

## EVALUATION DU RISQUE DE SURVENUE DE PATHOLOGIES RESPIRATOIRES CHEZ DES TRAVAILLEURS EXPOSES AU CHLORE.

## EVALUATION OF THE RISK OF RESPIRATORY DISEASE AMONG WORKERS EXPOSED TO CHLORINE GAS

Sarr F.B.<sup>5\*</sup>, Ba A<sup>1</sup>, Sarr M.<sup>6</sup>, Sarr M.M.<sup>1</sup>, Guèye L.<sup>1</sup>, Samb A.<sup>1</sup>, Fall M.<sup>7</sup>, Cissé F.<sup>1</sup>,

### Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer le risque de survenue de pathologies respiratoires chez des travailleurs exposés au chlore (utilisé comme agent désinfectant pour l'eau de boisson), selon le niveau et la durée de l'exposition, dans le cadre de la surveillance médicale de travailleurs d'une entreprise de production et de distribution d'eau potable : la Sénégalaise Des Eaux (SDE). 54 employés de stations de chloration, de sexe masculin, d'âge moyen  $41.73 \pm 0.89$  ans, de poids moyen  $71.52 \pm 0.59$  kg, ont bénéficié d'une spirométrie après un examen clinique et une radiographie pulmonaire de face. Cette population a été randomisée en trois secteurs d'activité selon le risque plus ou moins important d'entrer en contact avec le  $Cl_2$  et cela, pour des valeurs inférieures au seuil de déclenchement de l'alarme des chloromètres (5 ppm). Les expositions importantes concernent le secteur I, les expositions intermédiaires le secteur II et les expositions faibles voire nulles le secteur III. Les résultats de l'EFR entre les différents groupes ont été comparés par analyse de la variance à une voie, mesures répétées. Le test t de Student a été utilisé dans les cas où il a été nécessaire de comparer des paramètres entre 2 groupes. Nous avons observé 53.7% de spirométries normales, 46.3% de syndromes obstructifs, aucun syndrome restrictif. Selon le secteur d'activité, les résultats suivants ont été obtenus : Secteur I : EFR normales : 40.91%, syndromes obstructifs 59.09%; secteur II : EFR normales 54.54%, syndromes obstructifs 45.45% ; secteur III : EFR normales 80%, syndromes obstructifs 20%. Une relation effet - dose peut être établie entre l'exposition professionnelle chronique au chlore gazeux des travailleurs de la SDE et les perturbations (bénignes) de leurs données spirométriques. Cependant, l'imprégnation tabagique peut majorer les effets du chlore d'où la nécessité d'un bilan systématique d'embauche

### Mots-clefs :

Chlore gazeux ; exposition professionnelle ; spirométrie

### Abstract

The objective of this work is to evaluate the risk of respiratory disease among workers exposed to chlorine gas (used as a drink water disinfecting agent) according to the level and the exposure duration. It enters within the workers annual medical supervision of a drinking water production and distribution factory. 54 employees of chlorination stations of male sex ; of average age  $41.73 \pm 0.89$  years, average weight  $71.52 \pm 0.59$  Kg profited from spirometry after a clinical exam and a pulmonary radiography. This population was divided into three branches according to the more or less important risk to be in contact with chlorine gas and that for values lower than the threshold of release of the chlorometer (5ppm). The important exposures relate to sector I, the intermediate exposures to sector II and the even null weak exposures, to sector III. The spirometric data were then analysed. 53,7% of normal spirometry, 46,3% of obstructive syndromes, no restrictive syndrome were observed. According to the branch of industry, the following results were obtained: sector I: Normal spirometry : 40,9%, obstructive syndromes 59,09% ; sector II : Normal spirometry : 54,54% obstructive syndromes 45,45% ; sector III Normal spirometry 80%, obstructive syndromes 20% . An effect - amount relation can be established between the chronic professional exposure to chlorine of the SDE workers and the benign disturbances of their spirometric data. Nevertheless the nicotinic impregnation can raise the chlorine effects hence the necessity of a systematic assessment before recruiting.

