

DETERMINATION DU NIVEAU DE POLLUTION PAR LES OXYDES DE SOUFRE ET D'AZOTE DANS LA REGION D'ANNABA : RAPPORT AVEC LES DONNEES METEOROLOGIQUES

A. Tadjine & N. Soltani

Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Département de Biologie,
Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 23000, Annaba, Algérie.

RESUME

Les polluants atmosphériques ont été ces dernières années l'objet d'un intérêt croissant en raison de leurs effets néfastes sur la santé des populations exposées. Ces nuisances sont dues aux unités industrielles, à l'urbanisation et à la circulation qui interfèrent très souvent. Ceci conduit à la notion de pollution globale dont le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote constituent l'élément majeur. Les méthodes chimiques de base, couramment utilisées pour le piégeage et l'analyse colorimétrique du dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote, sont relativement sensibles mais exigent du temps et fréquemment des réactifs toxiques. Les taux du dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote ont été évalués durant neuf mois au niveau de deux sites de la région d'Annaba, El Bouni et Ain Achir. Le dioxyde de soufre est piégé dans une solution de tétrachloromercurate de potassium et dosé par une méthode colorimétrique à la pararosaniline, tandis que le dioxyde d'azote est analysé par la méthode colorimétrique dérivée de la réaction de Griess-Ilosvay. Les niveaux de pollution recueillis ont été par la suite corrélés avec les données météorologiques.

Mots clés : Pollution, Dioxyde de soufre, Dioxyde d'azote, Annaba.

ABSTRACT

The atmospheric pollutants have been these last years the subject of an increasing interest because of their bad effects on the health of exposed populations. The harmful effects are due to industrial factories, urbanisation and vehicles, that interfere most of the time. This leads to the notion of global pollution which sulphur dioxide and nitrogen dioxide is relatively sensitive but require time and frequently toxic reagents. The rates of sulphur dioxide and nitrogen dioxide have been evaluated during nine months at two sites in Annaba city, El Bouni and Ain Achir. The sulphur dioxide was trapped in a solution of tetrachloromercurate potassium and quantified by a colorimetric method with the pararosaniline as reagent, while the nitrogen dioxide was calorimetrically analyzed by the method derived from the Griess-Ilosvay reaction. The detected levels of pollution have been correlated with meteorological data.

Key words : Pollution, Sulphur dioxide, Nitrogen dioxide, Annaba.

INTRODUCTION

Les polluants atmosphériques sont émis par diverses sources et affectent la qualité de l'air. De plus, les nuisances dues aux unités industrielles et celles dues à l'urbanisation et à la circulation interfèrent très souvent, ce qui conduit à la notion de pollution globale où le soufre et les oxydes d'azote constituent les éléments majeurs (Porini, 1995). C'est pourquoi, il est impératif de connaître l'origine, la nature et le niveau de chaque polluant. Grâce à la prise de conscience de nombreux phénomènes interactifs entre la santé et l'hygiène du milieu, les concepts de santé et d'hygiène ont évolué progressivement vers les notions de santé publique, d'environnement, de santé environnementale et d'écologie.

Les principaux effets à court terme des polluants atmosphériques sur la santé concernent essentiellement l'appareil respiratoire (Dockery, 1962; Chiron, 1997 ; Deloraine & Segala, 2001). Ces manifestations résultent généralement, soit d'une

toxicité directe des polluants, soit d'une fragilisation des mécanismes de défense de l'organisme vis à vis des agressions bactériennes, virales ou allergiques (Ostro & Rothschild, 1989 ; Pope & Spengler, 1991). Néanmoins, d'autres appareils sont également concernés par les effets de la pollution atmosphérique comme l'appareil cardio-vasculaire (Schneider & Calkins, 1970). Les enfants constituent également une population sensible (Hemon, 1995 ; Quenel, 1999).

