

# RÉSEAUX DE CHALEUR

**L'INNOVATION,  
PRINCIPAL ENJEU POUR DEMAIN**



[www.spac.fr](http://www.spac.fr)



# ÉDITO

DHC (*District Heating and Cooling*), CAD (Chauffage à distance), FAD (Froid à distance), Réseaux de chaleur et de froid urbains ; au Royaume-Uni, en Scandinavie, en Suisse, en France... les réseaux de chaleur et de froid occupent une place prépondérante dans la transition énergétique et dans l'économie des villes de demain.

En France, nous avons la chance et la responsabilité d'être les acteurs d'un marché avec un fort potentiel de développement. 300 km de nouveaux réseaux sont créés chaque année dans l'Hexagone et cette tendance devrait se poursuivre au moins jusqu'en 2030.

Bien sûr, les difficultés et les obstacles ne manquent pas : la situation géopolitique et ses effets sur les marchés du gaz et des hydrocarbures, les difficultés de financement... Mais les perspectives et les opportunités sont extrêmement favorables.

Des tubes en acier, un isolant, une gaine d'étanchéité, des câbles de cuivre : les réseaux pré-isolés basse pression et basse température sont peu techniques à poser en fond de tranchée. *A priori*, les réseaux de chaleur et de froid présentent un faible potentiel d'innovation, et pourtant ! Ils sont l'un des principaux vecteurs d'énergie et d'informations des *smart grids*.

Plus que jamais, il est temps de créer, d'innover, d'inventer... L'innovation est notre principal enjeu dès aujourd'hui et pour demain !

**Bonne lecture !**

# SOMMAIRE

<b>LES RÉSEAUX DE CHALEUR : UN ENJEU MAJEUR POUR... AUJOURD'HUI .....</b>	<b>4</b>
LA MAÎTRISE DU MIX ÉNERGÉTIQUE : UN ENJEU DE SOCIÉTÉ .....	4
LES FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA SÉLECTION DES ÉNERGIES .....	5
LE RÉSEAU DE CHALEUR : L'OUTIL IDOINE DE PILOTAGE DU MIX ÉNERGÉTIQUE .....	6
<b>SMART GRID ET SMART CITY : UNE AMBITION POUR DEMAIN... ..</b>	<b>8</b>
LA SMART CITY : DÉFINITION .....	8
LES SMART GRIDS, OUTILS DE LA SMART CITY .....	8
DES QUANTITÉS DE DONNÉES .....	9
OPTIMISATION DES RELATIONS ET DES RÉSEAUX .....	9
VERS UNE EXPLOITATION DES DONNÉES EN TEMPS RÉEL .....	10
UN APPUI : LES ÉVOLUTIONS LOGICIELLES .....	10
<b>... QUI NÉCESSITE DES INNOVATIONS SUR LES PRODUITS ET LEUR MISE EN ŒUVRE .....</b>	<b>12</b>
DE NOUVEAUX PRODUITS .....	12
DES BÂTIMENTS PENSÉS DIFFÉREMMENT .....	12
LES RÉSEAUX DE CHALEUR .....	13
LE STOCKAGE DE LA CHALEUR .....	13
UN CADRE COMPLEXE .....	14
DES INNOVATIONS TECHNIQUES ADAPTÉES .....	14
DE NOUVELLES MÉTHODES .....	15
DE NOUVEAUX MÉTIERS .....	15
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>16</b>

# LES RÉSEAUX DE CHALEUR : UN ENJEU MAJEUR POUR... AUJOURD'HUI

## La maîtrise du mix énergétique : un enjeu de société

Depuis 1992 et le Sommet de la Terre de Rio, la communauté internationale s'est saisie de la question environnementale comme d'un grand enjeu pour l'avenir de la planète. Cette année-là, à Rio, était adoptée la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Entrée en vigueur en 1994, cette Convention a pour but d'appréhender le changement climatique au niveau mondial et d'y remédier. 195 pays l'ont aujourd'hui ratifiée. Elle donne lieu, depuis 1997 et le Protocole de Kyoto, à des Conférences des Parties (COP) annuelles dont la dernière en date s'est tenue à Paris à l'automne 2015.

Cette mobilisation internationale a eu notamment pour effet de fixer des quotas de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). En 2008, l'Union européenne (UE) réunissait ainsi ses propres objectifs au sein d'un plan d'action appelé « Paquet climat-énergie ». **L'UE définissait alors, à son échelle, une politique contraignante à l'horizon 2020, que l'on a pu résumer par la formule « 3x20 », autrement dit :**

- diminuer de 20 % les émissions de gaz à effet de serre ;
- réaliser 20 % d'économies d'énergie ;
- atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen.

La France, pour sa part, avait anticipé ce plan européen en réunissant en 2007 un ensemble de parties prenantes (État, collectivités locales, ONG, entreprises, représentants des salariés) afin de prendre des décisions à long terme sur l'environnement et le développement durable. Ce que l'on a alors appelé « Grenelle de l'environnement » s'est tenu durant trois mois et a donné naissance à deux textes de loi dits « Grenelle 1 » en 2008 et « Grenelle 2 » en 2010. Parmi le vaste catalogue de mesures de ces textes, l'ambition était donnée de :

- réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 ;
- favoriser le développement des énergies renouvelables afin de diversifier les sources d'énergie et les porter au moins à 20 % dans la consommation d'énergie finale d'ici 2020.

Par ailleurs, le Grenelle validait l'engagement pris en 2003 par la France de diviser par 4 d'ici 2050 le niveau atteint en 1990 par les émissions nationales de GES. Enfin, la loi Grenelle 2 imposait aux collectivités de plus de 50 000 habitants l'adoption d'un plan climat-énergie territorial.

