



COMMISSION DE REGULATION  
POUR L'ÉNERGIE EN RÉGION DE  
BRUXELLES-CAPITALE

REGULERINGSKOMMISSIE  
VOOR ENERGIE IN HET BRUSSELS  
HOOFDSTEDELIJK GEWEST

# COMMISSION DE REGULATION DE L'ENERGIE EN REGION DE BRUXELLES- CAPITALE

## **Rapport**

BRUGEL-RAPPORT-20091001-06

sur

**Le rendement annuel d'exploitation des installations de  
cogénération entre 2005 et 2008**

**Etabli en application de l'article 30octies, §9, 1° de  
l'ordonnance du 19 juillet 2001 relative à l'organisation du  
marché de l'électricité en Région de Bruxelles-Capitale.**

**16 octobre 2009**

## I Fondement juridique

L'ordonnance du 19 juillet 2001 relative à l'organisation du marché de l'électricité en Région de Bruxelles-Capitale stipule dans son article 30octies, §9, 1° que :

*« ...§ 9. Les chargés de mission sont investis des tâches suivantes :  
1° contrôler les rendements annuels d'exploitation des installations visées à l'article 2, 6°bis et soumettre à ce sujet un rapport à la Commission; »*

L'article 30bis, §2,3° précise également que :

*« ...§ 2. La Commission est investie d'une mission de conseil auprès des autorités publiques en ce qui concerne l'organisation et le fonctionnement du marché régional de l'énergie, d'une part, et d'une mission générale de surveillance et de contrôle de l'application des ordonnances et arrêtés y relatifs, d'autre part. La Commission est chargée des missions suivantes :*

*...*

*3° publier annuellement un rapport concernant les résultats du contrôle effectué par les chargés de mission sur les rendements annuels d'exploitation des installations visées à l'article 2, 6°bis; »*

## 2 Nombre d'installations en service en 2008

En 2008, 24 installations de cogénération étaient en service en Région de Bruxelles-Capitale, dont 6 installations ont été mis en service dans le courant de 2008. :

- Solvay Centre 1
- Solvay Centre 2
- Le Conseil de l'Union Européenne – LEX 2000
- Centre Sportif de Woluwe-Saint-Pierre
- Citroën Yser
- D'leteren

De ces 6, les trois derniers ne sont pas repris dans le présent rapport, car les premiers index n'ont été communiqués à Brugel qu'en 2009.

### 3 Rendements annuels des installations de cogénération 2008

Pour l'année 2008, les rendements annuels des installations de cogénération à Bruxelles sont calculés sur base des informations transmises par les producteurs dans le cadre de l'octroi des certificats verts. Chaque fin de trimestre les index de production électrique, de production de chaleur et de consommation de gaz naturel sont communiqués à Brugel. Les rendements ci-dessous sont par ailleurs calculés sur base de la production nette d'électricité et la production utile de chaleur.

Installations de cogénération	Mis en service	Source d'énergie	Rendement électrique	Rendement thermique	Rendement global
010 Aeropolis	01/11/1999	Gaz	34,6%	45,9%	80,6%
007 Pachéco	01/01/2000	Gaz	33,7%	45,0%	78,6%
005 Abattoirs	01/02/2000	Gaz	32,4%	51,1%	83,6%
002 Quai des Usines	01/11/2000	Gaz	34,9%	46,3%	81,1%
006 Arts et Métiers	01/10/2001	Gaz	35,5%	48,0%	83,5%
004 Centre Monnaie	01/12/2001	Gaz	33,6%	46,9%	80,5%
009 Villas de Ganshoren	01/12/2001	Gaz	36,5%	48,9%	85,4%
008 Brugmann	01/02/2003	Gaz	35,1%	45,9%	81,0%
001 ULB Solbosch	02/02/2003	Gaz	35,7%	46,2%	81,9%
011 AZ VUB	01/10/2003	Gaz	35,7%	40,0%	75,8%
003 Vlaams Parlement	01/09/2004	Gaz	32,6%	50,8%	83,5%
013 Hôpital Militaire NOH	29/06/2005	Gaz	31,5%	53,6%	85,1%
021 Ecole Royale Militaire	01/12/2005	Gaz	32,3%	51,5%	83,8%
022 Essegheem 1	01/12/2005	Gaz	31,1%	53,9%	85,0%
023 Essegheem 2	01/12/2005	Gaz	31,6%	52,9%	84,5%
027 Hôtel Amigo	14/03/2007	Gaz	33,0%	52,4%	85,5%
034 La Sauvenière	23/04/2007	Colza	31,5%	58,1%	89,6%
042 Jardins d'Alexandre	01/06/2007	Colza	31,0%	54,0%	85,0%
018 Lex 2000	01/01/2008	Gaz	32,7%	47,7%	80,4%
030 Solvay Centre 1	01/01/2008	Gaz	33,5%	48,8%	82,3%
030 Solvay Centre 2	01/01/2008	Gaz	32,6%	45,4%	78,0%
<b>Moyenne 2008</b>			<b>33,41%</b>	<b>49,20%</b>	<b>82,61%</b>

## 4 Evolution des rendements par rapport à 2007

Le rapport sur le rendement annuel d'exploitation des installations de cogénération de l'année précédente (2007) permet de comparer les résultats et d'évaluer l'évolution des rendements d'une année à l'autre.

