

2030, odyssée de la cogénération urbaine

Chauffer, refroidir et électrifier nos villes en 2030 à l'énergie renouvelable, c'est possible, pas cher et cela peut rapporter gros.

La consommation d'énergie primaire (pétrole, gaz, charbon, nucléaire) des bâtiments en Belgique est constituée à 80% de chauffage et 20% pour le reste (éclairage, moteurs, refroidissement...). Elle est actuellement de 15 Mtep (millions de tonne équivalent pétrole) par an soit environ 4 G€ (milliards d'euros) de facture énergétique primaire. Avec une moyenne de 15 litres équivalent pétrole (lep) par m² par an pour son chauffage, le bâtiment belge est lanterne rouge au classement européen de la performance énergétique.

Et si on reconstruisait tout ?

Le renouvellement du patrimoine immobilier par des constructions sobres en énergie (maison passive, basse énergie, thermo-efficace, bioclimatique...) ne permet pas d'espérer des économies globales substantielles avant au moins 30 ans.

En effet, pour le chauffage, la contrainte actuelle est le « K45 » qui garantit en théorie un certain niveau d'isolation pour les nouveaux bâtiments soit des consommations de l'ordre de 8 à 10 lep, mieux que la moyenne belge mais loin des maisons sobres, moins de 3 lep. De plus, les tendances actuelles de l'architecture avec les grandes baies vitrées induisent des surchauffes estivales qui, associées au besoin croissant de confort, augmentent l'utilisation des climatiseurs très gourmands en électricité.

Enfin, au rythme actuel de construction et de rénovation, il faudra un siècle pour assainir 90% du parc avec les difficultés de déclasser des bâtiments énergivores mais partie intégrante du patrimoine. La majorité de ces immeubles ont été construits à l'époque où le charbon était abondant en Belgique et le souci des générations futures inexistant.

Et les technologies renouvelables ?

Les techniques ne permettent guère de corriger les défauts immobiliers. La pompe à chaleur, par exemple, n'est guère adaptée aux bâtiments non isolés dépourvus de chauffage au sol. Le panneau solaire thermique ne couvre que 50% des besoins en eau chaude sanitaire qui compte pour un dixième des besoins en chauffage. Un m² de panneau solaire photovoltaïque produit par an quelque 80 kWh sur les 5.000 kWh que consomme une habitation en moyenne.

Et si on faisait du neuf avec du vieux ?

En isolant les vieux bâtiments par l'intérieur, on ne supprime pas les ponts thermiques par lesquels s'échappe la chaleur. Il est irréaliste d'approcher des standards sobres (<K30).

Le double vitrage devrait évidemment être généralisé quand il ne se heurte pas à l'intégrisme de la commission des monuments et sites classés, nostalgique de la période où les vitrages étaient simples et gondolants.

Le remplacement des unités de production et de circulation de chaleur permet également de gagner des points, de même que la généralisation des ampoules économiques.

Le bâti existant ne peut que rarement intégrer le bénéfice très important de la chaleur solaire passive s'il a été mal orienté (est-ouest). Le dernier CWATUP (code wallon de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme) ne prévoit rien en matière d'orientation des voiries et d'espacement entre bâtiments pour permettre de bénéficier systématiquement de cette manne énergétique. Bon nombre de règles d'urbanisme entravent les constructions de bâtiments sobres ou en augmentent inutilement les coûts pour satisfaire des règles esthétisantes, subjectives dont le bien-fondé supposé est indémontrable. Si le marché de l'automobile avait des règles similaires, nos véhicules ressembleraient tous à ceux des années 1970 avec leurs formes trapézoïdales et un coefficient de pénétration de l'air à faire consommer plus de 10 litres pour 50 petits chevaux.

On ne peut qu'encourager l'amélioration de la consommation électrique et de chauffage du bâti existant même s'il est souvent moins cher et nettement plus efficace de reconstruire des bâtiments sobres... si les riverains sont d'accord.