Cette politique énergétique nationale devait connaître un nouvel essor avec la promulgation, le 18 août 2015, de la loi de Transition énergétique pour la croissance verte (TEPCV). Composée de 212 articles, le texte dessine une ambition de stratégie nationale bas carbone afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % d'ici 2030, puis de 75 % d'ici 2050, par rapport à 1990. Souhaitant améliorer l'indépendance énergétique du pays tout en diminuant la part du nucléaire dans la production électrique (pas plus de 50 % à l'horizon 2025), les mesures de la loi doivent permettre de porter à plus de 30 % la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale dès 2030 ; dans le même temps, la part des énergies fossiles doit diminuer de 30 % par rapport à 2012.

Pour le seul secteur du bâtiment, qui demeure le plus énergivore, les objectifs sont encore plus ambitieux, la loi TEPCV prévoyant en effet de :

- diminuer de 40 % les émissions de GES d'ici 2030 par rapport à 1990 ;
- porter à 32 % la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique en 2030 ;
- réduire de 50 % la consommation d'énergie d'ici 2050 par rapport à 2012.

Outre la massification annoncée de la rénovation énergétique et de la construction de bâtiments aux normes environnementales élevées, cet intense

effort ne peut donc aboutir sans une maîtrise du mix énergétique et le déploiement de solutions employant des énergies renouvelables qui, rappelons-le, concernent : l'éolien, le photovoltaïque, la biomasse, le biogaz, l'hydroélectrique et la géothermie.

C'est aussi dans ce cadre qu'avait été initié en décembre 2008 le Fonds Chaleur, dispositif de soutien financier géré par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), afin de permettre le développement des réseaux de chaleur, la valorisation de la biomasse et de la chaleur d'usine d'incinération. Doté de 1,59 milliard d'euros entre 2009 et 2015 (soit environ 200 millions d'euros par an), le Fonds Chaleur a permis la réalisation de plus de 3 500 opérations d'investissement, dont plus de 600 portant sur la création ou l'extension de réseaux de chaleur.

La loi TEPCV ambitionne de renforcer ce dispositif en doublant son budget annuel (420 millions d'euros par an), afin de multiplier par 5 la quantité d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) livrées par les réseaux de chaleur et de froid d'ici 2030.



## Les facteurs qui influent sur la sélection des énergies

Charbon, pétrole et gaz naturel. Ces trois sources d'énergies fossiles constituent à elles seules 80 % de la consommation d'énergies dans le monde. On peut y adjoindre d'autres combustibles non conventionnels tels que les schistes et les sables bitumineux ou encore le gaz de schiste.

L'une des caractéristiques de ces énergies est l'extrême volatilité de leur coût. Bon marché au regard des autres, le charbon a toutefois connu

une très forte progression de son prix entre 2003 et 2008, avec une multiplication par près de 5. Puis la tendance s'est inversée : la crise économique de 2008 ayant fait chuter le prix du gaz, l'écart de prix entre gaz et charbon s'est resserré et ce dernier a perdu en compétitivité face à son principal concurrent en matière de production électrique. Les opérateurs ayant aussi tendance à privilégier le gaz, moins émetteur de CO<sub>2</sub>, une tendance baissière s'est alors confirmée pour le charbon.

Le pétrole, quant à lui, avait connu une hausse tendancielle depuis le début des années 2000, le faisant passer de 18,7 dollars le baril de Brent en décembre 2001 à 133,4 dollars en juillet 2008. La crise économique de 2008 l'a fait rudement fléchir (43,2 dollars en février 2009) avant une nouvelle hausse tendancielle qui l'a fait se situer autour des 110 dollars le baril de Brent jusqu'en août 2014. Depuis, le pétrole dégringole à nouveau, tombant jusqu'à 30,8 dollars en janvier 2016. Une baisse que l'on explique principalement par l'exploitation du schiste aux États-Unis dont la dépendance au pétrole est passée de 60 % en 2005 à 30 % en 2014. Mais aussi par la pression exercée par l'Arabie Saoudite au sein de l'OPEP pour une offre non régulée, stratégie destinée à contrer le marché américain du schiste et à entraver la nouvelle puissance pétrolière iranienne. Cependant, certains experts s'attendent à une remontée brutale des prix, déclenchée par un ensemble de facteurs : une demande tirée à la hausse par les besoins des pays émergents et un sous-investissement dans les nouveaux projets pétroliers (qui ont chuté de 20 % entre 2014 et 2015) qui pourrait provoquer une pénurie.

La dépendance au pétrole est devenue au fil du 20e siècle un enjeu majeur pour les sociétés, provoquant d'importants conflits, des désordres géopolitiques et faisant peser sur le monde des périls encore inconnus, inhérents au changement climatique. Les chocs pétroliers des années 1970 ont incité de plus en plus de pays à tendre vers l'indépendance énergétique. Mais tous n'ont pas suivi la même voie. Tandis que l'Italie ou le Royaume-Uni privilégiaient le gaz, la France et le Japon se lançaient dans un déploiement massif des centrales nucléaires. Avec une part de 78 % dans la production d'électricité, le nucléaire français a ainsi permis d'améliorer le taux d'indépendance énergétique du pays en le portant à 50 % en 2015 contre

22,7 % en 1973. Une politique énergétique volontariste qui, telle qu'elle a été fixée par une loi de programmation de 2005, vise aussi à :

- garantir la sécurité de l'approvisionnement ;
- assurer un prix compétitif de l'énergie ;
- préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre ;
- garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie.

**Cependant, le tout nucléaire est remis en cause par les nombreuses difficultés qu'il rencontre :** vieillissement des installations et coût de leur modernisation, risques terroristes et de sécurité, problématiques des déchets, réserves mondiales en combustible limitées, impacts environnementaux de l'exploitation des mines d'uranium. Ce qui a conduit le gouvernement français à infléchir cette politique dans sa loi de Transition énergétique. Politique qui est par ailleurs très variable concernant ses outils fiscaux : taxes liées aux carburants, écotaxe, taxe carbone...

