

**LES EFFETS
DES POLLUANTS
ET
DES CONDITIONS
METEOROLOGIQUES**

SUR

LA FREQUENCE DES ADMISSIONS POUR CRISE D'ASTHME

CHEZ L'ENFANT A GABES .

F.Bali 59 av Med Ali 6000 Gabés.

Les effets des polluants et des conditions météorologiques sur la fréquence des admissions pour crise d'asthme chez l'enfant à GABES .

Effect of pollutants and weather conditions on the frequency of asthma attack. Stricken children admissions in GABES

F .Bali 59 av Med Ali 6000 Gabés.

RESUME

Objectif : Les années quatre-vingts ont vu naître à Gabés (Tunisie) les usines du Groupe chimique Tunisien .Elles ont été mises en cause dans la genèse de troubles respiratoires .Nous avons démontré que la prévalence cumulée de l'asthme chez le lycéen à **Gabès** est comparable à celle des villes avoisinantes .Nous nous sommes intéressés à la modulation de la maladie par la teneur atmosphérique en polluants tout en tenant compte des conditions météorologiques

Méthode : IL s'agit d'une étude prospective débutant du premier Octobre 1997 aux 31 Mars 1998 chez les enfants âgés de 6 mois à 16 ans .Toutes les admissions pour crise d'asthme à Gabés ainsi que celles des hôpitaux des 3 circonscriptions avoisinantes ont été concernées . .Un relevé quotidien des valeurs moyennes, minimales et maximales (en ppb) de : SO₂- NO_X (NO₂+NO)- NH₃ nous est fourni par un capteur situé à 6Km au sud des usines. L'influence des variables : température, vent ; humidité relative et pression atmosphérique est prise en compte.

Résultat : Nous avons notifié 384 admissions sur 181 jours- La distribution géographique n'est pas homogène (P=0 .001). Les secteurs les plus touchés sont ceux du Nord Est et de la ville de Gabés. On y voit l'influence du vent maximum(r=-0.20) et non celle du vent dominant(r=-0 .14) .

Le taux d'admissions est corrélé positivement avec la variation de la température(r=0 .20) et surtout avec la teneur atmosphérique en différents polluants. La somme des dérivés azotés (NO_Y=NO_X+NH₃) est en relation presque linéaire avec le taux d'admissions et ceci tant pour les teneurs moyennes (r =0 .75) ;les valeurs maximales(r=0 .76) ainsi que pour les valeurs minimales(r=0 .69).Si on considère le SO₂ ; la corrélation avec le nombre d'admission est forte avec les valeurs moyennes :r=0.30 et reste significative avec les valeurs maximales : r=0 .19

Conclusion : Sous certaines conditions météorologiques (inversion thermique, vent calme) ; les émissions du groupe chimique Tunisien en NO_X , SO₂ et NH₃ (tout en étant aux dessous des normes) sont responsables d'une augmentation du taux d'admissions aux urgences pour crise d'asthme chez l'enfant. Ceci nous incite à tenir compte des émissions secondaires telles que (Ozone ; et brouillard industriel résultant de la réaction entre l'ammoniac et le SO₂) et des émissions non mesurées.

Mots clés : Exacerbation asthmatique. Conditions météorologiques. Polluants atmosphériques. Emissions azotées.

ABSTRACT

Objective: years eighty's witnessed the emergence of the factories of the Tunisian Chemical Group in Gabès(Tunisia). These factories have been help responsible for respiratory disorders. We have shown that the accumulated prevalence of asthma in high schools in Gabès is similar to that in neighbouring cities. We are interested in the modulation of the disease by the atmospheric content in pollutants while taking into consideration the weather conditions.

Method: It is a forward-looking study that stretches from October first, 1997 to 31 st Mars, 1998 and deals with children whose ages ranges from 6 months to 16 years. All the admissions for asthma attack in Gabès as well as, those of the hospitals of three neighbouring cities were considered. A daily report of average, the mean, minimal and maximal values (in ppb) of SO₂;NOX (NO₂+NO); NH₃ were supplied to us by a sensor situated 6Km South of the factories. The effect of variables: temperature, Wind; relative humidity and atmospheric pressure is taken into account.

Result: We have notified 384 admissions on 181 days. The geographical distribution is not homogeneous (P=0.001). The most affected sector are those who are in the North East and the city of Gabès. We see then, the influence of the maximum wind (r=-0.20) and not that of the prevailing wind (r=0.14). The rate of admissions is positively correlated with the variation of the temperature (r=0.20) and especially with the atmospheric content in various pollutants. The total of the nitrogenous by-products (NO_y=NO_x+NH₃) is almost in linear relation with the rate of admissions and this is valid in either average contents (r=0.75); maximal values (r=0.76) or minimal values (r=0.69). If we consider the SO₂; the correlation with the number of admission is high with the average rates (r=0.30) and remains significant with the maximal values (r=0.19). Conclusion: under certain weather conditions (temperature inversion, calm wind); the emissions, of the Tunisian chemical group in NO_x, SO₂ and NH₃ (even being below standards) account for an increase in the rate of children admission to emergency units for asthma attack. This incites us to take into consideration secondary emissions such as (Ozone; and industrial fog resulting from the reaction between the ammonia and the SO₂) and other emissions witch are not recorded.

Keywords: asthmatic Exacerbation. Weather conditions. Atmospheric pollutants. Nitrogenous emissions.

Introduction

Située dans le sud Est Tunisien, Gabès avait initialement une vocation agricole. Les années quatre-vingts ont vu naître sur les côtes de cette ville oasis des usines de transformation de phosphate.. Les cheminées du Groupe chimique Tunisien dégagent des poussières et différents gaz (NO₂-NO-SO₂-NH₃-..). La fumée, visible et sentie de loin était souvent mise en cause dans la genèse de troubles respiratoires .Nous avons déjà démontré que la prévalence cumulée de l'asthme chez le lycéen à **Gabès** est comparable à celle des villes avoisinantes (4,4% en 1993) sans relation avec la proximité de la zone industrielle (1) .Nous nous sommes intéressés à la modulation de la maladie par la teneur atmosphérique en polluants tout en tenant compte des conditions météorologiques.

Matériel et méthode

IL s'agit d'une étude prospective sur 6 mois (du 1er Octobre 1997 au 31 Mars 1998) chez les enfants âgés de 6 mois à 16 ans admis pour crise d'asthme. Les lieux des admissions concernés sont :

- 1- Le service des urgences de l'hôpital régional de Gabès.
- 2- Le service de pédiatrie de l'hôpital régional de Gabès .
- 3- Les deux cliniques privées de la ville
- 4- Les hôpitaux des circonscriptions de Mareth(sud), Matmata(Ouest) et Ouedref(nord)..

