

# La cogénération énergétique



*Ces dernières années, plusieurs centres sportifs ont installé un système de cogénération énergétique. Les impacts sont souvent positifs. Comment fonctionne cette installation ? Quels sont ses avantages ? A quoi faut-il être attentif ? Cet article fait le point sur un système encore trop méconnu.*

La cogénération énergétique désigne la production simultanée d'électricité et de chaleur dynamique.

La cogénération est en effet une forme de valorisation énergétique où l'énergie est utilisable simultanément sous deux aspects : de l'énergie calorifique sous forme de vapeur et de l'énergie mécanique directement transformée en électricité.

Le principal intérêt de la cogénération réside dans la diminution de la production de gaz à effet de serre au regard de la quantité d'énergie utilisée. Cette diminution d'impact sera maximisée par l'utilisation de combustibles d'origine non fossile (bois, biogaz, déchets,...).

Les systèmes de cogénération couvrent des gammes de puissances

allant de quelques dizaines de kW (micro cogénération) à plusieurs dizaines de MW (mégawatt). On distingue trois grandes familles de cogénération :

> La turbine à vapeur : utilisée couramment par les industriels qui ont des besoins importants de chaleur et d'électricité (chimie, papeterie, sucrerie).

> Le moteur thermique : fonctionne généralement au fioul domestique ou au gaz et est particulièrement adapté au chauffage de locaux pour des puissances limitées.

> La turbine à combustion : technique (turbine aéro-dérivée) qui s'est développée essentiellement dans l'industrie, dans les réseaux collectifs de chaleur ou les hôpitaux, des structures ayant des besoins énergétiques importants.

L'électricité est produite par un alternateur actionné soit par la vapeur, soit par une turbine à gaz ou au fioul, soit par un moteur thermique et est connectée au réseau de distribution d'électricité. La chaleur est produite sous la forme de vapeur d'eau pour être directement utilisée pour le chauffage urbain ou dans l'industrie.

La résolution du Conseil de l'Union européenne du 8 décembre 1997 souligne que la cogénération peut

apporter une contribution importante à la réduction des principaux gaz à effet de serre et fixe comme objectif le doublement des implantations endéans les 10 ans. A l'horizon 2020, la part globale de la production cogénérée dans l'ensemble de la Communauté devrait atteindre 30 à 40% de l'énergie totale produite.

Classification des installations de cogénération selon la directive 2004/8/CE du 11 février 2004 :

> Micro-cogénération : capacité maximale  $\leq 50$  kW

> Petite cogénération : puissance installée  $\leq 1$  MW

> Cogénération à haut rendement: production d'au moins 10% des valeurs références de production séparée de chaleur et d'électricité.

L'idée du système de micro-cogénération commence en 1987 en Nouvelle-Zélande, à l'Université de Canterbury. En 1993, le Docteur Clucas et le Professeur John Raine présentent leur projet de micro-cogénération à la Compagnie d'électricité locale. Le potentiel énergétique semble si prometteur que cette Compagnie décide d'investir dans le projet avec l'objectif de produire et de distribuer ces systèmes à grande échelle. En 2006, le projet évolue et est racheté par la plus grande société d'énergie de Nouvelle-Zélande produisant 100 % d'énergie renouvelable et détenue par le Gouvernement néo-zélandais. En Europe c'est en 2001 que les premières chaudières électrogènes sont testées sur le terrain et installées au Royaume-Uni. Ce modèle développé initialement en Nouvelle-Zélande est maintenant fabriqué en Espagne, toutes les pièces de la chaudière et du moteur sont d'origine européenne.

Ces chaudières électrogènes à condensation réduisent les factures de gaz et d'électricité grâce à un moteur Stirling (moteur à combustion externe) à  $\mu$ -cogénération Siemens double effet à 4 pistons particulièrement silencieux couplé à un alternateur qui produit de l'électricité.

