

Etat de l'Environnement wallon

Etudes - Expertises

La cogénération en Région wallonne

Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du
Rapport analytique 2006-2007 sur l'Etat de l'Environnement wallon

*Ce Rapport est réalisé sous la responsabilité exclusive de son auteur
et n'engage pas la Région wallonne*

Yves MARENNE

Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable
(ICEDD asbl)



www.icedd.be

Septembre 2006

Les Rapports sur “l'état de l'environnement wallon” sont établis par la Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGRNE) du Ministère de la Région wallonne, en étroite collaboration avec les universités et les centres de recherche francophones de Wallonie et de Bruxelles (Art. 5 du Décret du 21 avril 1994 relatif à la planification en matière d'environnement dans le cadre du développement durable).

Le 31 mai 2002, le Gouvernement wallon a adopté une convention -cadre pour financer la mise en place d'une coordination inter-universitaire, fondée sur une équipe scientifique permanente et sur un réseau d'expertise. Cette convention-cadre a été passée avec le Centre d'Etude du Développement Durable (CEDD) de l'Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire (IGEAT) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB). L'équipe scientifique est pluridisciplinaire et travaille avec la DGRNE qui assure la coordination générale. Les chercheurs comme les experts scientifiques sont issus de différentes universités.

<http://environnement.wallonie.be/eew/>

1. Qu'est-ce que la cogénération ?

La cogénération consiste à produire simultanément de l'électricité (ou de la force motrice) et de chaleur. De cette façon, on valorise la chaleur dégagée lors du fonctionnement d'une machine thermique¹ (un moteur, une turbine à gaz ou encore une turbine à vapeur), qui serait sinon dissipée dans l'environnement et donc perdue². Cette opération permet d'améliorer le rendement global d'une installation en récupérant (une partie de) la chaleur dégagée, pour assurer par exemple le chauffage de bâtiments, ou fournir les besoins en chaleur de procédés industriels.

En pratique, les gaz d'échappement (et éventuellement l'eau de refroidissement) passent à travers un échangeur pour y céder une partie importante de la chaleur qu'ils contiennent. Celle-ci peut alors être utilisée par un consommateur pour répondre à ses besoins thermiques.

2. Quelles sont les technologies utilisées pour réaliser de la cogénération ?

En Région wallonne, trois grands types d'installations sont aujourd'hui utilisés pour produire simultanément de l'électricité et de la chaleur. Ils se distinguent principalement sur base de la technologie mise en œuvre (turbine à vapeur, turbine à gaz, moteur à explosion), du ou des combustible(s) utilisé(s), ainsi que de leur taille (et par conséquent des applications possibles).

2.1. Les turbines à vapeur

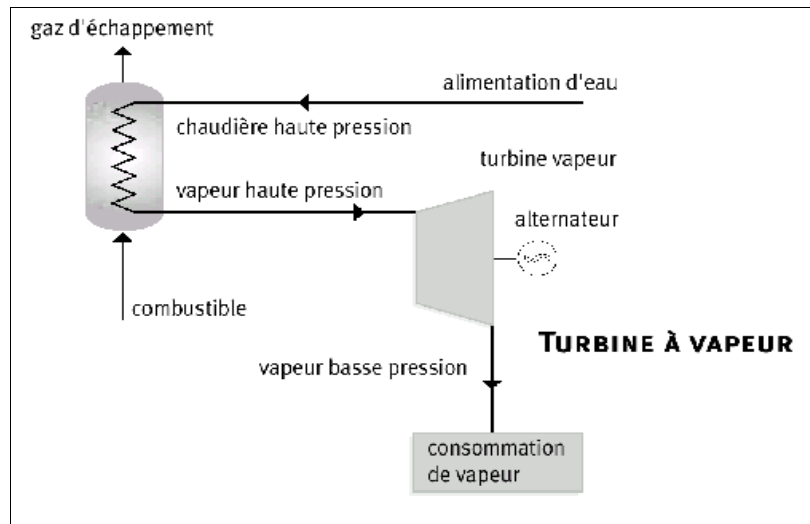
Historiquement, les premières installations de cogénération mises en œuvre étaient basées sur des cycles à vapeur ([Figure 1](#)). Ces derniers ont été utilisés dès la première moitié du 20^{ème} siècle dans de nombreuses industries (sucrieries, chimie, sidérurgie, papeterie ...) pour couvrir les besoins en électricité et en chaleur. Dans ce type d'installation, un combustible (qui peut être assez varié : charbon, fuel, gaz naturel, bois ...) est brûlé dans une chaudière pour générer de la vapeur à partir d'eau liquide. La vapeur est ensuite utilisée pour actionner une turbine, qui entraîne un alternateur électrique. La vapeur qui sort de la turbine n'a cependant pas épuisé tout son contenu énergétique (sa pression peut encore être supérieure à 1 bar et sa température proche des 200°C). Elle est donc redirigée dans un système de tuyauteries qui conduit la chaleur là où elle est requise (chauffage, évaporateur ...). En se refroidissant, la vapeur se transforme en eau liquide, qui est renvoyée vers la chaudière pour y être à nouveau vaporisée dans un nouveau cycle. Le système produit simultanément de l'électricité et de la chaleur : on peut donc bien parler d'une unité de cogénération.

