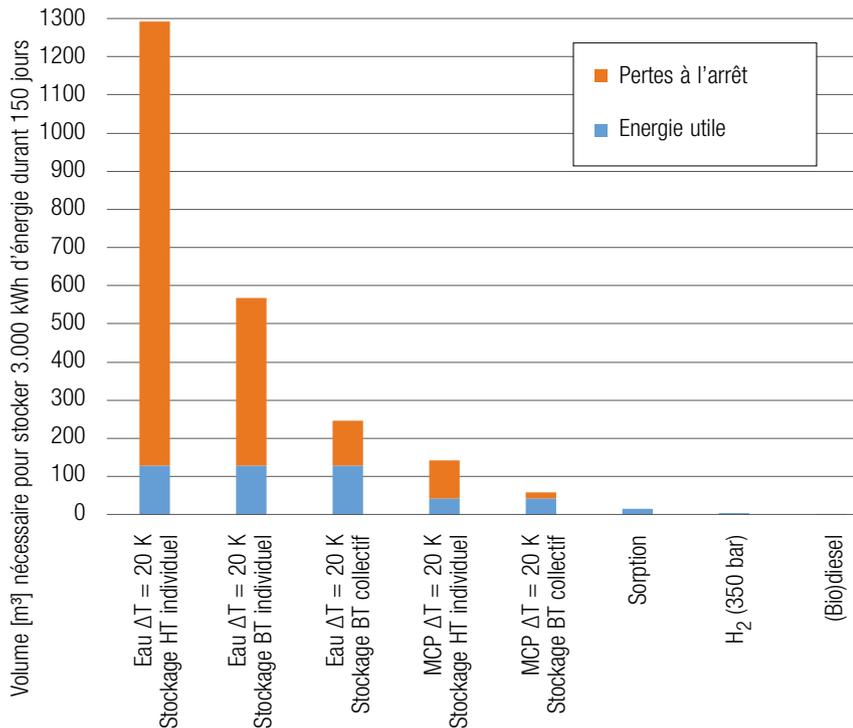
Le changement de phase d'un matériau libère de grandes quantités d'énergie (chaleur latente). Ainsi, la solidification de l'eau dégage 93 Wh/L, soit quatre fois plus que l'énergie libérée pour une variation de 20 °C. Toutefois, la solidification de l'eau se faisant à 0 °C, une pompe à chaleur est nécessaire pour produire de l'énergie à une température utile. Il existe des matériaux spécifiques dont le changement de phase s'opère à une température directement utilisable (entre 20 et 60 °C). Bien que les plus connus soient les composés organiques tels que les paraffines utilisées dans les bougies, qui dégagent environ 50 Wh/L, les composés inorganiques présentent de meilleures performances. Les MCP

sont actuellement peu utilisés dans les systèmes HVAC en raison d'une mauvaise transmission de la chaleur en phase solide, de leur coût et de la nécessité de les séparer physiquement des autres fluides de l'installation.

3.4 Stockage par 'sorption'

Laisser certains sels réagir, par adsorption ou absorption, au contact de la vapeur d'eau au sein d'un réacteur permet de libérer des quantités importantes de chaleur. Théoriquement, il est possible de dépasser 1.000 Wh/L de sel, mais les prototypes les plus avancés permettent actuellement de dégager jusqu'à 200 Wh/L de sel sec. Comme le stockage n'est pas de nature thermique, aucune déperdition calorifique n'est à signaler. L'énergie peut ainsi être conservée sur de très longues périodes, pour autant que le niveau d'humidité soit bien contrôlé. Le contenu énergétique est restitué par séchage du sel en période estivale.

(*) Activer : incorporer un agent qui favorise ou accélère une réaction (source : www.dicobatonline.fr, 2014).



3 | Volume nécessaire pour stocker 3.000 kWh d'énergie durant 150 jours en saison de chauffe.

3.5 Batterie électrique

L'utilisation de batteries pour stocker l'énergie électrique sous forme d'énergie électrochimique se fait depuis longtemps déjà pour toutes sortes d'appareils mobiles. Le stockage dans des batteries Li-ion est désormais de plus en plus fréquent dans les habitations également. La densité énergétique des batteries actuelles est d'environ 200 Wh/L, ce qui est comparable au stockage par sorption (voir § 3.4). La capacité de charge d'une batterie est sensible à la température environnante ainsi qu'à la qualité des cycles de chargement. Une utilisation non conforme peut fortement réduire sa durée de vie.

4 Comparaison des différents systèmes

Un dispositif de stockage est caractérisé par sa **densité énergétique**, c'est-à-dire la quantité maximale d'énergie pouvant être stockée par litre ou par mètre cube. La figure 2 à la page précédente illustre le volume nécessaire pour stocker 10 kWh selon différents systèmes. Cette densité

énergétique peut varier d'un facteur 10 à 100. Un dispositif de stockage est également caractérisé par ses pertes (déperditions calorifiques, ...) liées à la nature et à la qualité du dispositif, ainsi qu'à la durée du stockage. L'ampleur de ces pertes est représentée à la figure 3 pour un stockage de 3.000 kWh durant 150 jours.

L'énergie peut être stockée sur de courtes périodes à l'aide de dispositifs existants, tels que la structure du bâtiment ou un réservoir d'eau chaude. Tant que la durée de stockage reste limitée, les déperditions calorifiques sont minimales et ne justifient pas l'utilisation coûteuse de systèmes plus performants, tels que les MCP ou le stockage thermophysique ('sorption'). Les batteries électriques se prêtent également bien au stockage à court terme. Malgré leur coût important, elles présentent l'avantage de restituer directement l'énergie sous forme d'électricité.

Le stockage sur plusieurs mois met en jeu des quantités d'énergie beaucoup plus importantes (quelques kWh pour la flexibilité contre quelques MWh pour

le stockage saisonnier). Pour que le volume de stockage reste raisonnable, il convient de réduire les pertes et d'augmenter la densité énergétique des dispositifs de stockage. Les batteries électriques disponibles sur le marché sont peu adaptées, car elles supportent mal les longs cycles de charge et de décharge. De plus, le prix du kWh installé reste élevé à l'heure actuelle.

Dans le cas d'un stockage d'énergie classique dans l'eau, il faudrait prévoir un volume d'au moins 1.300 m³ pour un système de stockage individuel à haute température (HT). Celui-ci pourrait être réduit de moitié si la température utile de stockage descendait à 40 °C (basse température, BT). Le raccordement de dix habitations (système collectif) à un seul grand réservoir devrait, quant à lui, permettre de réduire les pertes de chaleur de telle sorte qu'un volume de 230 m³ par habitation pourrait suffire. L'utilisation d'un MCP pourrait réduire ce volume encore davantage, jusqu'à atteindre 85, voire 35 m³ par logement.

Moyennant un système d'adsorption avec une densité énergétique encore plus élevée et l'absence de pertes de chaleur, il devrait être possible de réduire encore le volume utile jusqu'à 15 m³. Ce chiffre semble encore important si on le compare aux 4 m³ exigés pour le stockage de l'hydrogène sous pression ou de 300 litres de (bio)diesel. Toutefois, la technologie s'annonce prometteuse, car la transformation et le stockage de la chaleur via un cycle de sorption-désorption s'avère bien plus efficace qu'avec des combustibles synthétiques.

5 Incitants financiers ?

Le stockage de l'énergie est une solution technique favorisant le développement des énergies renouvelables et leur utilisation optimale dans les bâtiments.

Cependant, en l'absence d'incitants financiers, il y a actuellement peu d'intérêt économique à les mettre en œuvre. Une tarification adaptée de l'énergie pourrait modifier cette situation. |

*X. Kuborn, ir., et J. Van der Veken, ir.,
chefs de projet, laboratoire Chauffage et
ventilation, CSTC*



Les immeubles à appartements peuvent être dotés d'installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS) individuelles ou collectives. Parmi les installations collectives, les systèmes de boucles combinées (également appelés 'combilus') sont de plus en plus utilisés ces derniers temps. Cet article fait le point sur les avantages de ce type d'installation et met en lumière divers aspects importants les concernant.

Systemes de boucles combinées

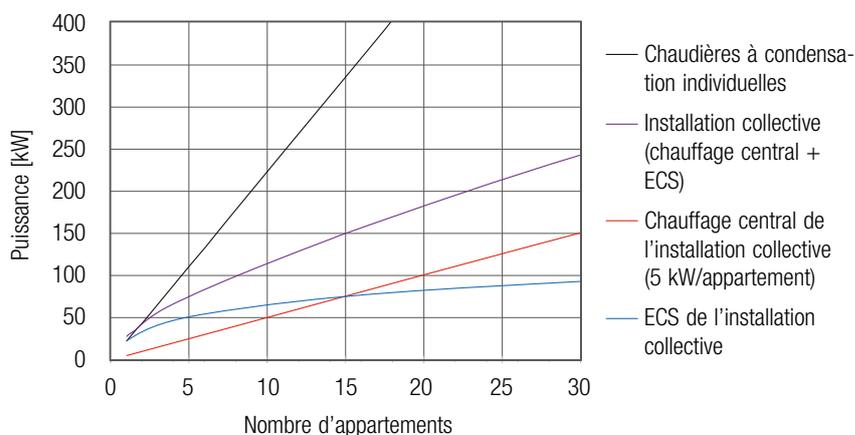
Installations individuelles ou collectives

A l'heure actuelle, les appartements sont généralement équipés de chaudières à condensation individuelles assurant la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS). Cette solution bien connue et bon marché permet aux occupants de gérer leur installation individuellement (consommation, factures, ...). Les chaudières doivent toutefois être dimensionnées de façon à pouvoir satisfaire à tout moment la demande d'eau chaude sanitaire (20 à 25 kW par appartement), ce qui implique bien souvent un certain surdimensionnement par rapport aux besoins limités en chauffage des appartements.

Dans le cas des installations collectives, on peut, en revanche, tenir compte de l'effet de simultanéité des besoins en ECS lors du dimensionnement. Il est en effet peu probable que tous les points de puisage d'ECS soient utilisés au même moment. Par contre, la demande de chauffage (chauffage central) augmente de façon pratiquement constante en fonction du nombre d'appartements.

La figure 1 permet de comparer la puissance totale requise pour le chauffage et l'ECS dans un immeuble à appartements fictif équipé, d'une part, de chaudières à condensation individuelles et, d'autre part, d'une installation collective. La puissance requise est donnée en fonction du nombre d'appartements, et la puissance requise pour le chauffage central a été fixée à 5 kW par appartement.

En prenant en compte l'effet de simultanéité dans le calcul des besoins en ECS,



1 | Comparaison entre la puissance totale requise pour le chauffage et l'ECS dans un immeuble à appartements équipé soit de chaudières à condensation individuelles (courbe noire) soit d'une installation collective (courbe violette) en fonction du nombre d'appartements.

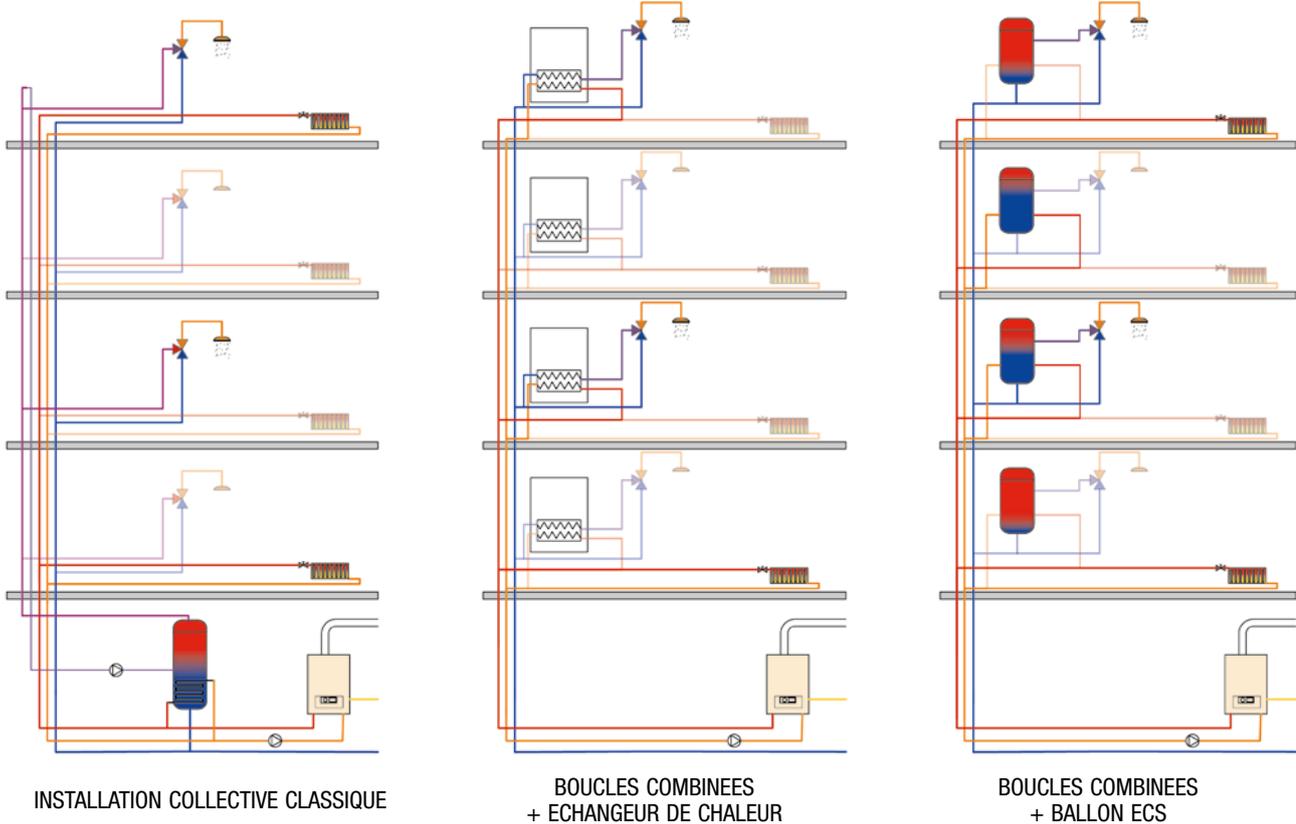
on obtient une puissance totale (chauffage central + ECS) de l'installation collective (courbe violette) nettement inférieure à la somme des puissances des différentes chaudières à condensation individuelles (courbe noire). Une telle installation nécessite néanmoins un réseau de distribution plus étendu, synonyme de pertes de distribution plus importantes.

