

BIOGAZ COGENERATION

BESANCON (France)

Plusieurs municipalités se sont lancées dans des expériences de valorisation énergétique d'une énergie renouvelable qui provient de la gazéification des déchets ménagers ou/ et agricoles ainsi que des stations d'épuration des eaux usées : le biogaz comme fioul. Parmi eux la ville de Besançon – membre d'Energie-Cités - qui récupère le biogaz à sa station d'épuration pour la production simultanée de chaleur et électricité - la cogénération. Celle-ci permet d'augmenter le rendement énergétique jusqu'à 80% ou même plus selon la technique utilisée.

LA VILLE

Besançon, capitale de la Franche-Comté, a environ 120.000 habitants. Le centre ville se trouve dans un méandre de la rivière Doubs et est dominé par la 'Citadelle', fortification construite par Vauban. Durant le 18^{ième} siècle, des horlogers suisses vinrent s'installer dans la capitale franc-comtoise et fondèrent ainsi une tradition d'horlogerie, aujourd'hui en partie remplacée par les microtechniques.

Données climatiques :
Degrés jours (Base 18 °C): 2878



CONTEXTE

Besançon est une des villes françaises où la maîtrise de la demande d'énergie, les énergies renouvelables et la préoccupation d'environnement en général ont une longue tradition : En 1977 fut créé un poste d'Adjoint au Maire responsable de l'environnement. Parmi les nombreuses actions de la Ville de Besançon, on peut citer:

- La gestion informatisée des bâtiments municipaux: le suivi et le monitoring des consommations énergétiques de chaque bâtiment sont effectués par informatique. Cet outil permet de surveiller, de commander et régler à distance le fonctionnement de 160 chaufferies, d'établir un tableau de bord avec des ratios techniques et financiers pour comparer les bâtiments entre eux et un bilan énergétique annuel.
- Depuis la fin des années 80, Besançon a introduit aussi la télégestion de l'éclairage public. Cette gestion informatisée des consommations d'électricité pour l'éclairage public permettant l'optimisation des contrats de fournitures d'électricité.
- Depuis 1992, on utilise la géothermie au centre administratif municipal de Besançon. Une chaufferie centrale de 2 MW avec un petit réseau de chaleur au centre administratif municipal et installation d'une pompe à chaleur eau/ eau en parallèle valorise l'énergie disponible dans la nappe phréatique. Cette "énergie" est également utilisée pour la climatisation des salles "informatiques" situées à proximité.

EXPERIENCE DE BESANCON

La Station d'épuration de Port Douvot existe depuis 1968, avec une ligne d'épuration principale de 120.000 équivalent-habitants mise en service en 1978 et complétée en 1992, par une deuxième ligne d'une capacité de 80.000 équivalent-habitants. Ces deux lignes utilisent la technique des boues activées après décantation primaire. La charge moyenne de l'installation est actuellement de l'ordre de 145.000 équivalent-habitants, environ 35.000m³ par jour traités biologiquement en 2001.

Le traitement de boues

Le traitement qui est commun aux deux lignes comprend classiquement trois étapes : épaissement, digestion et déshydratation. C'est pendant la digestion que l'on obtient le



biogaz. Chauffées à 37°C et brassées, les boues maintenues en atmosphère sans oxygène font l'objet d'une activité biologique intense. La digestion conduit, au terme de 3 semaines, à la réduction de plus d'un tiers des matières sèches entrantes et à la production journalière d'environ 3.500 Nm³ de biogaz à 65% de méthane. Les boues digérées sont ensuite déshydratées avant recyclage en agriculture.

La production de biogaz est une fonction directe de la quantité de matières organiques, avec un maximum de 0,5 Nm³ de biogaz par kg de matières organiques introduites en digestion. L'optimisation de la production passe par un suivi rigoureux des conditions de digestion des boues.

Utilisation du biogaz produit

Le biogaz produit pendant l'étape de la digestion est utilisé sur place en cogénération, pour la production simultanée de chaleur et d'électricité. Une première installation était en fonction entre 1980 et 1993. Elle comprenait une série de petits moteurs de 1.000 m³ produisant chacun 11kW.

Un appel d'offres a été lancé en 1993 pour moderniser cette installation devenue obsolète. La société CEGELEC a été retenue pour fournir et installer un cogénérateur de marque JENBACHER permettant de valoriser la production totale du biogaz produit.

Le biogaz ainsi produit est stocké dans deux types de réservoirs différents : dans trois gazomètres de 1.200 Nm³, le gaz est stocké sous une pression d'environ 15 mbars. Un deuxième réservoir de 70m³ situé au-dessus des digesteurs avec une pression de 30 bars (soit environ 2.100 Nm³) complète la réserve de biogaz.

La production moyenne actuelle de biogaz correspond à un fonctionnement du cogénérateur de 12 à 16 heures par jour sur la base d'une consommation horaire de 220 Nm³. La gestion du stockage sous pression permet de synchroniser la production d'énergie avec le tarif jour de l'électricité. L'énergie thermique du moteur est utilisée, par l'intermédiaire d'échangeurs tubulaires à eau, pour chauffer les boues dans les digesteurs (de 7.000 à 10.000 kWh thermique par jour). Des chaudières complémentaires à biogaz soutiennent le cogénérateur en cas d'insuffisance thermique. Hors aléas de fonctionnement, l'installation est autosuffisante en énergie thermique, sans surplus en hiver. Pendant cette saison, tout le biogaz est brûlé à cause de la température plus basse des boues qui nécessite un apport

calorifique plus important qu'en été ou en demi-saison. La quasi-totalité de l'énergie électrique produite par le cogénérateur est consommée par la station d'épuration elle-même dont la puissance souscrite au réseau est de 930 kW hors pointe. L'autoproduction couvrirait dans les quatre premières années de fonctionnement un quart des besoins en énergie électrique. La revente à EDF intervient de façon très marginale en période d'heures de pointe d'hiver, grâce à un délestage optimisé des points de consommation principaux de la station.

