

"ÉMISSIONS TRADING" ET CONTROLE DES REJETS DE
POLLUANTS ATMOSPHERIQUES ISSUES DE CENTRALES
THERMIQUES *

SYNTHESE

Afin de faire face aux dégâts engendrés ces dernières années par les polluants "acides", les pays européens, dont la Belgique ainsi que les instances communautaires, se dotent de législations destinées à contrôler sur une large échelle la pollution produite.

Parmi les sources de polluants visées par les dispositions réglementaires, figurent les centrales thermiques. Elles devront, pour répondre aux normes qui déterminent la réduction de quantités de polluants, s'équiper de systèmes d'épuration coûteux.

Devant l'ampleur de l'effort financier à consentir et de ses répercussions sur le prix de revient du kWh, il importe de rechercher les moyens qui permettent de minimiser les coûts pour un objectif de dépollution donné.

C'est dans ce contexte que l'idée d'opérer un "Emissions Trading" au sein d'un groupe de sources de polluants est née.

Son objectif est de rechercher des normes et donc des émissions appropriées à chaque source de façon à :

- ne pas dépasser un seuil de rejet global identique à celui obtenu autrement, c'est-à-dire par l'application de normes uniformes et légales;
- minimiser les coûts de dépollution à charge de l'ensemble des sources.

L'application de ce type de stratégie permet de dégager un crédit correspondant à la différence entre d'une part les coûts de l'observation de normes légales "uniformes" et ceux de la formule optimale fournie par l'"Emissions Trading" d'autre part.

L'objectif de la présente étude est de mesurer les potentialités d'un programme d'"Emissions Trading" appliqué à un groupe de centrales thermiques classiques. La démarche suivie comporte six volets : méthode, législation, technologie, coûts de dépollution, centrales électriques et application.

* W. HECQ et B. KESTEMONT (déc. 1988).

1. Méthode

La méthode relève d'un problème typique de programmation mathématique. Elle se subdivise en cinq étapes : évaluation des émissions correspondant à l'application de normes légales (e_{nL} , ETL), afin de déterminer les objectifs globaux de pollution résiduelle à ne pas dépasser (ETL), formalisation des fonctions de coûts de dépollution (c_{ni}), quantification des fonctions de coûts (c_{ni} , CT), calcul des coûts de dépollution associés au respect des normes légales (c_{nL} , CTL), application à l'aide d'un modèle de programmation linéaire afin de minimiser les coûts de dépollution (MinCT) et calcul du crédit (CTL - CTmin).

2. Législation

Deux types de législation sont à considérer : communautaire et belge. Ces législations fixent les valeurs limites N_L de concentration de polluants dans les fumées et donc le seuil d'émission ETL à ne pas dépasser. Leur examen montre que des mesures sévères sont prises à l'encontre des rejets d'oxydes de soufre et d'azote, deux polluants dégagés en quantités appréciables par les centrales thermiques classiques. Les dispositions s'appliquent aux unités de combustion de plus de 50 MW_{th}, soit neuves, soit ayant subi des "modifications substantielles". Quoique proches, la législation belge et la législation communautaire présentent des différences. Nous avons opté pour les valeurs limites reprises dans la dernière proposition de directives du Conseil (CE) qui est la plus sévère. Comme peu de centrales neuves sont programmées en Belgique avant plusieurs années, l'étude a porté sur des unités modifiées ou en voie de l'être. Ces centrales ont une puissance thermique supérieure à 300 MW. Nous avons donc opté pour les valeurs limites légales de 0,4 g SO₂/Nm³ et de 0,65 g NO₂/Nm³ pour les unités alimentées au charbon. Pour les unités utilisant conjointement du gaz et du charbon, des valeurs limites pondérées, au prorata de la puissance thermique fournie par chaque combustible, sont adoptées comme le stipule la réglementation.

3. Technologie

Afin de répondre aux normes légales définies dans la dernière proposition de directive communautaire, les techniques de réduction des rejets de SO₂ et de NO_x sont passées en revue. Compte tenu des renseignements recueillis et après examen, les choix se sont portés sur les méthodes les plus fiables et les plus utilisées à l'heure actuelle. Il s'agit de l'utilisation totale ou partielle de la désulfuration des fumées (FGD) par voie humide (chaux ou calcaire) dont le rendement est élevé (jusqu'à 95%) ainsi que de la désulfuration du charbon dont le rendement est plus limité (' 20%).