### Keywords :

Chlorine gas ; professional exposure ; spirometry

<sup>5\*</sup> Laboratoire de Physiologie et d'explorations fonctionnelles, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto stomatologie, Dakar. *Correspondant. Email : bintu\_sar@hotmail.com*

<sup>6</sup> Laboratoire de Pharmacologie, Pharmacodynamie et de Physiologie pharmaceutique de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto stomatologie, Dakar.

<sup>7</sup> Service Médical de la Sénégalaise Des Eaux.

## 1. Introduction

Dans l'exercice de leur métier, les travailleurs sont soumis à de nombreuses agressions liées à leur environnement professionnel. Parmi ces agressions se situent en bonne place les intoxications professionnelles aux produits chimiques. Ces intoxications sont souvent aussi nombreuses qu'elles sont mal connues et posent souvent un problème d'évaluation.

Parallèlement, la notion de Santé environnementale prend sa place dans la définition de la Santé et de plus en plus, l'optimisation du milieu de travail est à l'ordre du jour d'où l'intérêt d'étudier les modalités d'utilisation de certains de ces produits chimiques dans notre pays en l'occurrence, le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ).

Le chlore est un gaz jaune verdâtre très réactif, d'odeur âcre et suffocante, appartenant à la famille des halogènes. Il est très fréquemment rencontré et très utilisé dans de nombreuses industries. L'eau qui est la boisson la plus commune et la plus consommée est traitée dans la plupart des pays du monde par le chlore pour la rendre potable.

Cependant, les propriétés bactéricides et désinfectantes de cette substance sont malheureusement contre balancées par sa très grande toxicité aiguë et chronique sur de nombreux organes tels que les yeux, la peau, les dents et l'appareil respiratoire.

Nous avons donc initié cette étude au sein de la Sénégalaise Des Eaux (SDE), société de production et de distribution d'eau potable au Sénégal et par conséquent grande utilisatrice de produits chlorés pour contribuer à l'élaboration d'une stratégie de surveillance médicale du personnel en contact avec le  $\text{Cl}_2$ .

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1- Sujets

54 employés de stations de chloration de la SDE ont été recensés et triés à partir d'un

interrogatoire professionnel sur la base de leur secteur d'activité. Ainsi, 3 secteurs d'activité ont été répertoriés selon le risque plus ou moins grand d'entrer en contact avec le  $\text{Cl}_2$  et selon la nature des opérations effectuées.

### 2.2- Secteurs d'activités et expositions au chlore

- *Secteur I* : manipulation de produits et réactifs (chlore et autres produits chimiques). Ce secteur concerne : les chimistes, les agents de chloration et certains mécaniciens d'entretien qui sont en contact permanent avec le chlore.

- *Secteur II* : maintenance et installation des conduits acheminant le chlore. Ce secteur concerne : les dispatcheurs qui distribuent les bonbonnes de  $\text{Cl}_2$  et les changent lorsqu'elles sont vides, les électriciens, certains mécaniciens et soudeurs qui interviennent de manière ponctuelle, les chefs d'usine et leurs adjoints.

- *Secteur III* : le secteur concerne les agents administratifs, les infirmiers et aide soignants, les expositions importantes ( $< 5$  ppm en tenant compte des valeurs de déclenchement de l'alarme des chloromètres) qui sont avérées, élevées, continues et d'une durée  $\geq 5$  ans concernent les sujets du secteur I.

Les expositions intermédiaires, avérées plus ou moins élevées, discontinues et d'une durée  $\geq 3$  ans concernent la population du secteur II. Les expositions faibles voire nulles concernent les individus du secteur III.

