

Essai de «désaisonnalisation» des données de pollution atmosphérique par l'anhydride sulfureux, relevées à Genève entre 1959 et 1971^{1, 2}

D. Ramaciotti³ et C. Imhoff⁴

Résumé

Du fait des variations saisonnières et accidentelles qui l'affectent, il est très difficile de mettre en évidence l'évolution à long terme de la pollution atmosphérique par l'anhydride sulfureux. En appliquant la méthode de «désaisonnalisation» de Shiskin, nous avons pu distinguer dans une série de données la tendance au cours du temps après avoir atténué les effets de la composante saisonnière et des fluctuations aléatoires. En prenant comme données de base les niveaux moyens relatifs d'anhydride sulfureux enregistrés en 10 points du canton de Genève, il est apparu que la pollution due essentiellement aux installations de chauffage domestique présente deux tendances: d'une part, en dépit de l'accroissement démographique du canton de Genève, la pollution par le SO₂ a décliné de 1959 à 1971, d'autre part, la différence entre la pollution hivernale et la pollution estivale s'est atténuée. Quelques hypothèses sont faites pour expliquer ces deux phénomènes.

Introduction

La pollution atmosphérique par l'anhydride sulfureux est caractérisée par deux types de fluctuations: l'une saisonnière, se reproduisant régulièrement d'année en année, l'autre irrégulière ou occasionnelle due à des événements non cycliques, comme par exemple, les conditions météorologiques journalières. Si l'on veut mettre en évidence la tendance croissante ou décroissante à long terme de la pollution, il faut disposer d'une technique qui atténue les fluctuations en question. Nous l'avons empruntée aux économistes qui se trouvent souvent face au même problème, par exemple dans l'étude des ventes d'un produit dont la consommation a un caractère hautement saisonnier,

¹ Basé sur une présentation lors de la Journée d'exposés scientifiques de la Société suisse de médecine sociale et préventive, Berne, 27 juin 1973.

² Ce travail a été réalisé grâce à l'aide du Fonds national suisse pour la recherche scientifique (crédit de recherche no 4.28.71).

³ Institut universitaire de médecine sociale et préventive, Genève (Dir.: Prof. O. Jeanneret).

⁴ Laboratoire cantonal de chimie, section de toxicologie industrielle et analyse de l'air (Dir.: P. Desbaumes). Institut d'Hygiène, Genève.

comme la vente des chapeaux de paille! Il existe de nombreuses méthodes de «désaisonnalisation»; nous avons utilisé celle mise au point par Shiskin [1] à cause de la grande souplesse qu'elle offre dans les types de série qu'elle permet d'ajuster.

Données de base

Les données auxquelles nous avons appliqué la méthode de «désaisonnalisation» sont les niveaux moyens relatifs de SO₂ tels qu'ils sont fournis par les appareils Leclerc. Dans ces appareils, l'anhydride sulfureux se fixe sur un papier filtre imprégné d'une solution de bicarbonate de sodium. Après un mois d'exposition, on retire le papier de l'appareil et, après oxydation des sulfites, les sulfates sont dosés par gravimétrie [2]. Si les appareils Leclerc ne donnent pas des concentrations de SO₂, mais seulement des valeurs relatives comparables dans le temps et dans l'espace, ils ont l'avantage d'être peu coûteux et d'un maniement aisé, si bien que de nombreuses données ont pu être recueillies par les soins du laboratoire de toxicologie industrielle et analyse de l'air (Dir.: P. Desbaumes) pendant une période prolongée en 10 points du canton de Genève.