En ce qui concerne la réduction des émissions de NO_x, nous avons retenu le système de réduction catalytique sélective (SCR) au rendement élevé (jusqu'à 80%) ainsi que l'utilisation de brûleurs "LOW NO_x" au rendement plus réduit (' 30%).

4. Coûts de dépollution

L'analyse des coûts de dépollution montre que les frais fixes et variables qui y sont associés varient en fonction d'une série de facteurs spécifiques à chaque centrale : taille, contrainte d'implantation, qualité des combustibles, etc.... Il en résulte que la détermination des fonctions de coûts de dépollution nécessite outre la connaissance des particularités des procédés, la prise en compte des caractéristiques propres de chaque centrale de référence.

5. Centrales électriques

Cinq unités de centrales inscrites dans le plan 1985-1989 de conversion au charbon (tableau 1) ainsi qu'une sixième ayant fait l'objet d'une rénovation à la suite d'un incident technique sont choisies comme référence.

Tableau 1 : Centrales de référence participant au programme d'"Emissions Trading"

Centrale - unité	Date de remise en service	Puissance (MWe)		
		Fuel oil***	Gaz	Charbon
Genk-Langerlo** 1	Nov. 1985	280	140(1)	230
Pont-Brûlé* 3	Mars 1986	-	-	143(2)
Ruien* 5	Sept. 1986	294	-	200
Genk-Langerlo** 2	Juin 1987	280	140 (1)	230
Rodenhuize** 4	1989	267	280 (3)	227
Amercoeur* 2	1989	136	-	135 (2)

* Adaptation aisée des équipements de désulfuration et de dénitrification des fumées

** Adaptation difficile des équipements de désulfuration et de dénitrification des fumées.

*** Combustible non utilisé.
 (1) Gaz naturel.
 (2) Charbon et gaz de cokerie.
 (3) Gaz de haut-fourneau.

Les caractéristiques de ces six unités font apparaître malgré des types de conception assez proche des différences marquées sur les plans de :

- la puissance des unités (tableau 1) : elle varie de 136 MWe (Amercoeur 2) à 280 MWe (Rodenhuize 4);
- la nature du combustible : sont consommés du gaz naturel, des charbons d'origines diverses avec, éventuellement, une utilisation conjointe de gaz de cokerie ou de haut-fourneau;
- le mode de fonctionnement : certaines centrales fonctionnent en continu, d'autres uniquement la journée; les facteurs d'utilisation varient de 4700 h/an à près de 7000 h/an;
- la structure des organes de chauffe : des différences techniques significatives sont observées notamment quant à la disposition des brûleurs, leur conception, la géométrie de la chambre de combustion;
- enfin, l'espace disponible à proximité des générateurs de chaleur constitue une contrainte sérieuse à l'installation d'équipements de

dépollution (* ou ** tableau 1); ce facteur distingue également les centrales entre elles.

De telles différences grèvent diversement les coûts de dépollution ou les émissions de polluants. Le programme d'"Emissions Trading" appliqué ici tente d'en tirer parti.

6. Application

Les résultats de l'étude sont repris dans les tableaux 2 et 3. Ils montrent que le montant des crédits dégagés fait apparaître tout l'intérêt de l'"Emissions Trading".

Tableau 2 : Application d'une politique d'"Emissions Trading" du SO₂ entre 6 centrales belges (FB 1986).

