

ENSP

ECOLE NATIONALE DE
LA SANTE PUBLIQUE

RENNES

Ingénieur du génie Sanitaire

Promotion : **2006-2007**

Date du Jury : **Septembre 2007**

**Impact sanitaire de la pollution industrielle sur la zone
de Fos-Etang de Berre : étude de faisabilité à partir des
déclarations du réseau régional des odeurs de la région
PACA**

Présenté par :

Delphine CATHALA

3° année ENGEES

Lieu du stage : Cire Sud

Référent professionnel :

Jean Luc LASALLE

Référent pédagogique :

Séverine DEGUEN

Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier mon référent professionnel Jean Luc LASALLE, pour son accueil et sa précieuse aide tout au long de ce mémoire. Je remercie également Laurence PASCAL, pour son suivi ainsi que Florian FRANKE et Benjamin RICHARD pour leur aide lors de la prise en main des logiciels.

Merci également pour leur accueil, et écoute à toute l'équipe de la Cire Sud : Alexis ARMENGAUD, Laurence CALATAYUD, Serge CANO, Joël DENIAU, Philippe MALFAIT, Charlotte RENAUDAT, Caroline SIX, Yvan SOUARES et Nadine VERDUCI. Merci aussi à Julie BERBIS pour son soutien et sa bonne humeur.

Je souhaiterais aussi remercier l'équipe d'Airfobep : Boualem MESBAH et Christelle CARMONA pour leur collaboration dans le déroulement de l'enquête, ainsi que Sébastien MATHIOT et Mélanie SELVANIZZA pour leur travail d'estimation des expositions à la pollution.

Enfin, je tiens à remercier mon référent pédagogique Séverine DEGUEN pour son suivi.

Sommaire

Introduction	1
1 Contexte du mémoire	2
1.1 La pollution atmosphérique dans la zone de l'étang de Berre	2
1.2 Les enjeux	3
1.2.1 Enjeux de santé publique.....	3
1.2.2 Enjeux règlementaires	3
1.2.3 Enjeux économiques et politiques	4
1.3 Les études en cours	5
1.4 La surveillance des odeurs en région Paca	6
1.4.1 Airfobep.....	6
1.4.2 Fonctionnement du réseau des odeurs	7
1.5 Objectifs du mémoire	8
2 Matériel et méthode	9
2.1 Description de l'étude	9
2.1.1 Constitution du panel	9
2.1.2 Phase de pré-enquête	10
2.1.3 Phase d'enquête	10
2.2 Données socio - démographiques	11
2.3 Données sanitaires	11
2.4 Données de pollution	12
2.4.1.1 Polluants présents dans la zone de l'étang de Berre	12
2.4.1.2 Effets de ces polluants	13
2.4.1.3 Les polluants mesurés par Airfobep	14
2.4.1.4 Les polluants retenus	14
2.5 Analyse descriptive:	15
2.5.1 Taux de participation.....	15
2.5.2 Description des caractéristiques du panel	15
2.5.3 Estimation des niveaux d'exposition	17
2.5.3.1 Définition des zones homogènes de pollution.....	17
2.5.3.2 Définition des niveaux individuels journaliers d'exposition.....	17
2.5.4 Description des indicateurs sanitaires	18
2.6 Etude du lien pollution atmosphérique – santé	19
2.6.1 Etude écologique géographique	20
2.6.2 Etude de panel.....	20