Méthode de «désaisonnalisation»

A partir d'une série de données observées (O), la méthode de Shiskin permet de mettre en évidence une tendance ou «trend» (C), une composante saisonnière (S) et des fluctuations aléatoires (I). Sur cette base, deux types d'ajustement peuvent être envisagés: un ajustement du type multiplicatif ($O = C \times S \times I$) ou un autre du type additif ($O = C + S + I$). L'amplitude des fluctuations des tenneurs en anhydride sulfureux de l'atmosphère étant proportionnelles à l'amplitude du phénomène, nous avons pensé que le modèle multiplicatif s'adapterait mieux à nos

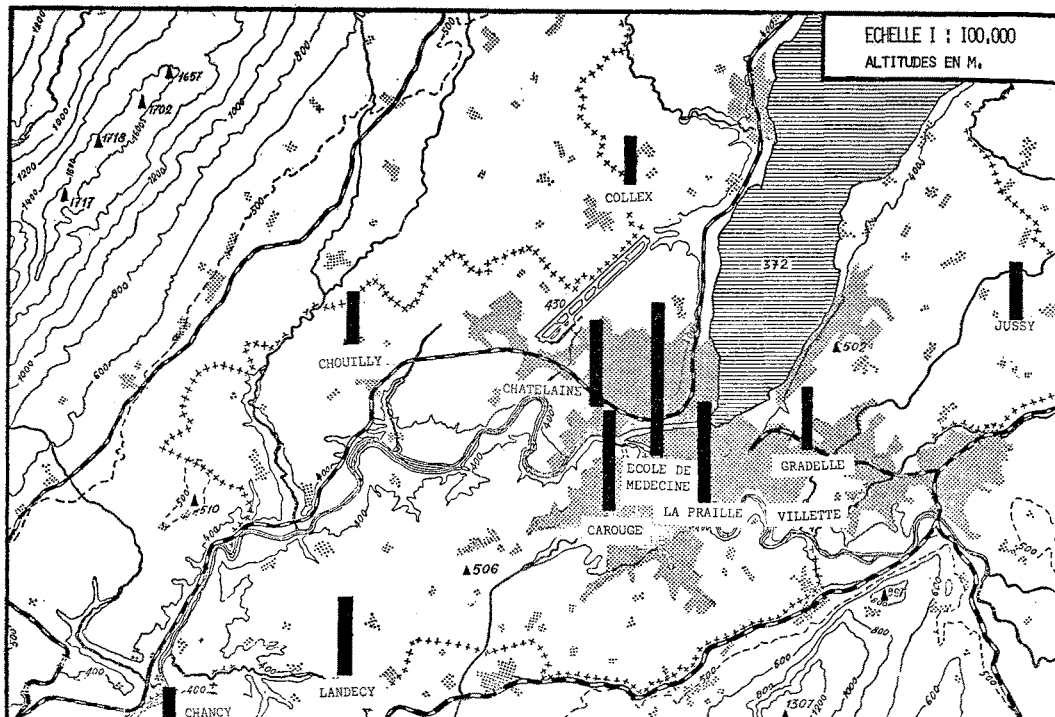


Fig. 1 Carte du canton de Genève et niveaux annuels de SO₂ enregistrés de 1959 à 1971 à 10 postes. En pointillé, zones habitées.