¹ Une machine thermique n'est en effet capable de transformer en énergie mécanique utile qu'une partie de l'énergie qu'elle consomme, la fraction restante étant perdue sous forme de chaleur. Cette limitation est connue sous le nom de rendement de Carnot, calculé par la formule $\eta = 1 - (T_{\text{source froide}} / T_{\text{source chaude}})$, où $T_{\text{source froide}}$ est la température du milieu extérieur qui permet de refroidir la machine. Il s'agit généralement de l'eau d'une rivière ou de l'air ambiant. $T_{\text{source chaude}}$ est la température de combustion à l'intérieur du moteur, de la turbine ou de la chaudière.

² Un exemple bien connu de ce faible rendement est le cas des moteurs de voiture : tout le monde a déjà pu constater que les gaz d'échappement sont très chauds même, et cette chaleur est dispersée dans l'atmosphère via le pot d'échappement. De même, une voiture a impérativement besoin d'un radiateur qui refroidit son moteur en évacuant une autre part de la chaleur excédentaire.

Aujourd'hui, peu de nouvelles turbines à vapeur sont mises en œuvre. En effet, ce type d'installation nécessite de lourds investissements, qui ne se justifient que dans le cas de machines de moyenne ou de forte puissance (dans l'industrie du bois notamment).

Figure 1 : Schéma de fonctionnement d'une cogénération basée sur une turbine à vapeur



Source : Guide de préféabilité 2003 – ICEDD pour la Région wallonne

2.2. Les turbines à gaz

Une cogénération peut aussi être basée sur la technologie des turbines à gaz, comme indiqué à la **Figure 2**. Dans ce cas, un combustible (généralement du gaz naturel) est brûlé dans une turbine à gaz³. La détente des gaz chauds dans la turbine entraîne directement un alternateur, qui produit de l'électricité. Les gaz qui s'échappent de la turbine sont encore très chauds (de l'ordre de 600°C) ; ils peuvent donc être utilisés pour chauffer de l'eau, et éventuellement la transformer en vapeur, afin de satisfaire des besoins en chaleur⁴. Si la vapeur produite est injectée dans une turbine à vapeur, on retrouve le cycle de la Turbine Gaz Vapeur (TGV), utilisée notamment pour produire une partie de l'électricité en Région wallonne⁵.

L'installation peut éventuellement être équipée d'un système de postcombustion, dans lequel un combustible est brûlé pour remonter la température de la vapeur à un niveau plus élevé⁶.

Les cogénérations basées sur les turbines à gaz sont généralement installées dans des industries grosses consommatrices d'énergie (électricité et chaleur). En effet, bien que l'investissement soit moins élevé que dans le cas des turbines à vapeur décrites plus haut, ce type de technologie reste onéreux et donc réservé à des applications de moyennes et de fortes puissances (plus de 5 MWe), même si des micro-turbines à gaz fonctionnant au gaz naturel ou au biogaz font leur apparition sur le marché.