Le capteur du « GCT ENVIRONNEMENT » est situé aux jardin de Gabès en plein centre ville , il est à 6 Km au sud des usines du groupe chimique (secteur 6)

Le capteur fait l'analyse de SO₂- NOX (NO+NO₂)- NH₃ .Les valeurs sont exprimées en ppb.

Le SO₂ est mesuré par fluorescence UV par un analyseur type AF21M. Le NOX est mesuré par chimiluminescence en utilisant l'analyseur type AC31M; qui mesure le NO,NOX simultanément et en continu et le NO₂ par différentiation . Un module convertisseur additionnel pour la mesure du NH₃ y est raccordé (convertisseur haute température pour oxyder l'ammoniac en NO qui sera mesuré par chimiluminescence). Pour tenir compte de la somme des émissions azotées nous formulons NOY= NOX+NH₃ .La station météorologique de Gabès nous fournit tous les jours les valeurs des variables telles que :Température (Minimale,Maximale et l'amplitude de sa variation),Vent(Vent Dominant,Vent Maximum,et Vitesse Maximale) ;humidité relative et pression atmosphérique.

Etude statistique

Nous avons recherché une corrélation entre le nombre d'enfants admis pour crise d'asthme d'une part et les données météorologiques et celles de la pollution atmosphérique ,d'autre part.

Une catégorisation par secteur géographique a été effectuée. L'habitat des enfants a été regroupé en 30 secteurs caractérisés par leur direction (angle de 45 degrés) et leur distance (cercles concentriques distants de 10 km) par rapport aux usines. Pour déterminer le taux d'incidence, le nombres d'admissions par secteur a été rapporté au chiffre de sa population calculé a partir du dernier recensement .Les différences

d'indice ont été testées par le test χ^2 . La limite de signification retenue était $p < 0,05$. L'analyse a été réalisée en utilisant le logiciel S.P.S.

Résultats

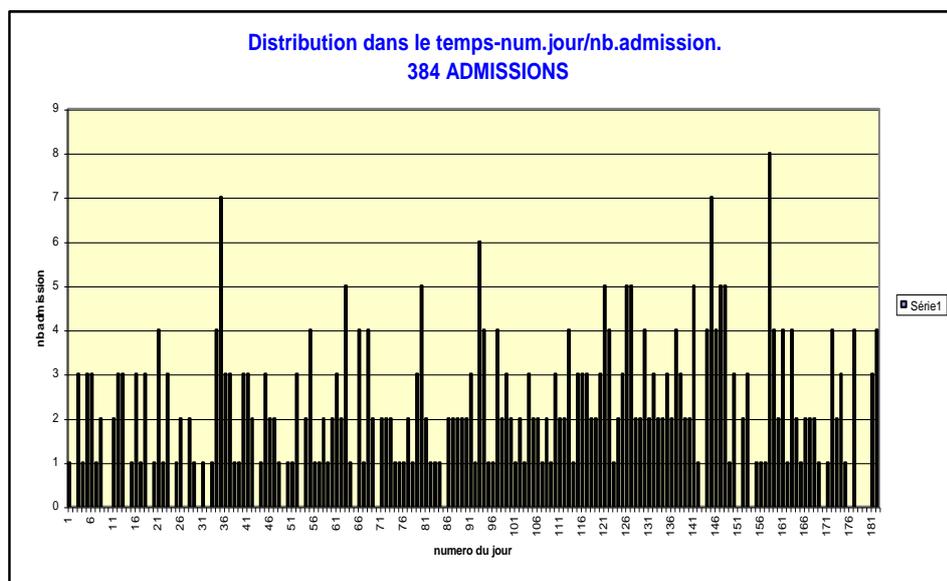
384 admissions sur 181 jours ont été notifiées (Fig N° 1).- La distribution géographique du taux d'incidence d'admissions pour 1000 habitants (Fig N°2). n'est pas homogène ($P=0,001$) Les secteurs les plus touchés (Fig N° 3). sont ceux du Nord Est : Ouedref (secteur 5) .Akarite (secteur 18) et de Gabès ville (secteur 6). On y voit l'influence du vent maximum ($r = -0,21$). La Fig N°4 est un histogramme du vent maximum illustré au niveau des 16 directions de la rose des vents. Le vent maximum soufflant vers le Sud Ouest a un effet protecteur. L'influence du vent dominant est non significative ($r = -0,14$) et n'a pas d'impact sur la distribution géographique (Fig N° 5). Le tableau n°1 résume les valeurs des coefficients de corrélations des paramètres météorologiques. Le taux d'admissions est corrélé positivement avec la variation de la température ($r = 0,20$). Les Températures quotidiennes maximales et minimales sont corrélées négativement avec des coefficients respectifs, $r = -0,52$ et $r = -0,66$.

Si on considère les corrélations avec la teneur atmosphérique en différents polluants (Tableau N° 2); nous constatons que la somme des dérivés azotés ($NOY = NOX + NH_3$) est en relation presque linéaire avec le taux d'admission et ceci tant pour les teneurs moyennes ($r = 0,75$); les valeurs maximales ($r = 0,76$) ainsi que pour les valeurs minimales ($r = 0,69$). Cette relation est retrouvée pour chaque dérivé azoté pris séparément (Fig N°6). Elle reste forte avec le NOX avec des coefficients de corrélation : $r = 0,73$; $r = 0,74$; $r = 0,67$ respectivement pour les valeurs moyennes; maximales et minimales.

L'agrandissement de la figure N° 6 illustre bien cette relation de causalité. Chaque augmentation du taux de NOY entraîne deux jours après une augmentation du nombre d'admission pour crise d'asthme.

L'ammoniac NH_3 , connu pour être un constituant normal de l'atmosphère; se voit fortement incriminé comme polluant ambiant dans notre étude. Ses coefficients de corrélation avec le nombre d'admissions reste élevé : $r = 0,56$; $r = 0,63$; $r = 0,37$ respectivement pour les valeurs moyennes; maximales et minimales. Si on considère le SO_2 ; la corrélation avec le nombre d'admissions est forte avec les valeurs moyennes : $r = 0,30$ et reste significative avec les valeurs maximales : $r = 0,19$ (Fig N° 6)

Fig N° 1 :Distribution dans le temps du nombre d' admissions



Fi g N° 2 Incidence d'admissions (pour 1000 habitants)pour crise d'asthme chez l'enfant