La cogénération

Quelle que soit l'énergie primaire d'une centrale électrique, elle rejette de 2 à 4 fois plus d'énergie sous forme de chaleur, selon les rendements. Cette chaleur est un « déchet » qu'on élimine en évaporant de l'eau dans de grandes tours (>100m) ou en réchauffant les fleuves.

Utiliser cette chaleur pour chauffer les bâtiments n'est pas une idée neuve. Elle nécessite une infrastructure lourde – le réseau de chaleur, appelé aussi chauffage urbain – qui transporte de l'eau chaude (au moins 70°C) sur des distances courtes de quelques kilomètres pour limiter les déperditions dans le sol dans de gros tuyaux sous-terrain isolés thermiquement.

Un réseau de chaleur fonctionne exactement comme une boucle de chauffage central qui alimente en calories chaque pièce d'une habitation via des radiateurs ou des ventilo-convecteurs. L'eau revient à une température inférieure à celle de départ pour être réchauffée à nouveau et recirculer dans la boucle.

Les bâtiments reçoivent la chaleur de la boucle d'eau chaude par un échangeur thermique qui se substitue à la chaudière.

Les vieux réseaux de chaleur ont laissé de mauvais souvenirs car la technologie ne permettait pas de dépasser 50% de rendement lors du transport, alors qu'aujourd'hui, les meilleures techniques d'isolation garantissent une déperdition de 1% à 2% par km. Le réseau de chaleur est aussi nettement plus résistant qu'autrefois et les problèmes de fuite sont rares.

La moitié des bâtiments de Paris et plus encore à Copenhague sont chauffés par réseau de chaleur.

Et le froid ?

Le saviez-vous ? On peut faire du froid avec du chaud grâce à la trigénération.

En pratique, il faut disposer d'une source chaude entre 70°C et 90°C et de la possibilité d'évacuer de la chaleur à 25°C- 30°C pour créer un flux d'eau froide à moins de 10°C permettant le refroidissement. Avec de l'eau chaude, on peut donc chauffer un immeuble en hiver et le refroidir en été. En pratique, on ne le fait pas car le prix de la chaleur nécessaire au refroidissement coûte plus cher que l'électricité nécessaire pour alimenter un climatiseur. Mais si la chaleur en été, surabondante, est bon marché, elle devient compétitive.

La cogénération locale

Quant les besoins locaux en électricité et en chaleur sont importants (usine, grand immeuble de bureaux ou à appartements), on peut envisager la mise en place d'une cogénération interne pour fournir chaleur et électricité. La surproduction de chaleur sera simplement évacuée, alors que celle d'électricité peut facilement être revendue à un fournisseur sur le réseau électrique.

On ne peut cependant pas généraliser cette solution aux besoins énergétiques d'une habitation mono-familiale (micro-cogénération) car les frais de maintenance et de mise en œuvre sont excessifs pour une puissance inférieure à 100 kW environ.

Que consommer dans ma cogénération ?

Economiquement la cogénération locale ne peut s'envisager qu'avec du gaz naturel ou des agrocarburants – les biocarburants agricoles - grâce aux subsides publics.

Le gaz naturel n'est pas un combustible renouvelable et apporte sa contribution aux changements climatiques.

L'utilisation d'huile de palme ou de colza est souvent critiquée car leur production entre en compétition avec les besoins alimentaires. De plus, toutes les plantations de biocarburants ne sont pas nécessairement respectueuses de l'environnement. 1,6 milliards d'hectares de terres agricoles sur la planète peinent actuellement à nourrir 6,5 milliards d'humains dont 800 millions ne trouvent pas leur compte, en particulier en Asie.

Le problème sera pire quand la population mondiale atteindra 8 milliards en 2030 et probablement 9 en 2050, selon l'estimation des Nations Unies. L'extension de terres arables ne peut se faire principalement qu'au détriment des forêts primaires d'Amérique du sud ou d'Afrique en détruisant ces sanctuaires de biodiversité.