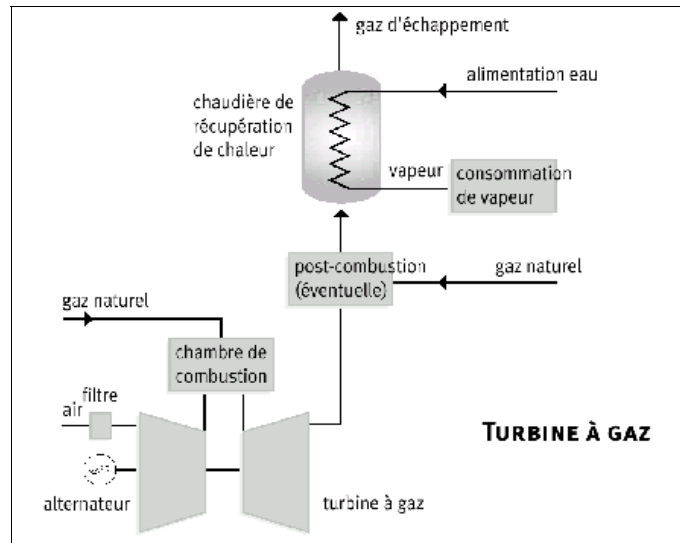
³ Une turbine à gaz est une machine similaire à un réacteur d'avion

⁴ Idéalement, les besoins en chaleur doivent être localisés à proximité de l'installation, afin notamment de limiter les pertes thermiques liées au transport de l'eau chaude (ou de la vapeur).

⁵ Voir chapitre spécifique (Production d'électricité)

⁶ Le but ultime étant d'augmenter la puissance unitaire de l'installation, et son rendement

Figure 2 : Schéma de fonctionnement d'une cogénération basée sur une turbine à gaz

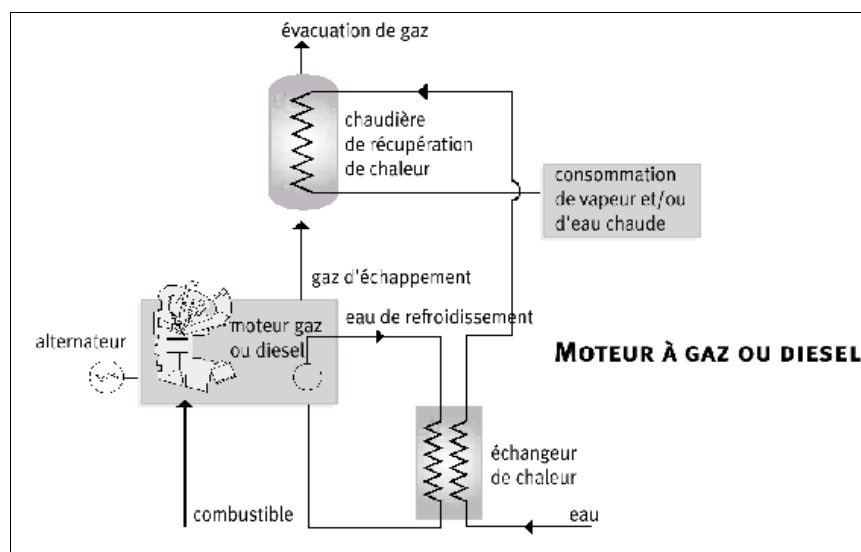


Source : Guide de préféabilité 2003 – ICEDD pour la Région wallonne

2.3. Les moteurs

La troisième technologie utilisée pour la production combinée d'électricité et de chaleur est celle des moteurs à explosion. Dans ce cas (Figure 3), c'est un moteur classique de voiture ou de camion qui entraîne l'alternateur, qui produit l'électricité. La chaleur contenue dans les gaz d'échappement et dans l'eau de refroidissement du moteur est récupérée via des échangeurs de chaleur.