Le tableau ci-dessous illustre l'évolution des rendements entre 2007 et 2008 en pourcent d'augmentation ou de réduction par rapport aux rendements de 2007. Excepté deux exceptions (en grisées), **nous constatons que le rendement global évoluent très légèrement à la hausse.**

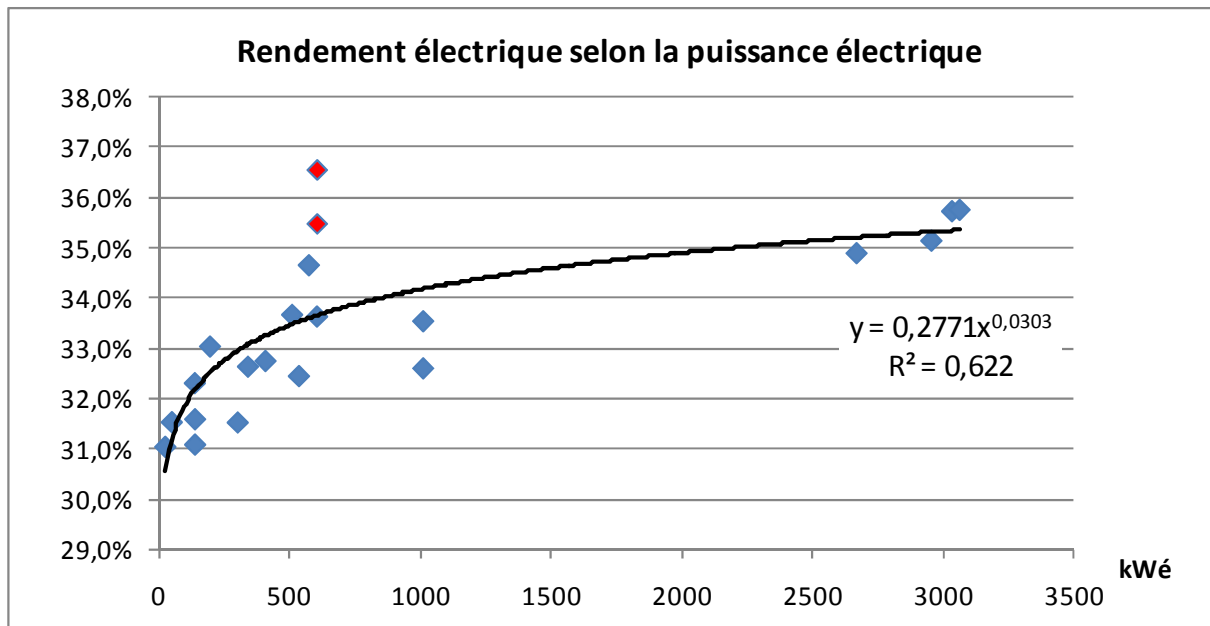
Installations de cogénération	Rendement électrique			Rendement thermique			Rendement global		
	2007	2008	Ecart	2007	2008	Ecart	2007	2008	Ecart
001 ULB Solbosch	35,8%	35,7%	0%	44,8%	46,2%	3%	80,6%	81,9%	2%
002 Quai des Usines	34,2%	34,9%	2%	45,8%	46,3%	1%	80,0%	81,1%	1%
003 Vlaams Parlement	32,6%	32,6%	0%	50,5%	50,8%	1%	83,1%	83,5%	0%
004 Centre Monnaie	33,4%	33,6%	1%	45,4%	46,9%	3%	78,9%	80,5%	2%
005 Abattoirs	32,7%	32,4%	-1%	50,1%	51,1%	2%	82,8%	83,6%	1%
006 Arts et Métiers	35,0%	35,5%	1%	46,9%	48,0%	2%	81,9%	83,5%	2%
007 Pachéco	33,7%	33,7%	0%	43,6%	45,0%	3%	77,3%	78,6%	2%
008 Brugmann	34,5%	35,1%	2%	44,9%	45,9%	2%	79,4%	81,0%	2%
009 Villas de Ganshoren	36,0%	36,5%	1%	47,6%	48,9%	3%	83,6%	85,4%	2%
010 Aeropolis	32,6%	34,6%	6%	46,9%	45,9%	-2%	79,6%	80,6%	1%
011 AZ VUB	35,4%	35,7%	1%	41,1%	40,0%	-2%	76,5%	75,8%	-1%
013 Hôpital Militaire NOH	33,5%	31,5%	-6%	53,7%	53,6%	0%	87,2%	85,1%	-2%
018 Lex 2000		32,7%			47,7%			80,4%	
021 Ecole Royale Militaire	33,5%	32,3%	-3%	47,0%	51,5%	10%	80,4%	83,8%	4%
022 Essegheem 1	29,8%	31,1%	5%	55,0%	53,9%	-2%	84,8%	85,0%	0%
023 Essegheem 2	30,1%	31,6%	5%	54,1%	52,9%	-2%	84,2%	84,5%	0%
027 Hôtel Amigo	31,1%	33,0%	6%	50,0%	52,4%	5%	81,0%	85,5%	5%
030 Solvay Centre 1		33,5%			48,8%			82,3%	
030 Solvay Centre 2		32,6%			45,4%			78,0%	
034 La Sauvenière	31,9%	31,5%	-1%	57,0%	58,1%	2%	88,9%	89,6%	1%
042 Jardins d'Alexandre		31,0%			54,0%			85,0%	
<b>Moyennes</b>	<b>33,3%</b>	<b>33,4%</b>	<b>1,1%</b>	<b>48,5%</b>	<b>49,2%</b>	<b>1,6%</b>	<b>81,8%</b>	<b>82,6%</b>	<b>1,4%</b>