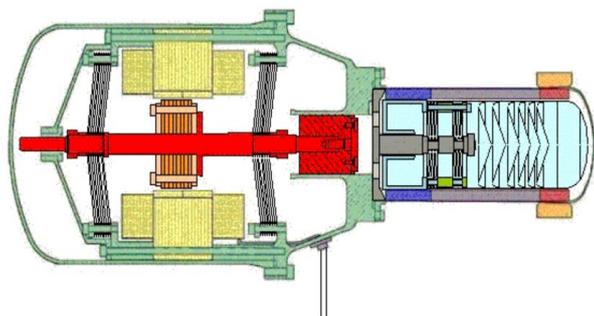


Schéma de principe du moteur Stirling

Ce type de chaudière fonctionne au gaz naturel, au gaz naturel liquéfié LNG ou au gaz propane. Ces chaudières à condensation développent une puissance comprise entre 7,5 et 14,5 kW et sont particulièrement adaptées aux usages domestiques standards. Dans nos contrées, la capacité énergétique d'une chaudière s'exprime en joule (l'unité joule étant très «petite» on lui préfère son multiple, le mégajoule, MJ -  $1 \times 10^6$  J) mais plus populairement elle s'exprime en kilocalorie Kcal ( $1 \text{ kW/h} = 3.600 \text{ MJ} = 860,42 \text{ Kcal}$ ).

Plusieurs moteurs Stirling peuvent être montés en parallèle pour fournir une puissance de 1kW en 230V ce qui représente environ 50% des besoins électriques moyens d'une maison individuelle.

Cette technologie qui n'en est encore qu'à ses balbutiements offre des rendements de l'ordre de plus de 90% ce qui réduit de facto les émissions de CO<sub>2</sub> et des gaz à effet de serre rejetés dans l'atmosphère. Pour comprendre les avantages de ces microcentrales de production ponctuelles il faut se pencher sur les spécificités de la problématique suscitée par la distribution de l'énergie électrique via les réseaux câblés.

En Europe les réseaux de distribution électrique sont interconnectés, on appelle ça le maillage. Il n'est donc pas rare que l'énergie électrique qui arrive dans nos foyers soit produite

à des milliers de kilomètres du point de consommation. Les pertes engendrées par le transport de l'énergie électrique via les lignes à haute tension peuvent atteindre 50% sur une distance de 1000 km. L'explication est physique et résulte de la résistance ohmique (même si elle est très faible) des câbles électriques de transport. Ces pertes se matérialisent par des émissions de chaleur et sont proportionnelles à la densité d'énergie transportée. (échauffement des câbles = effet joule non maîtrisable = pertes)

Ces éléments démontrent l'importance de produire de l'électricité à l'endroit même où elle est consommée. La production simultanée de chaleur et d'électricité au départ d'une même source permet une consommation plus durable et efficace. Ce type de  $\mu$ -cogénération entraîne une économie de +/- 1 tonne de CO<sub>2</sub> par famille et par an. Le rendement global d'une telle installation peut d'ailleurs dépasser les 100%. Pour ce type de chaudière développée par les néo-zélandais il atteint le seuil des 112%, 96% pour la production d'énergie thermique (chauffage), 11% pour l'énergie électrique (capacité électrogène) et 5% dissipés dans l'atmosphère tout en sachant que la production d'eau chaude sanitaire est également assurée. Les économies en terme financier sont évaluées à +/- 500 €/an pour

une maison unifamiliale ancienne (isolation peu performante) de 150 m<sup>2</sup> habitable.

### Qu'en est-il au niveau de nos infrastructures sportives ?

Tout gestionnaire sait à quel point ces infrastructures sont énergivores, il devient donc légitime de s'interroger sur la manière d'initier des projets viables susceptibles de réduire leur incidence énergétique. Aujourd'hui, les références en termes de réussites techniques et économiques ne manquent pas. Les perspectives de performances remarquables ont séduit plusieurs responsables de projet et les résultats obtenus sont plus qu'encourageants. Mais avant d'envisager ce type de solution il y a bien entendu une multitude de détails constitutionnels devant être revus : l'isolation thermique de l'enveloppe ainsi que l'étanchéité pneumatique en sont les principaux. Viennent ensuite les solutions envisagées pour le chauffage et la ventilation des locaux et en dernier lieu une gestion optimisée de l'éclairage.