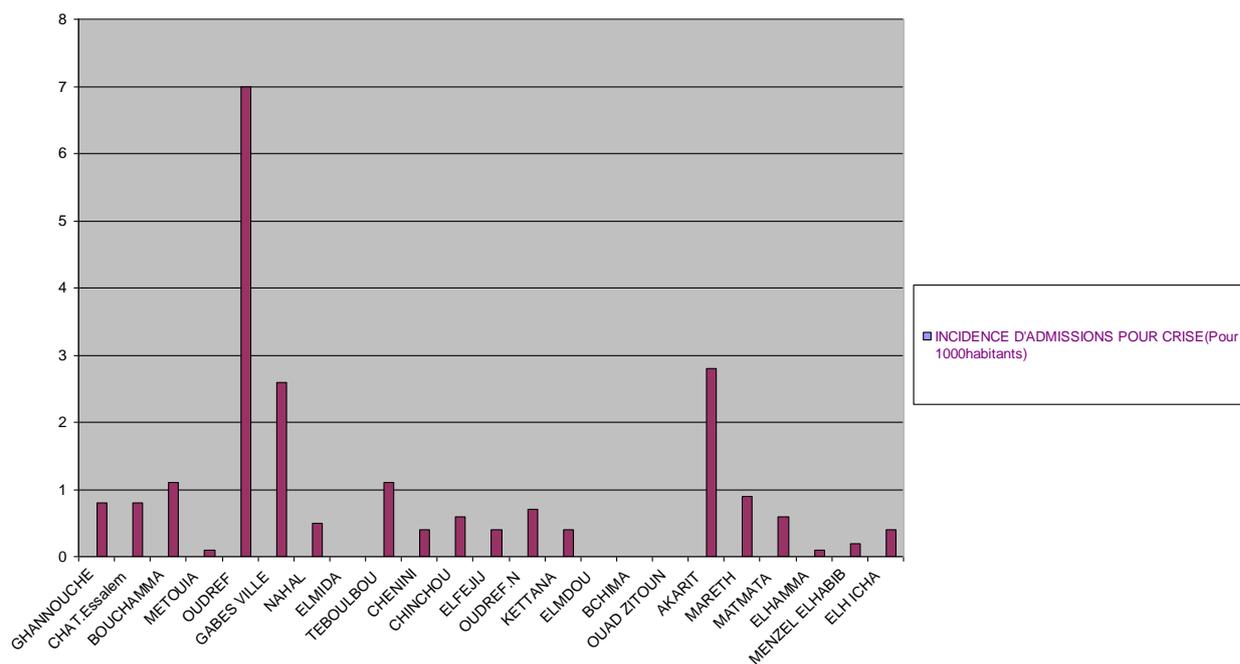


Fig 3 : Catégorisation géographique :

Les secteurs les plus touchés sont ceux du Nord Est et de la ville de Gabés.

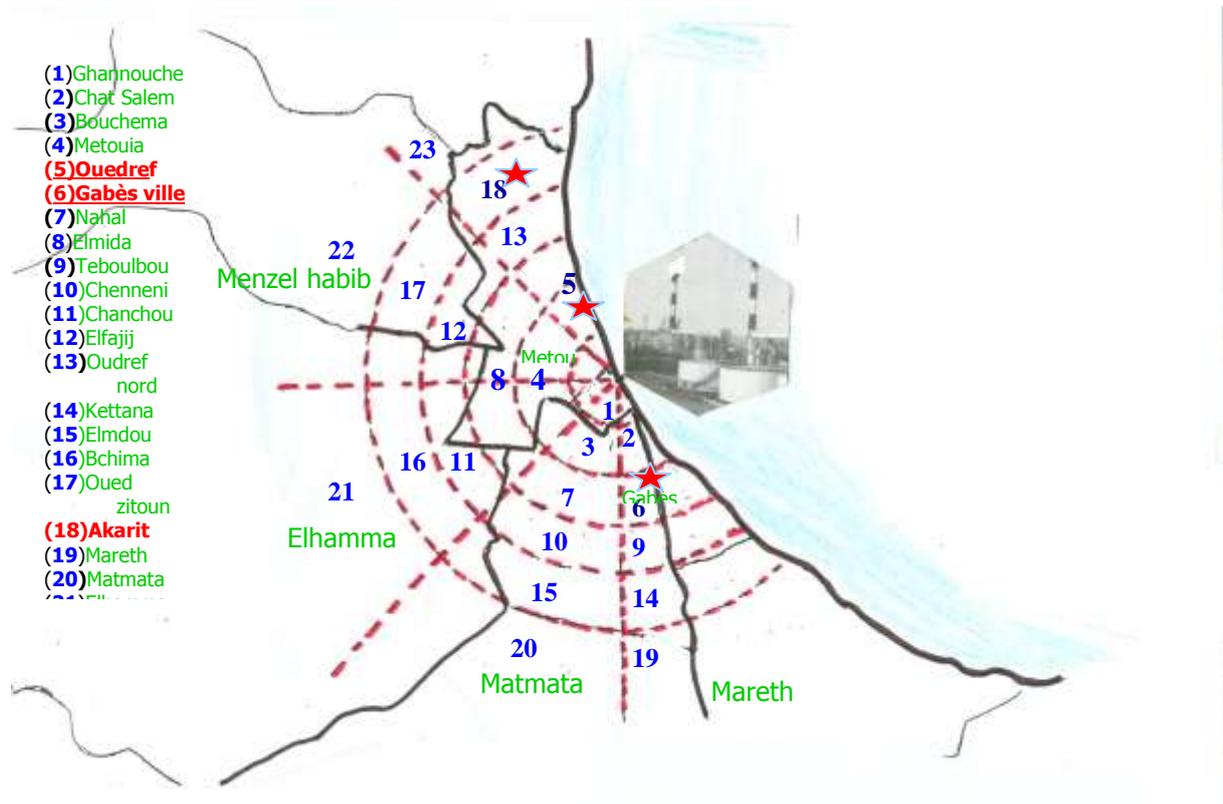


Fig N° 4 Influence du vent maximum :

Histogramme illustré aux niveau des 16 directions de la rose des vents.

Les vents violents soufflant vers le Sud Ouest ont un effet protecteur($r=-0.20$)

