

Emissions de SO₂ dans l'industrie française : une approche technico-économique

Jean-Martial Breuil

► **To cite this version:**

Jean-Martial Breuil. Emissions de SO₂ dans l'industrie française : une approche technico-économique : Cahiers du CESEG, n°8. 1991. hal-02432691

HAL Id: hal-02432691

<https://hal-ifp.archives-ouvertes.fr/hal-02432691>

Preprint submitted on 8 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Centre d'Etudes Supérieures d'Economie et Gestion

**Emissions de SO₂ dans l'industrie
française : une approche technico-économique**

Jean-Martial BREUIL

Septembre 1991

Cahiers du CESEG - document n° 8

CESEG-ENSPM 4, avenue de Bois-Préau, BP 311, 92506 RUEIL MALMAISON CEDEX.

télécopieur : 33 (1) 47 52 70 66 - téléphone : 33 (1) 47 52 64 25.

La collection "Cahiers du CESEG" est un recueil des travaux réalisés au Centre d'Economie et Gestion de l'ENSPM, Institut Français du Pétrole. Elle a été mise en place pour permettre la diffusion de ces travaux, parfois sous une forme encore provisoire, afin de susciter des échanges de points de vue sur les sujets abordés.

Les opinions émises dans les textes publiés dans cette collection doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'IFP ou de l'ENSPM.

Pour toute information complémentaire, prière de contacter :
Saïd NACHET (*Responsable de la publication*) Tél. (1) 47 52 64 08

"Cahiers du CESEG" is a collection of researches realized within the Center for Economics and Management of the ENSPM, Institut Français du Pétrole. The goal of such collection is to allow views exchange about the subjects treated of.

The opinions defended in the papers published are the author(s) sole responsibility and don't necessarily reflect the views of the IFP or ENSPM.

For any additional information, please contact :
Saïd NACHET (*Editor*) Tel. (1) 47 52 64 08

RESUME

Face aux problèmes que posent la pollution atmosphérique (pluies acides, détérioration de la couche d'ozone...), l'élaboration d'actions de prévention ou de lutte nécessite la connaissance des contributions, dans les rejets, des variables techniques et socio-économiques.

L'article propose une formalisation de l'interaction "émissions - consommation d'énergie - activité économique" à travers une approche de type technico-économique. L'application à l'industrie française, dans le cas du SO₂, permet une explication détaillée de l'évolution des émissions.

SUMMARY

Facing the atmospheric pollution problems (acid rains, ozone bed deterioration...), the prevention policies require the knowledge of the economic and technical variables effects.

This paper presents an interaction between emissions, energy consumption and economic activity using a technico-economic approach, the latter is then applied to the French industry to explain the sulfur dioxide emissions evolution.

**LES EMISSIONS DE SO₂ PAR L'INDUSTRIE
FRANCAISE ENTRE 1985 ET 1989.**

**UNE APPROCHE
TECHNICO-ECONOMIQUE.**

Les émissions de dioxyde de soufre (SO₂), en France, représentaient 1475 Kt en 1985 et 1272 Kt en 1989. L'industrie (hors branches énergétiques) est responsable d'environ 25% de ces émissions. Comment donc expliquer la baisse de ces émissions entre 1985 et 1989.

Force est de constater que les explications avancées ne sont pas nombreuses. Celle qui revient le plus souvent est la place de plus en plus grande de l'électricité (d'origine nucléaire) dans le bilan énergétique français. Mais dans le cas de l'industrie, on ne peut pas retenir cette seule explication. En effet, l'électricité utilisée par l'industrie n'est pas émettrice de SO₂ comme l'est le FOL ou le charbon.

Cette article a pour objet de proposer est de tester une méthode qui permette, enfin, de mettre à jour les facteurs explicatifs de l'évolution des émissions. L'approche technico-économique, parcequ'elle retient des variables techniques et économiques, nous semble présenter un grand pouvoir explicatif. Encore faut-il l'adapter au cas des émissions de polluants en général et au SO₂ en particulier et tester cette nouvelle formulation à l'industrie.