3	Résultats	22
3.1	Participation.....	22
3.1.1	Réponses obtenues au mois de mai	22
3.1.2	Retour après les relances de juin et juillet.....	22
3.2	Constitution et description du panel	23
3.2.1	Constitution du panel.....	23
3.2.2	Description sociodémographique du panel	25
3.2.3	Description des antécédents de santé	27
3.3	Description des symptômes déclarés par le panel	28
3.3.1	Journées d'observation exploitables	28
3.3.2	Prévalence des symptômes	28
3.3.3	Influence de l'âge et du sexe sur les symptômes déclarés	29
3.4	Description de l'exposition du panel.....	29
3.4.1	Découpage de la zone d'étude en zones homogènes de pollution	29
3.4.1.1	SO ₂	30
3.4.1.2	NO ₂	31
3.4.1.3	Particules	33
3.4.1.4	Ozone	33
3.4.2	Exposition individuelle journalière	33
4	Discussion	35
4.1	Les résultats	35
4.1.1	Taux de participation	35
4.1.2	Constitution et représentativité du panel	35
4.1.3	Résultats préliminaires concernant les symptômes	36
4.1.4	Résultats préliminaires de l'estimation de l'exposition à la pollution de l'air.....	36
4.1.4.1	Définition des zones homogènes de pollution.....	36
4.1.4.2	L'estimation individuelle	37
4.2	La méthode	37
4.2.1	Constitution du panel de l'étude	37
4.2.1.1	Sur le plan organisationnel.....	37
4.2.1.2	Les nez bénévoles.....	38
4.2.2	Recueil des données sanitaires.....	39
4.2.2.1	Qualité des données sanitaires.....	39
4.2.2.2	L'auto déclaration de symptômes	40
4.2.2.3	Biais éventuels.....	42
4.2.3	Estimation des expositions	43
4.2.3.1	Définition des zones homogènes de pollution.....	43
4.2.3.2	Estimation de l'exposition antérieure aux symptômes.....	44
4.2.3.3	Estimation de l'exposition individuelle.....	44
4.3	Perspectives	46

4.3.1 Amélioration de l'étude	46
4.3.1.1 Amélioration du questionnaire	46
4.3.1.2 Amélioration de la qualité des données.....	46
4.3.2 Répercussion sur le réseau des odeurs	47
4.3.3 Autres études possibles.....	47
Conclusion.....	49
Bibliographie	50
Liste des annexes	I

Liste des figures et tableaux

Figure 1: Carte de répartition des industries autour de l'étang de Berre.....	2
Figure 2: Carte de la zone d'étude	6
Figure 3 : Circuit de collecte des données	10
Figure 4: récapitulatif de la démarche	21
Figure 5: Localisation des « nez » acceptant de participer à l'étude « santé »	24
Figure 6 : répartition des observateurs de la zone d'étude suivant leur commune de résidence.....	25
Figure 7: Pyramide des âges du panel d'étude	26
Figure 8: Répartition du panel d'étude suivant la CSP	26
Figure 9: Répartition des de symptômes déclarés selon le type de pathologie	28
Figure 10: distribution des moyennes journalières du SO ₂	30
Figure 11: carte des zones de pollution homogène pour le SO ₂	31
Figure 12: Distribution des moyennes journalières de NO ₂	32
Figure 13: carte de répartition des zones homogènes de pollution pour le NO ₂	32
Tableau 1: Effets des polluants retrouvés dans la zone d'étude	13
Tableau 2: Choix des indicateurs de pollution.....	14
Tableau 3 : Taux de réponse, de participation et de refus suite à la sollicitation du mois de mai 2007	22
Tableau 4 : Taux de réponse, d'accord et de refus suite après les relances de juin et juillet 2007	23
Tableau 5: Répartition du panel et de la population de la zone d'étude suivant le sexe...	25
Tableau 6: Description du panel suivant l'âge.....	25
Tableau 7: Répartition du panel d'étude selon les antécédents (ATCD) de santé et le tabagisme.....	27
Tableau 8: Degré de signification lors des tests d'association	27
Tableau 9: taux de participation et de présence	28
Tableau 10: récapitulatif des degrés de signification pour les moyennes testées	29
Tableau 11: Description de l'estimation de l'exposition individuelle	34