Installations collectives classiques ou systèmes de boucles combinées ?

Dans les installations collectives classiques, la distribution de chaleur (chauffage central) et la distribution d'ECS dans les appartements sont opérées par deux circuits distincts. La chaleur (chauffage central) est diffusée par l'intermédiaire d'eau technique, tandis que l'ECS est produite de manière centralisée puis distribuée sous sa forme finale.

Dans un système de boucles combinées (ou 'combilus'), la chaleur est produite, à la fois pour l'ECS et pour le chauffage (central), de manière centralisée et est conduite jusqu'aux modules techniques d'appartement (MTA) par un seul et même circuit primaire. La production d'ECS proprement dite n'a toutefois lieu que dans le MTA lui-même, qui est également alimenté par de l'eau froide sanitaire en provenance du réseau de distribution publique.

La figure 2 à la page suivante représente une installation collective classique (à gauche) et deux systèmes 'combilus' dotés chacun d'un MTA différent : un échangeur de chaleur direct (au milieu) et un ballon d'ECS (à droite). Alors que pour une installation classique, on doit prévoir cinq conduites verticales dans la trémie, trois conduites suffisent dans le cas d'un système 'combilus', car la production d'ECS est assurée dans chaque appartement individuel.



2 | Installation collective classique (à gauche), système de boucles combinées à échangeur de chaleur (au milieu) et avec un ballon d'ECS (à droite). Les éléments inactifs apparaissent en semi-transparence.

Dans un système 'combilus', la production d'ECS est généralement prioritaire par rapport à la demande de chauffage de l'appartement. Le confort thermique des occupants n'en est que peu affecté, le système de chauffage et le bâtiment disposant d'une inertie suffisante pour compenser la période sans chauffage.

Contrairement à une installation classique, grâce à laquelle on peut utiliser simultanément l'ECS et le chauffage central dans le même appartement (les deux conduites de distribution de couleur saturée à la figure 2, à gauche), le MTA d'un système 'combilus' à échangeur de chaleur assurera soit la production d'ECS (en priorité), soit le chauffage (voir figure 2, au milieu).

Si l'on installe un système 'combilus' à ballons satellites, il est en revanche possible de prendre une douche et de chauffer l'appartement en même temps (voir figure 2, à droite). Une fois le ballon refroidi, l'échangeur de chaleur du boiler aura la priorité (voir figure 2, à droite, situation de l'avant-dernier étage).

Il existe des MTA pour les systèmes de chauffage à haute température et à basse température. Les deux types de MTA peuvent être combinés au sein d'une même installation. La plupart des MTA à échangeur de chaleur disposent d'une position de confort permettant de maintenir l'échangeur à température en permanence (principalement en vue de réduire le délai d'attente d'ECS).

Avantages des systèmes de boucles combinées

Les systèmes 'combilus' présentent de nombreux avantages. Outre une puissance totale installée faible, ils offrent en effet une multitude de possibilités de combinaison avec des technologies peu énergivores telles que les installations solaires thermiques, les pompes à chaleur, la cogénération ou le raccordement ultérieur à un réseau de chaleur. Cependant, les conduites de distribution de chaleur doivent couvrir l'ensemble du bâtiment, ce qui génère des déperditions thermiques supplémentaires. Durant la saison de chauffe, ces dernières restent néanmoins plus faibles que dans une installation collective classique.

Dans un système de boucles combinées, la production d'ECS est généralement prioritaire par rapport à la demande de chauffage de l'appartement.



De plus, dans un système ‘combilus’, le risque de prolifération de légionelles est plus limité que dans un système classique à conduites de circulation.

Afin d’éviter le développement de légionelles, on recommande de maintenir les échangeurs de chaleur des MTA à une température constante de 60 °C. Si le circuit primaire est mal réglé, il se peut que certains MTA ne puissent pas maintenir la température de 60 °C requise, engendrant ainsi un certain inconfort thermique. Un mauvais réglage sera dès lors détecté plus rapidement que dans une installation collective classique. En ce qui concerne les MTA munis de ballons satellites, l’ensemble du volume d’eau doit, comme dans tous les ballons, être porté à une température supérieure à 60 °C.

Enfin, la plupart des systèmes ‘combilus’ enregistrent la consommation d’eau et d’énergie de chaque MTA, ce qui permet une facturation individuelle correspondant à la consommation réelle. C’est également le cas des chaudières au gaz individuelles, mais les systèmes ‘combilus’ présentent d’autres avantages non négligeables par rapport à celles-ci. Il n’est en effet pas nécessaire de prévoir des conduites de distribution de gaz et d’évacuation des gaz de combustion dans chaque appartement ni d’accéder aux appartements pour l’entretien de l’appareil de production de chaleur.

Points requérant une attention particulière

Les systèmes ‘combilus’ présentent bien des avantages, mais il convient néanmoins de mettre en évidence un certain nombre de points importants les concernant. **Lorsque la dureté de l’eau sanitaire du système ‘combilus’ est supérieure à 25 °fH, un adoucissement de l’eau (de préférence jusqu’à 15 °fH) est fortement recommandé,** d’autant plus si l’on utilise des stations techniques équipées d’échangeurs à plaques. L’adoucissement peut être réalisé de deux manières :

- soit toute l’eau est adoucie, y compris celle qui ne sera pas chauffée, comme l’eau utilisée pour le rinçage des toilettes (option la plus répandue)
- soit on prévoit deux installations de distribution d’eau froide distinctes,

Dans un système de boucles combinées, le risque de prolifération de légionelles est moindre que dans un système classique.

l’une avec de l’eau adoucie et l’autre avec de l’eau non adoucie.

On recommande en outre de **s’assurer que les MTA sont munis d’un clapet antiretour (de type EA)** au niveau du raccordement à l’eau froide.

Soulignons enfin qu’il n’existe à ce jour aucune norme de dimensionnement ni méthode de calcul reconnue pour les systèmes ‘combilus’. Si l’on se contente d’ajouter la demande collective de chauffage et d’eau chaude sanitaire, comme à la figure 1 (courbe violette), le système sera largement surdimensionné. La demande d’ECS peut en effet être considérée comme une demande de forte intensité mais momentanée, tandis que la demande de chauffage est beaucoup plus régulière et peut même endurer une brève interruption. En général, dans un bâtiment comptant un grand nombre d’appartements, la demande de chaleur totale (chauffage central + ECS) correspond à peu près à la demande de chauffage. Pour ce qui est des immeubles plus petits, la méthode de calcul à suivre n’a, en revanche, pas encore été fixée. Nous recommandons donc, pour l’instant, d’appliquer la méthode prescrite par les fabricants de MTA.

Etude en cours

Dans le cadre du projet VIS Instal2020, le CSTC réalise le suivi d’une multitude d’installations individuelles et collectives ainsi que des simulations détaillées visant à comparer avec précision différents systèmes de chauffage et d’ECS. Etant donné que chaque bâtiment (et donc chaque installation) est différent et que le comportement des utilisateurs varie fortement, il s’avère souvent difficile d’interpréter les mesures effectuées sur site. **L’environnement de simulation virtuel du projet Instal2020 permet de mieux prendre en compte ces paramètres et ces conditions limites**

et ainsi de réaliser des comparaisons plus pertinentes. On disposera donc d’informations plus précises pour le choix entre un système ‘combilus’ au rendement de production plus élevé et une chaudière au gaz individuelle aux pertes de distribution plus faibles, par exemple.

On peut également simuler l’influence de la baisse (nocturne) des températures sur la consommation énergétique et sur le confort thermique. Des essais menés en parallèle sur une installation réelle comportant des bactéries de légionelle (voir p. 13-15) devraient en outre permettre de définir avec davantage de précision les conditions limites. Cette information est également indispensable pour les systèmes à très basse température tels que les pompes à chaleur centrales (ayant une température de distribution de 40 °C, par exemple) combinées à une pompe à chaleur auxiliaire décentralisée (pouvant porter l’ECS à une température plus élevée).

Bien que les simulations soient toujours en cours, nous avons déjà pu constater que plus le nombre d’appartements raccordés à l’installation collective est élevé, plus le rendement de cette dernière est important. Le rendement global est également favorisé par la conception et la réalisation d’une installation compacte (faible longueur de distribution dans chaque appartement). D’ici la fin du projet (à l’automne 2018), nous devrions être en mesure de fournir aux installateurs de plus amples informations sur ce sujet complexe. Nous nous sommes également fixé pour objectif de formuler et de valider d’ici là des directives générales pour le dimensionnement des systèmes ‘combilus’.

B. Bleys, ir., chef du laboratoire Techniques de l’eau, CSTC

J. Van der Veken, ir., chef de projet, laboratoire Chauffage et ventilation, CSTC



Pour concevoir une installation de distribution d'eau, plusieurs critères sont pris en compte, notamment le confort (temps d'attente, par exemple), la consommation énergétique, les exigences acoustiques, ... Le critère le plus important reste cependant le maintien de la qualité hygiénique de l'eau, et ce qu'il s'agisse d'eau chaude ou d'eau froide.

Repenser la distribution de l'eau sanitaire

Importance de la qualité hygiénique de l'eau

En Belgique, **les décès dus à la légionellose constituent la troisième cause de mortalité liée aux bâtiments en service**, après les incendies et les asphyxies au monoxyde de carbone. Ce risque est toutefois plus élevé dans les installations de dimensions importantes que dans les installations unifamiliales.

De façon générale, afin d'éviter le développement des légionelles – naturellement présentes dans l'eau potable – dans une installation sanitaire, il convient d'éviter les zones dont les températures seraient comprises entre

25 et 55 °C. Autrement dit, l'eau froide doit rester froide et l'eau chaude doit rester chaude.

Les pratiques actuelles doivent évoluer !

Pour éviter que l'eau froide ne se réchauffe, il faut :

- **éviter d'installer les conduites d'eau froide dans des zones chaudes** ou à proximité de conduites dégageant de la chaleur (au sein d'une même gaine technique, par exemple)
- **les isoler suffisamment**
- **assurer un renouvellement régulier de l'eau froide** qu'elles contiennent.

L'eau chaude sanitaire (ECS) devrait, quant à elle, être produite à 60 °C et ne devrait être inférieure à 55 °C en aucun point du réseau en boucle. Cependant, cette exigence ne s'applique pas aux conduites d'ECS qui ne sont pas maintenues à température (conduites de puisage). Le fond des réservoirs d'eau chaude ainsi que les extrémités des réseaux en boucle mal équilibrés constituent les zones les plus risquées (zones 7 et 11 dont il est question dans l'**Infofiche n° 38**).

Depuis 2007, la Flandre dispose d'un code de bonnes pratiques visant à éviter le développement des légionelles. Ce document a été révisé en 2017. Bien que



certaines de ses prescriptions ne soient obligatoires que pour les bâtiments à risques (hôpitaux, maisons de repos, piscines, ...), d'autres devraient être appliquées spontanément à toutes les installations.