La présente étude s'intègre dans un programme de recherche sur l'évaluation du niveau des polluants dans différents écosystèmes (Soltani *et al.*, 1994; Soltani & Morsli, 2003 ; Zaïdi *et al.*, 2005) et l'impact de divers xénobiotiques sur la faune (Abbes *et al.*, 2003; Drardja-Beldi & Soltani, 2003; Morsli & Soltani, 2003). Elle vise à déterminer les niveaux de pollution atmosphérique par les dioxydes de soufre et d'azote dans deux sites à Annaba, Aïn Achir et El Bouni, et à rechercher d'éventuelles corrélations avec les données météorologiques locales.

MATERIEL ET METHODES

Présentation des sites d'études : Nos prélèvements ont été réalisés à Annaba pendant neuf mois au niveau des deux sites suivants :

-Ain Achir : situé au Nord d'Annaba, face à la mer, à environ 6 Km du centre ville. C'est une zone éloignée des complexes industriels.

-El Bouni : situé au Sud d'Annaba, à environ 8 Km du centre ville. C'est une commune localisée à proximité d'un tissu industriel très dense dont la zone la plus importante et la plus polluante est le complexe de fabrication des engrais azotés et phosphatés, ASMIDAL.

Prélèvements des polluants : Les taux de dioxyde de soufre et d'azote sont effectués selon une méthode très répandue consistant en un piégeage (barbotage) des polluants gazeux avec l'utilisation d'une solution d'absorption spécifique : l'iodure de potassium pour le dioxyde de soufre et le tétrachloromercurate de sodium pour le dioxyde d'azote. Le système de prélèvement comporte deux bonbonnes (9 litres chacune) dont l'une est reliée à un barboteur (Fig. 1). Les prélèvements des polluants sont effectués la matinée et mensuellement durant une période de 9 mois avec 3-4 répétitions par site. Ils sont réalisés avec un débit de 5 litres/min pour le dioxyde d'azote et 2 litres/min pour le dioxyde de soufre.

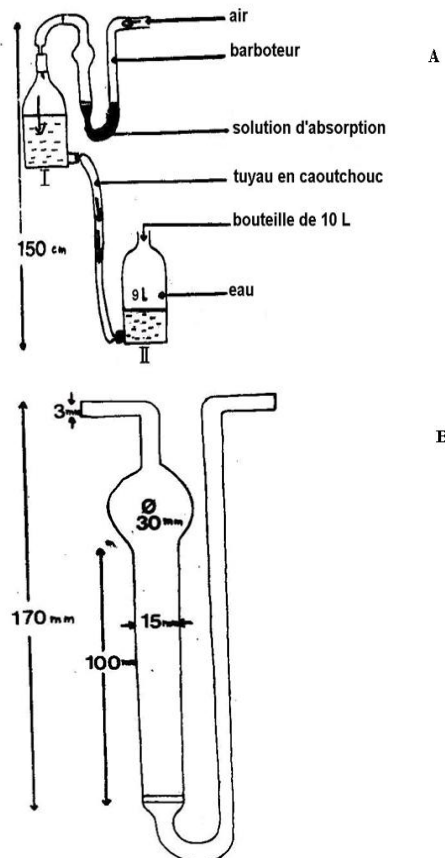


Figure 1 : Dispositif de prélèvement des polluants: appareillage (A) et barboteur (B).

Méthodes d'analyse du dioxyde de soufre : Le dioxyde de soufre a été analysé par la méthode colorimétrique à la pararosaniline (West & Graeke, 1980) qui est spécifique (Dasgupta, 1981; Scaringelli *et al.*, 1967; Pate *et al.*, 1965). Le dioxyde de soufre est piégé dans une solution de tétrachloromercurate de potassium. Le complexe formé réagit avec la pararosaniline et le formaldéhyde pour produire une coloration pourpre, mesurée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 580 nm. La concentration est déduite d'une courbe de référence après normalisation du volume d'air aspiré lors du prélèvement du polluant (Doenffelk, 1962).