### 2.3 – Examen clinique

Tous les sujets ont fait l'objet d'un examen clinique avec :

- un interrogatoire à la recherche des habitudes tabagiques, des antécédents personnels et familiaux afin d'évaluer le risque individuel de chaque sujet et à la recherche de signes fonctionnels témoignant de l'existence d'une

pathologie broncho pulmonaire ou pleurale préexistante (dyspnée, douleur rétro sternale ou thoracique, brûlures pharyngées, toux, suffocation ou autres)

- un examen physique complet.

L'examen clinique a été complété par une radiographie pulmonaire de face, à la recherche de signes radiologiques d'atteinte pulmonaire (opacités diffuses surtout du lobe inférieur réalisant des infiltrats alvéolaires).

Puis, les employés ont bénéficié d'explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) qui sont l'élément objectif d'évaluation du dysfonctionnement de l'appareil respiratoire. Les EFR ont été réalisées au laboratoire de Physiologie et d'explorations fonctionnelles de la faculté de Médecine de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar. La capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) et le volume résiduel (VR) ont été mesurés à l'aide d'un volugraphe (VG 2000). Les volumes mobilisables et les débits ont été mesurés à l'aide d'un spiromètre de Godard. Les paramètres mesurés à la spirométrie ont été :

- des volumes mobilisables (VT, Volume Courant : pulmotest ; VRI, Volume de Réserve Inspiratoire et VRE, Volume de Réserve Expiratoire) ;
- des Volumes non mobilisables (VR, Volume Résiduel), des capacités pulmonaires (CV, Capacité Vitale = VRI + VRE + VT ; CI, Capacité inspiratoire = VRI + VT ; CRF, Capacité Résiduel Fonctionnelle = VRE + VR et la CPT, Capacité Pulmonaire Totale = CV + VR).
- Des débits pulmonaires : VEMS, DEM 25%, DEM 25 – 75% et DEP.

Tous ces paramètres ne sont pas des constantes mais des ordres de grandeur variant avec l'âge, le sexe, le poids, la taille, et la race et des variations de plus ou moins 20% par rapport aux normes de référence ouest africaines peuvent être

considérées comme physiologiques, en deçà ou au-delà elles sont pathologiques.

## 2.4. Analyse statistique

Toutes les données ont été analysées avec le logiciel Statview, version 5.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Les résultats sont présentés en moyenne  $\pm$  Ecart Standard. Le test de Student non apparié (unpaired t-test) pour les petits échantillons a été utilisé, le cas échéant, pour comparer les moyennes après l'ANOVA. Les différences étant considérées statistiquement significatives à partir de  $p < 0.05$ .

## 3. Résultats

### 3.1 Caractéristiques générales de la population

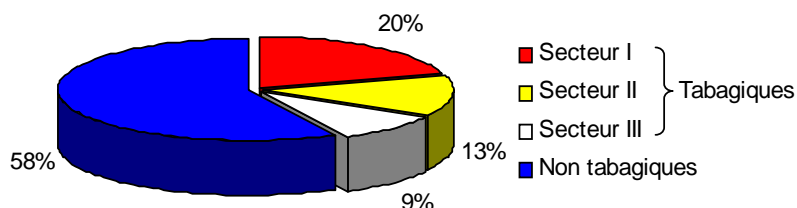
L'âge moyen des sujets est de  $41,73 \pm 0,89$  ans, le poids moyen de  $71,52 \pm 0,59$  kg avec une taille moyenne de  $176,27 \pm 0,91$  cm.

La durée moyenne d'exposition au chlore de la population totale est de  $17,11 \pm 6,8$  ans. Au niveau des différents secteurs, la durée moyenne d'exposition est de  $16,55 \pm 5,55$  ans pour le secteur I,  $17,5 \pm 6,81$  ans pour le secteur II et  $17,4 \pm 9,6$  ans pour le secteur III.

Le pourcentage de tabagiques au niveau de la population d'étude est de 42,59% dont 20,37% pour le secteur I, 12,96% pour le secteur II, et 9,26% pour le secteur III avec une consommation moyenne de 10 paquets/année (1 paquet de 20 cigarettes/jour pendant 10 ans) pour l'ensemble de la population d'étude (figure 1).