Enfin, avec la prise de conscience environnementale, l'enjeu énergétique s'est diffusé au sein de l'opinion publique d'une manière telle qu'il en va aussi de l'image des institutions comme de celle des entreprises.

**Ainsi, les incertitudes politiques, économiques, sociales, technologiques et environnementales qui pèsent sur les politiques énergétiques font que la mise à disposition de la chaleur et du froid – qui font partie intégrante du minimum vital pour tout individu – est une question d'importance pour les collectivités qui ont cette tâche à leur charge.**

## **Le réseau de chaleur : l'outil idoine de pilotage du mix énergétique**

Avec l'obligation légale faite aux collectivités de plus de 50000 habitants de réaliser un Plan Climat-Énergie Territorial (PCET), les enjeux énergétiques se décentralisent. Les territoires se doivent de trouver eux-mêmes des solutions pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre et s'adapter aux changements climatiques. Autrement dit, ils doivent réunir les conditions suffisantes pour

développer localement un mix énergétique, le maîtriser et le piloter. En cela, le réseau de chaleur s'impose comme un outil décisif.

### **Performance**

D'abord, parce qu'il est performant. En effet, si la décentralisation des systèmes de chaleur est intéressante dans le cadre de zones résidentielles ou pavillonnaires, elle devient difficile à mettre en œuvre en zone dense, qu'il s'agisse d'habitat collectif ou de tertiaire, de par la consommation d'espaces qu'elle induit pour les installations et les espaces de stockage. Centralisé, le réseau de chaleur permet au contraire de mutualiser les besoins et les espaces. Cet atout lui offre aussi la possibilité d'utiliser des énergies renouvelables difficiles d'accès ou difficiles d'exploitation, telles que la biomasse, la géothermie profonde ou la chaleur de récupération produite par des procédés industriels : usines d'incinération de déchets, *data centers*, traitement des eaux usées...

La centralisation de la production de chaleur à l'échelle urbaine, plutôt qu'à l'échelle du bâtiment, est enfin un avantage pour mieux contrôler les émissions polluantes, notamment dans le cas de la combustion de biomasse.

En outre, l'absence de stockage de combustible et de chaudière dans les immeubles garantit à leurs occupants sécurité et tranquillité. **La chaleur, acheminée sous forme d'eau chaude jusqu'aux sous-stations, ne produit ni fumée, ni poussière, ni odeur. Sans danger et sans désagrément, sa garantie de livraison est fiable.** Les installations de réseaux de chaleur sont soumises à une réglementation beaucoup plus stricte qu'une installation individuelle, à des contrôles fréquents et font l'objet d'une surveillance et d'un entretien renforcés (techniciens disponibles 365 jours par an et 24 heures sur 24, ainsi qu'un dispositif de télégestion du réseau).

### **Innovation**

À la différence des solutions décentralisées, les réseaux de chaleur bénéficient d'une ingénierie permettant de développer des solutions technologiques d'optimisation qui viennent renforcer leur pertinence, qu'elle soit environnementale, économique ou technique. On pourra citer parmi ces solutions : la sur-isolation des canalisations

qui permet de réduire de près de 20 % les pertes thermiques ou encore la variation électronique de vitesse des pompes qui diminue de près de 50 % les consommations électriques.

Surtout, les réseaux de chaleur ont la capacité de s'adapter à l'évolution des besoins. La rénovation thermique des bâtiments existants, ainsi que la construction de quartiers basse consommation, vont affaiblir la demande énergétique. Dans ce cas, les réseaux de chaleur à très basse température sont une solution idoine. D'autant que ces derniers sont aussi en mesure de faire appel à des sources de puissance thermique, de production plus intermittentes et de points de production de récupération ou de stockage plus diffus (solaire thermique, géothermie superficielle, récupération de chaleur des bâtiments...).

Enfin, puisque dès 2020 les nouveaux bâtiments devront être des bâtiments à énergie positive (BEPOS), les réseaux de chaleur auront un rôle important à jouer pour la valorisation de l'énergie excédentaire.

### Écologie, économie

La grande place accordée aux énergies renouvelables et de récupération dans les réseaux de chaleur leur offre un avantage concurrentiel évident sur le plan environnemental. On estime ainsi que ces réseaux évitent la production et le rejet de 2,3 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an en France. De plus, la concentration de la production sur un site permet de mieux maîtriser les techniques de combustion et de mettre en œuvre un processus de traitement des rejets, par ailleurs encadrés par une réglementation très stricte, beaucoup plus efficace qu'à un niveau individuel. En effet, les installations sont équipées de systèmes de traitement perfectionnés et contrôlés qui ont un moindre impact sur la qualité de l'air.

D'un point de vue économique, les avantages des réseaux de chaleur sont multiples. Tout d'abord, leur mode multi-énergie permet de choisir les énergies les moins onéreuses selon la conjoncture et donc d'avoir accès à des prix très compétitifs. La priorité faite aux EnR&R, dont le coût est stable, réduit les risques financiers liés aux fluctuations des prix des énergies fossiles.

L'utilisation rationnelle des différentes énergies utilisées sur les réseaux de chaleur permet une meilleure maîtrise des coûts. Les rendements énergétiques sont optimisés et les consommations suivies au plus près.

Les réseaux bénéficient aussi d'un taux de TVA réduit de 5,5 % sur l'abonnement. Lorsqu'ils sont alimentés à plus de 50 % par des EnR&R, le taux réduit s'applique à l'ensemble de la facture (abonnement et chaleur consommée). Pour l'utilisateur final et les territoires concernés, cela constitue donc un rempart contre la précarité énergétique.

