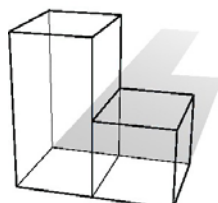


# **180. COGENERATION FOURNITURE DE CHALEUR**

**Centre de Ressources des Technologies  
et de l'Innovation pour le Bâtiment**

**Etablissement des formules de révision  
du prix de vente de la chaleur**

**CRTI - B**



mars 2010  
Document élaboré par  
le CRTI-B

# Table des matières

<b>1.</b>	<b>Objectif du présent document .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Références des installations techniques (fournies par le pouvoir adjudicateur) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Formule de révision du prix pour la consommation de chaleur .....</b>	<b>6</b>
3.1.	Structure de la formule de révision .....	6
3.2.	Détermination des coefficients $c_1$ , $c_2$ , $c_3$ et $c_4$ propres au projet .....	8
3.2.1.	Coefficient d'indexation $c_1$ .....	8
3.2.2.	Coefficient $c_2$ pour la prise en compte des variations du prix du combustible des modules de cogénération.....	8
3.2.3.	Coefficient $c_3$ pour la prise en compte des variations du prix du combustible des chaudières d'appoint.....	8
3.2.4.	Coefficient $c_4$ pour la prise en compte de la variation du prix d'achat de l'électricité par suite des variations du prix du gaz.....	9
<b>4.</b>	<b>Formule de révision du prix pour la puissance thermique .....</b>	<b>10</b>
4.1.	Structure de la formule de révision .....	10
4.2.	Formule de compensation applicable au prix pour la puissance thermique .	11
<b>5.</b>	<b>Exemple de calcul.....</b>	<b>12</b>





## 1. Objectif du présent document

- Le présent guide a pour objectif de mettre à disposition un instrument pour l'établissement de formules de révision de prix utilisables pour les besoins courants, qui représentent fidèlement les relations entre prix de vente de la chaleur, variations du prix des combustibles et augmentation des coûts en général.

## 2. Références des installations techniques (fournies par le pouvoir adjudicateur)

Quote-part de la demande de chaleur annuelle produite par la cogénération	$\alpha$		[/]
Rendement électrique de la cogénération	$\eta_{el-cog}$		[/]
Rendement thermique de la cogénération	$\eta_{th-cog}$		[/]
Rendement global annuel des chaudières d'appoint	$\eta_{boil}$		[/]
Prix du combustible pour la cogénération au moment de l'appel d'offres (par unité de mesure)	$B_{cog,0}$		€/☎
Prix du combustible pour les chaudières d'appoint au moment de l'appel d'offres (par unité de mesure)	$B_{boil,0}$		€/☎
Prix du mètre cube du combustible TC1 au moment de l'appel d'offres	$B_{TC1,0}$		€/Nm <sup>3</sup>
Pouvoir calorifique inférieur $H_i$ du combustible de l'installation de cogénération	$H_{i-cog}$		kWh/☎
Pouvoir calorifique inférieur $H_i$ du combustible des chaudières	$H_{i-boil}$		kWh/☎

☎ : unité de mesure, fonction du combustible utilisé



### 3. Formule de révision du prix pour la consommation de chaleur

L'objectif de la formule de révision est de compenser l'effet de l'augmentation du coût de l'énergie, des salaires et des matériaux.

#### 3.1. Structure de la formule de révision

- La formule de révision du prix pour la consommation de chaleur a la forme suivante :

$$\begin{aligned} P_c = & P_{c,0} (1 + c_1 (I/I_0 - 1)) && \text{(prix de base indexé)} \\ & + c_2 (B_{\text{cog}}/B_{\text{cog},0} - 1) && \text{(variation des coûts du combustible pour la} \\ & && \text{cogénération)} \\ & + c_3 (B_{\text{boil}}/B_{\text{boil},0} - 1) && \text{(variation des coûts du combustible pour les} \\ & && \text{chaudières)} \\ & + c_4 (B_{\text{TC1}}/B_{\text{TC1},0} - 1) && \text{(correction pour accroissement de la rémuné-} \\ & && \text{ration de l'électricité)} \end{aligned}$$

avec :

$P_c$	=	nouveau prix unitaire pour la consommation de chaleur pendant la période de facturation considérée [€/kWh]
$P_{c,0}$	=	prix unitaire pour la consommation de chaleur au moment de l'appel d'offres [€/kWh]
$I$	=	valeur de la cote d'application de l'échelle mobile des salaires suivant STATEC pendant la période de facturation considérée*
$I_0$	=	valeur de la cote d'application de l'échelle mobile des salaires au moment de l'appel d'offres

\* Si la moyenne semestrielle des indices raccordés à la base 01.01.1948 (MSI), rapportée à la valeur de la cote  $I$ , est supérieure de 10% à la valeur correspondante du rapport au démarrage du contrat, c'est-à-dire si :

$$MSI / I > 1,1 \times MSI_0 / I_0$$

alors, les parties rechercheront une nouvelle règle qui reflète le plus justement possible l'évolution des coûts salariaux et des coûts des matériaux.