Notre argumentation s'articulera autour de deux axes. Le premier présentera la méthode technico-économique et les principes de calcul d'émissions du SO₂. Le second proposera une extension de cette approche au cas de la pollution atmosphérique et une application numérique à l'industrie française de 1985 à 1989.

I. Généralités sur l'approche technico-économique et les émissions de SO₂.

3

L'approche technico-économique se propose d'appréhender la consommation énergétique sous l'angle technique (l'intensité énergétique, la substitution entre énergies) et sous l'angle économique (structure de la production, activité économique générale) Elle sera présentée dans sa formulation la plus générale (11)

Le bilan matière du soufre conduit à des coefficients d'émissions de SO₂ simples, qui permettent d'estimer les émissions de l'industrie française en 1985 et 1989 (12)

I.1 l'approche technico-économique: principes généraux

La méthode explique l'évolution de la consommation par la variation du contenu énergétique de chaque secteur économique (effet d'intensité), de la part du secteur dans le produit total (effet de structure) et enfin du niveau d'activité économique d'ensemble (effet d'activité)

I.1.1. les outils.

I.1.1.1 l'intensité énergétique.

le ratio d'intensité est défini comme suit pour chaque branche ou secteur:

$$IE = \frac{E}{AE}$$

où:

IE = intensité énergétique
E = consommation d'énergie
AE = activité économique

L'indication d'activité est très souvent la valeur ajoutée de la branche. Cependant, dans le cas d'étude sectorielle fine, on peut retenir d'autres indicateurs telle que la production physique.

I.1.1.2 la structure de l'économie.

La structure économique que l'on peut définir comme l'importance relative de chaque branche dans la production totale, brut varier au cours du temps. Certaines branches vont connaître une plus forte croissance que les autres et prendre de ce fait une importance plus grande dans l'économie.

L'indicateur le plus souvent retenu est le PIB. Si on suppose l'intensité énergétique globale constante (E/PIB) une variation de l'activité entraînera une variation de la consommation d'énergie:

$$\Delta E = \frac{E}{PIB} * \Delta PIB$$

Ces outils peuvent être reliés dans une expression simple décomposant l'évolution la consommation d'énergie totale en trois effets.

I.1.2 les trois effets.

la consommation totale d'énergie peut être exprimée par :

$$E = \sum \frac{E_i}{VA_i} * \frac{VA_i}{PIB} * PIB$$

où:

E = consommation totale d'énergie

E_i = consommation d'énergie de la branche i

VA_i = indicateur d'activité de la branche i . Ici la valeur ajoutée

PIB = produit intérieur brut

La variation de la consommation totale d'énergie de l'année t_0 à t_1 est la somme de l'effet contenu, de l'effet structure et de l'effet activité.

$$\begin{aligned} \Delta E_{t_0/t_1} &= \sum_i \Delta \left(\frac{E_i}{VA_i} \right)_{t_0/t_1} * \frac{VA_i}{PIB_{t_0}} * PIB_{t_0} && \text{Effet contenu ou} \\ & && \text{intensité} \\ &+ \sum_i \left(\frac{E_i}{VA_i} \right)_{t_0} * \Delta \left(\frac{VA_i}{PIB} \right)_{t_0/t_1} * PIB_{t_0} && \text{Effet structure} \\ &+ \sum_i \left(\frac{E_i}{VA_i} \right)_{t_0} * \left(\frac{VA_i}{PIB} \right)_{t_0} * \Delta PIB_{t_0/t_1} && \text{Effet activité} \end{aligned}$$

Partant de cette formulation générale on peut "emboîter" plusieurs niveaux d'analyses en désagrégeant l'énergie (on fait apparaître un effet substitution entre les combustibles) et/ou les secteurs économiques

En France, le C.I.T.E.P.A (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) calcul chaque année les émissions de SO₂. Des coefficients d'émission associés à la consommation de combustible permettent d'estimer les rejets.