Centrales	Concentrations * initiales dans les fumées N _o (g SO ₂ /Nm ³)	Émissions initiales e _{n1} et E _{T1} (t SO ₂ /an)	Normes* légalés N _L (gSO ₂ /Nm ³)	Emissions résiduelles e _{nL} et E _{TL} (t SO ₂ /an)	Coûts de dépol. C _{nL} (normes légalés) et C _{TL} (millions FB/an)	Conc.* "Emissions Trading" (g SO ₂ /Nm ³)	Emissions résiduelles e _{ni} et E _{TL} (t SO ₂ /an)	Coûts de dépollution c _{ni} "Emissions Trading" (millions FB/an) c _{ni} et C _{Tmin}
Langerlo 1	1,59	7.383,3	0,40	1.838,1	419,8	0,08	369,2	436,6
Rodenhuize 4	1,225	5.801,1	0,26	1.247,1	487,5	0,98	4.640,8	103,7
Langerlo 2	1,49	6.505,7	0,40	1.736,6	414,4	0,075	325,3	431,3
Ruien 5	1,13	3.588,8	0,40	1.269,1	293,0	1,00	3.054,7	63,7
Pont-Brule 3	1,35	4.419,8	0,32	1.125,0	253,5	0,07	221,0	266,0
Amercoeur 2	1,34	3.181,4	0,33	1.533,8	222,2	0,07	159,1	240,3
TOTAL	-	30.880,1	-	8.769,7	2.090,4	-	8.770,1	1.541,6
Crédit (millions FB)	-	-	-	-	0	-	-	548,8
Crédit (%)	-	-	-	-	0	-	-	26

* Concentrations maximales ramenées aux conditions légales de teneur en O₂ des fumées.

Tableau 3 : Application d'une politique d'"Emissions Trading" des NO_x entre 6 centrales belges (FB 1986).

Centrales	Concentrations * initiales dans les fumées N _o (g NO ₂ /Nm ³)	Émissions initiales e _{n1} et E _{T1} (t SO ₂ /an)	Normes" légalés N _L (g NO ₂ /Nm ³)	Emissions résiduelles e _{nL} et E _{TL} (t NO ₂ /an)	Coûts de dépol. C _{nL} (normes légalés) et C _{TL} (millions FB/an)	Conc.* "Emissions Trading" (g NO ₂ /Nm ³)	Emissions résiduelles e _{nI} et E _{TL} (t NO ₂ /an)	Coûts de dépollution c _{nI} "Emissions Trading" (millions FB/an) c _{nI} et C _{Tmin}
Langerlo 1	0,85	3.968,0	0,65	2.77,6 (3.009,1)**	16,3	0,65	2.777,6	16,3
Rodenhuize 4	1,24	9.260,0	0,56	4.162,9	204,0	0,51	3.789,6	206,4
Langerlo 2	0,85	3.710,6	0,65	2.597,6 (2.813,0)**	16,3	0,65	2.597,6	16,3
Ruien 5	1,12	3.547,2	0,65	2.062,3	107,7	0,78	2.483,2	14,1
Pont-Brule 3	1,10	3.415,2	0,57	1.773,6	98,8	0,77	2.390,5	10,1
Amercoeur 2	0,81	1.924,0	0,56	1.322,9	72,9	0,47	1.106,3	74,0
TOTAL	-	25.825	-	14.696,9 (15.143,8)**	515,8	-	15.144,8	337,2
Crédit (millions FB)	-	-	-	-	0	-	-	178,6
Crédit (%)	-	-	-	-	0	-	-	35

* Concentrations maximales ramenées aux conditions légales de teneur en O₂ des fumées.

** Valeur exacte à la norme légale.

L'origine de ces crédits diffère suivant le polluant pris en considération.

6.1. Réduction des émissions de SO₂ (tableau 2)

L'application de la stratégie de l'"Emissions Trading" permet de réduire les coûts annuels de dépollution de 548,8 millions de FB. Ce crédit trouve son origine dans les différences entre les situations avec et sans "Emissions Trading" qui sont les suivantes :

- i) Dans le cas de l'application individuelle de normes légales (sans "Emissions Trading"), toutes les centrales de référence doivent s'équiper d'unités de dépollution coûteuses (il s'agit de la désulfuration de la totalité des fumées mais en utilisation partielle). Les coûts annuels de dépollution qui en résultent s'échelonnent de 222,2 à 487,5 millions de FB selon la centrale.
- ii) Dans le cas de l'application de l'"Emissions Trading" et donc pour une émission totale résiduelle équivalente au cas précédent :
 - Les centrales de Rodenhuize 4 et Ruien 5 sont les principales

bénéficiaires. En comparaison avec la situation sans "Emissions Trading", les coûts annuels de dépollution sont réduits de 487,5 millions de FB à 103,7 millions de FB dans le cas de la centrale de Rodenhuize 4. Ceux de la centrale de Ruien 5 diminuent de 293,0 millions de FB à 63,7 millions de FB. Toutefois, les émissions résiduelles permises pour ces centrales sont plus élevées. Elles passent de 1.247,1 tonnes de SO₂/an à 4.640,80 tonnes de SO₂/an dans le cas de la centrale de Rodenhuize 4 et de 1.269,1 tonnes de SO₂/an à 3.054,7 tonnes de SO₂ par an dans le cas de la centrale de Ruien 5.