## 5 Evolution du rendement électrique avec la taille de la cogénération

En règle générale, pour une même technologie de cogénération, **plus la puissance de la cogénération est importante, meilleur est son rendement électrique.**

Le graphique I, qui reprend l'évolution du rendement électrique pour l'année 2008 en fonction de la puissance électrique de la cogénération, le confirme.

Si l'on ne tient pas compte des deux unités de cogénération qui possèdent un très bon rendement électrique pour leur puissance (Art et Métiers et Villas de Ganshoren), alors le facteur R<sup>2</sup> est égal à 77% de précision.

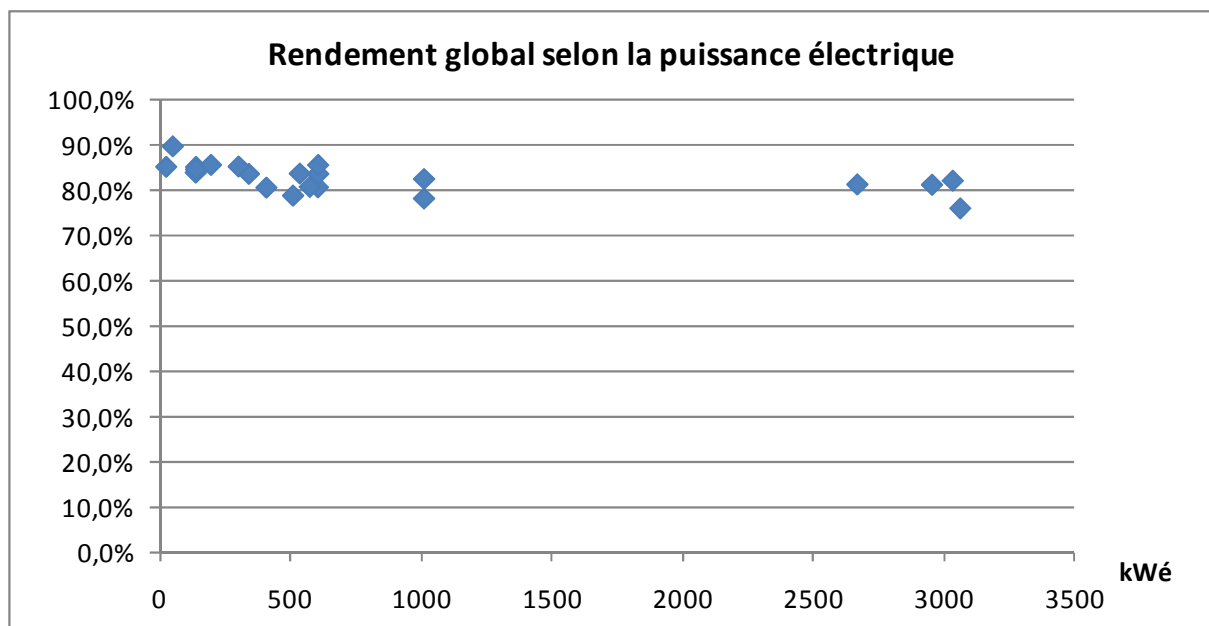


Graphique I : Rendement électrique selon la puissance électrique

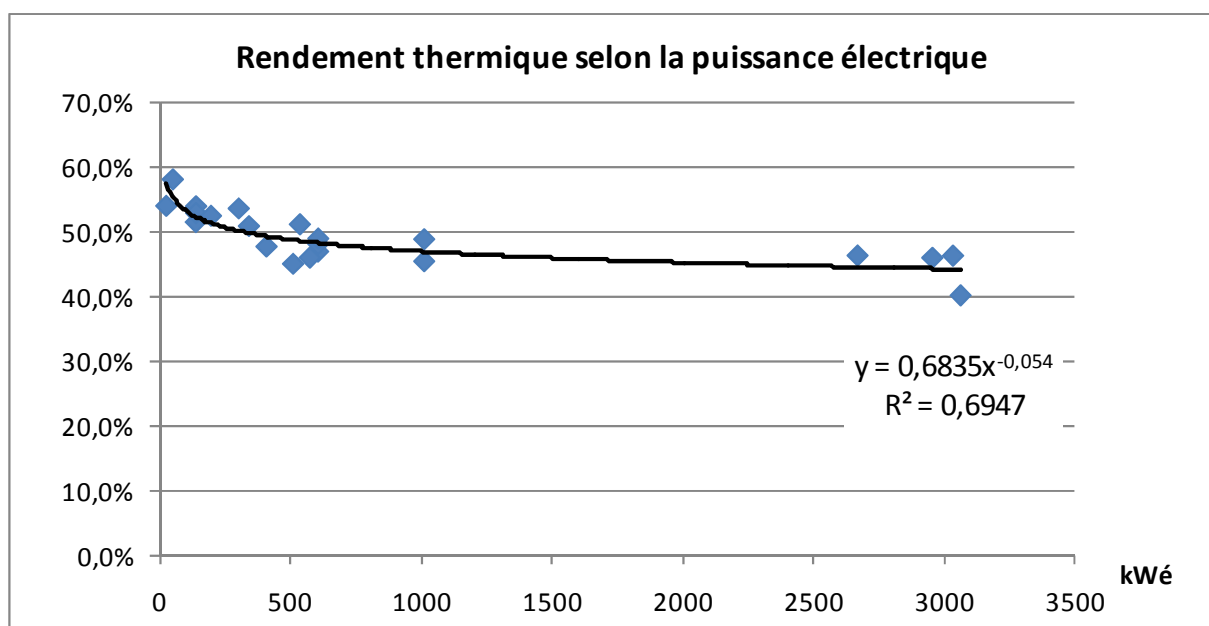
## 6 Evolution du rendement thermique avec la taille de la cogénération

Comme le montre le graphique 2, le rendement global d'une unité de cogénération est environ constant, indépendamment de la puissance électrique. En plus du constat que le rendement électrique diminue selon la puissance (Cfr. Point 5), on déduit que : **plus la puissance de la cogénération est importante, plus faible sera son rendement thermique.