I.2.1 Le principe de calcul des émissions

Les émissions de SO₂, pour l'essentiel, proviennent de l'usage de combustible soufré. Elles reposent, dans la plupart des inventaires (sauf cas de mesures directs) sur l'association d'un coefficient d'émission à l'utilisation du combustible sous chaudière:

$$\text{Emission} = \text{Consommation s/chaudière} * \text{facteur d'émission}$$

Le choix du facteur d'émission est généralement simple. On suppose que tout le soufre contenu dans le combustible est rejeté dans l'atmosphère(le plus souvent il est exprimé en mg/Nm³). Pour 1985, nous avons calculé le contenu en soufre des différents types de combustibles

combustible	% de soufre
FOL (vm)	2,60
charbon (vm)	1,00
FOD (vr)	0,30
gazole (vr)	0,30
carburacteur (vm)	0,15
essence+super (vm)	0,08

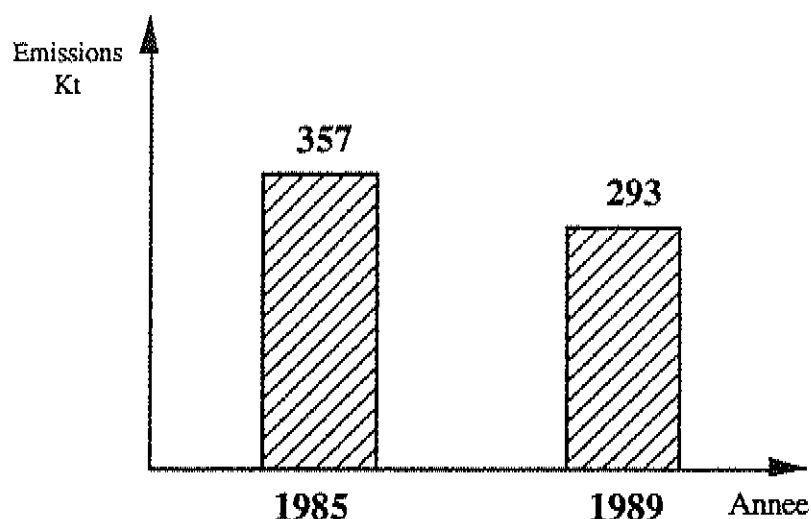
vm = valeur moyenne

vr = valeur réglementaire

Nous avons supposé fixe sur la période le coefficient d'émission des fiouls; la part croissante des fiouls TBTS ne modifiant pas de manière importante le coefficient.

Les émissions ont été calculées à partir des enquêtes annuelles de consommation d'énergie dans l'industrie (SESSI). Pour des raisons de simplicité, le pourcentage d'utilisation sous chaudière dans chaque branche a été supposé constant entre 1985 et 1989 (annexe I). Cette simplification conduit certainement à quelques écarts par rapport aux chiffres publiés par le CITEPA. D'autres part les estimations n'ont pas été réajustées, pour les gros émetteurs, par des données provenant de mesure.

Graphique N° 1: les émissions de SO₂ en 1985 et 1989 par l'industrie en France (kt)



II

Compte tenu de la période d'analyse (5 ans), de l'écrasement généralement admis de l'effet de structure par l'effet d'activité, du niveau de désagrégation en 22 branches qui favorise l'écrasement, l'effet de structure ne sera pas retenu dans l'adaptation de la méthode au cas de la pollution. Les effets intensité, activité et substitution entre formes d'énergies seront privilégiés dans le cadre de notre étude.

II. Adaptation de la méthode technico-économique à la pollution atmosphérique et application.

II 1 Extension de l'approche technico-économique au cas de la pollution atmosphérique.

II.1.1 Notation

E_k = émission du polluant k par une branche

F_k = facteur d'émission du polluant k résultant du rapport E_k/P

P = niveau d'activité de la branche

f_e = facteur d'émission du combustible exprimé en Kg/tep

$e = c$ pour le charbon

$e = p$ pour les produits pétroliers

$e = g$ pour le gaz naturel

C_c = consommation de charbon (tep)

C_p = consommation de produits pétroliers (tep)

C_g = consommation de gaz naturel (tep)