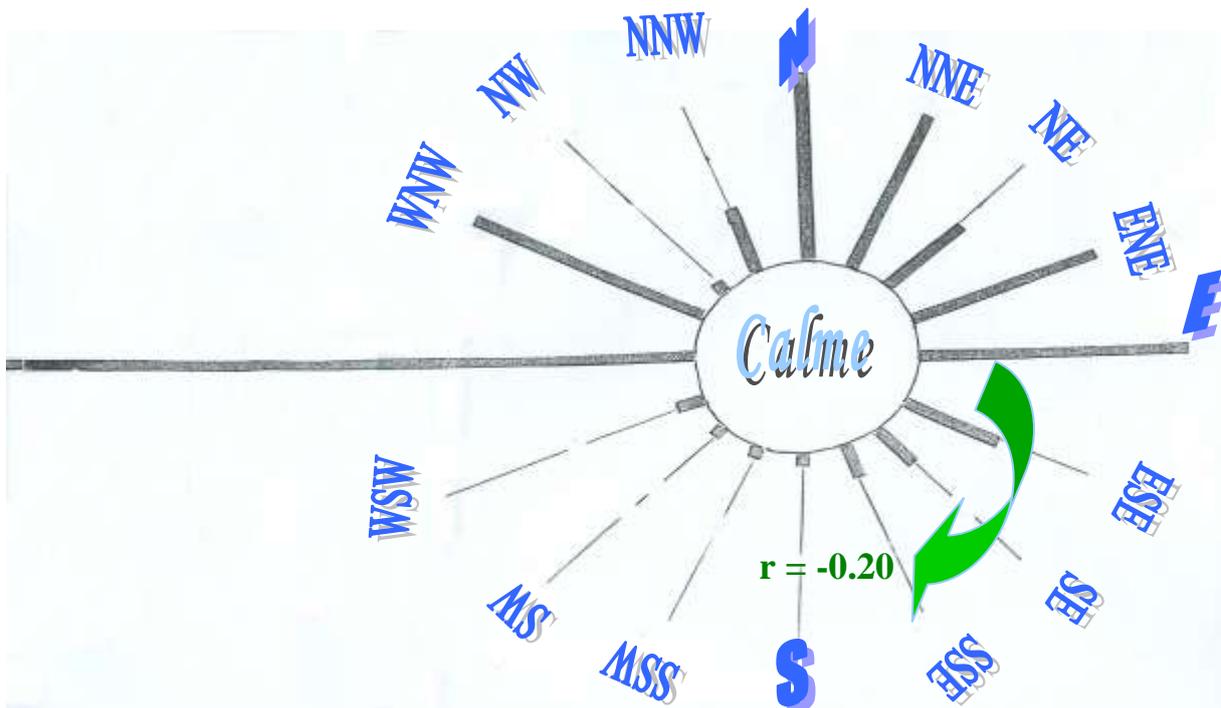


Fig N°5 Influence du vent dominant.

La distribution géographique du taux d'incidence d'admissions n'est pas influencée par la dominance du vent dominant ($r=-0.14$)

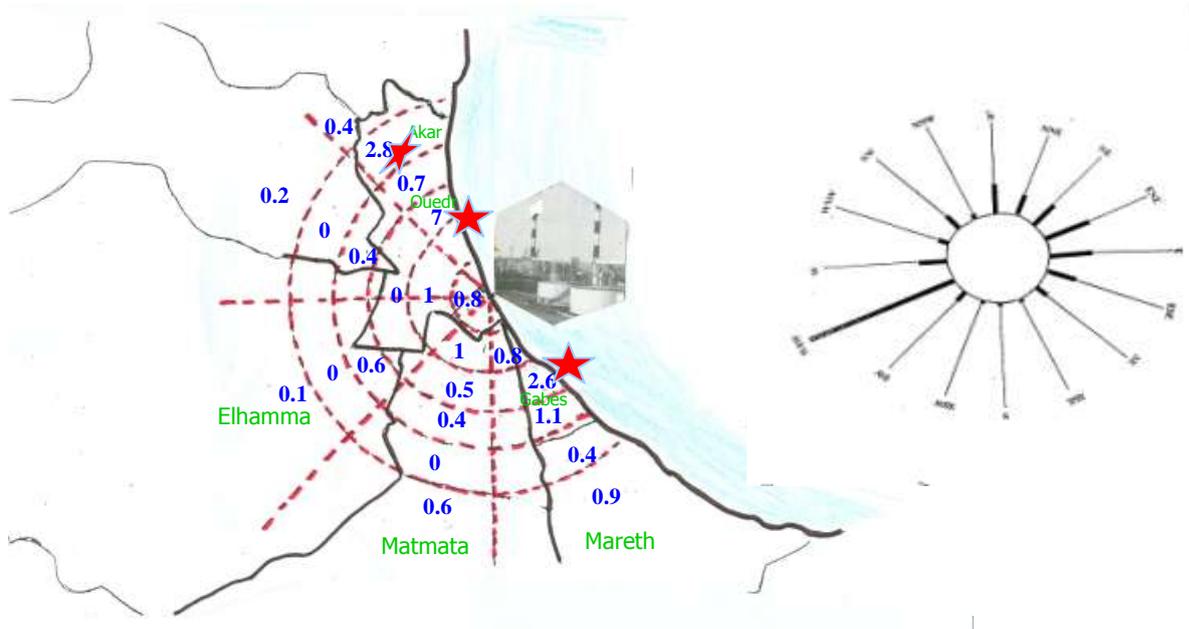


Tableau N° 1 : Coefficient de corrélation entre le taux d'admissions et les paramètres météorologiques

TEMPMIN	TEMPMAX	VARTEMP	HUMREL	VENTDOM	VENTMAX	VITVMAX
-0.66**	-0.52**	0.20*	0.02	-0.14	-0.20*	-0.04

N of cases : 159

*1 – tailed signif : * - 0.01 ** - 0.001*

Tableau n° 2 : Coefficient de corrélation entre le taux d'admissions et les paramètres de pollutions

	SO2	NOX	NH3	NOY
VMOY	0.30**	0.73**	0.56**	0.75**
VMAX	0.19*	0.74**	0.63**	0.76**
VMIN	0.14	0.67**	0.37**	0.69**

N of cases : 159

*1 – tailed signif : * - 0.01 ** - 0.001*



Fig N° 6: Influence de la teneur atmosphérique moyenne en dérivés azotés sur le nombre d'admissions pour crise d'asthme chez l'enfant (chaque augmentation du taux de Noy est suivie 2 jours après d'une augmentation du nombre d'admission)