** En effet, la partie d'énergie primaire (combustible) que l'on n'arrive pas à convertir en électricité se retrouve sous forme de chaleur. Dans la mesure où cette chaleur est récupérée pour chauffer un bâtiment, cette perte du rendement électrique pour les petites puissances n'est pas un problème en soi.

Le graphique 3, qui reprend l'évolution du rendement thermique pour l'année 2008 en fonction de la puissance électrique de la cogénération, le confirme. Le facteur de précision est égal à 69%.



Graphique 2 : Rendement global selon la puissance électrique

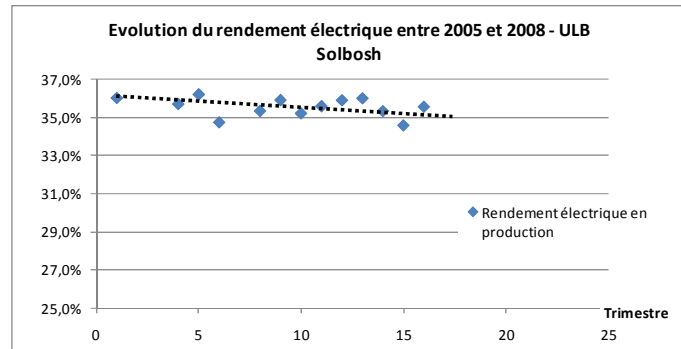


Graphique 3 : Rendement thermique selon la puissance électrique

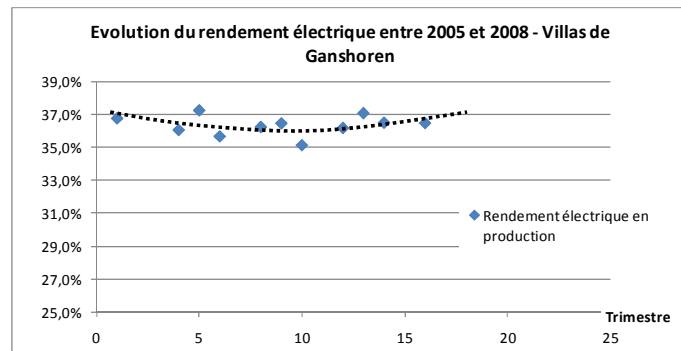
## 7 Evolution des rendements entre 2005 à 2008

Pour les 11 unités de cogénération en fonctionnement depuis 2005 (appartenant toutes à Sibelga), il est intéressant d'analyser l'évolution, trimestre par trimestre, des valeurs des rendements et des heures de fonctionnement afin d'en tirer quelques informations intéressantes :