Méthodes d'analyse du dioxyde d'azote : Le dioxyde d'azote a été quantifié par colorimétrie (Popescu *et al.*, 1978). Le principe de dosage est le suivant: du dioxyde d'azote est piégé dans une solution d'iodure de potassium à 8 %. Le complexe formé, réagit avec le réactif de Griess-Ilosvay, l'acide sulfamilique et la solution naphthylamine, pour produire une coloration rose mesurée dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 508 nm. Pour le calcul, on procède également à la transformation du volume d'air, comme précédemment.

Analyse statistique : Les résultats obtenus sont présentés par la moyenne et l'écart-type. Les comparaisons des moyennes deux à deux ont été réalisées à l'aide du test t de Student. Les données ont fait également l'objet d'une analyse de la variance à deux critères de classification (sites, temps). Des corrélations entre les taux des polluants et les différents facteurs climatiques ont été recherchées. Le seuil de signification est $p < 0,05$.

RESULTATS

Taux du dioxyde de soufre à Ain Achir et El-Bouni : L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle des effets temps et sites significatifs ($p < 0,05$). On enregistre des taux élevés au niveau des deux sites (Tableau 1). A Ain Achir, les valeurs sont faibles voire nulles pendant les mois d'octobre et décembre, avec un maximum pendant le mois de juin ($0,676 \pm 0,022$ ppm). La norme internationale est de 0,019 ppm (Bard, 1999). A El-Bouni, les taux fluctuent entre $0,259 \pm 0,027$ et $0,894 \pm 0,003$ ppm. Ces résultats font apparaître également deux périodes : une période de très forts taux de dioxyde de soufre allant de juin à septembre, et une seconde période avec des taux relativement faibles au-delà de septembre. Les taux relevés durant cette seconde période sont significativement ($p < 0,05$) inférieurs à ceux détectés à Ain Achir.

Tableau 1 : Taux ($m \pm s$, $n=3-4$, ppm) de dioxyde de soufre détectés à Aïn Achir et El-Bouni (Pour un même mois, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes).

Mois	Aïn Achir	El Bouni
Juin	0,676 \pm 0,022 a	0,894 \pm 0,003 b
Juillet	0,123 \pm 0,054 a	0,393 \pm 0,054 b
Août	0,047 \pm 0,002 a	0,458 \pm 0,083 b
Septembre	0,008 \pm 0,002 a	0,259 \pm 0,027 b
Octobre	0,000 \pm 0,000 a	0,000 \pm 0,000 a
Novembre	0,118 \pm 0,052 a	0,046 \pm 0,002 b
Décembre	0,000 \pm 0,000 a	0,007 \pm 0,000 b
Janvier	0,209 \pm 0,026 a	0,069 \pm 0,021 b
Février	0,203 \pm 0,028 a	0,056 \pm 0,020 b

Taux du dioxyde d'azote à Aïn Achir et El-Bouni :

A Aïn Achir, on observe des valeurs nulles durant les mois de juillet, août, septembre, novembre, décembre, janvier et février (Tableau 2). Le dioxyde d'azote est présent seulement durant les mois de juin ($0,016 \pm 0,005$ ppm) et d'octobre ($0,019 \pm 0,019$ ppm). Les valeurs sont faibles en comparaison avec la norme internationale qui est de $0,045$ ppm (Bard, 1999). A El-Bouni, par contre, on a relevé des taux relativement élevés atteignant un maximum de $0,801$ ppm en juin. L'évolution des niveaux de pollution permet également de distinguer deux périodes bien distinctes: une première période à forts taux qui va de juin à octobre et une seconde période à faibles taux

allant de novembre à février. Dans l'ensemble, les taux de dioxyde d'azote sont significativement ($p < 0,01$) supérieurs à El-Bouni comparativement à Aïn Achir.

Tableau 2 : Taux de dioxyde d'azote ($m \pm s$, $n=3-4$, ppm) détectés à Aïn Achir et El-Bouni (Pour un même mois, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes).