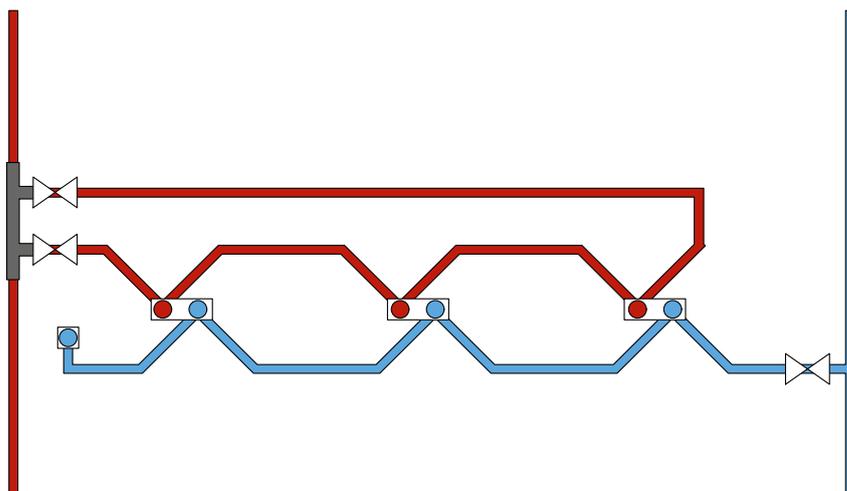
On prévoira notamment de chauffer régulièrement l'ensemble du volume de stockage à une température supérieure à 60 °C. Le volume maximal d'une conduite de puisage d'ECS qui n'est pas maintenue à température ne devrait pas être supérieur à trois litres et sa longueur ne devrait pas excéder quinze mètres.

Compacité de l'installation

On gagnera à concevoir une installation la plus compacte possible, avec un volume d'eau chaude sanitaire le plus réduit possible, grâce à des chemineaux de distribution et à des diamètres intérieurs de conduite les plus restreints possible, tout en tenant compte des autres critères de confort tels que le bruit et le débit. Il conviendra également d'assurer le zonage, l'équilibrage et la maintenance de l'installation en évitant les bras morts et les sources de polluants. Celle-ci doit en outre être conçue de manière à pouvoir être entièrement désinfectée sans que cela n'entraîne des coûts démesurés.

Un des grands défis actuels consiste donc à **intégrer les installations techniques très tôt dans la conception du bâtiment et non plus simplement sous la forme d'emplacements réservés** à la chaudière et au ballon de stockage sur un plan 2D et un schéma de principe. Le BIM (voir [CSTC-Contact 2017/1](#) dédié à ce sujet) et la visualisation 3D du réseau de conduites, des équipements et des accessoires constituent sans doute des outils de choix pour gérer la place disponible dans la chaufferie ou dans les gaines techniques et pour anticiper d'éventuels conflits entre les canalisations et d'autres éléments du bâtiment. Des applications spécifiques pourraient également être mises au point en vue de déterminer la contenance, les débits, les temps d'attente, les pertes de charge et les pertes thermiques d'un circuit.

Dans le cas d'une installation sans boucle de circulation, le fait de poser



1 | Principe d'un branchement en série très compact.

autant que possible les conduites d'eau sanitaire à l'horizontale et de raccorder les points de puisage en série – en plaçant un robinet fréquemment utilisé en fin de série – permet de renouveler régulièrement l'eau dans les conduites (voir la conduite bleue à la figure 1 ci-dessus). L'ordre d'utilisation des équipements installés en série influence le temps d'attente et les volumes de purge. Recourir à des boucles d'étage et à des venturis dynamiques aura le même effet (voir [Les Dossiers du CSTC 2009/4.16](#)).

Si une stagnation prolongée reste à craindre (logement inoccupé, maison de vacances, ...), des électrovannes intelligentes pourront mesurer le temps écoulé depuis la dernière utilisation et assurer un rinçage automatique après une inutilisation prolongée.

En cas de boucles multiples, le bon équilibrage des différentes colonnes est indispensable pour éviter l'apparition de zones où la température serait inférieure à 55 °C. Les vannes thermostatiques sur les conduites de retour permettent une autorégulation. L'utilisation d'un système de boucles combinées (voir p. 10-12) contribue à limiter le volume total d'eau chaude sanitaire dans l'installation. Ce type de système est souvent équipé d'une fonction de maintien à température (fonction de confort) au niveau de l'échangeur de chaleur.

Le stockage des conduites, tant dans la réserve que sur chantier, devra également être assuré de façon hygiénique. Les poussières d'acier, de béton, de plâtre ou de peinture peuvent en effet facilement se déposer à l'intérieur des conduites non protégées par des bouchons. Les tubes devront être soigneusement débarrassés des ébarbures d'usinage avant leur assemblage définitif. Ceci afin de réduire les pertes de charge du raccord et d'éviter que des particules n'aillent bloquer un clapet antiretour ou offrir un support supplémentaire pour les bactéries. Par sécurité, il convient donc de rincer l'installation, idéalement juste avant la mise en service (voir [Les Dossiers du CSTC 2011/4.16](#)).

Responsabilités partagées

Les consommations finales résultent à la fois du comportement de l'utilisateur, mais aussi de la conception et de la régulation de l'installation. Une installation compacte permettra un renouvellement maximum de l'eau, mais également des délais d'attente très courts et des volumes de purge réduits, répondant ainsi aux besoins d'hygiène, de confort et d'économie. Il faut donc avant tout sensibiliser et responsabiliser à la fois le concepteur, l'installateur et l'utilisateur face aux différents choix.



Anticiper les besoins futurs en eau chaude sanitaire

Tant que l'utilisateur ne visualisera pas sa consommation en temps réel, il ne connaîtra ni ses besoins réels ni l'impact de son comportement sur la consommation. Or, connaître, c'est avant tout mesurer : mesurer les débits, les températures, la réserve disponible, ... Certains fabricants l'ont compris et proposent des appareils connectés permettant aux utilisateurs de connaître leur consommation d'eau en temps réel, voire de fixer au préalable la durée d'utilisation. Des applications mobiles offrent également la possibilité d'analyser la consommation d'eau chaude sanitaire et de planifier les besoins futurs.

Des mesures effectuées au cours des trois dernières années indiquent que **la consommation quotidienne moyenne est de l'ordre de 25 litres d'ECS à 60 °C par personne**, si l'on englobe les volumes de purge des conduites. Cette valeur ne doit cependant pas occulter l'extrême variabilité des besoins d'une personne ou d'une famille, mais aussi les différentes conceptions d'installation (de 1 à 10 litres de purge). Par ailleurs, les occupants ou la composition

familiale et les modes de vie évoluent au fil du temps. Il est difficile dans ces conditions de dimensionner une installation standard qui serait optimale en toutes circonstances.

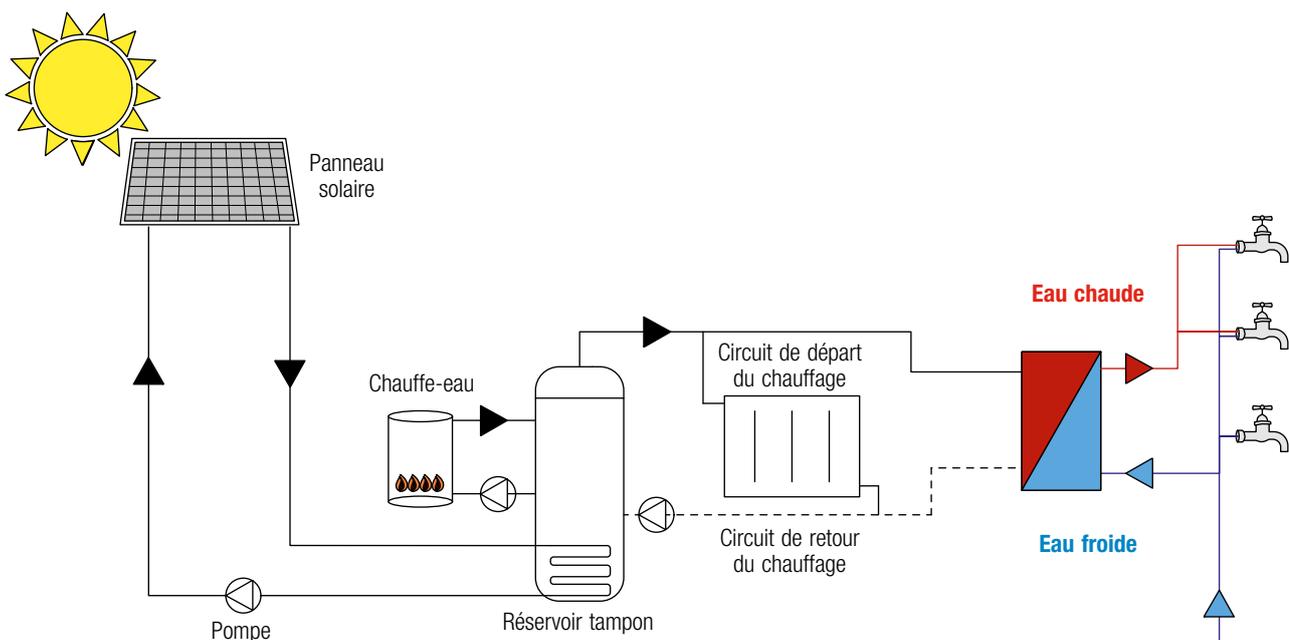
Réduire les consommations d'énergies fossiles et contribuer à une meilleure flexibilité

Maintenir en permanence un réservoir ou un réseau complet d'ECS à 60 °C entraîne forcément des pertes thermiques. Des essais ont été réalisés au CSTC afin d'envisager de réduire la température de stockage. Les résultats obtenus sur un ballon d'ECS maintenu à 45 °C révèlent cependant que des chocs thermiques réguliers à 60 °C ne permettent pas de maîtriser le développement des légionelles de manière satisfaisante. Rien n'oblige toutefois à stocker ou à distribuer l'eau chaude sanitaire elle-même. Il est en effet possible de transporter la chaleur par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur et de produire l'eau chaude sanitaire instantanément. Il faut alors veiller à bien dimensionner l'échangeur afin de garantir le confort. Le préchauffage solaire thermique et la récupération de

chaleur résiduelle des eaux usées n'en demeurent pas moins applicables (voir figure 2).

Après avoir réduit les pertes au strict minimum grâce à une conception compacte, à une bonne isolation des conduites et à la récupération de chaleur résiduelle, l'objectif sera certainement à l'avenir de satisfaire les besoins prioritairement à partir d'énergies renouvelables. Leur disponibilité est cependant limitée, intermittente et ne correspond pas toujours aux périodes de consommation. La maximisation de leur exploitation nécessite souvent un stockage. Ce stockage n'est pas incompatible avec un faible volume d'eau sanitaire dans l'installation, puisqu'il peut se faire sous des formes permettant également d'absorber les pics de production photovoltaïque ou éolienne (voir p. 10-12). Stocker l'énergie sous forme thermique entraîne toutefois des pertes thermiques supplémentaires. Il faut donc veiller à choisir une isolation thermique très performante. **I**

*O. Gerin, ir., chercheur,
et B. Bleys, ir., chef de laboratoire,
laboratoire Techniques de l'eau, CSTC*



2 | Installation avec réservoir tampon et production d'eau chaude sanitaire par un échangeur.



Nos réserves d'eau sont de plus en plus menacées, notamment par des périodes de sécheresse fréquentes et par l'augmentation de la densité de population. Afin de remédier à cette situation, les mesures de réduction de la consommation d'eau, telles que l'installation de dispositifs sanitaires économiseurs d'eau, sont vivement encouragées. Cet article consacré aux toilettes munies d'une chasse d'eau à volume réduit et aux urinoirs sans eau traite en détail des adaptations nécessitées par leur installation.

Quelles précautions pour les appareils sanitaires économiseurs d'eau ?

Toilettes munies d'une chasse d'eau à volume réduit

L'université de São Paulo au Brésil a récemment mené **une étude consacrée à l'efficacité des toilettes à faible consommation d'eau et à leur impact sur l'installation d'évacuation des eaux usées** (*). Dans un premier temps, vingt toilettes différentes ont été testées en laboratoire afin de déterminer si elles répondaient aux exigences normatives. Certaines chasses d'eau avaient un volume de 4,8 litres tandis que d'autres avaient un volume initial de 6,8 litres réduit à 4,8 litres. Ces essais montrent que, sur les vingt toilettes testées, seules cinq répondaient à l'ensemble des exigences; ces cinq toilettes étaient conçues pour une chasse d'eau d'un volume de 4,8 litres.

Dans un second temps, les toilettes munies d'une chasse d'eau de 6,8 litres ont été remplacées par des modèles de 4,8 litres dans dix maisons voisines (soit deux modèles de chacune des cinq toilettes qui avaient réussi le test en laboratoire), sans adaptation de

Le fonctionnement correct d'une chasse d'eau d'un volume inférieur à 6 litres nécessite généralement des adaptations de l'installation.

l'installation d'évacuation. La consommation d'eau a été surveillée avant et après le remplacement des toilettes et les canalisations ont été équipées de caméras en aval. Bien que les occupants ne se soient pas plaint, **leurs économies d'eau semblaient quasi nulles**, et ce même avec les toilettes validées par le test. Un **sérieux problème d'obstruction** aurait par ailleurs été constaté dans la conduite d'égout en raison du volume réduit des chasses d'eau.