Comme un hectare de terre arable produit au mieux 1,3 tep nette (c'est-à-dire déduction faite de l'énergie nécessaire aux engins agricoles, aux engrais, aux produits phytosanitaires et au transport), toutes les terres agricoles de la planète ne permettraient pas la production de plus de 2 Gtep (milliards de tep) de biocarburant, soit la moitié seulement de la consommation mondiale de pétrole qui a dépassé les 4 Gtep en 2005, ce qui ne constitue pourtant qu'un tiers de notre consommation globale d'énergie (12 Gtep).

Et le bois-énergie ?

Le bois-énergie, un autre type de biomasse, est un combustible intéressant, pas cher, peu polluant.

En effet, les plantations de bois-énergie ne nécessitent pas des terres aussi riches que les cultures. Elles ne préemptent donc pas les bonnes terres agricoles. Mieux, certaines espèces d'arbres reconstituent le sol en le structurant grâce aux racines, en l'humidifiant, en régénérant l'humus voire les nutriments azotés dans le cas de plantes légumineuses qui fixent l'azote de l'air, comme l'acacia ou le leucaena.

Contrairement aux cultures de céréales, de tubercules ou de légumes, la récolte ne nécessite pas de labourer le sol et de replanter car la souche de certaines espèces recèpe pour donner de nouvelles récoltes en maintenant le système racinaire intact.

Les zones humides dégradées par les incendies, l'érosion éolienne et hydrique, qui sont en voie de désertification, bénéficieraient de plantations de bois-énergie constituées d'espèces diverses. Tous les bois ont approximativement le même pouvoir calorifique par unité de matière sèche (5 MWh/tonne ou 0,4 tep).

Dans nos régions tempérées, un ha de bois-énergie produit jusqu'à 4 tep nette, trois fois plus d'énergie que le bioéthanol de betterave ou le biodiesel de colza.

Dans les régions tropicales humides, les rendements dépassent 8 tep. Depuis 35 ans, Arcelor a mis en œuvre au Brésil 100.000 ha de plantations de bois-énergie qui ont reçu le label environnemental FSC. Elles permettent la fabrication de charbon de bois moins cher que le coke pour la fabrication d'acier...vert.

D'après la FAO, 500 millions de tonnes de déchets de biomasse dans le monde sont brûlées chaque année au lieu d'être valorisées.

La planète elle-même produit spontanément chaque année au moins 36 Gtep de biomasse grâce à la photosynthèse, soit plus de trois fois la consommation mondiale d'énergie primaire.

La culture de bois est plus robuste que la plupart des cultures. Elle nécessite peu de travail. Dans nos régions, le cycle dure entre 6 et 10 ans, contre la moitié en zone tropicale humide.

Un pays comme le Sénégal pourrait produire toute son électricité (2TWh par an) de manière renouvelable, en utilisant seulement 100.000 ha de sol sur 19.000.000 ha (soit 0,5% du territoire), évitant ainsi l'importation de 500.000 t de pétrole.

Revenons chez nous

La Belgique, plus gourmande, doit actuellement faire face à une consommation de plus de 80 TWh d'électricité.

La production d'électricité en Belgique est principalement assurée par des centrales thermiques capables de fournir 16.000 MW, mais les pointes de puissance ne dépassent pas 14.000 MW. La puissance de base est toujours d'au moins 6.000 MW assurée par les centrales nucléaires.

On peut espérer que, d'ici 20 ans, le parc éolien fournisse environ 20% de cette production, à l'instar du Danemark. Ici aussi, l'assouplissement des règles d'aménagement du territoire est nécessaire pour faire face à la crise énergétique majeure que nous connaissons au XXI^e siècle. Par exemple, on interdit la construction d'éoliennes sur des provinces entières pour les réserver comme champ de manœuvre d'avions de chasse.