Entre autres externalités, la construction ou l'extension d'un réseau de chaleur favorise l'emploi local : des ingénieurs qui conçoivent et pilotent chaufferies et réseaux aux techniciens qui assurent le fonctionnement des équipements, en passant par les commerciaux qui assurent le déploiement et l'optimisation du réseau aux abonnés.

Enfin, c'est une véritable dynamique économique locale que déclenche la mise en place d'un réseau de chaleur : contrats pour les entreprises de BTP, opportunité de marchés nouveaux pour les équipementiers, développement des filières d'approvisionnement en matières premières...

En conséquence, si un réseau de chaleur est une vraie solution offerte aux territoires pour développer et piloter leur politique énergétique, il devient aussi une priorité pour les villes de demain, qui deviendront de véritables *smart cities*.



# SMART GRID ET SMART CITY: UNE AMBITION POUR DEMAIN...

## Les collectivités locales ont besoins d'être plus *smart*

### La *smart city*: définition

---

La *smart city* (ville intelligente) est un concept aujourd'hui répandu. Il est né du constat d'une urbanisation généralisée à l'échelle mondiale. N'occupant que 2 % de la surface du globe, les villes abritent plus de 50 % de la population humaine, consomment 75 % de l'énergie produite et sont à l'origine de 80 % des émissions de CO<sub>2</sub>. Face au changement climatique, il est devenu clair que les villes représentent le « problème » majeur. Dès lors s'est imposée l'idée que leur mutation est la solution pour inverser la tendance. Cela suppose des changements organisationnels, technologiques et sociétaux auxquels la *smart city* peut répondre grâce à une approche systémique conciliant les piliers sociaux, culturels et environnementaux.

Trois caractéristiques semblent essentielles à son déploiement. Tout d'abord, le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC). Au cœur de la ville intelligente, intégrant les systèmes d'exploitation comme les infrastructures, les TIC permettent une meilleure gestion urbaine par l'obtention et l'analyse d'informations clés. Mais, pour être opérantes et répondre aux besoins réels des citoyens, elles doivent s'associer à une stratégie globale du territoire. Autrement dit, elles doivent pouvoir compter sur des choix judicieux en matière de gouvernance. Enfin, la *smart city* ne peut se passer d'une participation active des citoyens, qui ne sont alors plus considérés comme de simples consommateurs ou utilisateurs de services, mais bien comme des parties prenantes de son développement.



### Les *smart grids*, outils de la *smart city*

---

Corollaires technologiques de la *smart city*, les *smart grids* (réseaux intelligents) ont vocation à optimiser la production, la distribution et la consommation d'énergie, en particulier d'électricité.

Le système électrique repose en effet sur une logique unidirectionnelle – de l'amont vers l'aval – et tend à trouver l'équilibre entre l'offre et la demande de fourniture. Mais ces réseaux doivent répondre à de nouveaux défis, que sont l'augmentation de la consommation d'électricité, le développement de la production à partir d'énergies renouvelables et la nécessaire réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Soit une mutation du paysage énergétique qui réclame une modernisation du système dans son ensemble. Le déploiement des technologies de *smart grids* permet d'éviter un remplacement massif des réseaux existants tout en leur assurant un nouveau fonctionnement. Ainsi, face à la hausse importante de la demande électrique que vont nécessiter des évolu-



tions comme l'avènement de la mobilité électrique ou encore le développement des *data centers*, les réseaux intelligents seront à même de réduire les pertes en ligne, d'optimiser les réglages des équipements ou encore de permettre les effacements de consommation lors des périodes de pointe électrique en interagissant entre eux (réseau de chaleur avec réseau électrique, par exemple), l'énergie passant d'une source à l'autre, d'un système à un autre. Les *smart grids* ont aussi vocation à intégrer de manière flexible la production intermittente et décentralisée des énergies renouvelables en les connectant au système dès qu'elles sont produites. Les réseaux de chaleur peuvent participer activement à cette démarche. Notamment avec le stockage de chaleur qui peut ensuite être transformée en électricité. Malgré un rendement encore faible, cette solution ne manque pas d'avenir...

Ainsi, grâce à des fonctionnalités issues des TIC, les réseaux deviennent communicants. Ils savent prendre en compte les actions des différents acteurs du système, y compris celles des consommateurs. D'un système unidirectionnel, ils nous font passer à un système piloté de manière flexible où l'ajustement se fera davantage par la demande.

## Des quantités de données

Les *smart grids* présentent donc l'intérêt, à partir des infrastructures existantes, d'améliorer l'expérience utilisateur, de rationaliser les circuits énergétiques et d'optimiser les services urbains. Instrumentés par les technologies de l'information et de la communication, ils utilisent et génèrent des données. La question des données est d'ailleurs devenue presque concomitante à la question du devenir des villes. Dans son dernier livre, *À quoi servent les algorithmes?*, le sociologue Dominique Cardon rappelle que nous faisons 3,3 milliards de requêtes par jour sur Internet, que cela correspond à 30 000 milliards de pages indexées par Google, que nous consultons 350 millions de photos par jour et envoyons 144 milliards d'emails. Une comparaison nous permet d'en percevoir la nature abyssale : si l'on numérisait toutes les communications et tous les écrits depuis l'aube de l'humanité jusqu'en 2003, il faudrait à peu près 5 milliards de gigabits pour les stocker ; aujourd'hui, nous générons ce même volume en deux jours. Des milliards et des

milliards de données donc, qui croissent aussi à mesure que les instruments se déploient : téléphones mobiles, objets connectés, réseaux communicants, *Internet of Things* (internet des objets)... Ce qui fait qu'en 2020, on estime que le nombre de données créées dans le monde sera de 40 zettaoctets (109 gigaoctets). Le traitement de ces masses de données est devenu un enjeu majeur aux perspectives encore insoupçonnées. Gestion des risques, progrès médicaux, adaptation au changement climatique, prospective, mais aussi évidemment gestion des flux et des réseaux...