Les résultats de cette étude confirment les conclusions des études précédentes : d'une part, réduire le volume d'eau du réservoir de la chasse d'eau **ne permet généralement pas d'écono-**

miser de l'eau; d'autre part, remplacer d'anciennes toilettes par des modèles plus économiques doit se faire **en tenant compte du diamètre et de la pente des canalisations en aval**.

A titre d'exemple, considérons une toilette d'un volume de 9 litres raccordée à une conduite d'évacuation en matière synthétique d'un diamètre nominal de 100 mm avec une pente de 1 %, ce qui représente en soi une solution satisfaisante. Toutefois, si cette toilette est remplacée par un modèle avec un volume d'à peine 4,5 litres, le diamètre nominal de la conduite d'évacuation ne devrait pas être supérieur à 80 mm. En effet, avec

(*) Voir l'article *Field evaluation of water consumption and drainage system performance when 6.8Lpf toilets were replaced by 4.8Lpf toilets*. Valencio I., Goncalves O., CIB W062, 2017.



L'installation d'urinoirs sans eau requiert une utilisation et un entretien adaptés.

une chasse d'eau à volume réduit, **un diamètre plus important entraînerait une diminution de la vitesse moyenne de l'eau dans la canalisation ainsi qu'un risque plus élevé d'obstruction.** Dans une construction neuve, pour que l'évacuation d'une toilette de ce type soit efficace, celle-ci devrait être raccordée à une conduite d'un diamètre nominal de 80 mm avec une pente de 1,5 à 2 cm/m.

Urinoirs sans eau

Les urinoirs sans eau constituent un autre exemple de dispositif permettant d'économiser de l'eau, alors que leur application semblait problématique dans le passé en raison des bouchons qu'ils engendraient (voir également [Les Dossiers du CSTC 2010/4.15](#)). Les urinoirs de ce type sont dotés d'un coupe-air ne nécessitant pas de rinçage. Une enquête de grande ampleur menée en 2014 auprès des fabricants et des propriétaires de bâtiment a également révélé que **l'amélioration des coupe-air et des produits d'entretien par les fabricants**, d'une part, et **les nombreuses années d'expérience des propriétaires**, d'autre part, ont contribué au succès de l'installation des urinoirs sans eau dans divers bâtiments (cinémas, aéroports, restaurants, ...).

Même si ces appareils ont permis de réaliser d'importantes économies d'eau, il est à souligner qu'ils doivent être installés en tenant compte non seulement de la conception des conduites d'évacuation, mais également des directives du fabricant quant à leur utilisation et leur entretien. Une formation spécifique du personnel d'entretien est dès lors requise. **I**



Illustration de l'effet d'un produit d'entretien adéquat sur le dépôt d'urine visible dans la conduite d'évacuation transparente d'une rangée d'urinoirs sans eau à la gare de Bruxelles-Nord, et ce avant, pendant et après l'utilisation du produit d'entretien.

L. Vos, ir.-arch., chercheur, laboratoire
Techniques de l'eau, CSTC



Les luminaires LED sont actuellement souvent choisis comme solutions d'éclairage. Ils sont en effet de plus en plus performants du point de vue énergétique. Les meilleurs produits peuvent maintenir leurs performances sur de longues durées d'utilisation et les possibilités de gestion sont multiples. Toutefois, qu'en est-il du confort visuel offert par ce type d'éclairage et à quoi faut-il veiller plus particulièrement ?

L'éclairage LED et le confort visuel

De nombreux paramètres interviennent pour offrir un confort idéal et une ergonomie visuelle optimale : niveau d'éclairage et uniformité à maintenir, maîtrise du risque d'éblouissement, ambiance lumineuse, ... La perception visuelle d'un espace est en effet complexe et implique autant de facteurs physiques (propriétés réfléchissantes des surfaces, ...) que de facteurs plus subjectifs (capacités visuelles, préférences de l'observateur, ...). Les besoins d'éclairage dans une pièce dépendent toujours de l'activité et donc des tâches visuelles qui y sont réalisées. Cet article aborde les principales problématiques pour les **espaces de travail** équipés de luminaires LED.

L'éclairage à maintenir

Les niveaux d'éclairage doivent être adaptés aux conditions réelles et

permettre la perception adéquate des détails. Les exigences relatives aux lieux de travail figurent dans les normes NBN EN 12464-1 (intérieur) et 12464-2 (extérieur).

Avant de réaliser une installation d'éclairage, il est essentiel de **bien définir les activités et la localisation précise des plans de travail**. En l'absence de cette information ou lorsqu'une flexibilité maximale est exigée, il y a lieu de considérer que toute la surface du local est utilisée comme zone de travail.

Avec l'éclairage LED, la conception d'une installation assurant les niveaux d'éclairage à maintenir n'induit pas de difficultés particulières. Il convient toutefois de veiller à assurer une bonne uniformité d'éclairage, sous peine de créer des zones d'ombre et des contrastes gênants.

L'équilibre des luminances

La perception réelle d'un espace est liée à la répartition des luminances de toutes les surfaces visibles. Pour réduire les risques d'éblouissement, il faut éviter **les rapports de luminance excessifs**, en veillant à homogénéiser leur répartition dans le champ visuel. Des études ont démontré que le calcul de l'indice d'éblouissement (UGR, pour *Unified Glare Rating*), que l'on utilise pour les luminaires traditionnels munis de lampes à fluorescence ou à incandescence, ne donne pas de valeurs fiables pour les luminaires LED, sauf si ceux-ci sont pourvus d'optiques diffusantes qui en font des sources uniformes. En effet, étant donné que les puces LED utilisées dans un luminaire ont une luminance très élevée, il convient de masquer leur vue directe par des éléments optiques. A défaut d'une

Directivité de la lumière avec un **éclairage directionnel à gauche, complètement diffus à droite et plus équilibré au centre.**





métrique adaptée, une approche pragmatique et sécuritaire consiste à limiter la luminance ponctuelle maximale du luminaire à une valeur seuil de l'ordre de 50.000 cd/m² et la luminance moyenne sur l'ensemble de la surface visible du luminaire à 10.000 cd/m².

La directivité de la lumière

La notion de directivité de la lumière ('modelé') est liée à la répartition de lumière. Elle est importante, car **elle permet de distinguer les volumes et les formes**. Si l'on considère les trois photos ci-dessous, il est évident que la lumière est trop directionnelle sur la photo de gauche, et ce en raison d'un éclairage ponctuel puissant. Les ombres y sont très marquées. Au contraire, si l'éclairage est trop diffus, comme sur la photo de droite, les reliefs sont masqués et l'espace semble terne. Les objets donnent même l'impression de flotter dans l'espace. Il est donc important de trouver un bon équilibre entre l'éclairage général et l'éclairage d'accentuation. La photo du milieu offre sans nul doute le meilleur équilibre.

Comme la technologie LED permet d'orienter la lumière vers des zones précises, elle présente le risque de diffuser une lumière trop directionnelle. Pour atteindre une bonne directivité, la norme NBN EN 12464-1 recommande un éclairage cylindrique minimal, bien que cela semble insuffisant dans

Human Centric Lighting

L'éclairage de type *Human Centric Lighting* (HCL) est souvent considéré comme un éclairage dynamique dont on peut moduler l'intensité, mais aussi la couleur de la lumière émise par les luminaires. **Ces luminaires tentent de répondre simultanément aux besoins de confort visuel et aux effets potentiellement bénéfiques de la lumière sur notre organisme**, notamment pour la régulation de notre rythme biologique qui, rappelons-le, découle de la variation naturelle de la lumière au cours d'une journée. Toutefois, l'éclairage artificiel n'étant qu'un des aspects de l'ambiance lumineuse d'une pièce, le choix de luminaires HCL ne garantit pas automatiquement les bienfaits avancés.

la pratique. Pour évaluer la directivité de la lumière dans un espace, il existe des logiciels permettant de visualiser ce dernier. Il est également possible de réaliser des observations et des mesures de luminance sur un modèle réel.

L'apparence colorée

Une bonne perception des couleurs dans un espace dépend à la fois de la lumière et de l'environnement. L'**indice de rendu des couleurs** (R_a) définit la capacité d'une source à restituer l'aspect coloré des objets qu'elle éclaire par rapport à un illuminant de référence. Cet indice exprime donc la distorsion des couleurs sous différentes sources lumineuses et est utilisé comme critère dans la norme. Toutefois, comme

il concerne uniquement le luminaire, il ne permet pas de caractériser l'ambiance colorée d'un espace dans son ensemble. En effet, c'est la lumière reçue au niveau de l'œil qui détermine la façon dont sont perçues les couleurs. Notre impression visuelle résulte d'une combinaison des différentes sources de lumière naturelles et artificielles, y compris les réflexions de la lumière sur les parois et le mobilier.

Pour offrir un éclairage créant l'ambiance colorée la plus adaptée, il est impératif de **concevoir l'éclairage d'un espace en concordance avec l'aménagement intérieur**. Les éclairages LED permettent une grande variété d'ambiances; des solutions d'éclairage dynamiques, dénommées *Human Centric Lighting* (voir encadré ci-dessus) sont parfois proposées.

Perspectives d'avenir

L'éclairage LED présente de nombreux avantages. Puisque cette technologie se distingue des solutions traditionnelles sur de nombreux aspects, elle nécessite une évolution des méthodes de conception et d'évaluation. D'autres approches sont actuellement développées – plus particulièrement pour le contrôle de l'éblouissement et la maîtrise de l'ambiance colorée – et devraient déboucher, à moyen terme, sur de nouvelles métriques plus adaptées aux solutions LED. |

B. Deroisy, ir., chef adjoint, et P. D'Herdt, ir., chef du laboratoire Lumière, CSTC





Bien que le réseau électrique actuel fournisse du courant alternatif aux bâtiments, divers appareils que nous utilisons au quotidien (éclairage LED, ordinateurs portables, smartphones, ...) nécessitent du courant continu. Une transformation du courant est donc nécessaire. Les panneaux photovoltaïques, quant à eux, produisent du courant continu, lequel doit être transformé en courant alternatif avant d'être injecté dans le réseau. Tout ceci entraînant des pertes d'énergie, il serait judicieux d'équiper nos bâtiments d'un réseau électrique basé sur du courant continu, et ce en utilisant l'infrastructure existante du bâtiment. Cet article explique le concept du *Power over Ethernet*, qui permet une alimentation en tension continue via le réseau *data* classique.

Power over Ethernet

La communication des données via Ethernet

La tendance actuelle au développement de *smart buildings* accélère l'évolution vers la numérisation des bâtiments. **Alors qu'on ne comptait auparavant que trois réseaux (eau, gaz et électricité), il en existe désormais un quatrième : le réseau *data*.**

Le protocole réseau le plus connu utilisé par les ordinateurs pour communiquer est appelé Ethernet (décrit par le protocole IEEE 802.3). Grâce à un câble de données, celui-ci permet d'imprimer un document ou de se connecter à Internet via un modem pour communiquer à l'échelle mondiale.

Adopter le *Power over Ethernet*

Le *Power over Ethernet* (décrit par le protocole IEEE 802.3at) **permet non**

seulement aux appareils connectés de s'échanger des données, mais également d'être alimentés en électricité (en tension continue). Tout ceci est possible grâce au câble Ethernet que l'on utilise déjà pour communiquer des données.

Ce câble est constitué de quatre paires de fil : deux pour l'échange des données, et deux autres pour l'alimentation électrique. Les données étant transmises à fréquence très élevée, il n'y a aucun risque d'interférence avec l'alimentation électrique en tension continue.