- En échange, les centrales de Langerlo 1, Langerlo 2, Pont-Brûlé 3, et Amercoeur 2 limitent leurs émissions résiduelles à des valeurs réduites (159,8 à 369,2 tonnes par an) et avec un surcoût de dépollution (≤ 20 millions de FB/an).
Ce surcoût s'explique par l'utilisation plus poussée des installations de désulfuration de la totalité des fumées, des installations déjà prévues dans le cas de l'application individuelle des normes légales (sans "Emissions Trading").

6.2. Réduction des émissions de NO_x (tableau 3)

L'application de l'"Emissions Trading" à la réduction des émissions d'oxydes d'azote dans les six centrales de référence permet de dégager un crédit annuel total de 178,6 millions de FB par rapport à l'adaptation individuelle des normes légales. Ce crédit trouve son origine dans les différences entre les situations avec et sans "Emissions Trading" qui sont les suivantes :

- i) Si l'on n'applique pas d'"Emissions Trading" et que l'on respecte donc les normes "légales" :
 - Les centrales de Rodenhuize 4, de Ruien 5, de Pont-Brûlé 3 et d'Amercoeur 2 doivent consentir à des coûts annuels de dépollution importants qui s'étalent de 72,9 à 204,0 millions de FB.
 - Par contre, les centrales de Langerlo ne nécessitent pas d'installations coûteuses pour répondre aux normes légales (16,3 millions de FB/an), la concentration de NO_x dans les fumées étant relativement faible au départ (0,85 g/Nm³). De plus ces centrales dépolluent plus que la norme légale ne l'exige. Elles rejettent

respectivement 2.777,6 tonnes de NO₂/an et 2.597,0 tonnes de NO₂/an alors que le respect de la norme légale conduit à un rejet respectivement de 3.009,1 tonnes de NO₂/an (Langerlo 1) et 2.813,0 tonnes de NO₂/an (Langerlo 2). Il y a donc un surplus de dépollution.

ii) Si l'on applique l'"Emissions Trading" :

- Une valorisation du surplus de dépollution est possible dans le cas des centrales de Langerlo 1 et 2.
- Les centrales de Ruien 5 et Pont-Brûlé 3 peuvent s'équiper d'unités de dépollution peu coûteuses (10,1 et 14,1 millions de FB/an) mais au dépens d'une pollution résiduelle plus élevée, respectivement 2.483,2 et 2.390,5 tonnes de NO₂/an alors que l'application individuelle des normes légales n'autorise que des émissions résiduelles de 2.062,3 tonnes NO₂/an (Ruien 5) et 1.113,6 tonnes NO₂/an (Pont-Brûlé).
- En contrepartie, les centrales de Rodenhuize 4 et Amercoeur 2 réduisent plus nettement leurs émissions résiduelles, respectivement de 4.162,9 tonnes de NO₂/an à 3.789,6,3 tonnes NO₂/an (Rodenhuize 4) et de 1.322,9 tonnes NO₂/an à 1.106,3 tonnes NO₂/an (Amercoeur 2). Ceci pour un coût relativement limité (1,1 à 2,4 millions de FB/an).

Conclusion

Les résultats obtenus confirment la supériorité de programmes à la carte de dépollution vis-à-vis de l'application de normes uniformes telles que le prévoient les réglementations actuellement élaborées.

Pour un même quota d'émissions résiduelles, l'"Emissions Trading" laisse un plus grand nombre de degrés de liberté quant au choix des techniques de dépollution. De ce fait, non seulement une sélection technico-économique optimale peut être opérée mais encore tous les surplus de dépollution observés à cause du manque d'adéquation entre les normes uniformes légales et les techniques disponibles peuvent être valorisés.

Il est, dès lors, éminemment souhaitable qu'un cadre législatif permettant d'appliquer l'"Emissions Trading" soit élaboré.