Mois	Aïn Achir	El-Bouni
Juin	0,016 \pm 0,005 a	0,801 \pm 0,016 b
Juillet	0,000 \pm 0,000 a	0,346 \pm 0,034 b
Août	0,000 \pm 0,000 a	0,458 \pm 0,096 b
Septembre	0,000 \pm 0,000 a	0,452 \pm 0,095 b
Octobre	0,019 \pm 0,003 a	0,327 \pm 0,074 b
Novembre	0,000 \pm 0,000 a	0,003 \pm 0,000 a
Décembre	0,000 \pm 0,000 a	0,004 \pm 0,002 b
Janvier	0,000 \pm 0,000 a	0,014 \pm 0,002 b
Février	0,000 \pm 0,000 a	0,013 \pm 0,002 b

Données climatiques : Pour préciser les conditions climatiques de la région de Annaba, on dispose de données ponctuelles relatives aux journées de prélèvements des deux polluants atmosphériques au niveau de la station météorologique, les Salines, Annaba. Les facteurs climatiques considérés sont la vitesse du vent, la température de l'air et la pluviométrie (tableaux 3 et 4).

Tableau 3 : Conditions climatiques pendant les jours de prélèvement des polluants à Aïn Achir.

Dates	Précipitation (mm)	Pression (mb)	T (°C)	Direction vent	Vitesse vent (m/s)	Temps
22/06/92	14,5	1013,16	22,10	SSO	10	nuageux
16/07/92	0	1019,30	22,40	N-NE	11	clair
20/08/92	0	1013,77	26,80	SO-NE	11	clair
28/08/92	0	1013,00	28,40	N-NE	/	très nuageux
28/10/92	0	1013,95	20,10	SO-ON	/	très nuageux
28/11/92	0	1027,25	13,20	SSO-OSO NE-ENE	/	peu nuageux
29/12/92	7,4	1018,30	10,00	S-SO N-NE	16	nuageux
28/12/92	0	1023,20	10,55	SO-ESE	18	nuageux
06/02/93	0	1028,33	8,50	SO-N	/	nuageux

Tableau 4 : Conditions climatiques pendant les jours de prélèvement des polluants à El-Bouni.

Dates	Précipitation (mm)	Pression (mb)	T (°C)	Direction vent	Vitesse vent (m/s)	Temps
22/06/92	0	1068,8	25,90	SSW-N N-NE	18	peu nuageux
16/07/92	0	1017,00	22,70	N-NE	11	clair
18/08/92	0	1019,00	28,40	ENE-NE	10	clair
29/09/92	0	1016,05	24,55	NE-ESE	10	nuageux
29/10/92	0	1012,33	20,15	0-0	12	peu nuageux
29/11/92	0	1024,93	13,80	S – 0 – 0	05	clair
29/12/92	21,3	1014,15	8,35	SO-NNO ESE-S	25	Très nuageux
29/12/92	0	1018,73	10,85	SO-ENE	20	nuageux
07/02/93	23	1026,77	7,65	vent variable	05	nuageux

Corrélation avec les données climatiques : Nos résultats mettent en évidence des niveaux de pollution variables selon le temps et l'espace en rapport probablement avec les données météorologiques. C'est pourquoi des corrélations entre les taux des polluants et les différents paramètres météorologiques (pression atmosphérique, la pluviométrie, la vitesse du vent et température de

l'air) ont été calculées. Les données font apparaître des corrélations très faible (pression atmosphérique, température de l'air, pluviométrie) voire nulle (vitesse du vent) entre les taux du dioxyde de soufre et les données météorologiques considérées. Le coefficient de corrélation varie de 0,005 à 0,398 (tableau 5).

Tableau 5 : Corrélations entre les taux de dioxyde d'azote et de soufre et les données météorologiques au moment des prélèvements à Annaba.