Avantages et inconvénients du *Power over Ethernet*

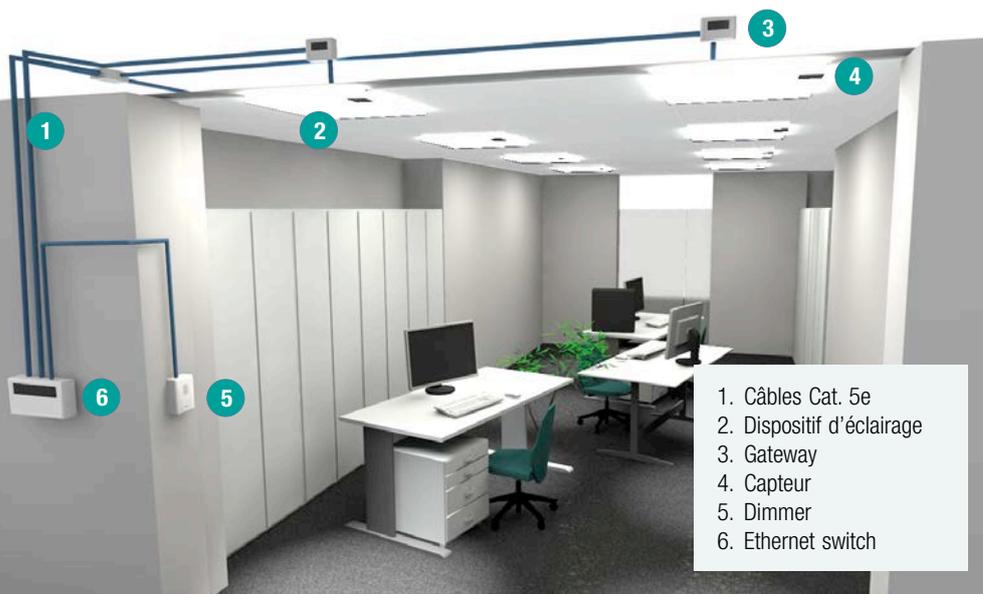
Le concept du *Power over Ethernet* présente quelques avantages intéressants : **il fonctionne avec une très basse tension de sécurité (< 60 V), il est facile à intégrer et à installer dans un bâtiment et il offre aux entreprises une sécurité**

élevée, nécessaire au réseau *data* afin d'éviter un *shutdown* numérique. Il pose néanmoins quelques défis, notamment concernant les pertes considérables d'énergie dans les câbles (lesquelles entraînent leur surchauffe) et la puissance, actuellement limitée, pouvant être transmise. En effet, la puissance maximale garantie par appareil électrique est seulement de 25,5 W pour une longueur de câble maximale de 100 m. La révision du protocole prévue en 2018 permettra toutefois de fournir jusqu'à 100 W, à condition que la longueur du câble reste limitée.

Le *Power over Ethernet* ouvre des portes sur l'avenir

A l'heure actuelle, le *Power over Ethernet* est déjà utilisé pour alimenter certains composants du réseau *data* (modems, téléphones, caméras, ...). L'installation de plus en plus fréquente de composants électroniques dans le bâtiment, de l'utilisation d'appareils à faible puissance et les besoins d'échange des données augmentent toutefois ses possibilités d'application, les opportunités sont nombreuses. **Ainsi, le *Power over Ethernet* offrira à l'avenir une plus-value non seulement dans les bâtiments déjà équipés d'un réseau *data*, mais également partout ailleurs où l'échange de données joue un rôle essentiel.**

Exemple de *Power over Ethernet* dans un bureau.



1. Câbles Cat. 5e
2. Dispositif d'éclairage
3. Gateway
4. Capteur
5. Dimmer
6. Ethernet switch

R. Delvaeye, ir., chercheur, laboratoire
Techniques de l'eau, CSTC

P. D'Herdt, ir., chef du laboratoire Lumière,
CSTC



La ventilation peut entraîner une importante consommation d'énergie pour réchauffer ou refroidir l'air neuf et pour faire fonctionner les ventilateurs dans le cas d'une ventilation mécanique. La ventilation résulte donc bien souvent d'un compromis entre la nécessité d'assurer un débit suffisant, pour la qualité de l'air, et celle de limiter ce débit, par souci d'économie d'énergie. De nouvelles tendances pourraient permettre à l'avenir d'atteindre ce compromis plus facilement.

Ventilation des logements :

systèmes hybrides et tendances futures

1 Pourquoi ventiler ?

La ventilation répond à un besoin de confort à l'intérieur du bâtiment ainsi qu'à la nécessité d'assurer une qualité de l'air suffisante pour la santé des occupants (et la pérennité du bâtiment). Concrètement, la ventilation permet d'évacuer les polluants produits à l'intérieur des bâtiments, tels que les bioeffluents émis par les personnes, l'humidité et les odeurs dégagées par certaines activités (salle de bain, cuisine, ...). Elle joue également un rôle dans le contrôle des polluants émis par les matériaux et le mobilier.

2 La ventilation aujourd'hui

A l'heure actuelle, la ventilation est habituellement assurée par l'application de l'un des systèmes A, B, C ou D décrits dans la norme NBN D 50-001, selon qu'elle est naturelle et/ou mécanique ⁽¹⁾.

Différentes solutions visent à en diminuer l'impact énergétique. Ainsi, la ventilation à la demande permet d'**adapter les débits aux besoins réels des occupants** grâce à des capteurs (de CO₂, d'humidité, ...) et à des éléments de régulation automatique (clapets, ventilateurs, ...). Autre exemple : un système D peut récupérer la chaleur et

La ventilation répond à un besoin de confort, mais aussi à la nécessité d'assurer une qualité de l'air suffisante pour la santé des occupants.

préchauffer l'air neuf grâce aux calories extraites de l'air vicié avant son rejet à l'extérieur.

Pour atteindre de bonnes performances en matière de qualité de l'air, de confort (acoustique, thermique, ...) et d'énergie, il est évidemment essentiel de veiller à une bonne conception ainsi qu'à une installation et une mise en service soignées. Un entretien adéquat garantit également le maintien de ces performances dans le temps. La récente [NIT 258](#) et le module de calcul [OPTIVENT](#) qui l'accompagne constituent des outils précieux à cet égard ⁽²⁾.

3 Evolutions de la ventilation

Ces dernières années, la ventilation est fortement marquée par l'amélioration des performances énergétiques. Les systèmes de ventilation mécanique économes en énergie (système D avec récupération de chaleur, système C

à la demande) prennent dès lors de l'ampleur par rapport aux systèmes de ventilation complètement naturelle (système A). Par ailleurs, le besoin de gérer les risques de surchauffe dans les bâtiments modernes par une ventilation intensive de nuit en période estivale se fait de plus en plus sentir. Ces deux évolutions ouvrent la voie à **différents systèmes hybrides et à des stratégies de ventilation alternatives dans un avenir plus ou moins proche**. L'étude prénormative PREVENT actuellement par le CSTC a pour but d'examiner ces solutions, dont certaines ne sont pas encore reconnues dans le contexte réglementaire et normatif actuel.

3.1 Des systèmes hybrides mixtes pour améliorer les systèmes naturels

Les systèmes de ventilation complètement naturelle dépendent uniquement de forces motrices naturelles, à savoir le

⁽¹⁾ **A** : alimentation et évacuation naturelles; **B** : alimentation mécanique et évacuation naturelle; **C** : alimentation naturelle et évacuation mécanique; **D** : alimentation et évacuation mécaniques.

⁽²⁾ Voir également le cadre réglementaire PEB, les STS-P 73-1 ainsi que la base de données consacrée aux produits PEB sur www.epbd.be.

vent et le tirage thermique. Or, ces forces sont variables dans le temps et ne sont pas toujours suffisantes pour assurer le débit nécessaire. Elles ne permettent donc pas toujours d'obtenir la qualité de l'air et le confort souhaités.

Une solution intéressante consiste dès lors à recourir à des **systèmes hybrides mixtes** (voir figure 1) combinant une ventilation naturelle de base et des ventilateurs d'appoint. Le déclenchement de ces ventilateurs peut, par exemple, être commandé à l'aide de capteurs de la qualité de l'air situés dans les locaux et/ou sur la base d'une mesure de débit ou de pression dans le conduit d'évacuation naturelle. Ces ventilateurs ne fonctionnent que lorsque les forces motrices naturelles sont insuffisantes, ce qui permet de réaliser une économie d'électricité par rapport à un système doté d'une extraction mécanique permanente.

3.2 Des systèmes hybrides saisonniers pour combiner ventilation de base et refroidissement estival

Les pertes par ventilation – et donc la consommation d'énergie pour le chauffage – ne concernent que la saison de chauffe du bâtiment. C'est donc principalement en hiver qu'il est pertinent de bien contrôler les débits et de limiter ce type de pertes grâce à la ventilation mécanique et, éventuellement, à la récupération de chaleur, par exemple.

Les **systèmes hybrides saisonniers** combinent une ventilation mécanique de base et des dispositifs de ventilation intensive tels que des grilles ou des fenêtres (éventuellement automatisées).

En mi-saison et en été, lorsque la température extérieure le permet (ni trop froid, ni trop chaud), la ventilation peut être assurée par les **dispositifs de ventilation intensive** (voir figure 2 à la page suivante) lesquels assurent un renouvellement d'air important et permettent de réduire la consommation d'électricité des ventilateurs. La régulation de ces deux modes de fonctionnement peut être assurée par des capteurs de température et de qualité de l'air.



1 | Exemple de ventilateur utilisé pour un système hybride mixte.

En période de surchauffe estivale, ces dispositifs contribuent également à un refroidissement passif durant la nuit, alors que le système de ventilation de base peut, quant à lui, limiter le renouvellement d'air au strict nécessaire pendant la journée.

3.3 Et pourquoi pas des stratégies de ventilation alternatives ?

Habituellement, l'alimentation en air neuf se fait dans les espaces secs (chambres, séjour, ...). L'air est ensuite transféré – éventuellement par les couloirs – vers les espaces humides (cuisine, salle de bain, toilettes, ...) où il est alors évacué vers l'extérieur.

Ces dernières années, une variante du système C est apparue. Des évacuations supplémentaires sont en effet ajoutées dans les chambres à coucher. Celles-ci permettent de **mieux contrôler les débits d'alimentation naturelle en créant une dépression** directement dans ces locaux. Combinée à une régulation à la demande (capteurs d'humidité dans les espaces humides et capteurs de CO₂ dans les chambres), cette variante est particulièrement efficace par rapport au système C standard. Plusieurs systèmes de ce type sont aujourd'hui disponibles sur le marché.

Dans le futur, les stratégies de ventilation elles-mêmes pourraient être repensées et des alternatives intéressantes pourraient faire leur apparition. Il serait

ainsi possible, par exemple, d'alimenter en air neuf les couloirs et les halls (plutôt que les espaces secs), de transférer l'air vers les autres espaces et d'en extraire l'air vicié : chambres, salle de bain, cuisine ouverte, ... Cette alternative n'est toutefois intéressante qu'à certaines conditions, notamment si on la combine avec une régulation à la demande.

Elle présente l'avantage de concentrer les composants de régulation principalement sur le réseau d'évacuation : capteurs de CO₂ dans les conduits d'évacuation des chambres, capteurs d'humidité dans les conduits des espaces humides, clapets de régulation sur chacun de ces conduits, ... Pour un système à alimentation naturelle (tel que le système C actuel), un autre avantage réside dans le fait que les nuisances éventuelles dues au bruit extérieur et aux courants d'air (froid en période hivernale) ne sont plus localisées dans les chambres et le séjour, mais dans les couloirs et les halls, où elles seront moins dérangeantes.

Dans le cas d'un système complètement mécanique (tel que le système D actuel), cette variante présente également l'avantage d'être constituée d'un seul réseau assurant l'évacuation de la plupart des espaces, et d'un réseau beaucoup plus limité pour l'alimentation. Ceci qui peut être un atout lors de travaux de rénovation.

Il convient toutefois de signaler que cette stratégie de ventilation alternative n'est pas autorisée dans la version



La *smart ventilation* pourrait, par exemple, être régulée pour adapter le débit en fonction de la pollution extérieure et/ou intérieure.

actuelle de la norme NBN D 50-001, mais qu'elle est abordée dans le cadre de l'étude prénormative PREVENT.

3.4 Autres tendances

D'autres polluants que ceux évoqués en début d'article sont de plus en plus observés, notamment les particules fines (PM10, PM2.5, ... dont le nombre renvoie à leur diamètre en μm) présentes dans l'air extérieur, mais également produites à l'intérieur de nos maisons (cuisine, bougies, ...).

Pour réduire le nombre de particules entrant dans le bâtiment, différentes

solutions innovantes telles que la **filtration électrostatique** active ont été développées (voir la page C-Watch sur le site du CSTC). Dans le contexte des *smart buildings* (voir p. 26-27), la *smart ventilation* pourrait également être régulée en fonction des polluants présents dans l'air extérieur – afin d'adapter le débit lorsque l'air extérieur est plus pollué (heures de pointe) – et/ou en fonction de la pollution intérieure (grâce à des capteurs de polluants intérieurs).

A plus long terme, des techniques de purification de l'air permettant d'éliminer certains polluants intérieurs et/ou des polluants présents dans l'air neuf pourraient également jouer un rôle dans

la ventilation. Dans un même temps, l'amélioration nécessaire de la qualité de l'air extérieur (particules fines, oxydes d'azote, ...) ne pourra être atteinte dans les prochaines années qu'en diminuant les sources de polluants (transports, chauffage et industrie). **I**

*S. Caillou, dr. ir., chef adjoint du laboratoire
Chauffage et ventilation, CSTC
C. Delmotte, ir., chef du laboratoire
Mesures de prestations d'installations
techniques, CSTC*

2 | Exemple de dispositif de ventilation intensive pour un renouvellement d'air important.