Figure 3 : Schéma de fonctionnement d'une cogénération basée sur un moteur à explosion



Source : Guide de préféabilité 2003 – ICEDD pour la Région wallonne

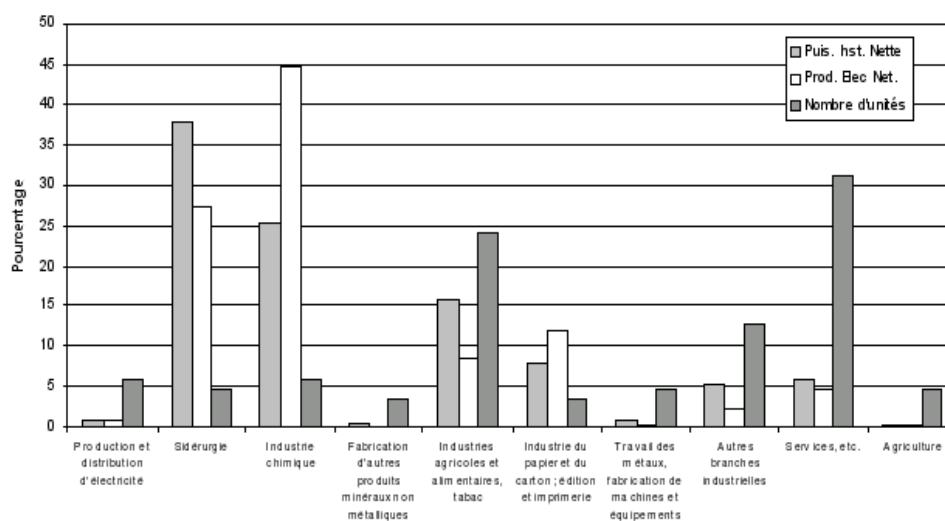
En termes de nombre d'installations, c'est assurément cette technologie qui a le vent en poupe à l'heure actuelle. Elle est en effet bien adaptée à des applications de petite taille, et peut donc être utilisée pour chauffer des locaux ou de l'eau chaude sanitaire, dans le secteur tertiaire (hôtels, hôpitaux, piscines, centres de loisirs ...) voire même, dans un avenir proche, dans les maisons particulières⁷.

3. Qui utilise la cogénération en Région wallonne ?

Sans surprise, c'est dans les industries qui ont de gros besoins en chaleur (chimie, sidérurgie, papier, agroalimentaire) qu'on trouve surtout les unités de cogénération en Région wallonne (Figure 4). Le site de Solvay à Jemeppe-sur-Sambre est ainsi équipé de deux turbines à gaz qui produisent de l'électricité et alimentent en vapeur l'ensemble du site de production. Dans le secteur de la sidérurgie, les gaz de hauts-fourneaux et de cokerie sont récupérés puis brûlés dans des centrales électriques qui produisent de l'électricité mais aussi de la vapeur, utilisée pour alimenter certains processus (décapage, laminage, dégraissage ...). De son côté, le secteur du papier utilise comme principale source d'énergie primaire les déchets de bois provenant de la fabrication de la pâte à papier. Dans le secteur agro-alimentaire, ce sont surtout les sucreries qui recourent à la cogénération, sur base de turbines à vapeur ou de moteurs. A noter en particulier que, depuis 2002, une entreprise de ce même secteur utilise le biogaz issu de l'épuration de ses déchets pour alimenter une unité de cogénération d'une puissance électrique de 2,5 MW.

Ces dernières années, on a aussi assisté à la mise en oeuvre de nombreuses installations dans le secteur tertiaire (services). Comme mentionné plus haut, il s'agit là de plus petites unités, habituellement des moteurs à gaz qui alimentent par exemple des hôpitaux, ou encore des piscines en électricité et en chaleur.