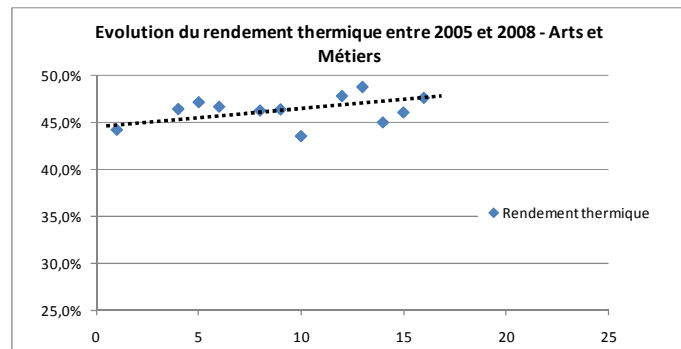
- Le rendement électrique net diminue dans le temps (suite à une usure de l'unité de cogénération)



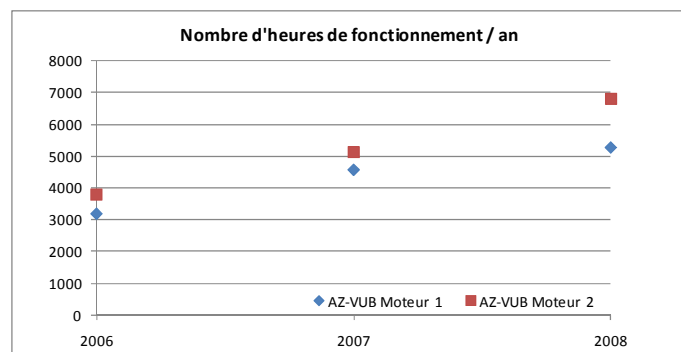
- Le rendement électrique net peut s'améliorer dans le temps (à condition de réduire la consommation électrique des auxiliaires et bien entretenir l'unité de cogénération)



- Le mécanisme des certificats verts incite les gestionnaires de cogénération à accroître la récupération thermique de leur unité



- Le mécanisme des certificats verts incite les gestionnaires de cogénération à accroître la durée de fonctionnement de leur unité (exemple de l'AZ-VUB : arrêt pendant 6 mois en 2005, arrêt pendant 5 mois en 2006, arrêt pendant 1 mois en 2007, pas d'arrêt en 2008)



## 8 Facteur correcteur du débit gaz

### 8.1 Introduction

Dans la Région de Bruxelles-Capitale, le nombre de certificats verts octroyé à une installation de production d'électricité verte dépend des émissions de CO<sub>2</sub> évitées par rapport à la production par des installations de référence.

Dans le cas d'une installation de production d'électricité verte au gaz naturel, le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> évitées contient le nombre de mètres cubes « normaux » de gaz consommées. Pour obtenir ces mètres cubes normaux partant des mètres cube mesurés, on applique un facteur correcteur. Ce facteur correcteur dépend de la température et de la pression du gaz à l'endroit de mesure.

Il existe des compteurs gaz « correcteurs », qui mesurent la température et la pression du gaz et qui donnent automatiquement une valeur en mètres cubes normaux. Cependant, ceci n'est pour l'instant pas une obligation en Région de Bruxelles-Capitale, et seulement quelques installations disposent d'un compteur « correcteur ».

Pour les installations qui n'en disposent pas, il faut appliquer un facteur correcteur basé sur une **estimation** de la température et de la pression du gaz à l'endroit de mesure.

Comme démontré dans les paragraphes suivants, cette estimation et le facteur correcteur qui en découle peut avoir une influence conséquente sur les calculs de rendements et de certificats verts.

### 8.2 Formules

#### 8.2.1 Facteur correcteur

$$Q_{gaz}^{normaux} = Q_{gaz}^{mesuré} \cdot f_{corr}$$

$$f_{corr} = \left( \frac{273.15}{1.01325} \right) \cdot \left( \frac{p_{gaz}}{T_{gaz}} \right)$$

Ou :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{gaz} = \text{Débit de gaz} \\ f_{corr} = \text{Facteur correcteur} \\ p_{gaz} = \text{Pression du gaz à l'endroit de mesure} \\ T_{gaz} = \text{Température du gaz à l'endroit de mesure} \end{array} \right.$$