$C = C_c + C_p + C_g$

II.1.2 Formulation

On peut écrire

$$\begin{aligned}
 (E_k)_{t0} &= F * P_{t0} \\
 &= \left(\frac{E_k}{P} \right)_{t0} * P_{t0} \\
 &= \frac{f_c * c_c + f_p * c_p + f_g * c_g}{P_{t0}} * P_{t0} \\
 &= \left(\frac{C}{P} \right)_{t0} * \left[f_c \left(\frac{C_c}{C} \right)_{t0} + f_p \left(\frac{C_p}{C} \right)_{t0} + f_g \left(\frac{C_g}{C} \right)_{t0} \right] * P_{t0}
 \end{aligned}$$

d'où on tire les effets explicatifs de l'évolution des ... entre t_0 et $t+1$ 8

$$\Delta(E_k)_{t_0/t_1} = \Delta\left(\frac{C}{P}\right)_{t_0/t_1} * \left[f_c\left(\frac{C_c}{C}\right)_{t_0} + f_p\left(\frac{C_p}{C}\right)_{t_0} + f_g\left(\frac{C_g}{C}\right)_{t_0} \right] * P_{t_0}$$

EFFET INTENSITE

$$+ \left(\frac{C}{P}\right)_{t_0} * \left[f_c\Delta\left(\frac{C_c}{C}\right)_{t_0/t_1} + f_p\Delta\left(\frac{C_p}{C}\right)_{t_0/t_1} + f_g\Delta\left(\frac{C_g}{C}\right)_{t_0/t_1} \right] * P_{t_0}$$

EFFET SUBSTITUTION

$$+ \left(\frac{C}{P}\right)_{t_0} * \left[f_c\left(\frac{C_c}{C}\right)_{t_0} + f_p\left(\frac{C_p}{C}\right)_{t_0} + f_g\left(\frac{C_g}{C}\right)_{t_0} \right] * \Delta P_{t_0/t_1}$$

EFFET D'ACTIVITE

II.2 Application de la formulation au SO₂ pour l'industrie française entre 1985 et 1989: principaux résultats.

9

La formule permet de chiffrer les différents effets. Cependant une analyse rétrospective des outils donne le signe probable des effets. Ainsi l'économie française ayant connu une forte croissance durant cette, on peut penser que l'effet activité entraînera, toutes choses égales par ailleurs, une hausse des émissions.

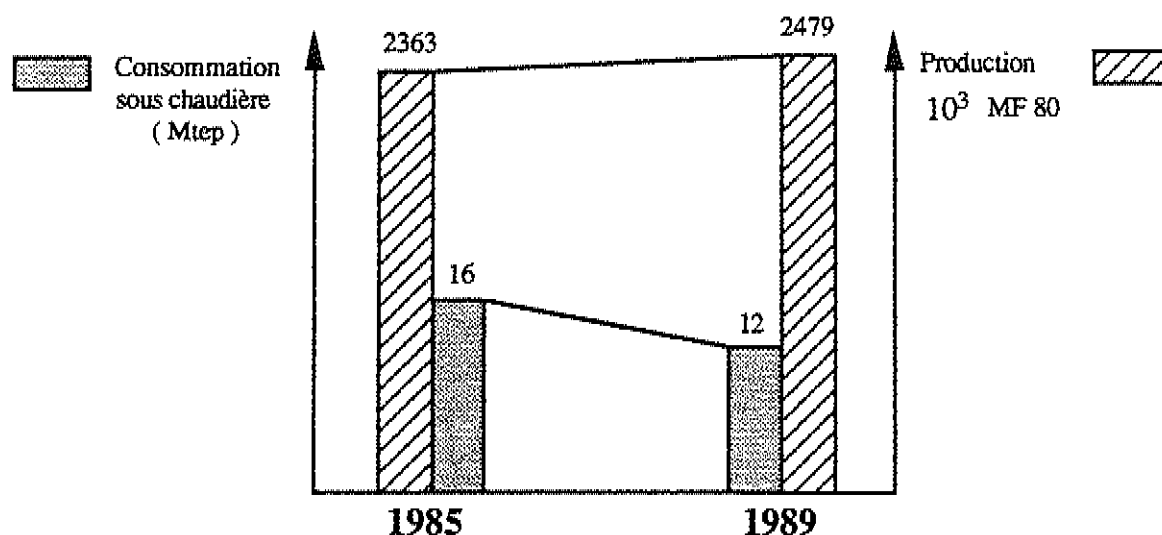
II 2 1 Evolution de la consommation, de la production et du bilan énergétique pour l'ensemble de l'industrie.