Alors que les installations techniques étaient autrefois relativement indépendantes les unes des autres et placées par des spécialistes de la branche, on observe aujourd'hui une forte tendance à l'intégration. Le chauffage, l'eau chaude, la ventilation et l'électricité sont ainsi de plus en plus souvent interconnectés, mais également liés aux paramètres du bâtiment, à son environnement et aux réseaux externes. Le secteur des installateurs doit dès lors faire face à de nombreux défis. Cet article traite des moyens d'intégrer les installations dès la phase de conception et explique le rôle que les différents professionnels concernés ont à jouer.

Intégration des installations techniques : un défi pour le secteur

Formes d'intégration

La tendance à l'intégration se manifeste à trois niveaux :

- **par la mise en œuvre de systèmes hybrides** (combinaison d'une chaudière au gaz avec une pompe à chaleur ou un système solaire thermique, tel qu'un chauffe-eau solaire, ou d'un système de ventilation avec un chauffe-eau thermodynamique; voir également p. 7-12 et p. 21-23)
- **par une forte interaction entre l'installation technique, d'une part, et les paramètres du bâtiment et l'environnement, d'autre part** : détection de présence, détection des besoins de chauffage, de ventilation ou de eau chaude, possibilités de stockage thermique dans la structure du bâtiment, régulation en fonction de la température extérieure, de l'ensoleillement, du vent ou des prévisions météorologiques, solutions domotiques ou régulation à partir d'une multitude d'informations (*Internet of Things*, voir p. 26-27)
- **par le raccordement aux réseaux externes**. On prévoit ainsi que l'interaction de plus en plus forte entre le réseau d'électricité ou de chaleur avec des installations techniques (voir également p. 28-30). Si les bâtiments utilisent aujourd'hui l'énergie du réseau d'électricité en fonction des besoins des occupants, ils utiliseront

demain le réseau selon la disponibilité de l'énergie et deviendront en outre producteurs actifs (au moyen de panneaux solaires, de la cogénération et, éventuellement, d'éoliennes) en approvisionnant le réseau en cas de surplus de production. Les différences de tarifs entre les heures pleines et les heures creuses pourraient dès lors avoir un impact considérable sur la consommation et la distribution d'électricité. À terme, il est possible que les réseaux de chaleur gagnent à leur tour en importance. L'alternance de périodes de consommation et de production est également envisageable, mais elle nécessite un meilleur stockage de l'énergie thermique dans le bâtiment (voir p. 7-9).

Défis

Pour résoudre la problématique de l'énergie, **il conviendra d'adopter une approche globale non plus centrée sur l'installation individuelle, mais sur l'ensemble du bâtiment, du quartier ou de la ville**. Il va de soi que les répercussions seront importantes pour la conception du bâtiment. Voilà pourquoi il est essentiel d'aborder la conception des installations techniques le plus tôt possible.

Grâce à cette approche, les instructions ne seront plus simplement transmises

au spécialiste suivant, mais il y aura **davantage de collaboration entre les intervenants**. Cette interaction renforcée implique la création de nouvelles relations de travail (via une équipe de





construction, par exemple). Le BIM peut s'avérer utile à cet égard, notamment pour faciliter la communication.

Pour les projets de grande ampleur, les tâches de conception du bâtiment et des installations techniques et les activités de pose de ces dernières sur chantier sont généralement bien définies. **La conception du bâtiment et la conception globale des installations (1) reviennent au cabinet d'architecture ou au bureau d'étude tandis que la pose incombe aux installateurs.** Dans ce contexte, le bureau d'étude a également pour tâche de gérer l'intégration des techniques dans la phase de conception.

Pour les projets de plus petite envergure et les logements individuels, on observe aussi une évolution vers une approche plus globale. Le maître d'ouvrage ne doit donc plus contacter les différents entrepreneurs individuellement, cette tâche étant de plus en plus souvent confiée au **chef de projet, qui coordonne l'ensemble du processus constructif et donc égale-**

ment la conception des installations techniques. Ce rôle peut être assuré par l'architecte, un bureau d'étude ou un rapporteur PEB. Il arrive également que les entreprises impliquées dans le projet désignent elles-mêmes une personne de contact.

On observe en outre, entre la phase de conception du bâtiment et la pose des installations, l'émergence d'une nouvelle étape dédiée à la conception des installations techniques. A l'heure actuelle, c'est bien souvent l'installateur qui prend cette étape en charge, sans forcément en tirer une juste compensation. A l'avenir, il conviendra dès lors de spécifier clairement qui doit se charger de la conception détaillée (2) : soit en désignant un cabinet d'architecture ou un bureau d'étude (ou un autre coordinateur), qui confiera la pose à un ou plusieurs installateurs, soit en attribuant la tâche à une entreprise d'installation expérimentée et équitablement rémunérée.

Cette approche plus planifiée demandera sans doute à la plupart des installateurs de revoir leur méthode de travail. L'intégration des installations techniques requiert effectivement d'anticiper de nombreux aspects pour ne plus avoir à les traiter sur chantier. En ce qui concerne la gestion du flux d'informations, il s'avérera nécessaire d'améliorer le niveau des connaissances.

Réponse aux défis

Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour préparer le secteur des installateurs à relever les défis posés par l'intégration. Ainsi, une bonne formation de base et un perfectionnement permanent seront de plus en plus importants dans les années à venir. Ceci impliquera une **plus grande spécialisation des installateurs**, car il deviendra

impossible pour une petite entreprise de maîtriser l'ensemble des technologies ou des marques existantes. Cette spécialisation pourra concerner une technologie ou une marque particulière, mais pourra également se manifester au niveau de la conception et de l'intégration des installations techniques, y compris au sein des bâtiments et des réseaux.

Une autre tendance observée auprès de certaines petites entreprises spécialisées consiste à rassembler leurs forces autour d'un projet et à proposer une offre complète via un coordinateur (les grosses entreprises d'installation, quant à elles, disposent généralement de différents spécialistes en interne). Un tel groupement de petites entités compétentes sera même indispensable dans l'avenir.

Rôle du secteur de l'installation

Les installations techniques du bâtiment prennent de plus en plus d'importance, que ce soit pour offrir le confort exigé ou pour répondre à la problématique globale de l'énergie. L'intégration croissante des installations entraîne toutefois une plus grande complexité et nécessite une meilleure prise en compte durant tout le processus de conception et de construction. Le secteur des installations doit donc assurer un rôle important dont les maîtres mots sont compétence et collaboration. **I**

*P. Van den Bossche, ing., chef du laboratoire
Chauffage et ventilation, CSTC
J. Lhoëst, directeur commercial, Techlink
B. Verstraete, directeur Marketing en
beweging, Bouwunie*

(1) La conception globale des installations implique notamment le choix du système de chauffage (centralisé, décentralisé ou boucles combinées).

(2) La conception détaillée des installations comprend entre autres le choix des matériaux et le dimensionnement.





Apparus au début des années 2000, les objets connectés se font une place de plus en plus importante dans notre quotidien : chaudière connectée, alarme incendie communicante, serrure intelligente, ... En 2008, on dénombrait déjà plus d'objets connectés que d'habitants sur la planète. On prévoit qu'ils seront 50 milliards d'ici 2020. Leur apparition a ouvert la voie à la réalisation de bâtiments connectés et de villes intelligentes. Il importe que l'entrepreneur les intègre à ses activités afin d'offrir de nouveaux services à ses clients.

Smart, vous avez dit smart ?

Un objet connecté est un objet qui capte, stocke, traite, transmet des données et peut recevoir et donner des instructions. Pour cela, il doit avoir la capacité de se connecter à un réseau appelé **Internet des objets ou IdO (en anglais Internet of Things ou IoT)**.

L'Internet des objets désigne donc un réseau reliant des objets physiques munis de capteurs et capables d'agir sur leur environnement et de communiquer entre eux. Les informations transmises peuvent être recueillies et analysées par leurs utilisateurs, afin de générer des idées et suggérer des actions qui entraîneront des économies de coûts et/ou amélioreront l'efficacité et le confort.

Smart building

Le *smart building* est un bâtiment à haute efficacité énergétique qui, de par sa conception, ses installations et ses équipements, offre une multitude de services à ses occupants. En raison de la gestion et du contrôle mis au service de l'occupant et de l'utilisateur, ce type de bâtiment ne peut dès lors plus être considéré uniquement comme une enveloppe, mais comme un réel fournisseur de services. C'est la notion de '*building as a service*'.

Les installations de ce bâtiment communiquent entre elles, avec leurs occupants, mais aussi avec le bâtiment et son environnement dans des domaines tels que :

- l'**énergie** (gestion et contrôle de la

consommation énergétique, ...)

- la **sécurité** (gestion des accès pour assurer la sécurité dans le bâtiment, ...)
- le **confort** (gestion de la température et de l'humidité de l'air pour garantir le climat intérieur, ...)
- la **santé** (suivi médicalisé à distance pour assurer le maintien des personnes âgées à domicile, ...)
- la **maintenance** (détection et suivi des pannes des installations pour les services techniques, ...)

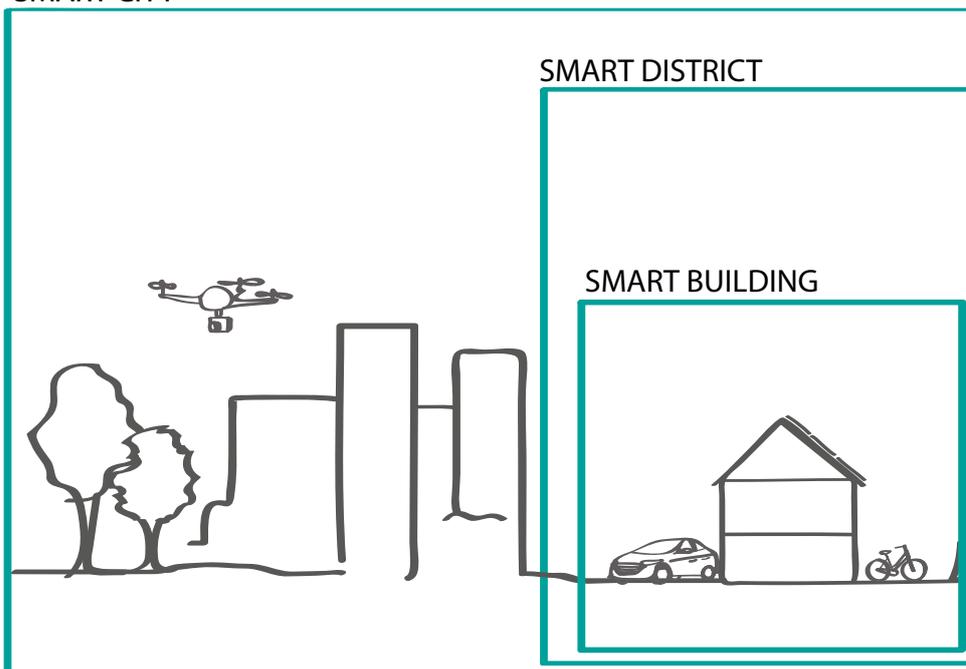
- la **gestion du bâtiment** (gestion de l'occupation de salles de réunions, ...).

Smart district

Le *smart district* se définit à une échelle plus large que le *smart building*, puisqu'il regroupe plusieurs bâtiments ou ensembles de bâtiments. Il repose sur trois piliers :

- l'**utilisation efficace de l'énergie**

SMART CITY





au travers de réseaux intelligents (récupération de chaleur d'un réseau d'égouttage pour alimenter une installation de chauffage urbain, ...)

- la **mise en œuvre de nouveaux concepts de mobilité** (partage de voitures, ...)
- l'**utilisation optimale des technologies de communication** (à l'aide de logiciels de suivi de l'occupation d'un grand bâtiment collectif en temps réel, ...)

Le *smart district* vise :

- à **réduire la consommation énergétique** (par extinction de l'éclairage lorsque les locaux sont inoccupés, ...)
- à **lisser les pics de consommation** des heures de pointe hors des heures de pointe (par la mise en route du boiler électrique hors de la période de pointe)
- à **maximiser l'efficacité énergétique** (utilisation d'une pompe à chaleur ayant un haut coefficient de performance, ...)
- à **intégrer des énergies renouvelables** permettant d'atteindre l'équilibre énergétique à l'échelle d'un groupe de bâtiments (équilibre entre la production et la consommation d'énergie).

Le *smart district* s'appuie sur le réseau électrique, mais il repose également sur d'autres réseaux d'énergie (gaz et chaleur). Ainsi, dans le port de Gand, un système de réseau de chaleur récupère le surplus d'énergie produit par une industrie papetière pour alimenter le système de chauffage d'une entreprise automobile distante de plusieurs kilomètres.

Les réseaux d'eau (alimentation et évacuation) étant de plus en plus souvent équipés de dispositifs de comptage et de gestion intelligents, leur intégration dans le *smart district* est une réalité. Le quartier Tivoli, à Laeken, par exemple, mêle commerces, habitations et crèches. Il intègre la gestion de l'eau (réseau collectif de chauffage et d'eau chaude sanitaire, réutilisation des eaux grises, ...), de la consommation énergétique des bâtiments (monitoring et comptabilité énergétique détaillés) et des flux de déchets.