### 3.2 Paramètres cliniques et spirométriques

Concernant les pathologies associées, il a été retrouvé des antécédents d'asthme familial (chez les ascendants ou les descendants) chez 7 sujets soit 12,96% de la population totale tous secteurs confondus. Cependant à l'exception de 2 sujets du secteur I (3,7%) chez qui des épisodes de dyspnée asthmatiforme ont été



**Figure 1** : Evolution des débits bronchiques : DEP (A), DEM 25-75 (B) et DEM 25% en fonction du secteur d'activité chez les travailleurs exposés. Taux de significativité :  $p < 0,05$  ; # =  $p < 0,05$  ; ## =  $p < 0,01$  ; ### =  $p < 0,001$

retrouvés dans leurs antécédents, les autres individus ne présentaient pas eux-mêmes d'asthme ou d'équivalent asthmatique à type d'allergie. Il n'a pas été retrouvé de bronchite chronique. Hormis quelques rares cas, de plaintes subjectives à type d'épisodes de toux et d'intolérance aux fumées, il n'a pas été relevé dans la population de signes fonctionnels en rapport avec l'intoxication chlorée au moment de l'interrogatoire.

L'examen physique s'est révélé normal chez tous les sujets et les radiographies pulmonaires n'ont pas mis en évidence d'image pathologique évoquant une intoxication au chlore.

Les résultats de l'EFR montrent :

- 53,7% de sujets dont l'EFR est normale avec des volumes et débits qui sont normaux
- 46,3% de syndromes obstructifs
- aucun syndrome restrictif.

Le délai d'apparition des symptômes était de 6 ans en moyenne.

Par secteur d'activité, les résultats de l'EFR (figure 2) sont :

Secteur I : 40,91% d'EFR normale, 59,09% de syndrome obstructif

Secteur II : 54,54% d'EFR normale, 45,45% de syndrome obstructif

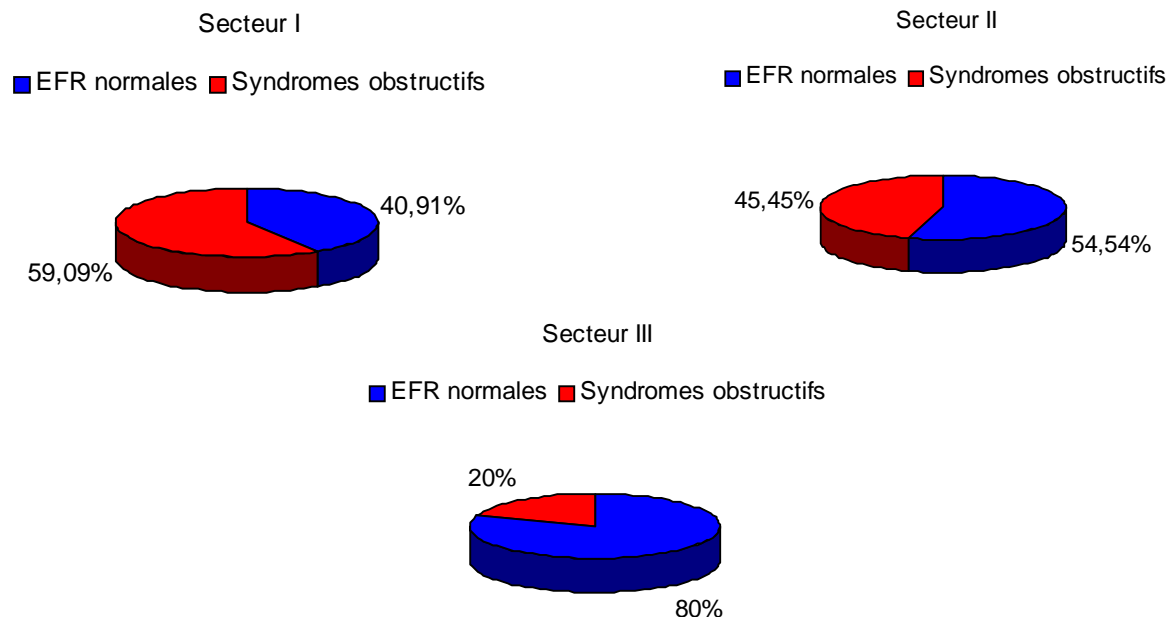
Secteur III : 80% d'EFR normale, 20% de syndrome obstructif