Liste des sigles utilisés

Anova	Analyse de la variance
BP	British Petroleum
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et minière
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
Cire	Cellule Interrégionale d'Epidémiologie
Cnil	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CO	Monoxyde de Carbone
COV	Composés Organiques Volatils
CSP	Catégories Socio Professionnelles
Ddass	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche et de l'Environnement
Drire	
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
H ₂ S	Hydrogène sulfuré
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
Ined	Institut National Etudes Démographiques
IGS	Ingénieur du Génie Sanitaire
Insee	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
Laure	Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie
NO ₂	Dioxyde d'azote
NOx	Oxydes d'azote
O ₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ORL	Oto-Rhino-Laryngologie
ORS	Observatoire Régional de la Santé
Paca	Provence Alpes Côte d'Azur
PDU	Plan de Déplacement Urbain
PM ₁₀	Particules de taille inférieure à 10 microns
PMSI	Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information
PPA	Plan pour la Protection de l'Atmosphère
PRQA	Plan Régional pour la Qualité de l'Air
SAN	Syndicat d'Agglomération nouvelle
SO ₂	Dioxyde de soufre
SPPPI	Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollution Industrielle
SPSS	Statistical Package for the Social Science
US EPA	United States - Environmental Protection Agency
Utep	Unités Territoriales d'Evaluation Préliminaire

Introduction

La zone de Fos – Etang de Berre est la zone industrielle la plus importante de la région Paca, regroupant sur plusieurs sites un important complexe pétrochimique et sidérurgique. Il résulte de cette industrialisation une altération de la qualité de l'air qui se caractérise par de nombreux pics de pollution principalement pour le dioxyde de soufre et l'ozone ainsi que des niveaux de fond préoccupants pour l'ozone.

Ces pics sont la cause de nombreux questionnements de la part de la population. Les colloques sur le thème pollution de l'air et santé sont des lieux de polémique et de débat.

En parallèle à cette pollution, l'association Airfobep chargée de surveiller la qualité de l'air a mis en place un réseau de surveillance des odeurs grâce à un réseau de personnes bénévoles dénommées « nez », au niveau de l'ouest de Bouches-du-Rhône.

La Cire Sud a donc souhaité utiliser ce réseau de nez déjà constitué pour mener une étude sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique dans cette partie du département. Il s'agit dans un premier temps, d'une étude de faisabilité afin de déterminer dans quelle mesure il est envisageable d'utiliser un panel de nez pré existant lors d'une étude visant à établir s'il existe une association entre la qualité de l'air et la santé de la population.

C'est l'objet de mon mémoire. Du fait de la durée de l'étude et de ma présence à la Cire Sud, je n'ai pu mener l'étude à son terme.

