



LE SOUFRE DANS L'ATMOSPHERE

ÉMISSIONS, QUANTIFICATION, ÉVOLUTIONS, RÉGLEMENTATION

par Jean-Pierre **Fontelle**¹, Guillaume **Jacquier**²

Introduction

Le soufre est le 10^e élément le plus abondant de l'univers. Sur Terre, on le trouve dans la nature à l'état solide sous deux formes, sédimentaire et volcanique. **Le soufre sédimentaire** est associé à du calcaire, du gypse, ou de la matière organique (hydrocarbures) et **constitue la grande majorité du soufre exploité dans le monde**. Le soufre volcanique provient de l'oxydation superficielle de H₂S dans les gaz volcaniques qui forme des aiguilles de soufre à la sortie des fumerolles.

Dans l'atmosphère, le soufre se retrouve principalement sous forme de dioxyde de soufre (ou anhydride sulfureux SO₂). Celui-ci provient de sources naturelles (volcans et eaux côtières) et anthropiques, principalement par l'utilisation de combustibles contenant du soufre et lors du traitement de minerais sulfurés. **En France, les concentrations de SO₂ dans l'atmosphère ont fortement baissé ces dernières années.**

La baisse des teneurs en soufre de l'atmosphère en France a aussi des répercussions sur l'agriculture. Le soufre est en effet un nutriment pour les sols et les retombées moins importantes du soufre présent dans l'air ne sont pas sans conséquences.

Le SO₂ a des effets sur la santé humaine et l'environnement. C'est un **irritant respiratoire** qui agit en synergie avec les particules. De plus, il se transforme rapidement dans l'air en acide sulfurique qui **participe à l'acidification des pluies**. Enfin son **rôle sur l'effet de serre est a contrario plutôt positif**. Ce gaz se transforme en effet en aérosols de sulfates qui bloquent en partie le rayonnement solaire et **entraînent un refroidissement**.

Émissions par secteur et évolution

Les émissions de soufre **proviennent essentiellement de la combustion des combustibles fossiles** (environ 71% des émissions de SO₂ en 2005), notamment le fuel et le charbon, ainsi que de certains procédés industriels (production d'acide sulfurique, raffinage de pétrole...).

Les trois secteurs les plus émissifs sont, quelque soit l'année considérée à quelques exceptions près :

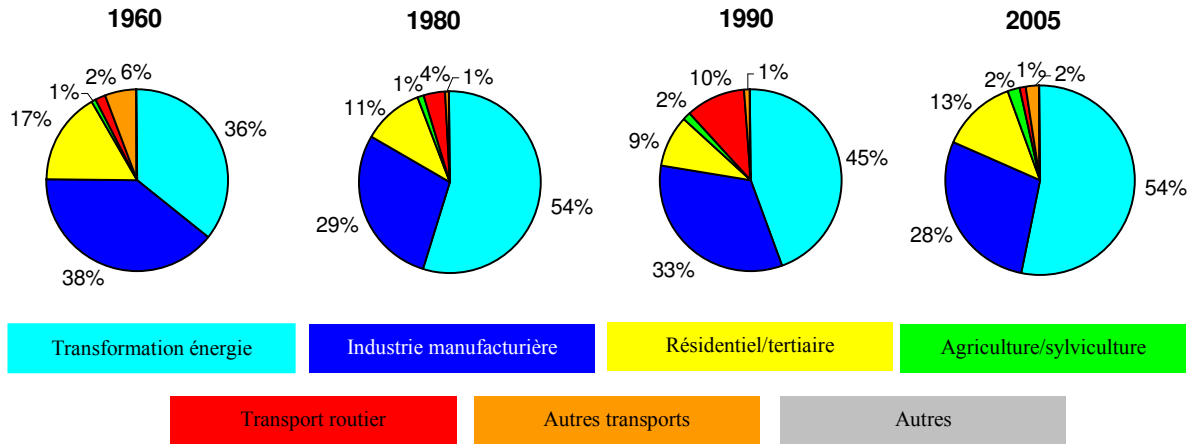
- La transformation de l'énergie (54% en 2005), principalement la production d'électricité et le raffinage du pétrole,
- L'industrie manufacturière (28% en 2005), principalement la chimie, les minéraux non métalliques et matériaux de construction, et la métallurgie des métaux ferreux,

¹ Directeur du CITEPA

² Ingénieur d'études au CITEPA

- Le résidentiel/tertiaire (13% en 2005).