Parmi les 46,3% de syndromes obstructifs, tous secteurs confondus, 64% étaient en partie ou totalement réversibles et les 36% restants n'étaient pas réversibles après inhalation de  $\beta_2$  mimétiques.

#### 4. Discussion

A l'analyse des données obtenues à la spirométrie, aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne les paramètres spirométriques suivants : VT, VRE, VRI. La capacité vitale lente et la capacité inspiratoire sont normales voire légèrement augmentées par rapport aux valeurs de référence ce qui élimine d'éventuels troubles de la ventilation pulmonaire en corrélation avec une exposition chronique faible (moins de 0,5 ppm) de ces travailleurs à des émanations de  $\text{Cl}_2$ . En effet, dans les études où des troubles ventilatoires ont été observés, les valeurs d'exposition étaient supérieures à 0,5 ppm.

Ainsi, Shi (1990) [14] rapporta des troubles de la fonction ventilatoire chez des travailleurs d'une usine de production de  $\text{Cl}_2$  où l'exposition moyenne était de l'ordre de 1,65 ppm.



**Figure 2 :** Evolution en fonction du secteur d'activité du pourcentage de spirométries normales et de syndromes obstructifs dans la population d'étude lors du bilan de l'exploration fonctionnelle respiratoire des salariés exposés

Selon Kennedy et collaborateurs [8], des travailleurs exposés à une concentration moyenne de  $Cl_2$  de 0,18 ppm peuvent encore présenter de légers troubles ventilatoires. Ils notent chez les travailleurs d'une usine alimentaire que les troubles fonctionnels respiratoires chroniques liés à l'exposition au chlore n'étaient observés que chez ceux qui avaient connu plus d'un épisode d'exposition aiguë.