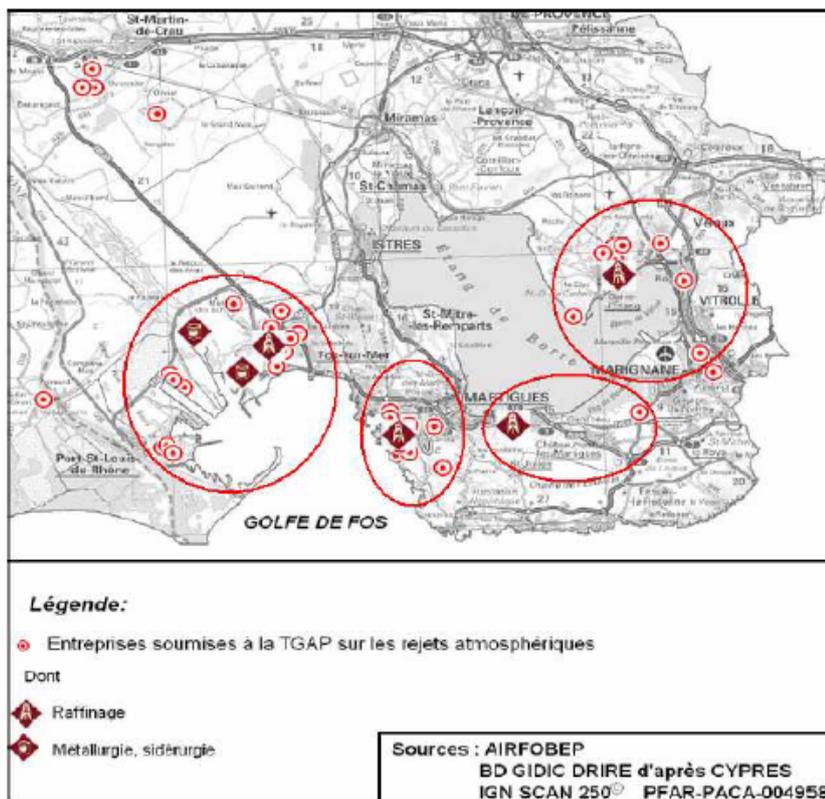
1 Contexte du mémoire

1.1 La pollution atmosphérique dans la zone de l'étang de Berre

L'étang de Berre est situé en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (Paca), dans le département des Bouches-du-Rhône. Il se trouve à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Marseille, à la même distance à l'ouest d'Aix-en-Provence et à environ trente cinq kilomètres à l'est d'Arles.

Cette zone géographique est la plus industrialisée de la région puisque 70% des établissements classés Seveso II de la région y sont regroupés (figure 1). Les principaux secteurs d'activités concernés sont le raffinage pétrolier (BP, Total, Shell, Esso), la chimie organique (Naphtachimie, Shell pétrochimie, Atofina, BP Chemicals), la sidérurgie (Ferifos, Sollac, Ascometal, Sotراسي) et la construction aéronautique (Eurocopter, Dassault Aviation).

Figure 1: Carte de répartition des industries autour de l'étang de Berre



Cette forte industrialisation n'est pas sans effet sur le milieu environnant. On observe ainsi une pollution de l'eau, des sols et de l'air.

Enfin, l'industrialisation s'est accompagnée d'un fort afflux de population. Aujourd'hui, le pourtour de l'étang de Berre compte plus de 300 000 habitants répartis en une vingtaine de communes (*Annexe 1 : zone d'étude*).

Le mémoire d'IGS [1], réalisé en 2006 à la Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) Sud, a permis dans un premier temps d'établir un bilan des données existantes,

que ce soit au niveau environnemental, socioprofessionnel ou sanitaire, d'analyser les attentes des différentes parties et de proposer différents types d'études pouvant être envisagées afin de mieux décrire l'état sanitaire de la population et essayer d'établir un lien avec la pollution atmosphérique.

1.2 Les enjeux

Les enjeux autour de cette question de santé sont nombreux.

1.2.1 Enjeux de santé publique

Il apparaît que les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) sur le site de l'étang de Berre représentent 80% des émissions du département des Bouches-du-Rhône. En ce qui concerne les autres polluants, ils représentent entre 20 et 50% des émissions régionales [2].

Ces polluants atmosphériques ne sont pas sans effets sur la santé : ils peuvent avoir des conséquences cardio-vasculaires mais aussi respiratoires ainsi que des effets cancérigènes.

A court terme, cette pollution augmente la fréquence des symptômes chez les asthmatiques et les aggrave. Elle entraîne aussi des décès anticipés, notamment chez les personnes fragilisées par la présence de maladies chroniques, essentiellement respiratoires et cardio-vasculaires.

Sur le long terme, les effets de la pollution de l'air sont plus difficiles à établir en raison surtout des difficultés à évaluer l'exposition des individus à la pollution sur de longues périodes. On peut ainsi noter une augmentation de la mortalité cardio-respiratoire et de la mortalité par cancer du poumon [3, 4, 5, 6, 7].