Cogénération à la biomasse

Mais on consomme aussi de l'électricité en absence de vent. Il est nécessaire que des centrales à biomasse prennent le relais à l'instar des centrales au charbon danoises. En été, pas besoin de produire beaucoup de chaleur, on peut donc optimiser les rendements électriques mais pendant les autres saisons, le flux de chaleur produit par les centrales est suffisant pour satisfaire nos besoins globaux en chauffage.

Pour remplacer les moyens actuels de production, il faudrait construire environ 1000 centrales à biomasse d'une puissance moyenne de 14 MW. La cogénération à la biomasse met en œuvre des centrales d'au moins 10 MW pour bénéficier de rendement électrique acceptable supérieur à 20%.

Le flux quotidien de chaleur associé est d'environ 30.000 MW de quoi couvrir quasi tous les besoins en chaleur en hiver.

On peut faire l'hypothèse que 80% des consommateurs puissent être reliés aux réseaux de chaleur, à l'instar des réseaux de gaz, moyennant l'installation de 50.000 km de réseau le long des voiries. Les 20% de consommateurs trop isolés pour justifier économiquement le raccordement devront produire leur chaleur individuellement, par exemple avec une chaudière à pellets, des granulés de sciure de bois.

Mais dans le cas de villes comme Bruxelles, tous les bâtiments seront raccordés au réseau. Comme le transport de la chaleur est optimisé si le transport est court, mieux vaut construire plusieurs centrales de taille moyennes (10MW à 20MW) qu'une plus grosse produisant trop de chaleur pour être consommée dans son voisinage. C'est ce qui empêche d'envisager les centrales nucléaires pour la cogénération. La centrale de Tihange par exemple, produit en permanence environ 2.600 MW de chaleur soit plus de 20 fois la puissance de chaleur consommé par la ville de Huy en hiver. Il faudrait transporter la chaleur dans toutes la Wallonie jusqu'à Arlon pour la consommer entièrement, ce qui n'est évidemment pas réaliste.

Combien ça coûte ?

Actuellement, la production d'électricité globale et de chaleur consommée dans les bâtiments en Belgique coûte environ 12 G€ (milliards d'euros) dont 7 G€ de combustibles fossiles ou fissile, le reste pour le fonctionnement et l'amortissement des centrales électriques et des chaudières individuelles.

Les 1000 centrales de cogénération représenteraient un investissement d'environ 35 G€ plus environ 15 G€ pour les réseaux de chaleur.

Avec un amortissement sur 40 ans, on peut calculer un coût global équivalent de 9G€ dont 5G€ de biomasse (80 Mt à 60€). On réaliserait donc une économie globale de 3 G€ dont 2 G€ sur la

balance commerciale. La cogénération reste moins chère que la production classique si le prix de la biomasse demeure inférieur à 100 €/t. Mais si le prix du gaz, du charbon ou du pétrole augmente, cette limite augmente également.

Combien cela rapporte-t-il ?

L'analyse microéconomique d'une centrale moyenne de 14 MW donne un taux interne de rentabilité de plus de 20% grâce aux certificats verts, soit nettement mieux qu'un projet éolien.

Les conditions économiques existent donc pour permettre la construction progressive de ces centrales qui s'inséreront dans le réseau électrique existant tout en créant leurs propres réseaux de chaleur.

La distribution de chaleur restera-t-elle privée ?

Il est vraisemblable que le réseau de chaleur devienne plutôt une infrastructure gérée par la collectivité, comme le réseau électrique ou le réseau routier. En effet, on peut imaginer un réseau commun sur lequel les producteurs injectent leur chaleur pour la vendre aux consommateurs raccordés. Les opérateurs traditionnels que sont les intercommunales seraient prédestinés à remplir cette nouvelle mission. La production de chaleur restera privée, à l'instar de la production électrique, pour faire jouer la concurrence sur un même réseau de chaleur.

Mais le transport de la biomasse ne va-t-il pas créer un charroi épouvantable ?