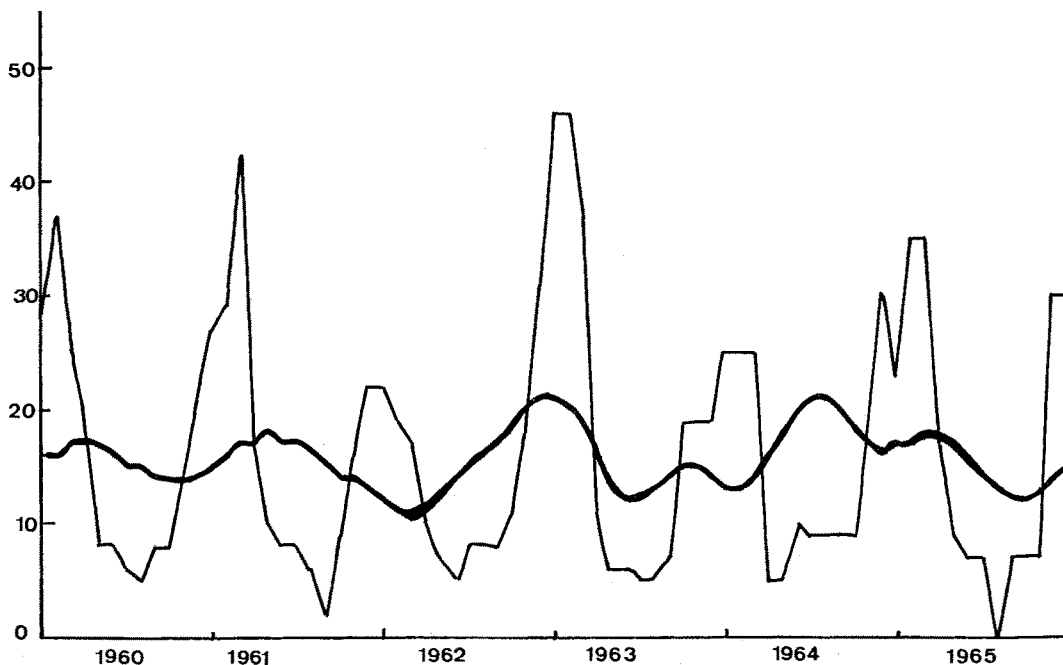


Fig. 2 Niveaux relatifs du SO₂ en ordonnée, en fonction du temps (poste de Landecy, période 1959-1971). En trait mince, valeurs observées (O); en trait gras, valeurs calculées (C) de la tendance.

données. Cette hypothèse a été confirmée par divers essais et vérifications graphiques. La méthode proposée par *Shiskin* est basée sur un calcul de moyennes mobiles. «Si l'on a une fonction g du temps et g_t la valeur de g correspondant à la date t ($t = 1, 2 \dots$). On appelle moyennes mobiles sur p mois de la fonction g les moyennes successives de la fonction g calculées sur p mois consécutifs et rapportée à la date de milieu de période.

$$M_p \left(t + \frac{p+1}{2} \right) = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p g_{t+k} \quad [4]$$

La date $t + (p + 1)$ est le milieu de la période s'étendant entre les dates $t + 1$ et $t + p$.

Dans notre cas, la période du mouvement saisonnier étant de 12 mois, nous calculons la moyenne mobile sur 12 mois. Pour centrer le résultat sur le milieu de l'année (15 juillet), on est amené à faire la somme sur un nom-

bre impair de mois (13) et, pour éviter qu'un mois ne soit compté deux fois, on pondère pour $1/2$ les mois extrêmes. Afin d'assurer un meilleur ajustement, les données observées sont pondérées de manière à minimiser l'influence de celles qui s'éloignent par trop de la moyenne; en supposant la distribution normale, on attribue un poids variant linéairement de 0 pour les données au-delà de $\pm 2,5 \sigma$ à 1 pour les données comprises entre $-1,5 \sigma$ et $+1,5 \sigma$.

Résultats

Sur la carte du canton de Genève (fig. 1) sont représentées les moyennes des niveaux annuels moyens de pollution par le SO_2 calculés sur une période de 10 ans et exprimés en mg de SO_2 recueillis sur le papier filtre par 30 jours. On remarque que les valeurs sont moins élevées dans les zones rurales que dans les zones urbaines malgré l'exiguïté du canton et sa forte densité de population. L'agglomération urbaine et certains villages s'étant étendus depuis 1959, il était intéressant de savoir si la pollution par le SO_2