### Exemples de réussites en quelques chiffres

En 2012 le Complexe Sportif de Blocry de Louvain la Neuve a procédé à une rénovation profonde de ses installations âgées de plus de 30 ans, comptant 22 salles de sports, 1 hall toilé, 2 bulles de tennis et 45 vestiaires répartis sur 17 350 m<sup>2</sup>. L'adoption de nouvelles chaudières, le placement d'une VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) double flux ainsi que l'intégration d'une GTC (Gestion Technique Centralisée) ont contribué à réaliser une économie d'énergie de 28% qui représente à leur échelle 88 000€/an! Fort de ces enseignements le Centre opte en 2013 pour la mise en service d'une cogénération aux performances adaptées à ses nouveaux besoins. Le ROI de cette unité est estimé à 6 ans.

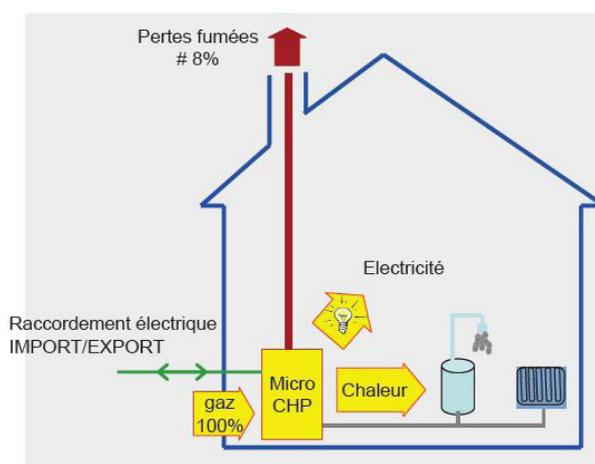
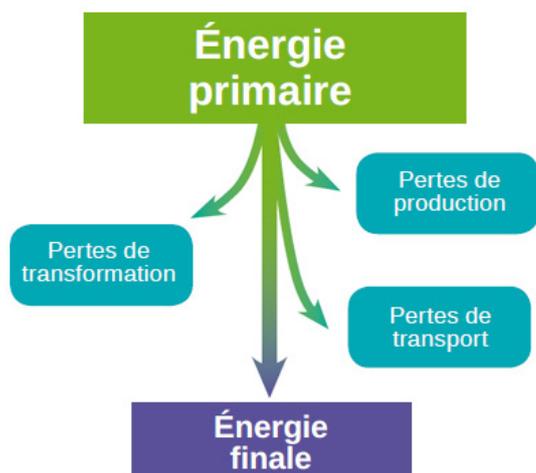


Schéma simplifié d'une installation de micro-cogénération résidentielle



Répartition des pertes engendrée par la distribution d'électricité.

Le Complexe Sportif d'Embourg (Liège) a développé un partenariat avec plusieurs entreprises régionales afin d'optimiser cette infrastructure de loin la plus énergivore de l'entité. Les résultats sont là aussi très encourageants. Résultat, la cogénération retenue fournit 81 kW de puissance calorifique et 50 kW de puissance électrique. L'investissement de 200.000€ sera entièrement amorti en 7 années alors que la durée de vie est estimée à 20 ans minimum. (Subside UREBA de 30%).

La piscine du Complexe «Sportcity» de Woluwé-Saint-Pierre a installé une cogénération de 210 kWth et 131 kWél au gaz naturel qui induit une économie d'énergie de l'ordre de 15%. Le ROI est de 5 ans.

**Ces arguments sont-ils suffisamment convainquants?**

A chacun sa position mais force est de constater qu'outre l'aspect économique, les enjeux écologiques engendrent une pression telle que des efforts financiers vont indubitablement devoir être consentis afin de respecter les engagements pris par les Autorités en matière de limitation de la production de gaz à effet de serre et directement liée, la maîtrise du réchauffement global de la Planète.

Contenir l'augmentation de la température moyenne sous la barre exigeante de 1,5 °C d'ici l'entame du 22ème siècle, les résultats de la récente Conférence Mondiale sur le Climat COP 21, sont là pour nous le

rappeler. Elle a quand même rassemblé 20 à 25.000 personnes de tous horizons et plus de 180 Chefs d'Etat et de Gouvernement. C'est dire à quel point l'état se resserre et préfigure les efforts qui vont devoir être consentis par l'ensemble des citoyens consommateurs d'énergie que nous sommes tous. Qu'on le veuille ou non, c'est vers ce type de solution qu'il va falloir se diriger. La généralisation de ces solutions garantissant une gestion intelligente et responsable des combustibles d'origine fossile va entraîner une diversification de l'offre et surtout une chute drastique des coûts d'investissement à l'instar des conditions d'achat de panneaux photovoltaïques ces dernières années.