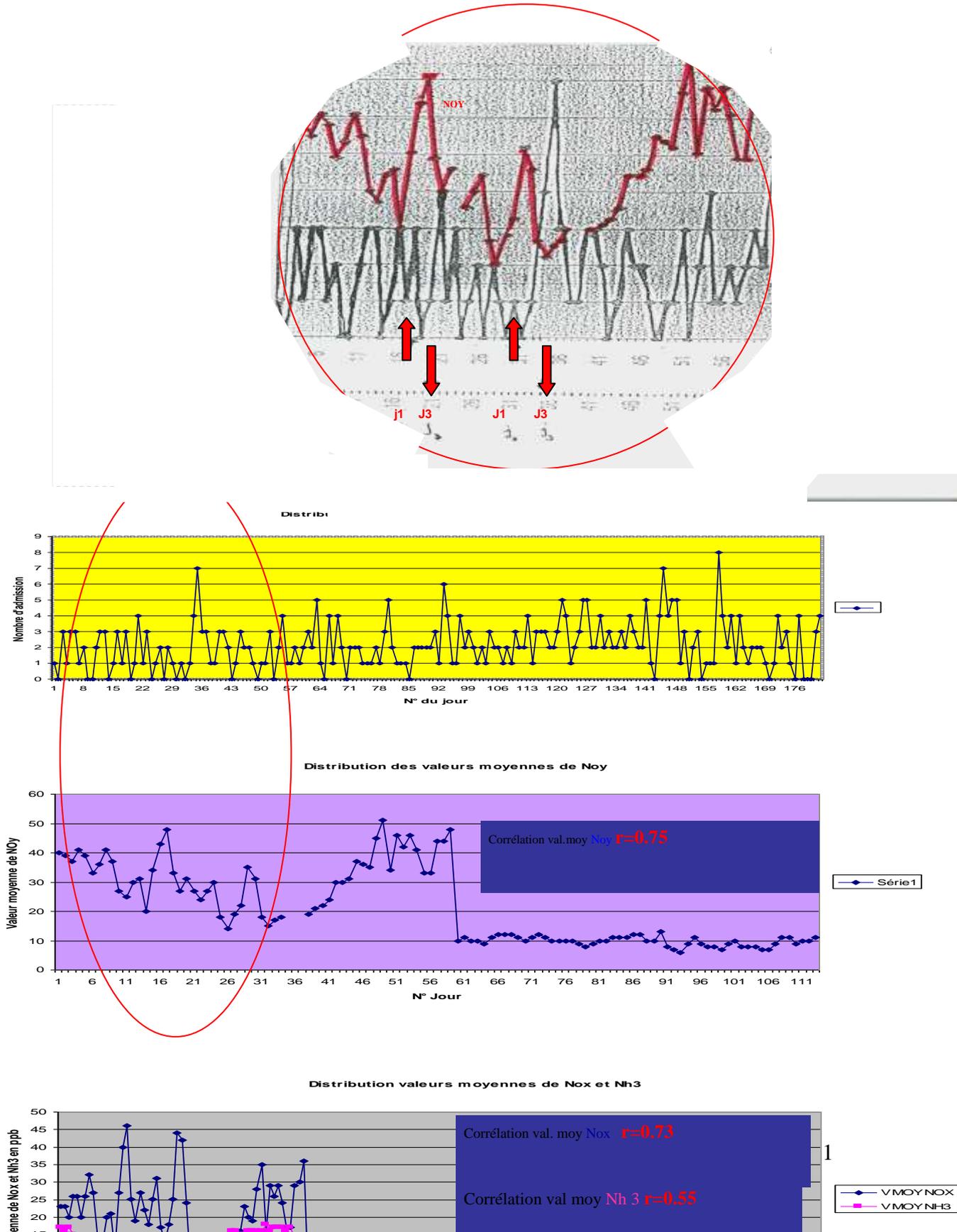
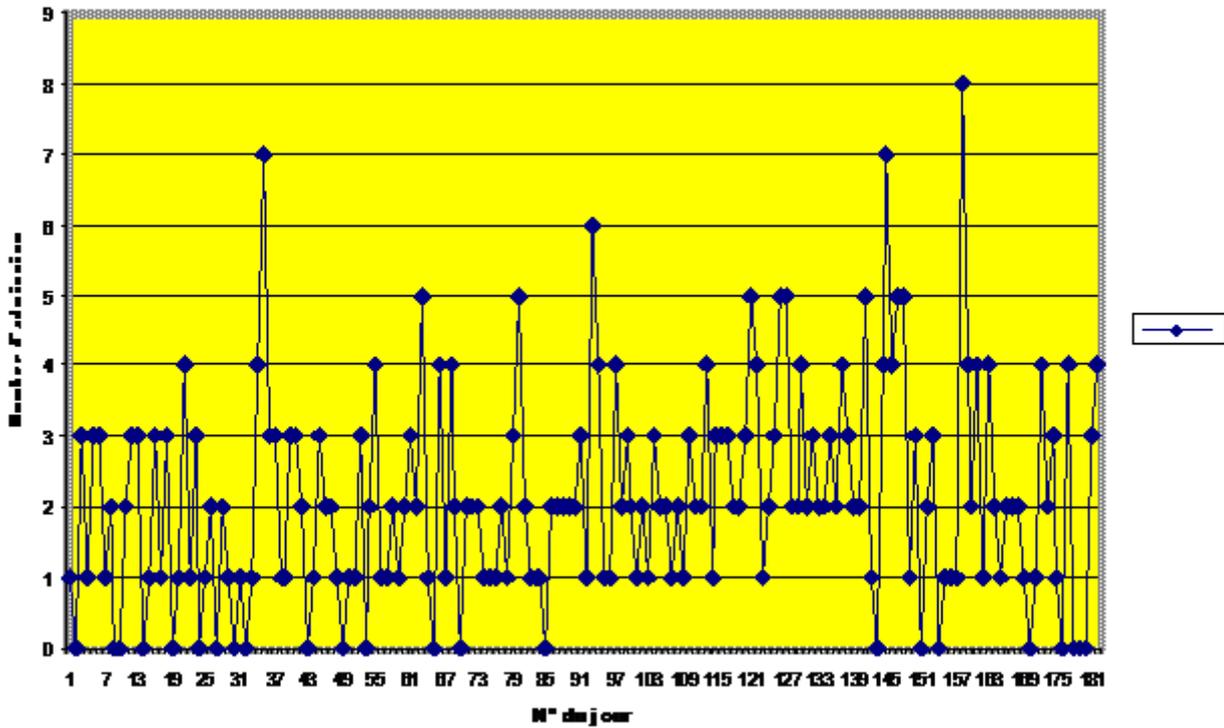
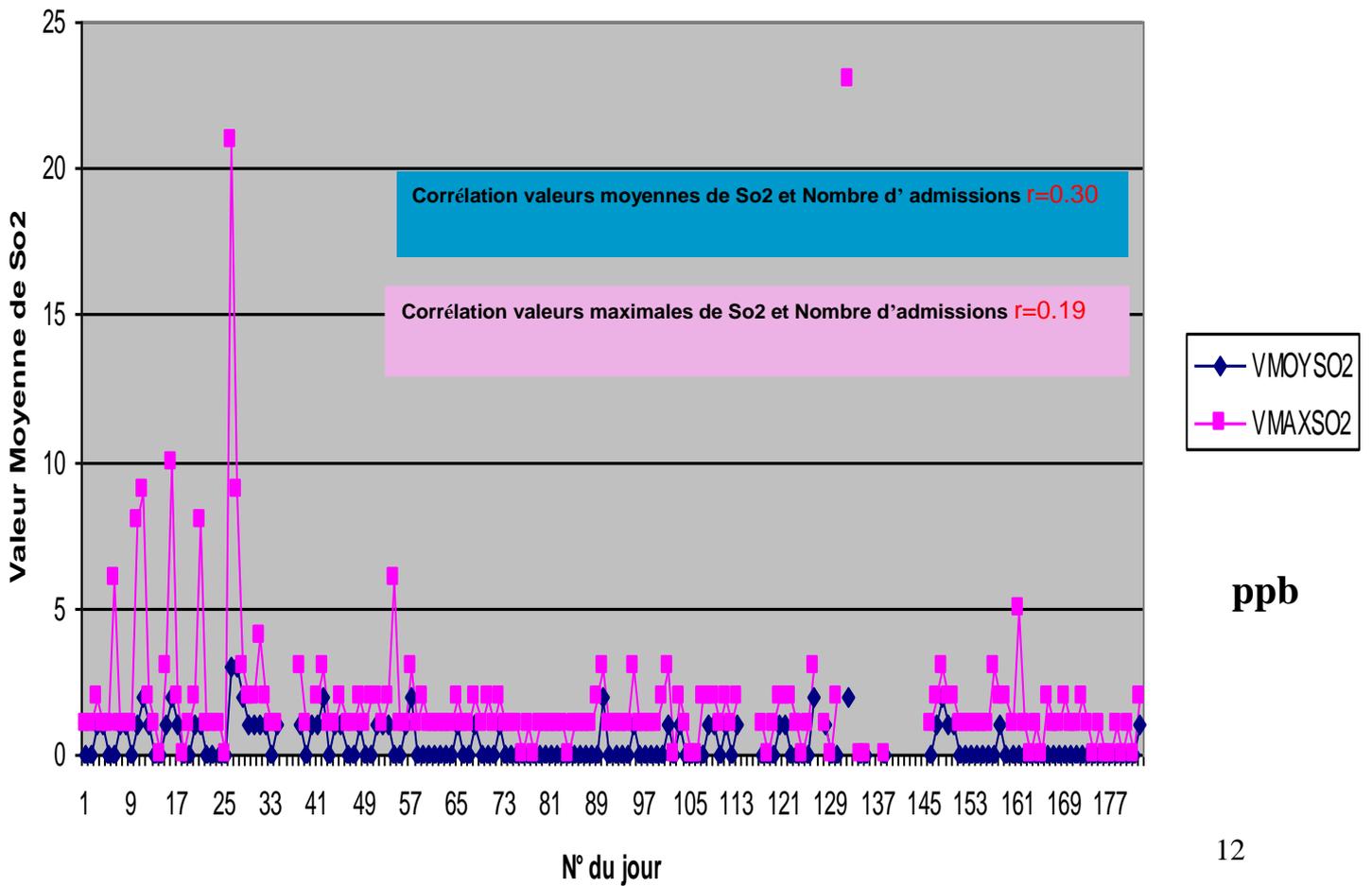