Smart city

Enfin, la *smart city* se définit à une échelle plus large encore. Il s'agit d'une ville intelligente capable de surveiller,

d'analyser et d'optimiser son fonctionnement et ses infrastructures au moyen de données exploitées en temps réel. Grâce à ses réseaux de capteurs et au traitement des données recueillies, elle peut ainsi **maximiser l'efficacité de la circulation, des transports publics, de l'éclairage, ...**

La *smart city* possède aussi la capacité de **connecter des espaces entre eux, mais également des individus ou des groupes d'individus avec des espaces**. La frontière entre l'espace public et l'espace partagé devient plus floue. Par exemple, dans la *smart city*, les places de stationnement utilisées en journée par les employés d'une société pourront être mutualisées et utilisées par les résidents du quartier en soirée.

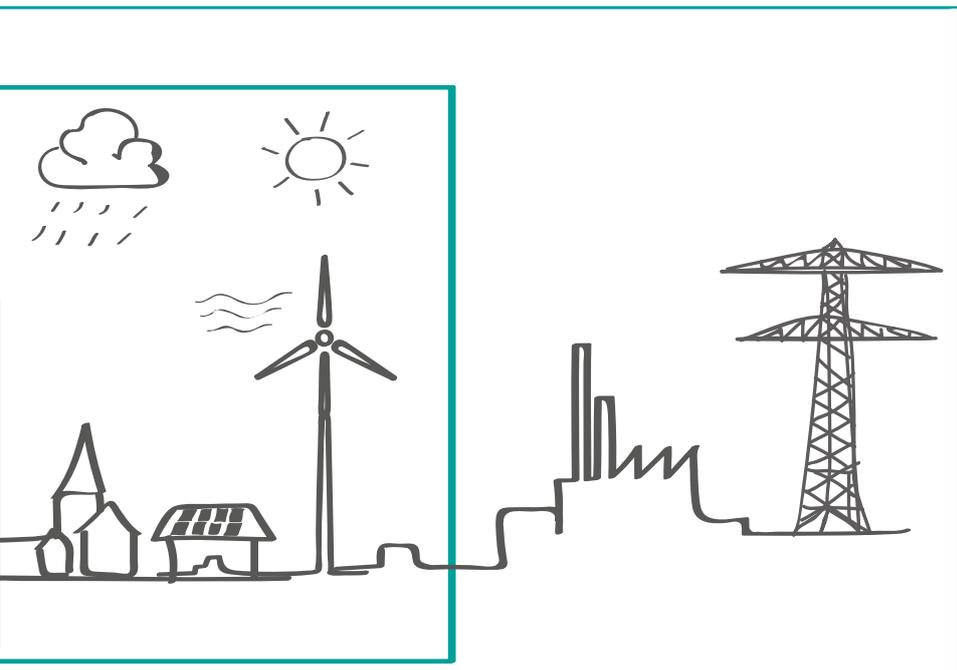
Adaptation nécessaire des méthodes de travail actuelles

Le rôle des différents acteurs, dont ceux du secteur de la construction en général et des entrepreneurs en particulier, reste à définir. L'essor des *smart buildings* implique l'installation de produits compatibles pouvant nécessiter l'adaptation des méthodes de travail existantes, mais également la mise en place de nouveaux processus et services. Pour donner un exemple concret, l'installation d'une chaudière connectée peut permettre d'assurer le suivi à distance de l'installation de chauffage et sa maintenance préventive. L'entretien classique et ponctuel de la chaudière se trouve ainsi transformé en un véritable service continu au client.

Des éléments additionnels tels que l'information au client, l'éventuelle compatibilité avec d'autres systèmes du bâtiment, les aspects liés au raccordement, voire à la maintenance, sont autant de **nouveaux éléments que l'entrepreneur doit prendre en compte et intégrer à son métier.** |

A. Deneyer, ir., chef de la division Climat intérieur, équipements et performance énergétique, CSTC

C. Mees, ir., chef de projet senior de la division Energie, CSTC





Le risque de réchauffement climatique constitue une menace pour l'équilibre fragile de notre écosystème et doit donc être limité au niveau mondial. Pour y parvenir, nous devons diminuer les émissions de gaz à effet de serre (principalement de CO₂), qui sont en partie dues à la consommation énergétique des bâtiments. Diverses études estiment dès lors que la plupart des bâtiments auront d'ici 2050 une consommation énergétique nulle, voire seront producteurs d'énergie du fait de la réduction des besoins énergétiques et de l'utilisation massive des énergies renouvelables. Cet article présente différentes solutions qui permettraient de couvrir entièrement les besoins en chaleur grâce aux énergies renouvelables à l'horizon 2050. Nous passerons d'abord en revue la production d'énergie et les réseaux de distribution, puis appliquerons les scénarios envisagés aux bâtiments et aux installations eux-mêmes.

Comment nous chaufferons-nous en 2050 ?

Le 'tout-électrique' au niveau individuel ?

Aujourd'hui, on entend bien souvent par 'habitations à consommation énergétique nulle' des **constructions neuves dans lesquelles on cherche à atteindre un équilibre entre la production d'électricité renouvelable et la consommation électrique**. Ce concept est très bien adapté au cadre juridique et financier actuel et est relativement simple à mettre en œuvre sur le plan technique. **Combiner une bonne isolation, une étanchéité à l'air efficace et une ventilation de qualité permet en effet de réduire la puissance et la consommation énergétique d'un générateur de chaleur**. Une pompe à chaleur d'une puissance électrique de 2 kW (puissance thermique d'environ 8 kW) suffit, par exemple, à fournir une habitation individuelle en chauffage et en eau chaude sanitaire. Les panneaux solaires posés sur la toiture peuvent généralement être dimensionnés de manière à couvrir aussi bien la consommation électrique pour le chauffage que pour les appareils domestiques.

Si ce type de bâtiment a été correctement conçu, les compteurs électriques, qui tournent à l'envers en cas de surplus de production d'électricité, indiquent ainsi une consommation annuelle nulle. Tant que la puissance de crête installée est inférieure à 10 kW, les conditions limites en vigueur pour le raccordement au réseau électrique sont remplies et le réseau peut servir d'espace de stockage. **Toutefois, si cette solution était adoptée massivement au niveau d'un quartier ou de tout le pays, la configuration du 'tout-électrique' pourrait engendrer de nombreux problèmes**, à savoir :

- une surcharge du réseau électrique due à une production maximale des panneaux solaires et à une faible consommation d'électricité pour le chauffage lors des journées ensoleillées au printemps et en été. En revanche, presque tous les générateurs de chaleur électriques du quartier fonctionneraient en même temps durant les froides matinées d'hiver, ce qui augmenterait considérablement la demande (en plus de la consommation ordinaire)

- un déséquilibre à court terme entre la production et la consommation d'énergie renouvelable à l'échelle nationale (durant les périodes de pointe le matin et le soir après le coucher du soleil, ou lorsque d'importants besoins se manifestent durant les nuits sans vent)
- un déséquilibre saisonnier. Dans les habitations à faible consommation énergétique, la majorité des besoins en chauffage se font ressentir en hiver, autrement dit lorsque l'énergie solaire est la plus rare et que les autres appareils électriques continuent à fonctionner. Au printemps et en été, on observe, par contre, un important surplus de production d'énergie solaire.

Les problèmes à court terme (surcharge ou déséquilibre survenant tous les quarts d'heure, toutes les heures ou tous les jours) peuvent être atténués grâce à un réseau électrique intelligent (smart grid) qui décourage l'utilisation d'électricité durant les périodes de pointe et l'encourage lorsque l'énergie renouvelable peut être générée en

Combiner une bonne isolation, une étanchéité à l'air efficace et une ventilation de qualité permet de réduire la puissance et la consommation énergétique d'un générateur de chaleur.



suffisance. **Une autre option consiste à stocker la chaleur dans des réservoirs d'eau ou dans la structure du bâtiment et l'électricité dans une batterie (ou dans des voitures électriques)** (voir également p. 7-9). Bien que ces solutions requièrent souvent d'investir dans les systèmes de stockage et dans la réalisation de logements et de réseaux électriques intelligents, elles permettent de réduire les coûts de production et de distribution de l'énergie. Il n'est néanmoins pas facile de les appliquer à l'ensemble des habitations, d'autant plus s'il s'agit de logements existants mal isolés, aux besoins énergétiques élevés et équipés d'installations de forte puissance.

Les difficultés les plus sévères sont cependant liées au déséquilibre saisonnier : la technologie actuelle ne permet pas de stocker l'énergie solaire à long terme (six mois, par exemple) **dans les habitations individuelles.** Même si la géothermie peu profonde permet le stockage de la chaleur (et du froid) sur de longues périodes, une certaine quantité d'électricité reste toujours nécessaire pour faire fonctionner la pompe à chaleur en hiver. Comme vous avez pu le lire dans l'article consacré au stockage thermique (voir p. 7-9), le stockage individuel impliquerait en outre l'installation de systèmes imposants et coûteux. La solution du 'tout-électrique' n'est donc, selon nous, pas vraiment envisageable à l'échelle individuelle.

Des systèmes de stockage électrique collectifs fonctionnant au niveau d'un quartier sont à l'étude, mais ce sont surtout les systèmes de stockage thermique qui se révèlent bien plus compacts et efficaces lorsqu'un plus grand nombre de bâtiments y sont raccordés. Les systèmes de stockage collectif de la chaleur exigent toutefois une approche différente.

Production et distribution collectives

Parmi les sources d'énergie renouvelable disponibles en hiver, on compte la géothermie, mais aussi l'énergie éolienne et la biomasse. En ce qui concerne l'éolien, il est énergétiquement et financièrement plus intéressant de raccorder plusieurs grandes turbines au réseau électrique que de prévoir une petite éolienne pour chaque habitation. **Les réseaux de chaleur collectifs permettent par ailleurs de profiter au maximum des sources de chaleur suivantes :**

- la **géothermie profonde** (pompage de chaleur à température élevée dans les couches profondes du sol); celle-ci nécessite toujours un réseau de distribution de chaleur
- la **géothermie peu profonde**, qui peut également tirer parti d'un réseau de chaleur (à basse température), étant donné qu'une installation collective permet de réduire les coûts et de limiter les pertes de chaleur puisque la

chaleur et le froid sont stockés sur de plus longues périodes

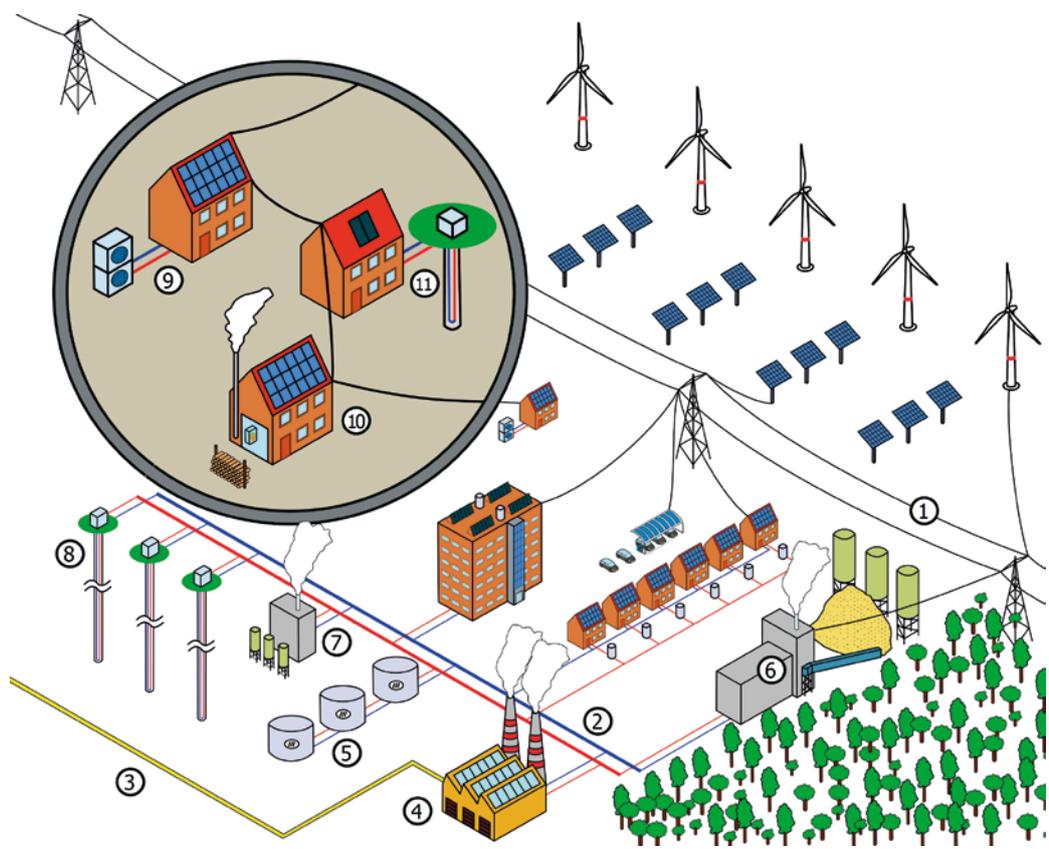
- le **gaz** qui n'est pas extrait du sol, mais généré par des processus biologiques (gaz vert) ou produit de manière synthétique en cas de surplus d'énergie renouvelable (gaz de synthèse, par exemple); ce type d'énergie est précieux dans la mesure où il permet de générer de la chaleur à très haute température. Il est préférable d'utiliser cette chaleur de qualité supérieure en priorité pour des processus industriels ou pour produire de l'électricité. La chaleur de moindre qualité qui s'en dégage (chaleur résiduelle à basse température) peut être distribuée via un réseau aux habitations requérant ce type de chaleur
- le même raisonnement s'applique à la **biomasse** : le bois ou d'autres fractions résiduelles combustibles peuvent parfaitement être employés dans des poêles ou des chaudières, mais une installation collective permettra d'utiliser au mieux le potentiel énergétique du combustible et de réduire les émissions de particules fines.