Caractéristiques techniques du module de cogénération et chiffres de production

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	PRODUCTION D'ENERGIE
<p>moteur à gaz (données constructeur):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 cylindres en V • 30 litres de cylindrée • alimentation turbocompressée avec échangeur • puissance mécanique à l'arbre : 630 CV à 1.500 tr/ min • puissance thermique : 567 kW • rendement électrique : 37,1% • rendement thermique : 46,3% • rendement total : 83,4% <p>génératrice électrique de STAMFORD : 450 kW sous 400 V</p>	<p>énergie électrique (arrondis) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1995 : 1.518.000 kWh • 1996 : 1.306.000 kWh • 1997 : 1.506.000 kWh • 1998 : 885.000 kWh • 1999 : 782.000 kWh • 2000 : 1.248.000 kWh • 2001 : 551.000 kWh <p>production de chaleur : 7.000 à 10.000 kWh par jour.</p>

Financement

L'installation a été financée principalement par le Service Assainissement de la Ville de Besançon et avec l'aide de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.

Budget Assainissement de la Ville de Besançon	368.900 €
Agence de l'Eau Rhône, Méditerranée, Corse	
• Subvention	201.200 €
• Avance remboursable	100.000 €
Coût de l'acquisition	670.100 €

Maintenance

Pendant les quatre années de fonctionnement, les coûts de maintenance se sont avérés plus élevés que prévu, cependant que le pourcentage d'auto-production d'électricité sur la station d'épuration de Besançon diminuaient.

année	pourcentage d'autoproduction	coûts de maintenance (€, arrondis)	coût marginal du kWh produit (€-cents, hors taxes)
1995	28%	23.800	1,58
1996	24%	27.000	2,10
1997	28%	47.000	3,13
1998	16%	34.000	3,86

Simultanément on a observé plusieurs phénomènes : une production d'électricité plus faible que prévue ; des coûts de maintenance en augmentation ; une augmentation corrélative continue du coût marginal du kWh produit depuis 1995 ; un prix d'électricité en baisse. Ceci a amené la Ville de Besançon à réserver le fonctionnement de la cogénération sur les cinq mois de tarif "hiver" d'EDF. En effet, il y a en hiver trois tarifs qui varient entre 14,5 et 4,7 Eurocents, selon les heures de la journée, le tarif le plus bas ne s'appliquant que pendant les heures creuses de nuit. En été, les tarifs sont beaucoup plus bas, entre 3,0 et 2,1 Eurocents. Ces prix extrêmement bas dissuadent une production d'électricité en été, au coût actuel de 3,9 Eurocents le kWh. Cela permettra à la Ville de Besançon d'étaler l'amortissement de

l'installation en préservant l'essentiel du gain sur la facture énergétique. Durant cette période d'été, le chauffage des boues sera donc réalisé par le biogaz, avec des chaudières mixtes biogaz-fuel (le fuel est utilisé pour démarrer la digestion, ou en secours en cas de pollution toxique inhibant l'activité des bactéries méthanogènes). Il y aura donc un surplus en biogaz qui sera brûlé en torchère sans utilisation énergétique.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

L'expérience de Besançon montre particulièrement bien l'influence des prix des énergies sur l'évolution de la cogénération et l'utilisation des énergies renouvelables. Même si le prix du kWh produit par le biogaz est l'un des moins élevés parmi les énergies renouvelables, les tarifs pratiqués par EDF pénalisent une évolution de l'utilisation en France dans ces conditions. Une baisse des tarifs d'électricité a conduit la Ville de Besançon à arrêter la cogénération pendant les sept mois de tarif été d'EDF et finalement à s'accommoder d'une



valorisation incomplète gaspillage du biogaz produit. Si cette solution se montre rentable sur le plan économique, elle est beaucoup moins favorable sur le plan de l'efficacité énergétique. Du fait des prix extrêmement bas de l'électricité en été, l'énergie cogénérée (dont le rendement énergétique est à 80%) va être remplacée par l'électricité (dont le rendement de production est d'environ 35%). Si l'objectif d'une politique énergétique est d'augmenter le rendement énergétique de la production d'énergie et de promouvoir les énergies renouvelables, il apparaît alors nécessaire de prévoir :

- une plus forte subvention des énergies renouvelables,
- un tarif de rachat suffisamment incitatif permettant une planification intégrée des ressources.

POUR ALLER PLUS LOIN

Bruno MANEVAL
Ville de Besançon
2, rue Mégevand
FR - 25000 BESANCON
Tel: + 33 3 81 61 51 29
Fax: + 33 3 81 61 51 76
E-mail: b.maneval@besancon.com

Cette fiche de cas a été réalisée par Energie-Cités grâce à la collaboration des responsables de la Ville de Besançon (FR) et au soutien technique et financier de la Commission européenne (DG XVII) dans le cadre du programme ALTENER