Polluants	Relations	R
Dioxyde d'azote	- pression atmosphérique - dioxyde d'azote	0,191
	- pluviométrie - dioxyde d'azote	0,123
	- vitesse du vent - dioxyde d'azote	0,005
	- Température - dioxyde d'azote	0,398
Dioxyde de soufre	- pression atmosphérique - dioxyde de soufre	0,316
	- pluviométrie - dioxyde de soufre	0,080
	- vitesse du vent - dioxyde de soufre	0,045
	- température - dioxyde de soufre	0,263

DISCUSSION

Grâce à la prise de conscience de nombreux phénomènes interactifs entre la santé et l'hygiène du milieu, les concepts de santé et d'hygiène ont évolué progressivement vers les notions de santé publique, d'environnement, de santé environnementale et d'écologie (Quenel, 1999 ; Deloraine & Segala, 2001). L'appréciation de la pollution atmosphérique est basée en pratique sur la métrologie de certains paramètres comme l'acidité forte, les fumées noires et certains polluants spécifiques comme le dioxyde de

soufre et le dioxyde d'azote. Elle est donc limitée dans ces possibilités analytiques et ne permet pas de prendre en considération les interactions des polluants entre eux (Voisin *et al.*, 1987; Lu, 1992 ; Bard, 1999).

Nos résultats montrent que le niveau de pollution par le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre varie en fonction de l'espace et du temps dans la zone d'étude et que les taux détectés sont par moment supérieurs aux normes internationales admises. Cette variation serait en relation avec les données climatiques. On enregistre de fort taux de dioxyde de soufre et d'azote

au niveau d'El Bouni qui est située au centre d'une zone industrielle très dense. Les taux relevés dépassent les valeurs maximales admissibles par l'O.M.S qui sont pour le dioxyde de soufre de 0,019 ppm et pour le dioxyde d'azote de 0,045 ppm (Bard, 1999). Le site Ain Achir semble éloigné des sources de pollution. Cependant, on y enregistre de forts taux de dioxyde de soufre qui dépassent même ceux observés à El-Bouni pendant la deuxième période allant du mois de novembre à février. Ceci est probablement en relation avec la brise de mer. Enfin, concernant le dioxyde d'azote on obtient des valeurs négligeables.

Les facteurs climatiques ont une action fondamentale sur la distribution spatio-temporelle de la pollution et l'autopurification de l'air. Toute variabilité marquée des conditions météorologiques dans une localité donnée est susceptible d'entraîner des changements considérables dans les concentrations des aérocontaminants (Porini 1995; Quenel, 1999). Notre étude a examiné l'impact des facteurs climatiques sur la distribution de la pollution. Les corrélations établies entre le taux de deux polluants atmosphériques et les données météorologiques sont dans l'ensemble faibles. Néanmoins, elles confirment le rôle relativement important de la pression atmosphérique et de la température dans la dispersion des polluants par rapport aux autres facteurs météorologiques étudiés.