## 8.2.2 Nombre de certificats verts

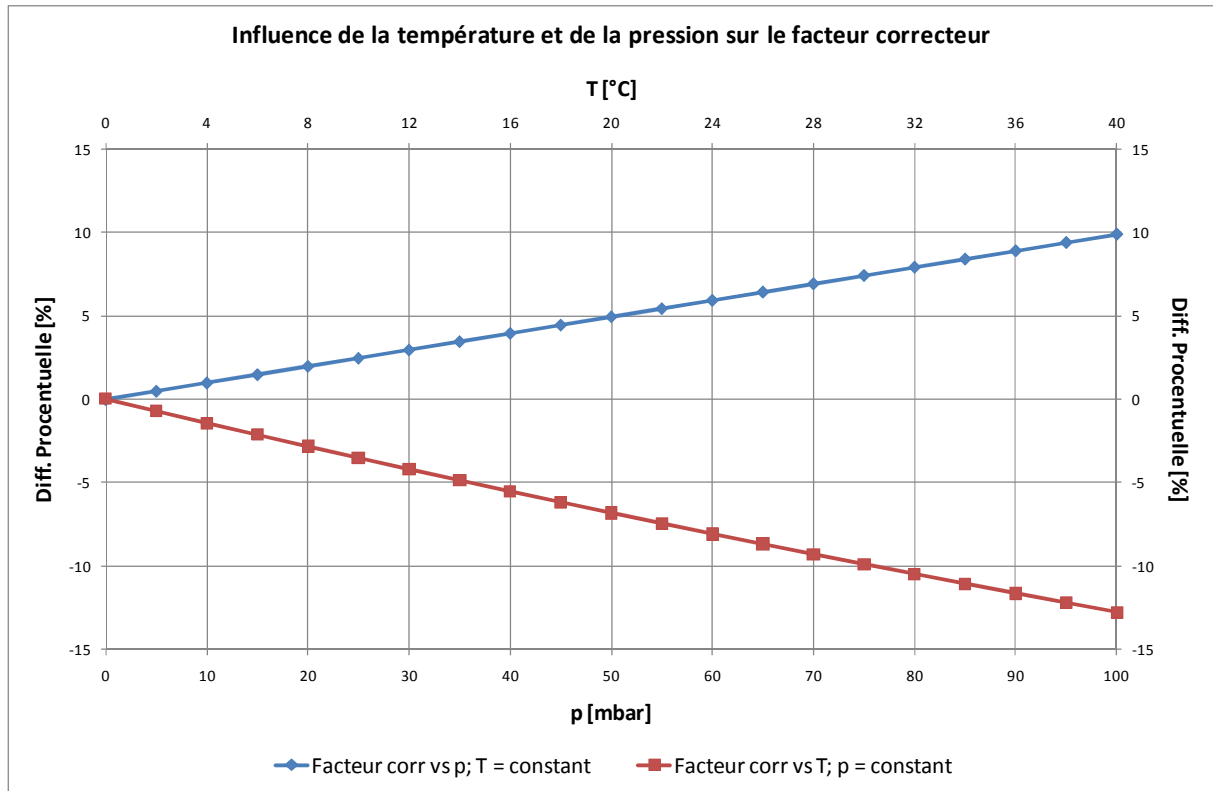
$$\begin{aligned}
 N &= \frac{CO_2^{\text{économisé}}}{CO_2^{\text{gaz naturel}}} \\
 &= \frac{CO_2^{\text{ref}} - CO_2^{\text{install}}}{217 \text{ kg/Mwh}} \\
 &= \frac{\left(\frac{E_{\text{nette}}}{0.55}\right) \cdot 217 + \left(\frac{Q_{\text{utile}}}{0.9}\right) \cdot 217 - I_{\text{gaz}} \cdot 217}{217 \text{ kg/Mwh}} \\
 &= \left(\frac{E_{\text{nette}}}{0.55}\right) + \left(\frac{Q_{\text{utile}}}{0.9}\right) - Q_{\text{gaz}}^{\text{normaux}} \cdot PCI_{\text{gaz}} \\
 &= \left(\frac{E_{\text{nette}}}{0.55}\right) + \left(\frac{Q_{\text{utile}}}{0.9}\right) - Q_{\text{gaz}}^{\text{mesuré}} \cdot f_{\text{corr}} \cdot PCI_{\text{gaz}} \\
 N &= \left(\frac{E_{\text{nette}}}{0.55}\right) + \left(\frac{Q_{\text{utile}}}{0.9}\right) - Q_{\text{gaz}}^{\text{mesuré}} \cdot \left(\frac{273.15}{1.01325}\right) \cdot \left(\frac{p_{\text{gaz}}}{T_{\text{gaz}}}\right) \cdot PCI_{\text{gaz}}
 \end{aligned}$$

Ou :

$$\left\{ \begin{array}{l}
 N = \text{Nombre de certificats verts} \\
 CO_2^{\text{économisé}} = \text{Taux de } CO_2 \text{ économisé par l'installation} \\
 CO_2^{\text{gaz naturel}} = \text{Taux de } CO_2 \text{ émis par la combustion de gaz naturel} \\
 CO_2^{\text{ref}} = \text{Taux de } CO_2 \text{ émis par des installations de référence} \\
 CO_2^{\text{install}} = \text{Taux de } CO_2 \text{ émis par l'installation} \\
 E_{\text{nette}} = \text{Electricité nette produite} \\
 Q_{\text{utile}} = \text{Chaleur utile} \\
 I_{\text{gaz}} = \text{Quantité d'énergie contenue dans le gaz consommé par l'installation} \\
 PCI_{\text{gaz}} = \text{Pouvoir Calorifique Inférieur du gaz}
 \end{array} \right.$$

### 8.3 Influence de la température et de la pression sur le facteur correcteur, le rendement et le nombre de certificats verts

Le graphique ci-dessous montre l'influence de la température et de la pression sur le facteur correcteur.