Figure 4 : Situation de la cogénération⁸, en Région wallonne par secteur d'activité (année 2004)



Source : Bilan énergétique de la Région wallonne 2004, les centrales de cogénération en Wallonie

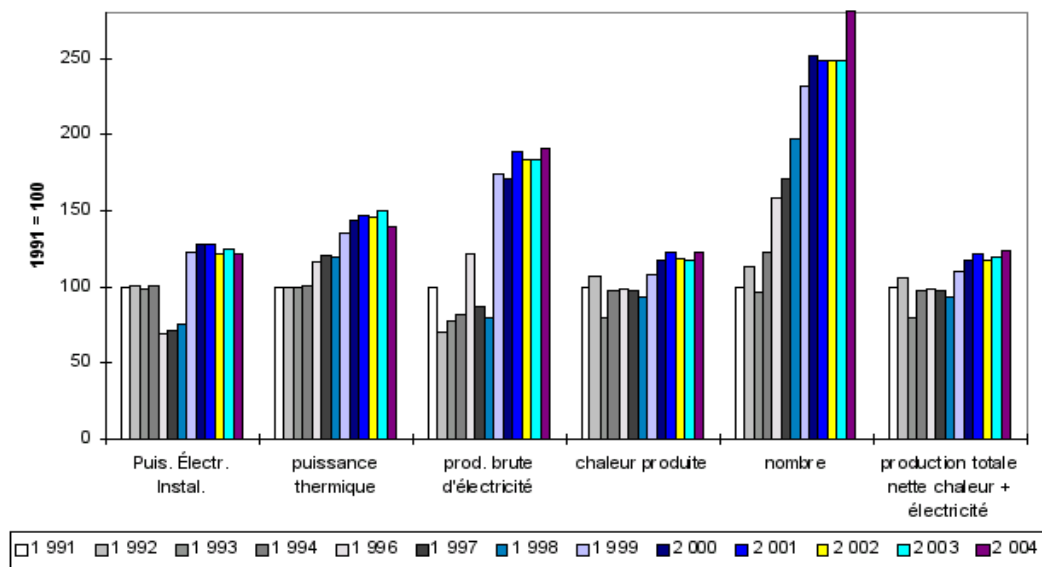
⁷ Dans ce dernier cas, c'est un moteur comparable à celui d'une tondeuse à gazon qui est utilisé.

⁸ Cette figure reprend l'ensemble des installations de cogénération situées en Région wallonne, y compris celles qui ne répondent pas aux critères de qualité définis par la CWaPE (voir plus loin, la notion de "cogénération de qualité").

4. Evolution de la production en Région wallonne

La Figure 5 illustre l'évolution de la cogénération en Région wallonne au cours de ces 10 dernières années. C'est surtout le nombre de nouvelles installations qui a augmenté, reflétant la mise en œuvre de nombreuses machines de relativement faible puissance unitaire (et donc de faible production annuelle) dans le secteur tertiaire.

Figure 5 : Indice d'évolution de la cogénération en Région wallonne



Source : Bilan énergétique de la Région wallonne 2004, les centrales de cogénération en Wallonie