- B<sub>cog</sub>** = prix moyen du combustible pour la cogénération pendant la période de facturation considérée (par unité de mesure) [€/MWh]
- B<sub>cog,0</sub>** = prix du combustible pour la cogénération au moment de l'appel d'offres (par unité de mesure) [€/MWh]
- B<sub>boil</sub>** = prix moyen du combustible pour les chaudières d'appoint pendant la période de facturation considérée (par unité de mesure) [€/MWh]
- B<sub>boil,0</sub>** = prix du combustible pour les chaudières d'appoint au moment de l'appel d'offres (par unité de mesure) [€/MWh]
- B<sub>TC1</sub>** = prix moyen du mètre cube de gaz au tarif TC1 (règlement du 30.05.1994) pendant la période de facturation considérée [€/Nm<sup>3</sup>]
- B<sub>TC1,0</sub>** = prix du mètre cube de gaz au tarif TC1 au moment de l'appel d'offres [€/Nm<sup>3</sup>]
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>** coefficients paramétriques propres au projet



### 3.2. Détermination des coefficients $c_1$ , $c_2$ , $c_3$ et $c_4$ propres au projet

#### 3.2.1. Coefficient d'indexation $c_1$

- Le coefficient d'indexation  $c_1$  peut être librement choisi en fonction des caractéristiques du projet. Jusqu'à maintenant, il était d'usage de retenir un coefficient  $c_1$  de 0,45. Faute d'une valeur plus précise, cette valeur de 0,45 peut être retenue.

#### 3.2.2. Coefficient $c_2$ pour la prise en compte des variations du prix du combustible des modules de cogénération

- Le coefficient  $c_2$  s'obtient à partir de la quote-part  $\alpha$  de chaleur produite par la cogénération, du rendement thermique  $\eta_{th-cog}$ , du prix du combustible au moment de l'appel d'offres  $B_{cog,0}$  et du pouvoir calorifique  $H_{i-cog}$  au moyen de la formule suivante :

$$c_2 = \frac{\alpha}{\eta_{th-cog}} \bullet \frac{B_{cog,0}}{H_{i-cog}}$$

#### 3.2.3. Coefficient $c_3$ pour la prise en compte des variations du prix du combustible des chaudières d'appoint

- Le coefficient  $c_3$  s'obtient à partir de la quote-part  $\alpha$  de chaleur produite par la cogénération, du rendement global annuel  $\eta_{boil}$ , du prix du combustible au moment de l'appel d'offres  $B_{boil,0}$  et du pouvoir calorifique  $H_{i-boil}$  au moyen de la formule suivante :

$$c_3 = \frac{1 - \alpha}{\eta_{boil}} \bullet \frac{B_{boil,0}}{H_{i-boil}}$$





### 3.2.4. Coefficient $c_4$ pour la prise en compte de la variation du prix d'achat de l'électricité par suite des variations du prix du gaz

- Le prix pour la fourniture d'énergie électrique par les modules de cogénération est lié au prix du gaz de la ville de Luxembourg (tarif TC1) par la formule du Règlement grand-ducal du 30 mai 1994. Une variation du prix du gaz conduit par conséquent déjà à un ajustement partiel du prix d'achat de l'électricité, qui doit être pris en compte dans la détermination du prix pour la consommation de chaleur.
- Le coefficient de correction  $c_4$  tient compte de cela. Il s'obtient à partir de la quote-part de chaleur  $\alpha$  produite par la cogénération, du rendement électrique  $\eta_{el-cog}$ , du rendement thermique  $\eta_{th-cog}$ , du prix initial  $E_0$  pour la fourniture d'énergie électrique (Règlement grand-ducal du 30 mai 1994), du prix du gaz au moment de l'appel d'offres  $B_{TC1,0}$  et du prix initial du gaz  $B_0$  (Règlement grand-ducal du 30 mai 1994) au moyen de la formule suivante :

$$c_4 = -\alpha \cdot \frac{\eta_{el-cog}}{\eta_{th-cog}} \cdot E_0 \cdot 0,3 \cdot \frac{B_{TC1,0}}{B_0}$$

- Dans le cas d'un fonctionnement exclusivement en période diurne, le règlement du 30.05.1994 donne  $0,3 \cdot E_0/B_0 = 0,0972$ , et la formule se simplifie en :

$$c_4 = -0,0972 \cdot \alpha \cdot \frac{\eta_{el-cog}}{\eta_{th-cog}} \cdot B_{TC1,0}$$



#### 4. Formule de révision du prix pour la puissance thermique

L'objectif de la formule de révision est de compenser l'effet de l'augmentation du coût des salaires et des matériaux.