L'année 2005 représente avec 465 kt de SO₂ le minimum jamais atteint depuis 45 ans.



CITEPA / CORALIE / FORMAT SECTEN – Mise à jour février 2007

Secten_niv_AEP-d/SO2.xls

Entre 1980 et 2005, les émissions ont baissé de 86%.

Cette **forte baisse** s'explique par :

- la baisse des consommations d'énergie fossile du fait de la mise en œuvre du programme électronucléaire,
- les actions mises en place visant à économiser l'énergie,
- les dispositions réglementaires environnementales mises en œuvre,
- les récents progrès réalisés par les exploitants industriels en faveur de l'usage de combustibles moins soufrés et l'amélioration du rendement énergétique des installations.

La France est l'un des pays d'Europe dont l'émission rapportée au nombre d'habitants est la plus faible, du fait de sa structure énergétique et de ses caractéristiques socio-économiques.

Quantification

Plusieurs méthodes sont utilisées pour déterminer ces émissions.

- **Quantification par la mesure**

Des mesures périodiques ou permanentes peuvent être réalisées sur les installations afin de déterminer la concentration des effluents en SO₂. La mesure simultanée du débit de l'effluent permet de calculer le flux massique de SO₂ par unité de temps de fonctionnement. La mesure en continu permet d'obtenir un résultat plus précis notamment sur les évolutions dans le temps.

- **Quantification par bilan**

Dans le cas de la combustion de combustibles fossiles, la réalisation d'un bilan soufre en estimant que la combustion est complète, et donc que l'ensemble du soufre présent dans le combustible sera oxydé en SO₂ est une méthode généralement satisfaisante sauf en présence d'une forte rétention ou de dispositifs de dépollution.

- **Quantification par utilisation de facteurs d'émissions**

Une estimation peut aussi être réalisée à partir de données statistiques (production, consommation d'énergie) et de facteurs d'émission appropriés généralement déterminés par des experts des secteurs concernés en tenant compte de l'état courant des connaissances.

Réglementation

Dans les années 1970-1980, le phénomène des pluies acides constitua un souci environnemental majeur. Des mesures initiées pour lutter contre cette pollution vont alors fortement marquer le paysage réglementaire.

Au plan international

Dans le cadre de la Commission Économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU), la Convention de Genève de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance va engendrer plusieurs protocoles concernant, entre autres, le soufre. Le dernier en date est le protocole de Göteborg de 1999, en cours de révision.

Au plan européen

La France est engagée par un certain nombre de directives adoptées par l'Union européenne, notamment les directives IPPC, NEC, et GIC. La directive NEC implique un plafonnement de l'ensemble des émissions de SO₂ à l'horizon 2010. Cette directive est en cours de révision avec des plafonnements à l'horizon 2020.

Au plan national

Les rejets des sources fixes au titre de la *prévention et de la réduction intégrée de la pollution* sont réglementés par l'arrêté du 2 février 1998 modifié et par divers arrêtés sectoriels : installations de combustion (4 arrêtés), raffinage de pétrole, divers procédés industriels et incinération de déchets, teneur en soufre des combustibles liquides

D'autres arrêtés concernent les sources mobiles par l'intermédiaire des spécifications relatives à la teneur en soufre des carburants.

Au plan local

Le Code de l'Environnement qui a intégré la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) de 1996 impose également au niveau local des dispositions visant à réduire les rejets de certaines installations dans le cadre de plans visant à améliorer la qualité de l'air (PRQA, PPA, procédures d'alertes).

Perspectives

La tendance de fond, orientée à **la baisse des émissions, devrait se poursuivre au cours des prochaines années** grâce à la mise en œuvre de réglementations visant à rendre plus sévères les valeurs limites d'émission des grandes installations de combustion notamment, et à diminuer la teneur en soufre des combustibles liquides, en particulier pour le gazole et l'essence à partir de 2009. Ceci est en relation avec **l'objectif défini pour 2010 par la directive plafonds nationaux d'émissions (375 kt)** nécessitant une réduction des émissions de plus de 20% par rapport au niveau actuel.

D'autres objectifs sont actuellement en discussion pour 2020.