Fig N° 7:Influence de la teneur atmosphérique moyenne et maximale en SO2 sur le nombre d'admissions pour crise d'asthme chez l'enfant .

Distribution dans le temps des 384 admissions



Distribution des valeurs moyennes et maximales de So2



DISCUSSION

La corrélation entre les valeurs de polluants et le nombre d'admissions survient pour des valeurs faibles et aux dessous des normes. Nous évoquons deux explications :

* Toutes les émissions ne sont pas mesurées. Les valeurs fournies par le capteur doivent être interprétées comme un indicateur d'une exposition complexe et non comme ayant un effet toxique direct. Elles sont le reflet d'une exposition aux produits volatils émis par le groupe chimique (SO₂- NH₃- HF₃.Particules..) et répondent aux préoccupations de surveillance de cette source fixe .

* Nous devons tenir compte des émissions secondaires. L'ozone ; dérivé photochimique du NO₂ sous l'effet du rayonnement solaire a un effet néfaste bien documenté(2) .Le brouillard industriel résultant de la réaction dans l'atmosphère entre l'ammoniac , seule formation basique et les rejets de SO₂ , aurait un effet vecteur et favoriserait la déposition de différents polluants au niveau de l'appareil respiratoire . Globalement la pollution photochimique (NO_x et son dérivé O₃) semble plus importante que la pollution acido- particulaire . On retrouve les caractéristiques de la pollution en Europe de ces dernières années (3). Alors que les effets d'une exposition à long terme à cette pollution photo oxydante sur l'augmentation de la prévalence de l'asthme sont nuancés(4) ; ceux d'une exposition à court terme sur l'aggravation de la maladie sont bien documentés .On dénombre plus de 150 études convaincantes (5) .Des séries chronologiques ont mis en évidence chez l'adulte, comme chez l'enfant, un effet des variations quotidiennes de la pollution atmosphérique sur différents indices de l'exacerbation de la maladie asthmatique tels que le nombre des hospitalisations(6) ,celui des admissions aux urgences(7)(8) et celui des visites à domicile(9).Les études de panels(10) montrent qu'il existe une association entre l'augmentation des niveaux de pollution et l'accroissement de la consommation médicamenteuse ainsi qu'une baisse de la fonction respiratoire aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte. Des études cas-témoins croisées(11) (12)ont confirmé cet impact de la pollution sur l'exacerbation de l'asthme .Enfin, deux études américaines quasi expérimentales ont permis d'observer l'impact à court terme d'une réduction des niveaux de pollution atmosphérique sur la diminution des exacerbations d'asthme .Pope a ainsi pu observer une diminution de 50% des admissions hivernales pour asthme et pneumonie chez les enfants après l'arrêt, pour cause de grève, des émissions d'une usine sidérurgique dans la vallée de l'Utah(13) au milieu des années quatre vingts . Plus récemment, les consultations pour asthme ont considérablement diminué à Atlanta durant l'été 1996 pendant les jeux Olympiques au cours desquels le trafic routier avait été limité dans la ville, ce qui avait favorisé une réduction importante des niveaux de pollution (14).Les effets de la pollution à court terme semble liés au mécanisme moléculaire du métabolisme de l'oxygène avec l'augmentation du stress oxydant qui, entraîne un remodelage de la chromatine dans le sens d'une pérennisation de l'inflammation(15) .

Le dioxyde de soufre provient essentiellement des usines d'acide sulfurique. Sa teneur atmosphérique, bien qu'elle reste au-dessous des normes, est corrélée avec le taux d'admissions aux urgences pour crise d'asthme. Ce gaz, en combinaison avec les particules entraîne des inflammations et une altération de la fonction respiratoire. Il a été responsable des décès en sur nombre chez les malades atteints de maladies cardiorespiratoires lors des grands épisodes historiques de pollution (Londres – donora – Vallée de la Meuse). Les études épidémiologiques plus récentes montrent également un lien avec les exacerbations de l'asthme chez l'enfant. GIRSCH(16) dans une étude sur 2 ans, incluant 1346 enfants, trouve une augmentation significative des consultations pédiatriques pour crise d'asthme et la teneur atmosphérique en SO₂ associée à une pression atmosphérique élevée.