En conclusion, la pollution par le dioxyde d'azote semble plus localisée, puisqu'à Ain Achir les taux sont négligeables par rapport à ceux enregistrés à El Bouni. Par contre, la pollution par le dioxyde de soufre paraît plus importante et plus généralisée étant donné que les taux sont significativement élevés au niveau des deux sites d'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbes A., Chouahda & Soltani N., 2003. Activité comparée de deux biomarqueurs du stress environnemental dans divers tissus chez deux espèces de bivalves pêchées dans la région d'Annaba. *Bulletin de l'INSTM* **8**: 123-126.
- Bard D., 1999. Principe de l'évaluation des risques sur la santé publique liés aux expositions environnementales. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* **43** : 423- 43
- Chiron M., 1997. La pollution d'origine automobile et la santé publique. *Poll. Atmos.* **15**: 41-55.
- Dasgupta P.K., 1981. Fluorometric determination of atmospheric sulphur dioxide without tetrachloromercurate. *Environ. Health* **82**: 179-182.
- Deloraine A. & Segala C., 2001. Quels sont les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé. Primequal-Prédit 1995-2000. Edition La Documentation Française, Paris, pp. 28-33.
- Dockery D.W., 1993. An association between air pollution and mortality in six U.S cities. *Engl. J. Med.* **329**:753-759.
- Doenffelk K., 1962. Estimation des méthodes analytiques et des résultats expérimentaux. Springer Verlag Ed., Berlin.
- Drardja-Beldi H. & Soltani N., 2003. Laboratory evaluation of dimilin on growth and glutathion activity in mosquitofsh, a non-target species. *Comm. Agric. Appl. Bio. Sci.* **68** (4a): 299-305.
- Hemon D., 1995. Recherche épidémiologique sur l'environnement et la santé. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* **43**: 395-411.
- Lu F.C., 1992. Toxicologie: données générales, procédures d'évaluation, organes cibles et évaluation du risque. Ed. Masson & Cie, Paris, 368 p.
- Morsli S.M. & Soltani N., 2003. Effets d'un insecticide inhibiteur de la synthèse de la chitine, le diflubenzuron, sur la cuticule de la crevette *Penaeus kerathurus*. *Journal de Recherche Océanographique* Vol. **28** (1/2) : 85-88.
- Ostro B.D. & Rothschild S., 1989. Air pollution and acute respiratory morbidity: an observational study of multiple pollutants. *Environm. Res.*, **50**: 238-247.
- Pate J.B., Ammons B.E & Lodge J.P., 1965. Nitrite interference in spectrophometric sulphur dioxide. *J. Geophys. Res.* **95**: 359-362.
- Pope A. & Spengler J. D., 1991. Respiratory health and pollution. *An. Rev. Respir. Dis.* **144**: 668-674.
- Popescu M., Blanchard J.M. & Carré J., 1998. Analyse et traitement physico-chimique des rejets atmosphériques industriels : émissions, fumées, odeurs et poussières. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris 677 p.
- Porini P., 1995. Surveillance de santé publique et environnement. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* **43**: 412 – 422
- Quenel P., 1999. Epidemiological study of respiratory symptoms in school children with special reference to effect of air pollution. *J. Jpn. Soc. Air Poll.* **22**:431-459. .
- Scaringelli F.B., Saltzman B.E & Freg S.A., 1967. Spectrophotométric determination of atmospheric sulphur dioxide. *Atmos. Environ.* **28**: 9-24.
- Schneider L.K. & Calkins C.A., 1970. Sulphur dioxide induced lymphocyte defect in human peripheral blood cultures. *Environ. Res.* **3**: 473-483.
- Soltani N. & Morsli S.M., 2003. Quantification du Dimilin^R par chromatographie liquide haute performance : étude de la dégradation dans l'eau de mer. *Journal de Recherche Océanographique*, Vol. **28** (1/2) : 118-120.
- Soltani N., Pitoizet N., Soltani-Mazouni N., Chebira S. & Delbecque J.P., 1994. Quantification par chromatographie liquide à haute performance du diflubenzuron et du flucycloxonon chez *Tenebrio molitor* et *Thaumetopoea*

- pytiocampa*. *Med Fac. Landbouww. Univ. Gent*, **59/2a**: 481-486.
- Voisin C., Aerts C. & Wallert B., 1987. Prevention *in vitro* of oxidant mediated alveolar macrophage injury by cellular glutathion and processors. *Bull. Europ. Physiopathol. Respir.* **23**: 309-313.
- West P.N. & Graeke C., 1980. Fixation of sulphur dioxide as sulfitomercurate and subsequent colometric determination. *J. Atmos. Sci.* **28**: 1810-1980.
- Zaïdi N., Farine J.P. & Soltani N., 2005. Analyse des résidus d'un insecticide (Dimilin) dans l'eau et les différents compartiments d'un poisson non ciblé. *Algerian Journal of Technology* 483-486.