5. Impacts environnementaux : cas du CO₂ et système des certificats verts

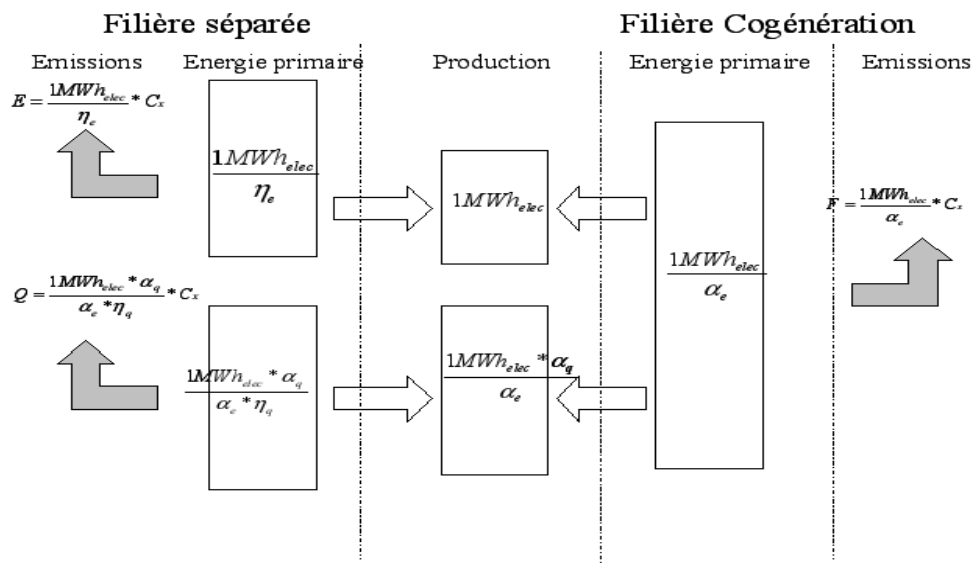
La cogénération n'est pas en soi une nouvelle forme d'énergie, qui représenterait une solution miracle aux problèmes d'approvisionnements ou encore aux impacts sur l'environnement liés à l'utilisation des énergies fossiles. Il s'agit néanmoins d'une méthode permettant de mieux valoriser le contenu énergétique d'un combustible donné, qu'il soit d'origine renouvelable ou non, ce qui a des conséquences favorables notamment en termes d'émissions de CO₂. Cette économie d'émissions constitue d'ailleurs son principal avantage d'un point de vue environnemental. Une cogénération, si elle est bien conçue et bien pilotée, émet en effet comparativement moins de CO₂ pour produire une quantité donnée d'électricité et de chaleur que si ces dernières étaient produites de façon séparée.

En pratique, le principe du calcul de l'économie de CO₂ associé à une cogénération, tel qu'il est réalisé en Région wallonne, est illustré à la Figure 6. La partie centrale de la figure reprend les quantités d'électricité (1 MWh_{elec}) et de chaleur (1 MWh_{elec} * (α_q/α_e)) produites à partir de sources primaires d'énergie, soit de façon séparée (partie gauche de la figure), soit via une filière de cogénération (partie droite de la

figure). Les quantités E et Q, dont les formules sont données à la Figure 6, sont les émissions de CO₂ de la filière séparée alors que F, également représenté à la Figure 6, donne les émissions de CO₂ de la cogénération pour produire cette même quantité d'électricité et de chaleur. Sur cette base, l'économie relative de CO₂ associée à la cogénération est définie par la formule :

$$\tau = \frac{E + Q - F}{E}$$

Figure 6 : Schéma de principe des économies de CO₂ réalisées par une cogénération de qualité



Où :

$\alpha_e \alpha_q$ représentent les rendements électriques et thermiques des unités de cogénération

$\eta_e \eta_q$ représentent les rendements électriques et thermiques des unités de production séparée de référence.

η_e est donc le rendement de production d'électricité d'une centrale de type TGV soit 55% alors que η_q représente le rendement thermique d'une chaudière à haut rendement soit 90%.

C_x , quant à lui, représente le coefficient d'émission de CO₂ de la source d'énergie primaire considérée. Pour le gaz naturel, cas le plus fréquent, C_x vaut 251 kg CO₂ / MWh_{gaz}⁹

En Région wallonne, on parle de cogénération de qualité¹⁰ quand l'économie de CO₂ atteint un minimum de 10% par rapport à la filière séparée, ce qui donne par ailleurs droit à des certificats verts¹¹.

⁹ Le lecteur intéressé pourra trouver un descriptif plus complet du dispositif des certificats sur le site de la CWaPE à l'adresse suivante : <http://www.cwape.be/servlet/Repository?IDR=587>

¹⁰ La liste des unités de cogénération de qualité en Région wallonne est disponible sur le site de la CWaPE, à l'adresse <http://www.cwape.be/xml/themes.xml?IDC=1051>

¹¹ Par exemple, qu'une cogénération fonctionnant au gaz naturel et présentant un rendement électrique de 35 % et un rendement thermique de 50 % permet de réaliser une économie de CO₂ de 30 %. Chaque MWh_e produit par cette installation donnera droit à 0,3 certificats verts. Voir aussi le chapitre spécifique (Energies renouvelables) pour une description du marché des certificats verts en Région wallonne.