Nous allons étudier, de façon autonome, l'intensité énergétique et la structure du bilan. Nous en déduisons le sens probable de variation des effets comme nous venons de le faire pour l'activité.

II 2.1.1. L'évolution de l'intensité

Elle peut être appréhendée à travers ces deux composantes: la consommation sous chaudière et la production. (Graphique N°2)

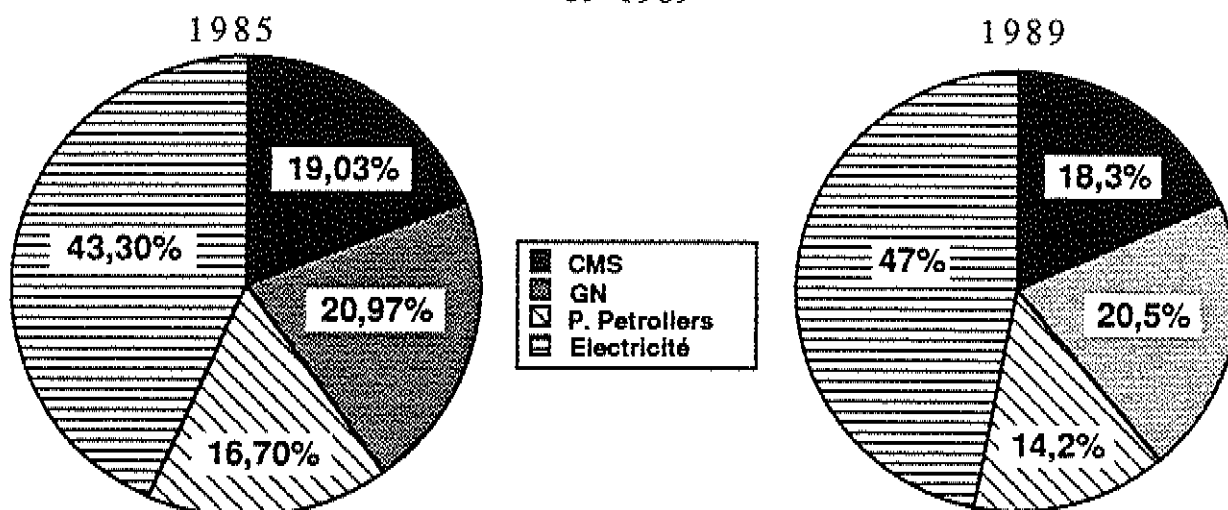
Graphique N°2: L'évolution de la consommation sous chaudière et de la production entre 1985 et 1989.



La production augmentant alors que la consommation énergétique diminue, l'effet intensité devrait jouer un rôle "baissier".

L'analyse de l'évolution de la structure du bilan énergétique montre une baisse de la part des énergies les plus polluantes (produits pétroliers et charbon) au profit de l'électricité. Curieusement, le gaz naturel, présenté comme l'énergie la plus propre avec l'électricité, connaît une diminution de sa part relative.(Graphique N°3).

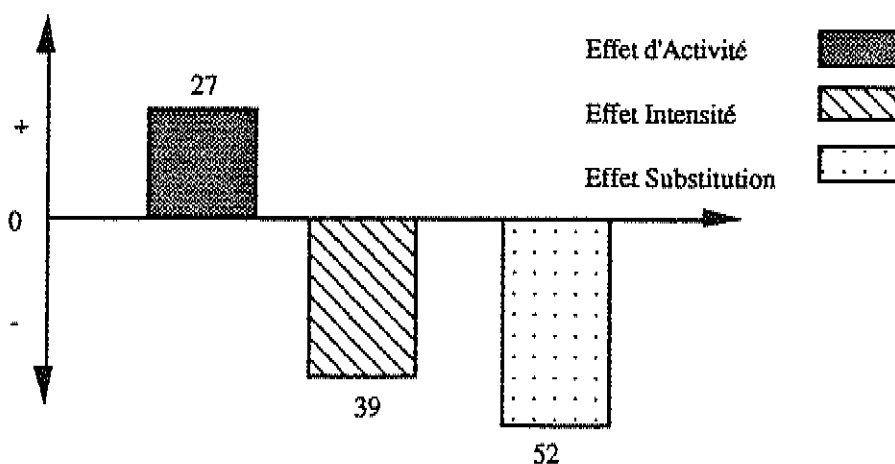
Graphique N°3: Comparaison du bilan énergétique de l'industrie entre 1985 et 1989