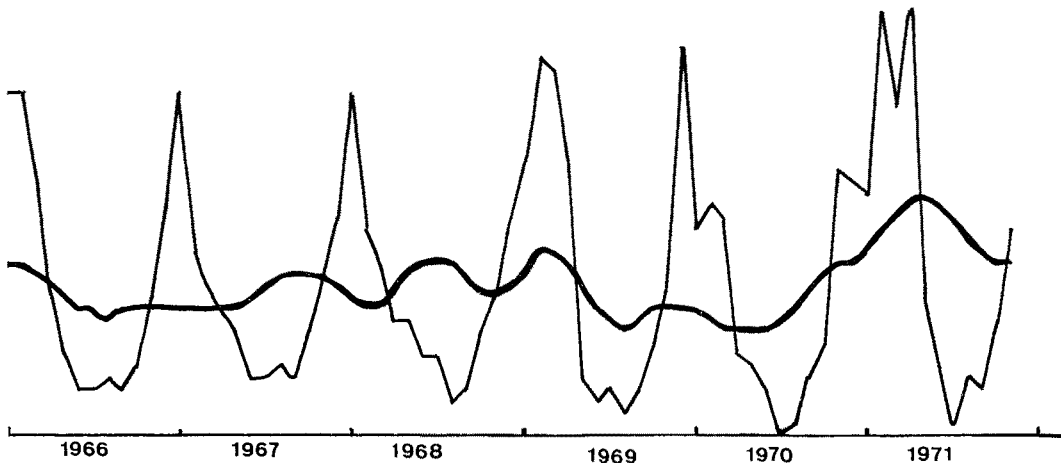


Fig. 2 Niveaux relatifs du SO_2 en ordonnée, en fonction du temps (poste de Landecy, période 1959-1971). En trait mince, valeurs observées (O); en trait gras, valeurs calculées (C) de la tendance.

a augmenté, diminué, ou est restée stable durant la période considérée; notons que la pollution par l'anhydride sulfureux provient essentiellement à Genève des chauffages domestiques, la pollution d'origine industrielle étant pratiquement négligeable.

La méthode de «désaisonnalisation» utilisée nous a permis de constater qu'une tendance existe pour tous les postes vers la diminution. La fig. 2 en donne une illustration pour celui de Landecy, point situé au S.-W. du canton. Si la population du canton a passé de 247 000 habitants en 1959 à 329 000 en 1971, soit une augmentation de 27 %, la pollution, elle, a décré en moyenne de 52 % (fig. 3).

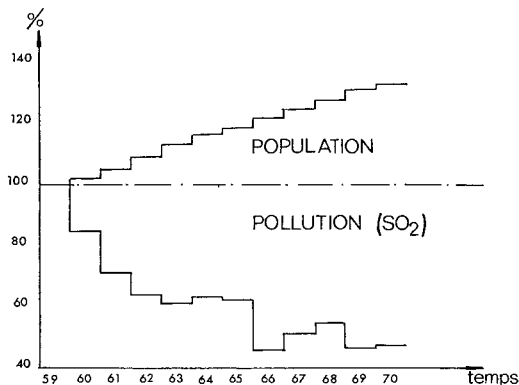


Fig. 3 Croissance relative de la population totale du canton et diminution relative du niveau moyen de pollution par le SO₂ de 1959 à 1970. L'année de référence est 1959.

La méthode utilisée nous a permis en outre d'étudier l'évolution des variations saisonnières telles qu'elles sont indiquées à la fig. 4 pour le poste de Villette. On remarque que les valeurs des coefficients saisonniers sont toujours plus élevées en hiver qu'en été. On observe toutefois une tendance à la diminution pour les mois de janvier et février, une relative stabilité au mois de mars et, d'avril

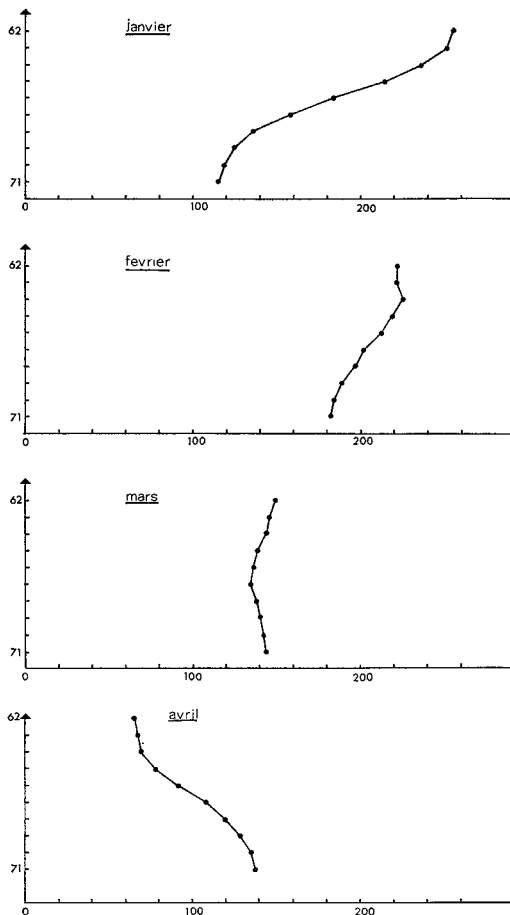


Fig. 4

à novembre une augmentation, plus ou moins prononcée selon les mois. On constate enfin une diminution sensible en décembre.