## Optimisation des relations et des réseaux

Ce que l'on nomme aussi *Big data* induit également une véritable révolution pour les opérateurs de réseaux (production, gestion et distribution). En effet, ces opérateurs fonctionnent encore sur le principe où l'offre « tire » la demande : ils créent un réseau et font le pari que les gens l'utiliseront. Mais ce paradigme est en train de s'inverser. Grâce au *Big data*, l'opérateur sait ce que veut l'utilisateur, comment il réagit, voire comment il va réagir. Demain, c'est donc la demande qui va créer l'offre. Reste à faire évoluer cette offre, à donner de la visibilité aux opérateurs ainsi qu'aux collectivités pour qu'ils s'adaptent à cette demande.

Les *smart grids* ont vocation à faciliter la gestion de cette demande, notamment en restituant aux consommateurs (particuliers ou entreprises) les informations relatives à leurs usages pour qu'ils puissent optimiser leurs dépenses énergétiques. Ce faisant, ces derniers passent d'un mode passif à un mode actif : ils deviennent des « consommateurs ». Ils sont à même de suivre, gérer et piloter leurs consommations. Parfois même, ils sont aus-

si producteurs d'énergie. Leur responsabilité étant accrue, leur niveau d'exigence se transforme alors, impactant la relation des opérateurs avec leurs clients et la relation des collectivités avec leurs usagers – pour le meilleur et pour le pire. Les comportements des consommateurs et usagers ne sont pas toujours rationnels. Ainsi, dans le cadre des éco-quartiers et leurs bâtiments basse consommation, les prévisions de consommation d'énergie sont souvent sous-évaluées par des modèles qui ne coïncident pas avec la réalité et l'usage. On pense par exemple aux bâtiments équipés de VMC double flux que les habitants continuent « d'aérer » fenêtres grandes ouvertes... Cette pratique dérègle totalement le système *smart* et pointu de la régulation de la température.

La numérisation des réseaux permet aussi à toutes les parties prenantes de capter un maximum de données. Ainsi, leurs exploitants peuvent-ils en optimiser la maintenance, passant même, grâce à la modélisation des données de masse, d'une maintenance préventive à une maintenance prédictive. **Détecter et diagnostiquer les incidents rapidement, planifier et faciliter les interventions, diminuer l'occurrence des pannes ou des fuites, anticiper des situations de congestion et même identifier les dysfonctionnements de comptage : tout ceci est rendu possible par la collecte et l'analyse des données.** Tout comme est rendue possible l'analyse des risques pour l'aide à la décision d'investissements, qui permettra de sécuriser les réseaux au meilleur coût pour la collectivité.



## Vers une exploitation des données en temps réel

Du fait de la décentralisation des sources d'énergie, de l'intégration aux réseaux d'énergies renouvelables et intermittentes, la demande se complexifie. Mais, dès lors que les opérateurs peuvent anticiper

les consommations à la minute près, ils limitent leurs risques en matière de production et d'équilibrage des réseaux. L'information et la visibilité sur cette information deviennent donc de plus en plus importantes. L'objectif reste la récupération d'un maximum de données, analysées par les meilleurs algorithmes possibles. Cette exploitation en temps réel est une clé pour mieux identifier les usages, répondre aux attentes de manière précise, cerner les problématiques particulières, gérer au plus près la qualité des services et leur coût et atteindre des objectifs de réduction de consommation et, ce faisant, une optimisation de la ressource énergétique.

## Un appui : les évolutions logicielles

Tendre vers la *smart city* implique pour les collectivités d'exploiter toutes les solutions mises à leur disposition pour à la fois répondre aux ambitions environnementales, adopter des organisations réticulaires plutôt que centralisées et opter pour une nécessaire frugalité tant dans les ressources énergétiques que dans les moyens financiers. Parmi ces solutions se trouvent certaines évolutions logicielles. L'une des plus importantes est sans doute le *Building Information Modeling* (BIM).

Sans être à proprement parler un outil, le BIM, que l'on peut traduire en français par « management des informations du bâtiment », est un ensemble de processus collaboratifs qui alimente la maquette numérique des ouvrages tout au long de leur cycle de vie. En cela, il répond au besoin d'une vision globale et cohérente des projets de construction dans le but d'édifier des bâtiments économes, confortables et durables.

Au cœur du BIM, la maquette numérique va plus loin qu'une simple modélisation du bâtiment. Elle constitue en effet une base de données technique, standardisée et partagée. Elle intègre tous les objets composant le bâtiment, leurs caractéristiques physiques, techniques et fonctionnelles et les relations entre ces objets. L'échange de données inhérent à son fonctionnement permet aux professionnels de définir avec précision la teneur technique de leur intervention, la nature du support à analyser, l'endroit précis du travail à

effectuer et d'identifier certains problèmes en amont de l'intervention. De plus, avec l'adoption du format IFC (norme ISO), les logiciels métiers deviennent interopérables. Les informations sont standardisées et les données partageables.

Ainsi, depuis la phase de projet de l'ouvrage jusqu'à sa réhabilitation voire sa destruction, en passant par sa construction et son exploitation, les informations peuvent être échangées en temps réel. Ses bénéfices sont nombreux :

- une meilleure collaboration et une meilleure coordination entre toutes les parties prenantes (identification des « clashes » en amont) ;
- un gain de temps à toutes les étapes ;
- une amélioration de la qualité de la construction ;
- une meilleure maîtrise des risques ;
- une meilleure acceptabilité des projets ;
- une réduction des coûts à tous les niveaux : conception, construction, exploitation/maintenance, déconstruction.

Le BIM concerne tous les professionnels du bâtiment et, en premier lieu, les maîtres d'ouvrage qui peuvent exiger sa mise en œuvre. Leurs projets bénéficient ainsi d'informations fiables qui préservent leurs investissements.