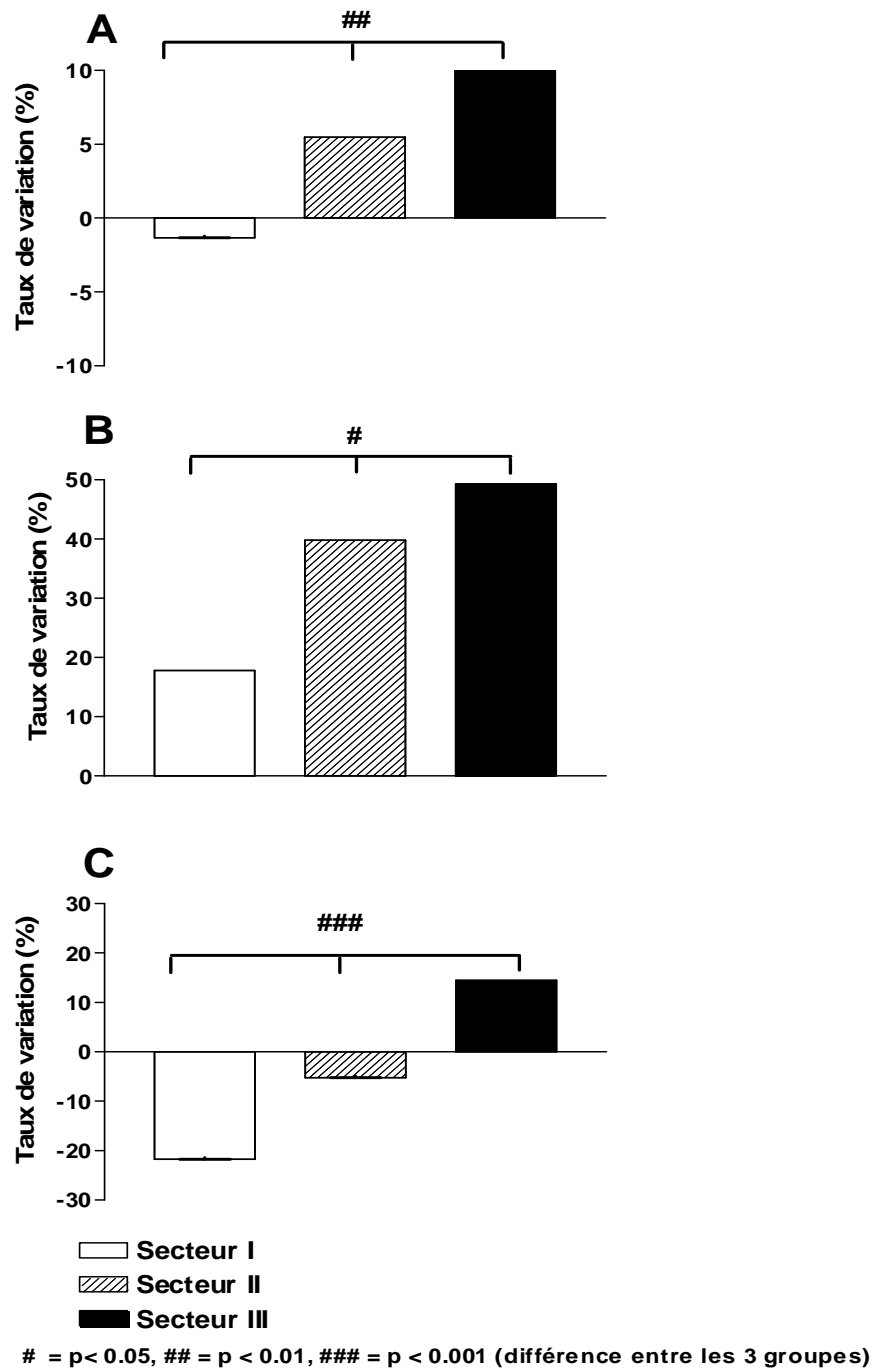
Selon Patil et coll. [9], une exposition moyenne de 0,15 ppm pendant 10 ans n'entraîne aucune manifestation pulmonaire (pas de plaintes subjectives, radiographie et spirométrie normales). Cependant les plaintes de fatigue, anxiété, vertiges sont plus fréquentes chez les travailleurs exposés à plus de 0,5 ppm

Cela conforte l'idée selon laquelle l'exposition chronique à des doses inférieures aux limites d'exposition professionnelles admissibles occasionne des troubles fonctionnels immédiatement réversibles à la fin de l'exposition mais n'entraîne pas de troubles ventilatoires.

L'analyse des débits expiratoires mesurés au niveau des trois groupes étudiés montre un VEMS et un indice de Tiffeneau normaux ( $IT > 80\%$ ). Seuls les tests plus fins comme la mesure des débits expiratoires maximaux médian à 25-75% et instantané à 25% de la capacité vitale sont altérés (figure 3). La perturbation de ces débits expiratoires (alors que le VEMS est normal) est typique des syndromes obstructifs débutants ou «maladie des petites bronches» et permet de caractériser dans cette étude les affections respiratoires des travailleurs du secteur I.

En effet dans ce groupe, il n'a pas été observé de diminution de l'IT (+ 0,049%) mais plutôt du débit de pointe (- 1,32%) et une réduction significative du DEM 25% avec un taux de variation de - 21,74%.