Pour Chailleux (17) la relation entre les admissions pour crise d'asthme et la concentration en SO₂ (et les fumées noires) est significative chez l'enfant mais ne l'est pas chez l'adulte. Quant à Marzin(18), dans une étude faite en 1989, il trouve une association entre le nombre des admissions pour crise d'asthme, et la teneur atmosphérique en SO₂ – NO₂ – SO₄ et la pression atmosphérique durant le 1^{er} trimestre.

L'ammoniac NH₃, est connu pour être un constituant normal de l'atmosphère ;il est peu impliqué en pathologie respiratoire, si on considère la pollution ambiante.- Dans la plupart des pays, il est considéré comme un constituant normal de l'atmosphère et provenant de l'action bactérienne au sol sur la décomposition des substances végétales animales, cette dénitrification bactérienne produit, de part le monde, 203 M d'azote atmosphérique. En industrie, lors de sa synthèse, son transport ou son utilisation sous pression ;l'ammoniac peut être responsable d'accident de travail ou de nuisances auprès des habitants vivant aux alentours des usines. Sa concentration atmosphérique augmente souvent d'une façon accidentelle (fuite liée à une rupture de canalisation). Il a une odeur caractéristique et un effet irritant des muqueuses (pharyngé- oculaire et pulmonaire) provoquant larmoiement et suffocation. Ces effets seraient réversibles sans séquelles. Notre étude incrimine fortement la teneur atmosphérique en ammoniac (tout en restant sous les normes) dans la survenue des exacerbations chez les asthmatiques. Cet effet pourra être attribué à l'aérosol résultant de la réaction chimique de neutralisation de l'ammoniac par les composés gazeux à caractère acide : SO₃, SO₂, HF, NO₂, NO. En effet, la proximité relative de sources d'émission dans la cité industrielle autorise, à la faveur de conditions météorologiques propices, des contacts entre diverses espèces contenues dans les rejets, entraînant diverses interactions chimiques. Une centaine de tonnes de SO₂, par jour, est rejetée par les six unités de production d'acide sulfurique. Les deux unités de production du Diamonium phosphorique(DAP) rejettent une cinquantaine de tonnes de NH₃ par jour. En se basant sur les bilans matières selon le débit massique des rejets, nous constatons que plus que 98% de l'aérosol issu des interactions surviennent entre les oxydes de

souffre et l' ammoniac pour constituer le sulfate d' ammonium $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$. Ce brouillard industriel aurait un effet vecteur et favorisent la déposition de différentes émanations gazeuses et particulaires au niveau de l' appareil respiratoire . L' étude chimique des principaux constituants de l' aérosol urbain récolté à Sfax ; ville située à 140 km au nord de Gabés et présentant des caractéristiques climatiques et industrielles similaires , a montré l' importance de la composante anthropogénique locale(19). Il existe un enrichissement de l' aérosol urbain Sfaxien par des composés sulfatés et azotés (SO_4^{2-} , NO_3^- et NH_4^+) et des métaux (Pb, Zn et Cu). La Société des engrais phosphatés (SIAPE), est la principale émettrice de SO_4^{2-} et de PO_4^{3-} . Son réacteur chimique rejette quotidiennement 8 Kg de Zn. dans l' atmosphère.

Gabés est limitée à l' Est par le Golfe qui porte son nom. C' est une région du littoral de très faible altitude. La mer est connue pour être responsable de la mise en suspension dans l' air, par effet de pétilllement, de vésicules liquides riches en solubles(20) amplifiant ainsi l' aérosol urbain Gabésien . Le Jebel limite la ville à l' Ouest . Il a la forme d' un arc de cercle allant des monts de Matmata jusqu' à la Lybie . L' altitude supérieur à 700m au niveau de la région de Matmata, s' abaisse vers le Sud à moins de 500 m. Cet obstacle peut jouer le rôle d' écran renforçant la stagnation locale des polluants gazeux et particulaires . Sous certaines conditions atmosphériques, et au moment des inversions thermiques journalières des enfumages très localisés se forment et les concentrations de polluants y sont multipliées par un facteur allant de dix à vingt (21)

Le climat à Gabés se caractérise par les grandes amplitudes thermiques annuelles et quotidiennes. Les inversions thermiques journalières modifient la forme des panaches à la sortie des cheminées et s' opposent à la bonne diffusion des polluants industriels. Nous avons trouvé une corrélation positive entre le nombre d' admissions et la variation de la température ($r=0.20$). La Température quotidienne maximale et minimale est corrélée négativement avec des coefficients respectives $r=-0.52$ et $r=-0.66$.

La direction du vent est considérée comme dominante quand 5 relevés sur 8 appartiennent à la même classe. Durant la période de notre étude, nous avons trouvé une dominance des vents du Nord Est, mais sans influence sur le nombre et la distribution géographique des admissions . Les vents qui soufflent vers le Sud Ouest sont plus violents et ils ont un effet protecteur. Le coefficient de corrélation avec le nombre d' admission $r=-0.21$ quand le vent maximum souffle vers le Sud Ouest.

La modulation de la dispersion des polluants par les conditions météorologiques n' est pas la seule explication de cette influence sur les exacerbations de l' asthme. Le rôle potentialisateur de la pollution atmosphérique sur les admissions aux urgences a été rapporté par Dales aux Canada , il a mis en évidence une augmentation significative de l' ozone et du NO_2 les jours de tempête au Canada avec épidémie d' asthme(22). D' autres études épidémiologiques ont suggérée que les pollens en association avec les

facteurs météorologiques, comme la température, l'humidité ou la pluie et le vent sont l'explication la plus probable à l'association entre l'asthme et la tempête(23),(24),(25). Un effet relatif à la météorologie sur la maladie a été signalé dès 1966. Spicer a trouvé une diminution de la résistance des voies aériennes durant les jours froids chez les patients asthmatiques et ceux atteints de bronchites chroniques (26). Quelques années plus tard, Piccolo, en Argentine, a constaté une augmentation de la fréquence des crises chez l'enfant et chez l'adulte quand la température et la pression atmosphérique diminuent(27). Récemment, un effet direct sur la contraction des fibres musculaires lisses et une broncho constriction chez les asthmatiques sensibles lors des brutaux changements des facteurs météorologiques, comme les chutes de température, et les variations de pression, a été mis en évidence(23).