Compte tenu de ces remarques, le résultats de l'estimation de chacun des effets pas surprenant.

II.2.2.La mesure des effets.

Les 64 kt de SO2 émis en moins entre 19-85 et 1989 sont dus aux trois effets mis en avant par la méthode pour les valeurs suivantes (en Kt):



Les substitutions sont la principale source de réduction des émissions sur la période.Entre 1985 et 1989, la part relative du FOL et du FOD a diminué au profit du GPL, du Gaz Naturel et un peu du charbon.

L'extension de l'approche technico-économique au cas de la pollution atmosphérique ou autre, ouvre une voie de recherche nouvelle qui permet, comme nous venons de le faire, d'analyser les composantes explicatives de l'évolution des émissions.

L'application de l'approche au cas du SO₂ est relativement aisée parcequ'il existe une relation proportionnelle entre la teneur en soufre du combustible et les émissions de SO₂. Nous avons finalement apporté une réponse plus fouillée que celle avancée en général pour expliquer la baisse des émissions. La croissance économique joué à la hausse des émissions, mais par une meilleur efficacité énergétique et une utilisation accrue de combustibles propres, celles-ci ont finalement diminuées. Les émissions d'oxyde d'azote dépendent énormément de la technique de combustion. De ce fait l'extension de l'approche pose plus de problème est mérite la prise en compte d'un effet facteur d'émission.

De cet application aux émissions de SO₂ par l'industrie française entre 1985 et 1985 il ressort que la réduction des émissions s'est faite, en l'absence de technique de désulfuration, grâce à une meilleure efficacité énergétique et une utilisation accrue de combustible "propre".

- ADELMAN, M.A (1980). Energy-income coefficients and ratios: their use and abuse. *Energy Economics*..january1980.2-4.
- DARMSTADTER, J; DUNKERLEY, J; ALTERMAN, J (1977) . How industrial societies use energy: a comparative analysis. *Ressource for the future*. Johns Hopkins University Press. Washington DC 1977.
- CRIQUI, P (1989) .De 1960 à aujourd'hui: des sentiers de croissance contrastés. *Revue de l'énergie*. N°413 Août-septembre 1989
- MARTIN, JM; CHATEAU, B; CRIQUI, P; LAPILLONNE, B. La diminution de la consommation d'énergie en France: réaction conjoncturelle ou inflexion de tendance sur longue période. *Revue de l'énergie* N°363 avril 1984.

Déjà parus

- CS-1. D. PERRUCHET et J.-P. CUEILLE,
Compagnies pétrolières internationales : intégration verticale et niveau de risque.
Novembre 1990.
- CS-2. C. BARRET et P. CHOLLET,
Canadian gas exports : modeling a market in disequilibrium.
Juin 1990.
- CS-3. J.-P. FAVENNEC et V. PREVOT,
Raffinage et environnement.
Janvier 1991.
- CS-4. D. BABUSIAUX,
Note sur le choix des investissements en présence de rationnement du capital.
Janvier 1990.
- CS-5. J.-L. KARNIK,
Les résultats financiers des sociétés de raffinage distribution en France 1978-1989.
Mars 1991.
- CS-6. I. CADORET et P. RENOUE,
Elasticités et substitutions énergétiques : difficultés méthodologiques.
Avril 1991.
- CS-7. I. CADORET et J.-L. KARNIK,
Modélisation de la demande de gaz naturel dans le secteur domestique : France,
Italie, Royaume-Uni 1978-1989.
Juillet 1991.