Au niveau des secteurs II et III, les débits mesurés sont normaux voire supérieurs aux valeurs théoriques. Cependant, plus que le résultat brut des EFR, c'est l'évolution des paramètres en fonction du niveau d'exposition qui peut se révéler



**Figure 3 :** Répartition de l'imprégnation tabagique dans la population d'étude en fonction du secteur d'activité.

intéressante. Du secteur III vers le secteur I (niveau d'exposition croissant), on note une réduction significative des débits mesurés avec une réduction de plus de 80 L/mn du DEP.

On note également une diminution de plus de 1 L/s du DEM 25 – 75% et de 0,64 L/s

du DEM 25% montrant ainsi une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les 3 groupes étudiés.

De nombreuses études illustrent bien ces effets du chlore [1, 2, 3, 5, 7,...]. Ainsi une étude réalisée sur 4 adultes de sexe masculin exposés au chlore a mis en

évidence chez tous les sujets des irritations des voies aériennes supérieures associées à des symptômes respiratoires tels que toux, sensation d'oppression thoracique, de suffocation et brûlures rétro sternales. Ces symptômes étaient en outre accompagnés à la spirométrie d'un syndrome obstructif évident au niveau des petites bronches et inconstant au niveau des grosses bronches [10]

Une autre étude réalisée par Schonhofer et coll. [13] montre qu'une exposition à des doses subléthales de Cl<sub>2</sub> chez 3 patients sans antécédents de pathologie pulmonaire peut provoquer des manifestations aiguës mais aussi des dysfonctionnements chroniques des voies aériennes avec des symptômes typiques de remaniement inflammatoire et une hyperréactivité bronchique non spécifique encore observable deux années après la fin de l'exposition.

Chez des ouvriers en construction ayant subi plusieurs expositions au chlore durant la rénovation d'une industrie alimentaire, il a été mené une étude : 71 de ces ouvriers ont été sélectionnés et ont fait l'objet d'un examen médical et d'examens spirométriques 18 à 24 mois après la fin de l'exposition. 58 sujets soit 82% présentaient des symptômes respiratoires persistants, 16 sujets soit 23% présentaient une obstruction bronchique (VEMS < 80%) et 29 sujets soit 41% présentaient une hyperréactivité bronchique de type asthmatiforme [2]

Dans notre étude, une réversibilité totale ou partielle du syndrome obstructif après administration de β<sub>2</sub> mimétiques a été observée dans 64% des cas ; on a noté une augmentation du DEM 25 de plus 45% et du DEM 25 – 75% de plus 22% (débits bronchiques spécifiques aux bronches distales)

Cette réversibilité est en faveur d'une atteinte fonctionnelle des poumons ce qui oriente plus vers l'intoxication chlorée que

vers les effets du tabac qui seraient eux organiques donc irréversibles. Le tabagisme peut accroître l'effet de certains contaminants du milieu de travail qui ne sont pas présents dans la fumée du tabac. L'effet sur la santé résulte alors d'un effet additif ou même synergique [5, 12].

Les effets délétères du chlore et du tabac peuvent s'ajouter dans l'atteinte de la fonction respiratoire. Il semblerait selon Henneberger et coll. [6] que le risque de syndrome obstructif comme séquelle d'une intoxication aiguë (œdème pulmonaire) au chlore soit plus important chez les fumeurs.

Dans notre population, une intoxication tabagique a été retrouvée chez 42,59% des sujets avec une consommation moyenne de 10 p/a. cette intoxication ajoutée à celle au Cl<sub>2</sub> augmente le risque potentiel pour ces travailleurs de développer un syndrome obstructif qui serait le cas échéant multifactoriel.

Cependant, le nombre de sujets tabagiques et non tabagiques est identique dans les 3 secteurs et la proportion de syndromes obstructifs n'est pas plus importante dans un groupe ou dans l'autre ce qui conforte l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas d'atteinte pulmonaire uniquement du fait de l'utilisation du tabac mais que ses effets néfastes majorent ceux du chlore et aboutissent aux troubles sus décrits.