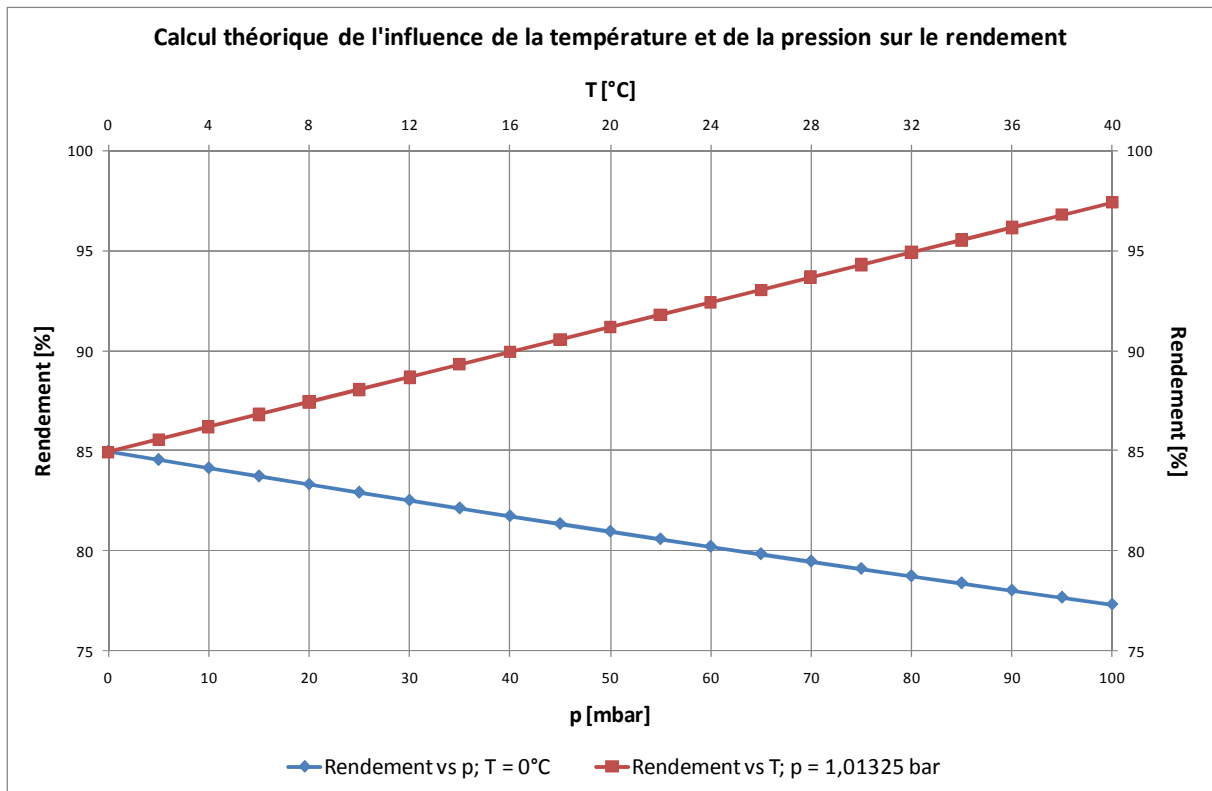


On constate que le facteur correcteur peut varier de -12,8 % quand la température évolue de 0°C à 40 °C à pression constante, et de +9,9% quand la pression évolue de 0 mbar à 100 mbar à température constante.

Le graphique ci-dessous montre un exemple de calcul théorique de l'influence, via le biais du facteur correcteur, de la température et de la pression sur le rendement d'une installation de cogénération.

Pour le calcul du rendement, on utilise des valeurs d'électricité nette, de chaleur utile et de gaz consommé. Les données utilisées pour le graphique ci-dessous proviennent d'une installation réelle, dont les valeurs sont parvenues à Brugel dans le cours de 2009 :

- $E_{nette} = 29988 \text{ kWh}$
- $Q_{utile} = 54000 \text{ kWh}$
- $Q_{gaz} \text{ mesuré} = 10614 \text{ m}^3$
- $PCI_{gaz} = 9.31356 \text{ kWh/Nm}^3$