**Autre évolution importante : le monitoring énergétique des bâtiments qui permet de suivre et d'améliorer leur performance.** Ce type de solutions s'appuie sur des capteurs et des compteurs chargés de collecter les informations concernant les consommations d'énergie ainsi que les émissions de gaz à effet de serre. Les données sont ensuite traitées via un logiciel de pilotage dédié. En retour, celui-ci permet de paramétrer à distance capteurs et compteurs, et d'analyser les différents postes de dépenses énergétiques.

Accessibles 24 heures sur 24 de manière sécurisée, les informations transmises peuvent générer des alertes automatiques en temps réel via un email ou un SMS et permettre une intervention rapide en cas de surconsommation, de détection d'une fuite... Les données recueillies sont aussi exportables vers d'autres logiciels tels que les systèmes de gestion intelligente des bâtiments et peuvent donc donner lieu à tout un ensemble d'analyses comparées : évolution et répartition des consommations, performance énergétique, suivi des émissions de gaz à effet de serre...



# ... QUI NÉCESSITE DES INNOVATIONS SUR LES PRODUITS ET LEUR MISE EN ŒUVRE

## De nouveaux produits

---

Côté produits, les innovations en cours dessinent déjà le visage de la *smart city*. Parmi eux, on trouve notamment les capteurs pour le monitoring. Ces capteurs sont à même de recueillir des données précises, en temps réel, sur un grand nombre de paramètres qui visent autant la consommation énergétique d'un bâtiment que son confort.

Il pourra s'agir de capteurs :

- de chauffage ;
- de luminosité ;
- de production d'eau chaude ;
- de ventilation ;
- de température radiative ;
- de température extérieure ;
- d'humidité ;
- de taux de CO<sub>2</sub> ;
- d'ondes électromagnétiques...

Certains de ces capteurs sont aussi utiles au sein des constructions mêmes, comme les nanocapteurs intégrés qui détectent les microfissures, évitant d'intervenir trop tard lorsque les fissures sont devenues des failles visibles, coûteuses à réparer.

Autre champ de nouveauté, les compteurs pour individualiser les frais de chauffage. L'article 26 de la loi de Transition énergétique pour la croissance verte prévoit en effet de généraliser le dispositif d'individualisation des comptages d'énergie par appartement. Rappelons que le chauffage représente le plus gros poste de consommation d'énergie dans l'habitat, comptant pour près de la moitié de la facture énergétique du logement. Dans les immeubles chauffés collectivement, le partage de la facture se fait au prorata de la surface de l'appartement (au tantième), ce qui n'est pas toujours équitable et est propice à la surconsommation. L'individualisation des frais de chauff-

fage permettra de payer ce que l'on consomme et devrait engendrer une plus grande responsabilisation des occupants. Les économies d'énergies attendues par cette mesure sont de l'ordre de 15 %. Celle-ci sera mise en place progressivement, de mars 2017 à décembre 2019 selon les types de bâtiment et leur consommation. Elle implique la mise en place de compteurs de chaleur et d'un système de gestion des données ainsi relevées.



## Des bâtiments pensés différemment

---

Le bâtiment vit à l'heure actuelle une véritable révolution, et ce, à plusieurs niveaux. D'un point de vue technologique, il doit prendre le virage BEPOS (Bâtiment à énergie positive), concept qui reprend les principes de l'habitat passif en y intégrant des éléments de production d'énergie. Ce qui implique par exemple une isolation thermique renforcée, la suppression des ponts thermiques, la captation ou la production d'énergie, la récupération des eaux pluviales, des systèmes de chauffage et de climatisation plus vertueux... Il devient aussi intelligent par l'intégration d'instruments issus des nouvelles technologies (capteurs, comme vu précédemment, mais aussi compteurs communicants, équipements domotiques, objets connectés, systèmes de gestion à distance, systèmes de gestion intelligents, détecteurs de présence...).

Cependant, de nombreux bâtiments ne pourront prétendre à l'énergie positive ou à être intelligents. Cela nécessite d'élargir le champ d'intervention et de réfléchir à l'échelle de l'îlot, voire du quartier dans une optique de mutualisation énergétique. Dans ce cadre, **le bâtiment n'est plus défini isolément, mais au sein d'un environnement, d'un système urbain global où chaque élément entre en interaction avec les autres.**

Par ailleurs, on s'aperçoit que l'on passe de plus en plus d'un modèle de propriété à un modèle d'accès, notamment chez les plus jeunes générations qui privilégient cette façon de vivre la ville. Cela redéfinit les propositions et la conception des espaces vers une approche qui est celle du bâtiment ressource : de nouveaux modèles de logements qui favorisent les espaces partagés plutôt que les espaces privés ; de nouveaux usages qui impliquent de nouveaux services et la capacité de maintenir ces services. Avec le défi de concevoir des projets qui répondront aux usages de demain, des projets suffisamment souples pour s'adapter à l'évolution des besoins. Cela nécessite de travailler sur la réversibilité des bâtiments : peuvent-ils se transformer en bureaux, s'il s'agit de logements ? En espaces de coworking ? Ces logements peuvent-ils évoluer à l'arrivée d'un enfant ou s'adapter à la dépendance des personnes âgées ?

**Enfin, le bâtiment est au cœur de la mutation que vit le secteur de l'aménagement urbain.** Sa chaîne était jusqu'à présent très séquentielle, faisant intervenir successivement propriétaires, aménageurs, promoteurs, investisseurs et utilisateurs. Elle est en train de se redéfinir avec une remontée vers l'amont des acteurs de l'aval (promoteurs et investisseurs qui se positionnent sur l'acquisition de terrains) mais aussi, en sens inverse, avec des aménageurs qui exploitent des sources d'énergies ou des collectivités qui se font utilisatrices des bâtiments. Tout ceci alors que l'habitant lui aussi change de rôle pour s'impliquer en amont des projets : il devient producteur d'énergie et même concepteur urbain dans le cadre de l'habitat participatif.