CONCLUSION

Les émissions du groupe chimique Tunisien, sous certaines conditions météorologiques et vu l'orographie locale; sont responsables d'une augmentation du taux d'admissions aux urgences pour crise d'asthme chez l'enfant. Cette influence survient pour des valeurs de NOX et SO₂ faibles et aux dessous des normes et incrimine l'ammoniac NH₃, connu pour être un constituant normal de l'atmosphère. Pour cela nous évoquons deux explications :1) Toute les émissions ne sont pas mesurées et les valeurs fournies par le capteur doivent être interprétées comme indicateur d'une exposition complexe. 2) Nous devons tenir compte des émissions secondaires telles que l'Ozone ; dérivé photochimique du NO₂ et le brouillard industriel résultant de la réaction entre l'ammoniac et les rejets de SO₂. Cet aérosol aurait un effet vecteur et favorisera la déposition de différents polluants au niveau de l'appareil respiratoire. Les régions les plus touchées sont ceux du Nord Est et de Gabès- ville sans influence de la dominance des vents. Les vents qui soufflent vers Le Sud -Ouest sont plus violents et ont un effet protecteur. La stagnation locale des polluants est favorisée par les inversions thermiques journalières et la proximité des Monts de Matmata qui jouent le rôle d'obstacle.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Bali F . : La prévalence cumulée de l'asthme et des symptômes apparentés a Gabès(Tunisie) .Enquête dans les établissements de l'enseignement secondaire. Cinquième congrès de la fédération Maghrébine de pneumologie. Tripoli 29 sept- 1èr octobre 1995
- (2) Nightingale JA, Rogers DF,Barnes PJ.Effect of inhaled ozone on exhaled nitric oxide, pulmonary function, and induced sputum in normale and asthmatic subjects, *Thorax* 1999 ;54 :1061-9
- (3) Elichegaray C., Bouallala S., Maitre A.,Ba.M . Etat et évolution de la pollution atmosphérique
Rev Mal Respir 2009 ;26 :191-206
- (4) Pénard-Morand C.,Annesi-Maesano I.Maladies allergiques respiratoires et pollution atmosphérique extérieur. *Rev Mal Respir* 2008 ;25 :1013-26
- (5) Just J Nisakinovic L, Laoudi Y, Grimfeld A : Air pollution and asthma in children.*Arch Pediatr* 2006; 13;1055-60
- (6) Sunyer J, Spix C, Quenel P, Ponce-de-Leon A,Ponka A ,Barumandzadeh T,Touloumi G, Bacharova L, Wojtyniak B, Vonk J, Bisanti L, Schwartz J, Katsouyanni K : Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities; the APHEA project, *Thorax* 1997; 52: 760-5
- (7) Schwartz J,slater D, Larson TV, pierson WE,Koenig JQ: particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in seattle .*Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 826-31
- (8) Tolbert PE, Mulholland JA, macIntosh DL, Xu F, Daniels D, Devine OJ,Carlin BP,Klein M, Dorley J,Butler AJ,Nordenberg DF,Frumkin H, Ryan PB, White MC: Air quality and pediatric emergency room visits for asthma in Atlanta, Georgia, USA,*Am J Epidemiol* 2000;151;798-810.
- (9) Medina S, le tertre A, quenel P, le moulllec Y,lameloise P,Guzzo JC, festy B, ferry R, Dab w ; Air pollution and doctors house calls : results from the erpurs system for monitoring the effects of air pollution on public health in greater paris ,France 1991-1995
evaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé .*Environ Res* 1997; 75: 73-84

- (10) Desqueyroux H, Momas ; |Air pollution and health; a synthesis of longitudinal panel studies published from 1987 to 1998.*Rev Epidemiol Sante Publique* 1999; 47: 361-75
- (11) Boutin forzano S, Adel N, Gratecos L,Jullian H,Garnier JM, Ramadour M,Lanteaume A,Hamon M,lafay V, charpin D;visits to the emergency room for asthma attacks and short term variations in air pollution a case-crossover study. *Respiration* 2004; 71; 134-7
- (12) Barnett AG,Williams GM,Schwartz J,Neller AH,Best TL,Petroeschevsky AL, Simpson RW:Air pollution and child respiratory health: a case-crossover study in Australia and New Zealand. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171:1272-8.
- (13) Pope CA 3rd: Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill,Utah Valley,*Am J Public health* 1989;79; 623-8
- (14) Friedman MS, powell KE, hutwagner L, graham LM, Teague WG. Impact of changes in transportation and commuting behaviours during the 1996 summer Olympic games in Atlanta on air quality and childhood asthma .*Jama* 2001;285;897-905
- (15) Li N, Karin M. Is NF-kappa δ the sensor of oxidative stress? *FASEB J* 1999;13:1137-43.
- (16) Girsh L .S ; Shubin E ; Dick C ;Schulaner F.A.-A Study on the epidemiology of asthma in children in Philadelphia *J,Allergy* ,1967 ,39,347-357 .
- 17) Chailleux E ; Guyou C ; Taddei F ; Bouillard J ;Pioche D.- asthme et pollution atmosphérique.Une étude des admissions à l'hôpital de Saint- Nazaire.*Rev. Mal. Resp* ; 190,7,563-568.
- (18) Marzin C ; Lemoullec Y ; ancelle Th ; Juhel J ; Festy B ; Pretet S-Asthme, pollution atmosphérique urbaine et météorologie.*Rev.Mal.Resp* ; 1993, 10, 229-235.
- (19) Azri C, Maallej A, Medhioub K. Etude de la variabilité des constituants de l'aérosol dans la ville de Sfax (Tunisie). *Pollution atmosphérique* N° 165-Janvier-Mars 2000.
- (20) Domergue JL.Contribution a l'étude de l'aérosol atmosphérique en region intertropicale. Thèse d'état, université Paul Sabatier,Toulouse 1980.
- (21) Organisation mondiale de la santé (OMS). Manuel de gestion de la qualité de l'air des villes 1978 :199 p.

- (22) Dales RE, Cakmak S, Judek S, Dann T, Coates F, Brook JR, et al. The role of fungal spores in thunderstorm asthma. *Chest* 2003;123:745-50
- (23) Celenza A, Fothergill J, Kupek E, Shaw RJ. Thunderstorm associated asthma: a detailed analysis of environmental factors. *BMJ* 1996;312:604-7.
- (24) Suphioglu C. Thunderstorm asthma due to grass pollen. *Int Arch Allergy immunol* 1998;116:253-60
- (25) Newson R, Strachan D, Archibald E, Emberlin J, Hardaker P, Collier C. Acute asthma epidemics, weather and pollen in England, 1987-1994. *Eur Respir J* 1998;11:694-701
- (26) Spicer WS, Reinke WA, Kerr HD. Effects of environment upon respiratory function. *Arch Environ Health* 1966;13:753-62
- (27) Piccolo MC, Perillo GME, Ramon CG, DiDio V. Outbreaks of asthma attacks and meteorologic parameters in Bahia Blanca, Argentina. *Ann Allergy* 1988;60:107-10