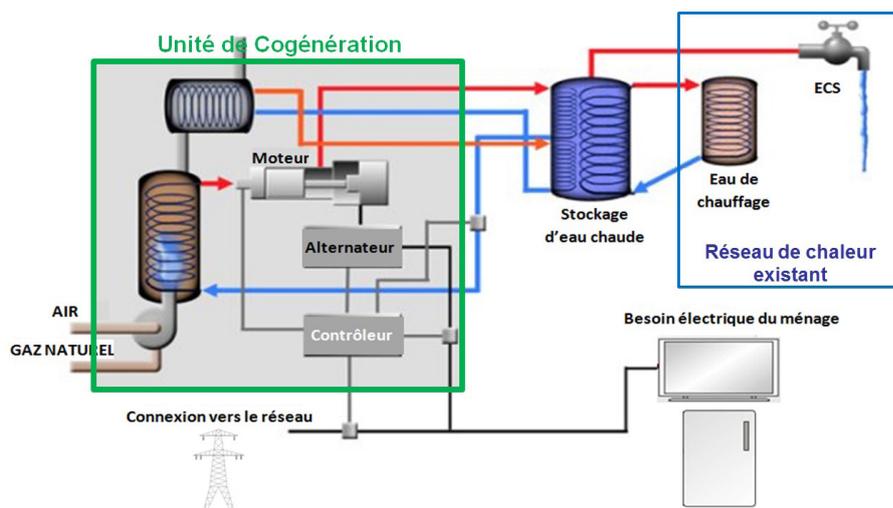
En ce qui concerne nos infrastructures sportives, plus gourmandes en énergie, la problématique est un peu plus complexe. Ne pouvant souvent pas couvrir l'entièreté de la demande de chaleur d'un site, une cogénération sera combinée à une chaudière auxiliaire qui assurera le complément de puissance nécessaire. Elle peut aussi bien s'installer en rénovation ponctuelle aux côtés de chaudières existantes qu'en réhabilitation complète. Dans ce dernier cas, le cogénérateur peut remplacer une chaudière redondante prévue initialement.

La connaissance de son profil de besoin en énergie calorifique et de sa consommation électrique est primordiale pour dimensionner une installation optimale d'un point de vue énergétique et à la rentabilité garantie. Il faut absolument dimensionner la co-

génération sur base des besoins en chaleur après avoir établi une courbe de chauffe. Il convient de déterminer une puissance thermique qui permette à l'unité de cogénération de fonctionner idéalement au moins 5.000 heures par an.

Un réseau de chaleur alimenté par une cogénération au gaz doit s'appuyer au niveau économique, sur une densité énergétique (kWh/m de conduite) importante, faute de quoi son coût sera prohibitif. Par contre, notamment grâce aux aides financières publiques (certificats verts majorés), il peut être envisagé une installation centralisée fonctionnant à la biomasse. Ce type d'installation est d'autant plus intéressant d'un point de vue environnemental et financier s'il permet de valoriser une biomasse considérée comme déchet : biomasse sèche (déchets de l'industrie du bois, plaquettes, copeaux, ...) ou biomasse humide (déchets de l'industrie agro-alimentaire). Il convient toutefois d'être particulièrement attentif à sécuriser l'approvisionnement en qualité, quantité et prix sur une longue durée.