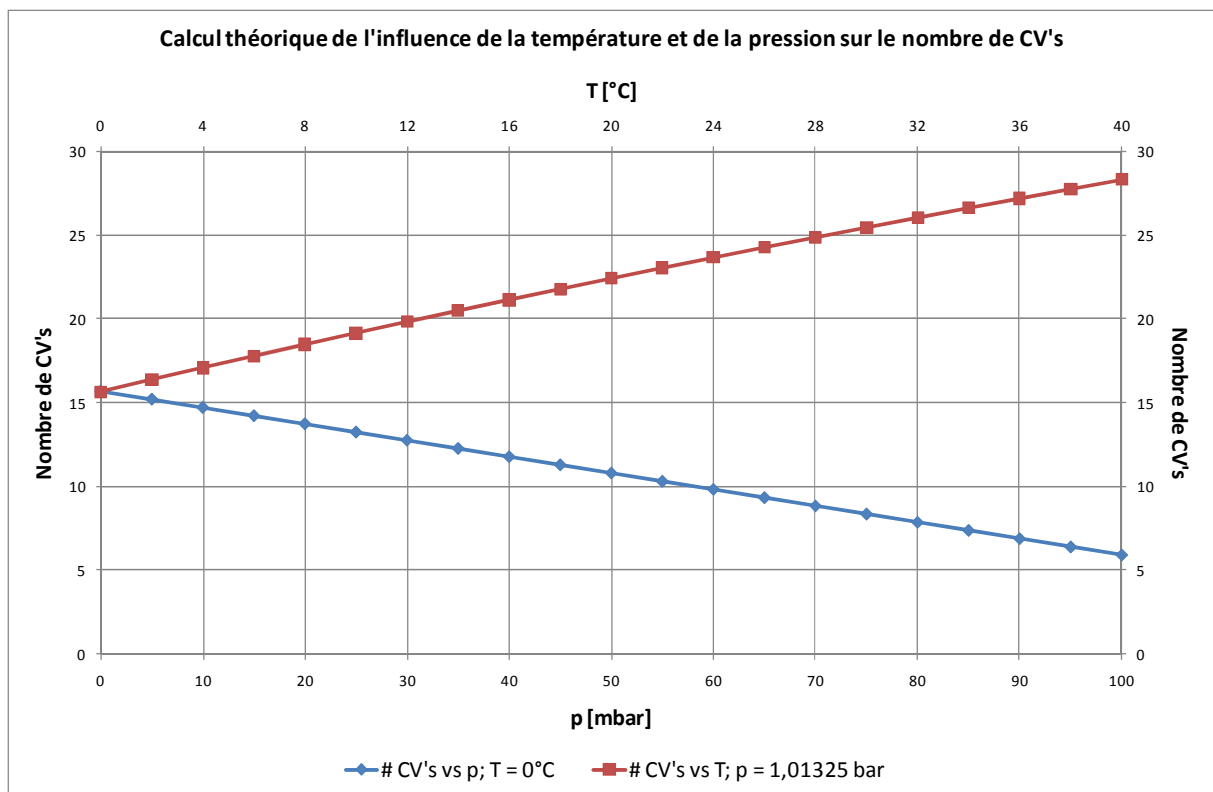
On constate que le facteur correcteur peut avoir une grande influence sur le rendement de l'installation.

Dans cet exemple, le rendement varie de 85% à 97.4% quand la température évolue de 0°C à 40 °C à pression constante, et de 85% à 77.3% quand la pression évolue de 0 mbar à 100 mbar à température constante, soit des différences procentuelles de +14.5% et de -9%.

Le graphique ci-dessous montre un exemple de calcul théorique de l'influence, via le biais du facteur correcteur, de la température et de la pression sur le nombre de certificats verts attribué à une installation de cogénération (# CV's = nombre de certificats verts).

Pour le calcul des certificats verts, l'arrêté prévoit d'utiliser des valeurs d'électricité nette, de chaleur utile et de gaz consommé. Les données utilisées pour le graphique ci-dessous proviennent d'une installation réelle, dont les valeurs sont parvenues à Brugel au cours de 2009 :

- $E_{\text{nette}} = 29988 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{utile}} = 54000 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{gaz}} \text{ mesuré} = 10614 \text{ m}^3$
- $PCI_{\text{gaz}} = 9.31356 \text{ kWh/Nm}^3$



On constate également que le facteur correcteur peut avoir une grande influence sur le nombre de certificats verts de l'installation.

Dans cet exemple, le nombre de certificats verts varie de 15.67 à 28.3 quand la température évolue de 0°C à 40 °C à pression constante, et de 15.67 à 5.91 quand la pression évolue de 0 mbar à 100 mbar à température constante, soit des différences procentuelles de +80.6% et de -62.3%.

## 8.4 Conclusion

Comme il a été démontré ci-haut, le facteur correcteur influence de manière significative le rendement et le nombre de certificats verts d'une installation de production d'électricité verte.

Jusqu'à présent, excepté pour les installations qui ont un compteur correcteur, le facteur correcteur a été estimé. Cette estimation peut être le sujet de discussions entre les gestionnaires des installations et Brugel.

## 8.5 Avis

Dans un souci de rendre le procédé de calcul de certificats verts le plus objectif possible et d'établir des règles claires et transparentes, Brugel conseille :

- Pour les nouvelles installations d'une puissance électrique au-delà d'un certain seuil (ce seuil devant encore être déterminé) de rendre obligatoire le placement d'un compteur correcteur pour la mesure du débit de gaz. Ce compteur correcteur doit convertir, en tenant compte de la température et de la pression au niveau du compteur, les mètres cubes mesurés en mètres cubes normaux, selon la norme DIN 1343.
- Pour toutes les autres installations, c'est-à-dire les anciennes installations et les installations d'une puissance électrique en dessous d'un certain seuil (ce seuil devant encore être déterminé), laisser le libre choix au gestionnaire de l'installation de placer un compteur correcteur. S'il choisit de ne pas en placer, Brugel continue à appliquer un facteur correcteur qu'il estime.

Brugel recommande d'insérer l'obligation de placement de compteur correcteur pour les nouvelles installations dans le code de comptage, sous le point « 5.3. Comptage des intrants ».