##### 4.1. Structure de la formule de révision

Pour la révision du prix pour la puissance thermique, la formule recommandée demeure la suivante :

$$P_P = P_{P,0} I / I_0$$

avec :

**P<sub>P</sub>** = nouveau prix unitaire pour la puissance thermique [€/kW]

**P<sub>P,0</sub>** = prix unitaire pour la puissance thermique au moment de l'appel d'offres [€/kW]

**I** = valeur de la cote d'application de l'échelle mobile des salaires suivant STATEC pendant la période de facturation considérée \*

**I<sub>0</sub>** = valeur de la cote d'application de l'échelle mobile des salaires au moment de l'appel d'offres

\* Si la moyenne semestrielle des indices rattachés à la base 01.01.1948" (MSI), rapportée à l'échelle mobile des salaires (I), est supérieure de 10% au rapport correspondant au démarrage du contrat, c'est-à-dire :

$$MSI / I > 1,1 \times MSI_0 / I_0$$

alors les parties rechercheront une nouvelle règle qui reflète le plus justement possible l'évolution des coûts salariaux et des coûts des matériaux.

Dans le cas de nouveaux projets, la formule de révision du prix pour la puissance peut être adaptée en fonction des particularités du projet.



#### 4.2. Formule de compensation applicable au prix pour la puissance thermique

- En cas de variation du prix du gaz, la formule de révision du Règlement grand-ducal du 30 mai 1994 entraîne une rémunération à la hausse (ou à la baisse) du prix pour la puissance électrique, sans lien avec des coûts (ou économies) de combustible. Cet écart est compensé au niveau de la facture de régularisation annuelle.
- Le montant compensatoire  $C_{\text{corr}}$  [€/a] se calcule selon la formule suivante :

$$C_{\text{corr}} = - 190 P_e (B_{\text{TC1}} - B_{\text{TC1,0}})$$

avec :

- $P_e$  = puissance électrique effectivement rémunérée [kW]
- $B_{\text{TC1}}$  = prix moyen du mètre cube de gaz au tarif TC1 (règlement du 30.05.1994) pendant la période de facturation considérée [€/Nm<sup>3</sup>]
- $B_{\text{TC1,0}}$  = prix du mètre cube de gaz au tarif TC1 au moment de l'appel d'offres [€/Nm<sup>3</sup>]



## 5. Exemple de calcul

- Détermination de la formule de révision du prix pour la consommation de chaleur pour l'installation de cogénération suivante :

Quote-part de la demande de chaleur annuelle produite par la cogénération	$\alpha$	0,70	[/]
Rendement électrique de la cogénération	$\eta_{el-cog}$	0,40	[/]
Rendement thermique de la cogénération	$\eta_{th-cog}$	0,45	[/]
Rendement global annuel des chaudières d'appoint	$\eta_{boil}$	0,90	[/]
Prix du combustible pour la cogénération au moment de l'appel d'offres (par unité de mesure)	$B_{cog,0}$	0,50	€/ Nm <sup>3</sup>
Prix du combustible pour les chaudières d'appoint au moment de l'appel d'offres (par unité de mesure)	$B_{boil,0}$	0,55	€/ Nm <sup>3</sup>
Prix du mètre cube de gaz au tarif TC1 au moment de l'appel d'offres	$B_{TC1,0}$	0,60	€/ Nm <sup>3</sup>
Pouvoir calorifique inférieur $H_i$ du combustible de l'installation de cogénération	<b>Hi-cog</b>	10	kWh/Nm <sup>3</sup>
Pouvoir calorifique inférieur $H_i$ du combustible des chaudières	<b>Hi-boil</b>	10	kWh/Nm <sup>3</sup>

### c1

En l'absence de données spécifiques, on retient  $c_1 = 0,45$ .

### c2

$c_2$ , calculé à l'aide de la formule, vaut :

$$c_2 = \frac{\alpha}{\eta_{th-cog}} \cdot \frac{B_{cog,0}}{H_{i-cog}} = \frac{0,70}{0,45} \cdot \frac{0,50}{10} = 0,0778$$

### c3

$c_3$ , calculé à l'aide de la formule, vaut :

$$c_3 = \frac{1-\alpha}{\eta_{boil}} \cdot \frac{B_{boil,0}}{H_{i-boil}} = \frac{1-0,70}{0,90} \cdot \frac{0,55}{10} = 0,0183$$

**c4**

c4, calculé à l'aide de la formule, vaut :

$$c_4 = -0,0972 \cdot \alpha \cdot \frac{\eta_{el-cog}}{\eta_{th-cog}} \cdot B_{TC1,0} = -0,0972 \cdot 0,7 \cdot \frac{0,40}{0,45} \cdot 0,60 = -0,0363$$

La formule de révision pour l'installation de cogénération considérée prend ainsi la forme suivante :

$$P_c = P_{c,0} (1 + 0,45 (I/I_0 - 1)) + 0,0778 (B_{cog}/B_{cog,0} - 1) \\ + 0,0183 (B_{boil}/B_{boil,0} - 1) - 0,0363 (B_{TC1}/B_{TC1,0} - 1)$$