La cogénération est rentable financièrement. Cette rentabilité est possible grâce à la réduction de la facture électrique. L'électricité produite et utilisée n'est plus achetée au distributeur. Si l'installation a une puissance électrique inférieure à 10 kW, l'électricité excédentaire produite par rapport aux besoins instantanés sert à diminuer voire annuler la consommation aux moments où la cogénération n'est pas suffisante pour fournir toute l'énergie électrique appelée (le compteur tourne à l'envers !). Si l'ins-



tallation est plus puissante, l'électricité produite en excédent est rachetée par le distributeur à un prix nettement moindre (2 à 3 fois moins) que le prix d'achat par le client. Ce prix de rachat doit être négocié et risque de perturber la rentabilité



La preuve que le centre sportif dispose d'une cogénération de qualité est fournie par un système de comptage placé sur l'installation. Dans le cas d'un réseau de chaleur commun aux bâtiments sportifs alimentés par une cogénération fonctionnant à la biomasse, l'électricité sera le plus souvent entièrement revendue au distributeur électrique. La perte sur la facture électrique engendrée par le prix moindre sera cependant largement compensée par l'octroi d'une quantité beaucoup plus importante de certificats verts, ce qui permet le surcoût du réseau de chaleur. Ces fameux certificats verts sont bel et bien maintenus dans ce cas de figure contrairement au photovoltaïque domestique ( $\leq 10$  kW), pour ces installations de cogénérations.

Pour exemple, une installation de 16 kW électriques et 30 kW thermiques, produisant environ 100.000 kWh de chaleur par an sera remboursée en environ 5 ans (pour un coût d'installation de 60.000 €). La rentabilité sera fonction de la taille de l'installation, de son coût spécifique (€/kW) diminuant avec la taille et du pourcentage d'autoconsommation de l'électricité produite. Tout l'enjeu réside dans la qualité de l'étude technique et du dimensionnement judicieux de l'installation. Une estimation non maîtrisée pourrait engendrer une rentabilité négative préjudiciable à l'essence même d'un projet. Une campagne de mesures et d'évaluation scientifiques devra être initiée afin d'en fixer les paramètres au plus juste des besoins effectifs. Pour atteindre la quintessence

du système on veillera à sous dimensionner légèrement le cogénérateur pour qu'il travaille toujours dans sa plage de rendement maximum, un surdimensionnement aurait pour effet d'en voir chuter la rentabilité.

A partir d'un besoin de chaleur de l'ordre de 150 000 kWh/an (ou 15 000 m<sup>3</sup> gaz/an), il peut être tout-à-fait intéressant d'envisager de couvrir une partie de ses besoins énergétiques au moyen d'une installation de cogénération au gaz (ou au biogaz). Dans une zone industrielle, une commune, ou collectivité générant des résidus de biomasse, ces derniers peuvent utilement être valorisés dans une production d'énergie centralisée alimentée par une cogénération. Dans les deux cas, la rentabilité financière du projet sera assurée grâce aux aides octroyées par la Région aux producteurs d'électricité verte sous la forme de certificats verts. Des temps de retour sur investissement (ROI) allant de 2 à 7 ans peuvent ainsi être obtenus. Une condition indispensable cependant: le système doit être dimensionné de sorte que l'ensemble de la chaleur produite puisse être absorbée par le site de destination. Produire de l'électricité sans valoriser la chaleur résiduelle du processus ne peut en aucun cas être considéré comme un système énergétiquement performant. Comme expliqué précédemment une définition précise des besoins de chaleur du site est donc un point essentiel pour garantir la qualité d'un projet.

Le décret wallon du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité a prévu en son cha-

pitre X la création d'un mécanisme de promotion des énergies renouvelables et de la cogénération de qualité. En particulier, le décret prévoit l'encouragement de la production d'électricité verte en Wallonie grâce notamment à la mise en place d'un système de certificats verts. L'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 détermine les conditions d'attribution et fixe les modalités et la procédure d'octroi de ces certificats verts. Ce système autorise l'octroi de certificats verts aux producteurs reconnus comme « producteur d'électricité verte » au prorata de leur production nette et du taux d'économie de CO<sub>2</sub> de la filière de production. (source: CWaPE, Commission Wallonne pour l'Energie.)

Dans le contexte particulier de la mise en place et du fonctionnement d'un système de certificats verts en Région wallonne, il revient à la CWaPE de :

- > définir et publier annuellement les rendements annuels d'exploitation installations modernes de référence pour la production séparée d'électricité, de chaleur et de froid;
- > définir et publier annuellement les émissions de dioxyde de carbone de la filière électrique classique;
- > par extension, définir et publier annuellement les émissions de dioxyde de carbone des installations modernes de référence pour la production de chaleur et de froid.

● **Jean-Laurent AGUILAR**

Conseiller technique AES