En d'autres termes, la pollution par l'anhydride sulfureux a tendance, pendant la période considérée, à diminuer relativement pendant la saison froide et à augmenter relativement le reste de l'année.

Discussion et conclusion

Grâce à la méthode de «désaisonnalisation»

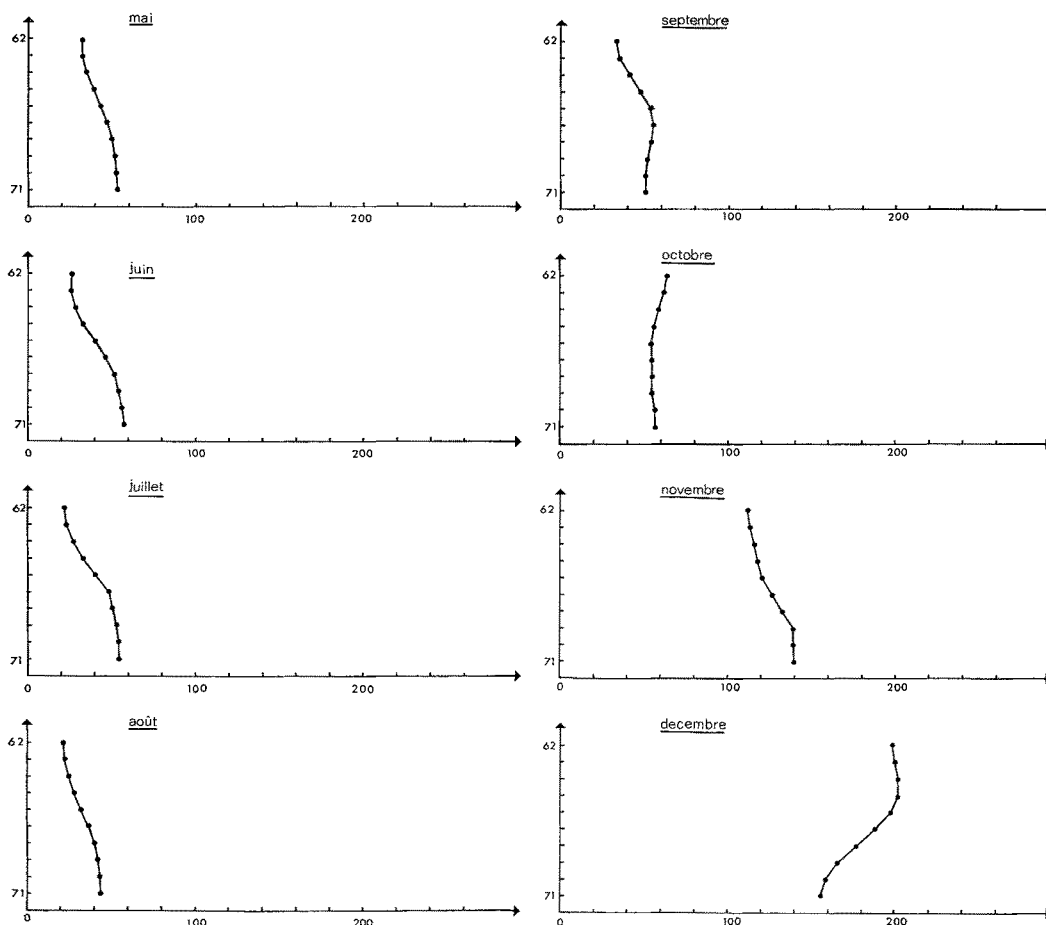


Fig. 4 Evolution de la variation saisonnière de la pollution par le SO₂ au cours du temps, poste de Villetta. Pour chaque mois, on abaisse les coefficients saison-

niers (S): en ordonnée, le temps en années (de 1962 à 1971).