## 5. Conclusion

Il apparaît au vu des résultats obtenus qu'une relation effet – dose peut être établie entre les perturbations de la fonction respiratoire et l'environnement professionnel des travailleurs de la SDE liée à une exposition au chlore. Cet effet, se traduisant par une obstruction bronchique distale mineure et réversible partiellement ou en totalité dans la majorité des cas (64%). Cependant, l'intoxication tabagique majore les effets du chlore d'où la nécessité de la mise en place dans les entreprises utilisant ce produit d'un protocole de

surveillance des salariés avec au préalable, un bilan d'embauche systématique incluant une radiographie des poumons et une EFR afin de procéder à un tri qui exclura tout facteur ou pathologie associée et afin de dépister très tôt toute altération de la fonction pulmonaire chez ces salariés qui pourront être ainsi éloignés de toute nuisance ultérieure.

## 6. Références Bibliographiques

1. Barret L ; Faure J. : *Chlorine poisoning*, Lancet 1984 ; 1 : 561-562 .
2. Bherer L ; Cushman R ; Courteau J. P.; Quevillon M: *Survey of construction workers repeatedly exposed to chlorine over a three to six months period in a pulp mill. Follow up of affected workers by questionnaire, spirometry and assessment of bronchial responsiveness 18 to 24 months after exposure ended.* Occup. Environ. Med. 1994; 51: 225 – 228.
3. Chester E. H. ; Gillespie D. G. ; Krause F. D. : *The prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in chlorine gas workers.* Am. Rev. Respir. Dis. 1969; 99: 365-373.
4. Ellenhorn M. J.; Barceloux D. G. : *Diagnosis and treatment of human poisoning.* Medical toxicology. 1988; 878-879.
5. Hammond K.; Sorensen G. et coll: *Occupational exposure to environmental tobacco smoke.* JAMA 1995; 274 (12): 955-960.
6. Henneberger P. K.; Lax M. B.; Ferns B. G. Jr: *Decrements in spirometry values associated with chlorine gassing events and pulp mill workers.* Am. J. Respir. Crit. Care . Med. 1996 Jan; 153: 225-231.
7. Jones R. N. ; Hugues J. M.; Glindmeyer H.; Weill H.; *Lung function changes after acute chlorine exposure.* Am. Rev. Respir. Dis. 1986; 134: 1190-1195.
8. Kennedy S. M.; Enarson D. A.; Jansen R. G.; Chan-Yeung M.: *Lung health consequences of reported accidental chlorine gas exposures among pulp mill workers.* Am. Rev. Respir. Dis. 1991 Jan ; 143: 74-79.
9. Patill L. R. S; Smith R. G.; Vorwald A. J. : *The health of diaphragm cell workers exposed to chlorine.* Am. IN. Hyg. Assoc. J. 1970; 31: 678-686.
10. Ploysonsang Y.; Beach B. C.; Di Lizio R. E. : *Pulmonary function changes after acute inhalation of chlorine gas.* South Med. J. 1982; 75: 23, 266.
11. Rotman H.; Fliegelman M.; Moore T.; Smith R.; *Effects of low concentrations of chlorine on pulmonary function in humans.* J. Appl. Physiol. 1983; 54, 1120.
12. Rothwell K: *The interactions of smoking and work place hazards: Risk to health.* OMS 1982.
13. Schonhofer B. ; Voshaar T. ; Kohler D. : *Long term lung sequelae associated with accidental inhalation of chlorine gas exposure.* Respiration 1996; 63: 155-159.
14. Shi Z.; Sakurai H.; Okasaki I.; Omae K. : *Effects of long term exposure to low concentrations of chlorine on worker's health.* Occupational Epidemiology, proceedings of the seventh international symposium of epidemiology in occupational health. Tokyo, Japan. 1989; 173-177.