## Les réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur en eux-mêmes connaissent des innovations majeures qui leur ouvrent tout un champ de capacités nouvelles. Ils deviennent dis-

ponibles à de nouvelles sources de chaleur comme la géothermie peu profonde qui offre l'avantage d'une réversibilité chaud/froid ainsi que d'une plus grande disponibilité territoriale. Ils sont en mesure de collecter la chaleur de sources dites « faibles », produites par les bâtiments et les infrastructures (transport, assainissement, *data centers*, incinérateurs d'ordures ménagères, transfert de chaleur de bâtiments à climatiser vers des bâtiments à chauffer...). Soit des sources ponctuelles ou diffuses qui ouvrent la voie à une plus grande indépendance vis-à-vis des énergies fossiles.

Ils deviennent, tout comme les réseaux électriques, intelligents, dotés de capteurs communicants, de sous-stations et de régulateurs intelligents, avec une interconnexion de ces différents éléments par réseau informatique. **Une intelligence qui permet les transferts d'énergie entre les bâtiments et donc de faire cohabiter des bâtiments consommateurs avec des bâtiments producteurs ou passifs.** Une intelligence aussi nécessaire pour développer des réseaux à très basse température. Car ce type de réseaux, à l'inverse des réseaux de chaleur classiques à l'architecture centralisée, peut être alimenté par un très grand nombre de points de production ou de récupération d'énergie thermique qu'il faut pouvoir gérer de manière flexible. Ces réseaux dits « multi-sources » combinent aussi chaud et froid.

Enfin les réseaux de chaleur se tournent vers l'interconnexion des réseaux municipaux. Ils deviennent ainsi plus efficaces et plus sûrs, plus économiques par effet d'échelle, et permettent de relier des sources de chaleur éloignées des villes, tout en restant proches des territoires.



## Le stockage de la chaleur

Afin d'utiliser certaines sources d'énergie dont on ne peut arrêter la production (solaire thermique, par exemple), les réseaux de chaleur évoluent aussi vers une configuration intégrant des espaces

de stockage. L'excédent de chaleur produit en été peut ainsi être utilisé en période hivernale ou, inversement, il est possible d'emmagasiner du froid en hiver pour rafraîchir les bâtiments l'été. Ce stockage intersaisonnier s'effectue aujourd'hui dans de grands ballons d'eau et des volumes de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes pour éviter les pertes thermiques. À l'avenir, d'autres solutions de stockage pourront être utilisées : stockage par chaleur latente qui utilise des matériaux à changement de phase; stockage thermochimique par sorption; stockage par réaction chimique.



## Un cadre complexe

Un réseau de chaleur est une installation complexe qui fait intervenir de multiples acteurs : les collectivités propriétaires du réseau qui signent un contrat avec un opérateur; les clients (sociétés, propriétaires immobiliers, bailleurs sociaux) qui signent un abonnement avec l'opérateur et mettent la chaleur à disposition de leurs utilisateurs. Ces acteurs ont tous des attentes particulières auxquelles l'opérateur doit répondre dans un cadre réglementaire contraint.

Un réseau de chaleur comporte trois principaux éléments :

- Une unité de production de chaleur qui se décompose généralement en deux parties : une unité principale qui fonctionne en continu et une unité d'appoint utilisée durant les heures de pointe.
- Un réseau de distribution primaire composé de canalisations dans lesquelles la chaleur est transportée par un fluide caloporteur (vapeur ou eau chaude).
- Des sous-stations d'échange situées en pied d'immeuble qui permettent le transfert de chaleur par le biais d'un échangeur entre le réseau de distribution primaire et le réseau de distribution secondaire qui dessert l'immeuble.

Lors de sa construction, l'unité de production de chaleur, ou chaufferie, doit pouvoir s'intégrer dans son environnement et être acceptée par les habitants, ce qui suppose un travail de communication et de présentation du projet. Cette insertion paysagère est plus sensible dans le cadre des chaufferies bois, plus volumineuses car elles doivent stocker de grands volumes de combustibles. Il faut prévoir un espace de desserte pour permettre l'approvisionnement sans occasionner de gêne pour les riverains.

Pour les réseaux, la situation s'avère encore plus complexe. D'une part, les chantiers d'installation se déroulent de plus en plus au sein de milieux urbains particulièrement denses. Ces emprises peuvent gêner la circulation des véhicules et des piétons et causer des désagréments pour les riverains et les commerçants. D'autre part, l'encombrement souterrain, du fait de l'existence de multiples réseaux, freine souvent les travaux. Sont enterrés les réseaux d'eau, d'électricité, de téléphone, de chauffage et aujourd'hui de données numériques. Des difficultés particulières peuvent aussi être rencontrées avec des réseaux fins d'éclairage public ou de signalisation routière souvent spécifiques à chaque commune et dont la cartographie manque de précision. Enfin, les maîtres d'ouvrage sont de plus en plus sensibles à ces problématiques d'encombrement par les chantiers.

## Des innovations techniques adaptées

Face à cela, les opérateurs urbains cherchent dorénavant à mutualiser leurs travaux, notamment parce que le génie civil représente la part la plus importante de leur coût. Quant aux entreprises spécialisées dans l'installation de réseaux, comme la SPAC, elles élaborent des innovations visant à rendre les chantiers moins prégnants sur les espaces urbains. Ainsi, pour éviter les ouvrages multiples et encombrants que sont les lyres de dilatation (omégas permettant la dilatation des canalisations), de nouvelles techniques d'installation sont mises en œuvre. Il en est ainsi de la précontrainte à chaud qui consiste à préchauffer un tube avant son enfouissement afin de le dilater préalablement. Cette technique offre l'avantage de pouvoir traiter de faibles

longueurs avant leur recouvrement et de minimiser la taille de la tranchée ouverte. Le chantier est mobile, avec une emprise courte.