de *Shiskin* appliquée aux valeurs mensuelles de SO₂ enregistrées en différents points du canton de Genève, nous avons pu faire deux constatations: d'une part, en dépit de l'accroissement démographique du canton, la pollution attribuée pour la majeure partie aux installations de chauffage domestique a tendance à diminuer; d'autre part, on assiste

à un pincement des variations saisonnières avec les années en ce sens que la pollution par l'anhydride sulfureux tend à diminuer relativement en hiver et à augmenter en été. On peut attribuer ces deux phénomènes aux causes suivantes:

- pour le premier, le remplacement des installations de chauffage à combustible so-

lide par des installations à combustible liquide et l'importation d'huile de chauffage à plus faible teneur en soufre. Or, on sait que ces modifications ont eu pour conséquence de réduire la teneur en soufre des fumées;

- pour le second, l'utilisation croissante d'installations à mazout pour le chauffage de l'eau chaude expliquerait l'augmentation de la pollution durant les mois chauds.

Zusammenfassung

Es ist recht schwierig, den langfristigen Verlauf der durch Schwefeldioxyd (SO₂) bewirkten Luftverunreinigung hervorzuheben, da diese durch Jahreszeit und Zufall beeinflusste Veränderungen aufweist. Aufgrund der Shiskinschen «Deseasonalization»-Methode ist es uns gelungen, an einem Zahlenmaterial den zeitlichen Verlauf durch Abschwächen des Einflusses der Jahreszeiten- und Zufallskomponenten festzustellen. Wenn man vom mittleren, an 10 Orten des Kantons Genf aufgezeichneten SO₂-Gehalt ausgeht, kennzeichnet sich die hauptsächlich durch Haushaltheizungseinrichtungen bewirkte Luftverunreinigung durch folgende beiden Regelmäßigkeiten: einerseits hat die Luftverunreinigung durch Schwefeldioxyd zwischen den Jahren 1959 und 1971 trotz der Bevölkerungszunahme des Kantons Genf abgenommen; andererseits hat sich der Unterschied zwischen Winter- und Sommerluftverunreinigung verringert. Es werden einige Ansätze vorgeschlagen, um diese beiden Beobachtungen zu erklären.

Summary

The assessment of long term trend of atmospheric pollution is difficult due to the influence of seasonal and

short term variations. By applying the Shiskin method of "deseasonalization", it has been possible to diminish the effects of the seasonal and occasional fluctuations. When the data on average levels of sulphur dioxide registered in 10 different points in the canton of Geneva were treated, it was found that pollution which is mainly due to domestic heating shows two trends over the years. On the one hand, in spite of the population increase of the canton of Geneva, the pollution due to SO₂ has decreased from 1959 to 1971. On the other hand, the difference between winter and summer levels has diminished. The reasons behind these trends are discussed.

Références

- [1] US Bureau of the Census. The X-11 Variant of the Census Method II Seasonal adjustment program. Technical Paper no. 15 (1967 revision). US Government Printing Office, Washington 1967.
- [2] Desbaumes P. et Deshusses J.: Contribution à l'étude de la pollution de l'atmosphère de la région de Genève. Bull. de l'Institut national genevois, Tome LX, 1960.
- [3] Fukui Kaus: Méthode de mesure des polluants atmosphériques (Cl SO₂) par la technique des papiers imprégnés. Compte rendu du Congrès international de l'air pur, tenu à Londres du 4 au 7 octobre 1966 (p. 231).
- [4] Calot G.: Cours de statistique descriptive. Dunod, Paris 1965 (p. 389).

Adresse de l'auteur:

Daniel Ramaciotti, Ing.-techn. ETS, lic. sc. comm. industr. Institut de Médecine sociale et préventive 20, quai Ecole de Médecine, 1205 Genève.