80 Mt de biomasse, cela paraît beaucoup comparé aux quelques 24 Mt de pétrole, d'essence ou de mazout qui circulent en Belgique chaque année. Les livraisons de mazout de chauffage, par exemple, nécessitent plus de 2 millions de déplacements sur nos routes. Nous n'avons pourtant pas le sentiment que les routes soient congestionnées par le charroi des camions citernes. A supposer que 1000 centrales à biomasse soient toutes approvisionnées par route, ce qui ne devrait pas être le cas, cela nécessiterait à peu près le même charroi grâce aux économies d'échelle de livraison.

Précisons également que le transport d'une tonne de bois sur 80 km, la distance moyenne entre le port et la centrale, dans un camion bien dimensionné, coûte environ 10 kWh d'énergie primaire à comparer au 5.000 kWh transportés. Le rendement énergétique du transport du bois, même par camion, sur de petites distances est donc excellent.

Et la pollution générée par la combustion du bois ?

La combustion du bois dans une chaudière industrielle à haute température produit moins de polluants que les combustions de pétrole ou de charbon. Les cendres, qui constituent 1% environ de la biomasse brûlée, sont valorisables dans les cultures.

Le bois présente l'énorme avantage par rapport au gaz naturel de ne pas émettre plus de CO₂ que celui qu'il a capté au cours de sa croissance. Son impact global sur l'effet de serre est donc nul. En généralisant la méthode, la Belgique produirait 52 Mt de CO₂ en moins sur les 120 Mt qu'elle rejette chaque année.

Les petites centrales sont nettement plus faciles à intégrer dans l'environnement que les grosses centrales TGV de plusieurs centaines de MW. De plus, elles ne présentent aucun risque d'explosion.

La suppression des chaudières individuelles au gaz ou au mazout rend cette méthode globalement beaucoup moins polluante. La qualité de l'air serait fortement améliorée.

Mais alors qu'est-ce qu'on attend ?

La complexité de la mise en œuvre vient de ce qu'il faut développer la logistique de l'approvisionnement de biomasse en amont de la centrale et de la distribution de la chaleur en aval. C'est nettement plus compliqué que de construire une centrale TGV « comme on a toujours fait ».

Encore plus en amont, il faut développer des plantations de bois énergie en Europe et dans les pays humides où les prix seront nettement plus compétitifs. Les bateaux devront être adaptés pour optimiser le transport du bois. Peut-être le bois torréfié par une cuisson à 300°C sur le lieu de production constituera-t-il le combustible du futur sous forme de granulés secs ?

Les producteurs de cogénération pourront sans doute garantir un prix d'achat fixe sur de longues durées aux producteurs de biomasse, permettant ainsi la mise en œuvre de plantations dont la première récolte demande plusieurs années d'attente.

La législation belge devrait être adaptée pour permettre la combustion de déchets de bois impur, nettement moins polluante que la combustion de charbon dans les centrales électriques ou de mazout dans les chaudières individuelles.

Certains pouvoirs politiques, également actionnaires dans des intercommunales de distribution de gaz, peuvent avoir des conflits d'intérêts. Ils devront donc faire la part des choses et donner la priorité à l'intérêt collectif global à long terme plutôt que de s'opposer à cette nouvelle concurrence, en refusant par exemple l'accès aux voiries.

Les consommateurs devront supporter qu'on ouvre, une fois encore, les trottoirs pour bénéficier ultérieurement d'une chaleur pas chère, à prix fixe, non polluante, renouvelable et fiable.

Il faudra former davantage de techniciens et d'ingénieurs car l'exploitation de 1.000 petites centrales et de 50.000 km de tuyaux va nécessiter au moins 20.000 emplois, sans compter ceux nécessaires au déploiement.

On attend peut-être tout simplement une ou deux centrales pilotes pour se convaincre que ce rêve peut devenir réalité !

Laurent MINGUET
Septembre 2007