Une emprise courte, c'est aussi ce que permettent les applications digitales comme le BIM. Grâce à une modélisation préalable de l'installation, les matériaux et équipements nécessaires à sa mise en œuvre peuvent être assemblés hors fouille. Il est plus facile de planifier leur commande et leur livraison. Leur quantité et coût sont connus à tout moment de la phase de chantier. Ainsi, le terrassement et l'installation peuvent s'opérer en mode furtif (souvent de nuit) dans le respect des contraintes budgétaires. Le modèle virtuel BIM offre, de plus, l'avantage de vérifier le respect des normes en vigueur et des critères du projet tant au niveau qualitatif que quantitatif.

## De nouvelles méthodes

Les exploitants de réseaux de chaleur ont aujourd'hui à leur disposition de nouveaux outils et de nouvelles méthodes pour gérer leur patrimoine. Parmi les moyens préventifs, la thermographie semi-aérienne permet la détection de tâches thermiques suspectes sur le tracé d'un réseau, ces tâches pouvant correspondre à des isolants de mauvaise qualité, à l'absence d'isolant ou à une fuite.

De nouvelles technologies curatives font aussi leurs preuves dans le cadre de réparations non intrusives des canalisations endommagées. Des opérations sans tranchée peuvent ainsi être menées grâce au chemisage continu, technique qui consiste à introduire et à plaquer contre la paroi de la canalisation une gaine souple constituée de verre ou de feutre et imprégnée de résines durcissables. Le durcissement est ensuite obtenu par chauffage ou par rayonnement ultraviolet. L'emprise est réduite et la réhabilitation est structurante. Pour des réparations ponctuelles, l'emploi de robots multifonctions apporte précision et polyvalence. Ces robots sont capables de fraiser, placer des coffrages, gonfler des ballons obturateurs dans les branchements, injecter ou poser à la spatule des résines.

## De nouveaux métiers

Les nouvelles technologies utilisées demandent à tous les acteurs impliqués dans les réseaux de chaleur de revoir leur référentiel métier. En particulier, le BIM implique d'adopter une culture collaborative à toutes les étapes d'un projet et de moins fonctionner en silos de compétences. Avec ce nouveau process, l'interaction devient de plus en plus grande entre donneurs d'ordre et installateurs, la chaîne décisionnelle suit dorénavant un mouvement plus réticulaire que pyramidal. Ce qui implique des restructurations au sein des équipes, de nouvelles prises de responsabilité, des formations menant à la création d'un nouveau poste, le BIM Manager. Placé au centre des interactions d'un projet, le BIM Manager coordonne et accompagne tous les acteurs du BIM et met en place le plan BIM du projet et ses règles de réalisation.

Parallèlement, le développement de la *smart city* fait entrer de nouveaux acteurs dans les projets, souvent issus des nouvelles technologies; acteurs avec lesquels il est nécessaire de dialoguer. Le caractère global de la *smart city* change aussi le jeu des acteurs dont l'intervention n'est plus liée à une phase spécifique du projet. Ainsi, la problématique de la maintenance doit être prise en compte plus en amont, dès la phase de conception et pas seulement à la livraison de l'ouvrage.

Enfin, pour les installateurs de réseaux, la formation est aussi un enjeu majeur. Par exemple, la certification créée par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) en 2009 pour contribuer à la qualité des réseaux de chaleur demande aux titulaires d'un avis technique de former les poseurs de réseaux et de leur délivrer une qualification « Qualité Bâtiment ».



# CONCLUSION

Depuis près de 25 ans, avec le Sommet de la Terre à Rio puis le Protocole de Kyoto notamment, la législation place la gestion des énergies et leurs économies au cœur de mesures nationales et internationales. Dernier événement mondial en date : la COP21, qui s'est déroulée à Paris fin 2015. Des objectifs concrets et ambitieux ont été fixés.

Pour rappel, il s'agit de :

- « diminuer de 20 % les émissions de gaz à effet de serre ;
- réaliser 20 % d'économies d'énergie ;
- atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen. »

Ce que la France avait déjà intégré aux Grenelles 1 et 2 de la façon suivante :

- « réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 ;
- favoriser le développement des énergies renouvelables afin de diversifier les sources d'énergie et les porter au moins à 20 % dans la consommation d'énergie finale d'ici 2020. »

Pour répondre aux engagements pris lors de la COP21, un certain nombre de considérations sont à prendre en compte, notamment la diversité du mix énergétique, la limitation et même la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la sécurité d'approvisionnement... **Les réseaux de chaleur et de froid apparaissent comme une solution fiable et efficace à ces différentes problématiques.**

Ils correspondent tout particulièrement à la conception plus globale de ville du future. *Big Data*, *Smart Grid*, *Smart City* et réseaux de chaleur et de froid se conjuguent parfaitement. Ces derniers offrent des perspectives solides d'optimisation de la gestion et des consommations d'énergie. Il revient maintenant aux dirigeants de se saisir de cette opportunité, de la promouvoir et de la soutenir financièrement.

Nous poursuivrons notre exploration du secteur des réseaux de chaleur et de froid à travers 3 minibooks :

- Réseau de chaleur et innovation produit ;
- *Smart City* et *Smart Grid* : l'émergence des territoires intelligents ;
- Développement des réseaux de chaleur : des solutions pour demain ?

**À bientôt !**





---

CONTACTEZ-NOUS

13 rue Madame de Sanzillon  
92110 Clichy  
01 40 87 78 40  
[contact.siege@spac.fr](mailto:contact.siege@spac.fr)