Un réseau de chaleur offre donc avant tout une certaine flexibilité ainsi que la possibilité de combiner diverses sources d'énergie renouvelable et d'améliorer ainsi la rentabilité.

La figure ci-dessous illustre les principales sources d'énergie renouvelable et

Concept et distribution de la chaleur.

1. Réseau d'électricité
2. Réseau de chaleur
3. Réseau de gaz
4. Récupération de la chaleur résiduelle de l'industrie
5. Réserve collective de chaleur
6. Unité de cogénération
7. Chaudière à biomasse
8. Forages géothermiques profonds
9. Pompe à chaleur air/eau
10. Chauffage direct par biomasse
11. Forage géothermique peu profond





les principaux processus de transformation énergétique pouvant intervenir au niveau individuel (au sein du bâtiment) et au niveau collectif par interaction entre les réseaux d'électricité, de chaleur et de gaz.

Si le réseau de gaz ne devait plus desservir que des entreprises et des systèmes collectifs décentralisés (cogénération, par exemple), sa taille pourrait progressivement être réduite. En revanche, les réseaux de chaleur devront être fortement développés, en particulier dans les villes et les communes où la demande de chaleur est la plus concentrée et où il est possible de mettre en place un réseau compact. Dans ce cas, il devra s'agir, de préférence, de réseaux de chaleur à basse température, car les pertes lors de la distribution y sont moins importantes. Les réseaux basse température permettent en outre une meilleure valorisation de la chaleur résiduelle ou de la géothermie peu profonde (avec ou sans possibilités de stockage). Enfin, s'il y a un risque de surchauffe, les surplus de chaleur peuvent être réinjectés dans le réseau.

Bien que le schéma de la page précédente illustre les différentes possibilités, il n'existe pas de solution toute faite. Le mode de production, de stockage et de distribution de l'énergie choisi différera d'un bâtiment à l'autre. A l'avenir, une plus grande flexibilité des installations sera nécessaire de façon à pouvoir choisir parmi diverses solutions. Le recours aux outils informatiques dotés de systèmes de commande intelligents (voir p. 26-27) pourrait s'avérer intéressant à cet égard, car il permettrait d'opter à chaque instant pour la solution optimale, en tenant compte d'une possible variabilité des tarifs de consommation et de redistribution. Ces derniers pourraient en effet varier à tout moment en fonction de la demande et de la disponibilité de l'énergie (renouvelable).

2050 commence aujourd'hui

Il est évidemment impossible de prévoir comment la chaleur sera distribuée dans un bâtiment spécifique en 2050. **Toutes les solutions reposant sur l'utilisation de sources d'énergie renouvelable**

Tout doit être mis en œuvre au plus vite pour que les projets de construction et de rénovation d'aujourd'hui soient compatibles avec les solutions de demain.

impliquent de d'abord mettre en œuvre diverses mesures d'économie d'énergie dans l'ensemble du parc immobilier. Le logement existant doit également faire l'objet autant que possible d'une série de mesures d'isolation, d'étanchéité à l'air, de ventilation économique, de gestion intelligente de l'eau chaude, ... Ceci en vue de réduire les besoins en chauffage, mais également la puissance de chauffe et les investissements requis pour la production et le stockage de l'énergie renouvelable.

Les économies d'énergie ne doivent cependant pas se faire au détriment de la flexibilité. Il importe également de veiller à ce qu'une réduction drastique des besoins de chauffage en hiver n'entraîne pas d'importants besoins de refroidissement en été. N'oublions pas non plus que la réduction des besoins en chauffage augmente la part de l'eau chaude sanitaire dans la consommation du bâtiment. Même si l'on parvient à réduire fortement les besoins énergétiques en appliquant certaines des mesures d'économie précitées et en les associant à des systèmes solaires thermiques (chauffe-eau solaire), d'autres sources d'énergie n'en demeureront pas moins nécessaires (voir p. 13-15). Les systèmes tels que les boucles combinées (voir p. 10-12) peuvent facilement se raccorder à un réseau de chaleur, mais, pour le moment, ils requièrent encore de la chaleur à haute température (plus de 60 °C).

De manière générale, il est recommandé de maintenir le système à une température la plus basse possible, de façon à optimiser les performances de la pompe à chaleur qui y serait éventuellement associée et à pouvoir raccorder le bâtiment directement au réseau basse température. Ceci est possible avec des appareils dimensionnés pour les basses températures, mais également avec les systèmes de chauffage par le sol, les murs et les plafonds, voire même avec les éléments en béton thermoactifs. Une limitation de la puissance maximale

nécessaire pour le chauffage permet d'utiliser ces systèmes ou de diminuer encore davantage la température de régime. Le CSTC mène actuellement une étude visant à déterminer un régime à basse température permettant de maîtriser le développement de légionelles (voir p. 13-15). Lorsque des températures élevées doivent être maintenues en permanence, les pompes à chaleur auxiliaires peuvent s'avérer intéressantes. Celles-ci utilisent de la chaleur à basse température (40 °C, par exemple) et la redistribuent à 60 °C.

Qu'il s'agisse de constructions neuves ou à rénover, l'objectif des (trente) prochaines années ne sera pas de chauffer l'ensemble des bâtiments grâce aux énergies renouvelables, mais bien de se préparer pour 2050 en diminuant les besoins de chauffage et de refroidissement, en privilégiant les systèmes d'émission à basse température et en prévoyant éventuellement le raccordement des bâtiments à un réseau de chaleur. Une chaudière installée en 2020 aura en effet déjà été remplacée depuis longtemps d'ici 2050, alors que la durée de vie du bâtiment et du système d'émission se prolongera bien au-delà de 2050.

En conclusion, le développement des réseaux de chaleur requerra du temps, des investissements et une vision sur plusieurs décennies. **Tout doit néanmoins être mis en œuvre au plus vite pour que les projets de construction et de rénovation d'aujourd'hui soient compatibles avec les solutions de demain.** Comme vous avez pu le lire dans l'article consacré à l'intégration des techniques (voir p. 24-25), l'installateur devra, lui aussi, fortement s'adapter. L'avenir commence aujourd'hui !

*J. Van der Veken, ir., et X. Kuborn, ir.,
chefs de projet, et P. Van den Bossche, ing.,
chef de laboratoire,
laboratoire Chauffage et ventilation, CSTC*

Projets du CSTC

En vue de répondre aux demandes du secteur de la construction, le CSTC mène actuellement plusieurs recherches, études ou actions de sensibilisation en lien avec les installations techniques. Citons notamment :

Wallonie

- **PEPSE** – Conception, développement, validation et mise en service d'un poste d'essai semi-virtuel pour le test de systèmes de production, de stockage et de distribution d'énergie
- **Silenthalpic** – Ventilation décentralisée silencieuse et intelligente avec récupération de chaleur sensible et latente

Région de Bruxelles-Capitale

- **Delta-T** – Dispositif d'auto-alimentation électrique d'installations thermiques par effet thermoélectrique
- **Prio-Climat** – Priorisation et optimisation des stratégies de rénovation dans le logement social : vers un meilleur climat intérieur
- **BruGeo** – Valorisation du potentiel géothermique de la Région de Bruxelles-Capitale
- **OUT2IN** – Impact des techniques de filtration et de purification de l'air sur la pénétration des polluants de l'air extérieur par la ventilation en vue d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments durables
- **GT Construction durable** – Ecoconstruction et développement durable en Région de Bruxelles-Capitale

Flandre

- **Instal2020** – Conception des installations d'eau chaude sanitaire et de chauffage

- **NEPBC** – Next generation building assessment methods towards a carbon neutral building stock
- **SilenceVent** – Prédiction des bruits de flux générés par les systèmes de ventilation dans les bâtiments résidentiels
- **BBT Legionella** – Meilleures techniques disponibles pour la maîtrise de la légionelle dans les nouveaux systèmes sanitaires
- **Smart Geotherm** – Mobilisation du stockage d'énergie thermique et de l'inertie thermique dans les concepts liés au sol pour un chauffage et un refroidissement intelligents des habitations de taille moyenne à grande
- **Groen Licht Vlaanderen 2020** – Eclairage innovant et durable

SPF Economie

- **Antennes Normes** – Acoustique, Energie et climat intérieur, Eau et toitures, Géotechnique, Eclairage
- **PREVENT** – Ventilation des logements : critères de performance et règles de conception des systèmes
- **In-Vent-Out** – Positionnement relatif des ouvertures d'amenée d'air par rapport aux évacuations d'air et de fumée des bâtiments
- **EVACODE** – Méthode d'évaluation des performances des appareils de conditionnement d'eau destinés à prévenir la formation de tartre



innoviris.brussels
empowering research

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN

Vlaanderen
is ondernemen



economie
FOD Economie, Middenstand en Energie

Publications

Les publications du CSTC sont disponibles :

- sur notre site Internet :
 - gratuitement pour les entrepreneurs ressortissants
 - par souscription pour les autres professionnels (enregistrement sur www.cstc.be)
- sous forme imprimée et sur clé USB.

Pour tout renseignement, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h00) ou contactez-nous par e-mail (publ@bbri.be).

Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, veuillez contacter S. Eeckhout par téléphone (02/716.42.11) ou par e-mail (info@bbri.be).
- Lien utile : www.cstc.be (rubrique 'Agenda').



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Jan Venstermans, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

Revue d'information générale visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.

La reproduction ou la traduction, même partielles, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

www.cstc.be

Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 85.000 entreprises belges représentant la quasi-majorité des métiers de la construction, le CSTC incarne depuis plus de 55 ans *le* centre de référence en matière scientifique et technique, contribuant directement à l'amélioration de la qualité et de la productivité.

Recherche et innovation

L'introduction de techniques innovantes est vitale pour la survie d'une industrie. Orientées par les professionnels de la construction, entrepreneurs ou experts siégeant au sein des Comités techniques, les activités de recherche sont menées en parfaite symbiose avec les besoins quotidiens du secteur.

Avec l'aide de diverses instances officielles, le CSTC soutient l'innovation au sein des entreprises, en les conseillant dans des domaines en adéquation avec les enjeux actuels.

Développement, normalisation, certification et agréation

A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'europpéen (CEN) ou international (ISO), ainsi qu'à ceux d'instances telles que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAtc), le Centre est idéalement placé pour identifier les besoins futurs des divers corps de métier et les y préparer au mieux.

Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

Pour mettre le fruit de ses travaux au service de toutes les entreprises du secteur, le CSTC utilise largement l'outil électronique. Son site Internet adapté à la diversité des besoins des professionnels contient les ouvrages publiés par le Centre ainsi que plus de 1.000 normes relatives au secteur.

La formation et l'assistance technique personnalisée contribuent au devoir d'information. Aux côtés de quelque 650 sessions de cours et conférences thématiques impliquant les ingénieurs du CSTC, plus de 18.000 avis sont émis chaque année par la division Avis techniques.

SIÈGE SOCIAL

Rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles
tél. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail : info@bbri.be
site Internet : www.cstc.be

BUREAUX

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tél. 02/716 42 11
fax 02/725 32 12

- avis techniques – publications
- gestion – qualité – techniques de l'information
- développement – valorisation
- agréments techniques – normalisation

STATION EXPÉRIMENTALE

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
tél. 02/655 77 11
fax 02/653 07 29

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

CENTRE DE DÉMONSTRATION ET D'INFORMATION

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder
tél. 011/79 95 11
fax 02/725 32 12

- centre de compétence TIC pour les professionnels de la construction (ViBo)
- centre d'information et de documentation numérique pour le secteur de la construction et du béton (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Bruxelles
tél. 02/529 81 29

BRUSSELS GREENBIZZ

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Bruxelles
tél. 02/233 81 00