1.2.2 Enjeux réglementaires

La zone, fortement urbanisée, est soumise aux émissions industrielles de substances chimiques. Dans le cadre des arrêtés préfectoraux fixant les règles de fonctionnement des établissements industriels (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ou ICPE), les rejets atmosphériques font l'objet de prescriptions techniques qui fixent notamment les conditions d'évacuation des gaz (hauteur de cheminée...), ainsi que les concentrations, débits et flux en polluants à ne pas dépasser.

Concernant la qualité de l'air, les substances chimiques ne sont pas toutes réglementées (c'est le cas des COV par exemple). Les seuils des polluants réglementés sont fixés par différents textes (recommandations de l'OMS, directives européennes, décrets nationaux) et semblent plutôt bien respectés au regard de la pollution de fond, excepté pour l'ozone [8]. Toutefois, des pics d'ozone et de dioxyde de soufre sont régulièrement observés dans la zone d'étude.

Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à la santé a été reconnu par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Laure) [9] du 30 décembre 1996. Trois plans sont issus de cette loi :

- Le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) est un outil d'information et d'orientation qui a pour objet principal de définir les orientations en matière de prévention et de lutte contre la pollution atmosphérique. Celui de la région Paca a été publié en 2000 et n'a pas été évalué depuis [10].
- Le Plan pour la Protection de l'Atmosphère (PPA) est élaboré pour 5 ans dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, il permet aux préfets de prendre des mesures pour lutter contre la pollution atmosphérique. Celui des Bouches-du-Rhône a été mis à jour en août 2006 [11].
- Le Plan de Déplacements Urbains (PDU), est obligatoire dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Il a pour objectif la diminution de la circulation automobile et le développement des transports collectifs. Pour l'instant, un seul PDU a été adopté dans les Bouches-du-Rhône : celui de la ville de Marseille (20 novembre 2000), d'autres sont en cours d'élaboration [12].

En 1998, le préfet des Bouches-du-Rhône a demandé la mise en place d'un groupe de travail spécifique « odeurs », en application de la Laure (1996). Il a confié cette mission à la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (Drire) Paca, dans le cadre du Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollutions Industrielles (SPPPI).

La Drire a chargé les réseaux de surveillance de la qualité de l'air de la région Paca (Airfobep, Airmaraix et Qualitair) de concevoir un protocole technique pour recueillir des informations sur la gêne liée aux odeurs.

1.2.3 Enjeux économiques et politiques

Les populations sont fortement tributaires des industries locales au niveau économique (emplois directs et indirects) : ces activités font de la zone de l'étang de Berre l'un des plus importants bassins d'emploi de la région Paca. Une fermeture de ces usines n'est pas envisageable sur le plan de l'emploi et du développement de cette région.

Mais depuis quelques années, il existe une demande importante de ces mêmes populations, des associations et des élus de cette zone par rapport à l'impact de la pollution atmosphérique sur son état de santé (groupe de travail « Air-santé » SPPPI, débat public autour de l'agrandissement du port autonome à Fos-sur-Mer ...). Les industries, les associations et les services de l'Etat essaient de répondre au mieux à cette forte demande sociale, en travaillant et informant le public sur les données sanitaires de la zone.

Il s'agit donc pour les politiques de trouver un juste équilibre entre intérêts économiques et intérêts sanitaires. Le débat actuel porte précisément sur l'utilité d'une étude sanitaire pour cette zone.

La pollution atmosphérique dans cette zone est donc un sujet très sensible, qu'il est indispensable de traiter avec précaution. D'autant plus que notre étude concerne les effets sur la santé quotidienne de la population exposée à une pollution atmosphérique ambiante.

1.3 Les études en cours

Afin d'évaluer l'impact de ces rejets atmosphériques sur l'environnement et l'état de santé des populations riveraines, un ensemble d'études sanitaires ou environnementales a été mis en place par différents partenaires :

- des études sanitaires globales ont été mises en place sous la coordination de la Drire Paca dès 2003 autour des principaux sites industriels (Lavéra, Berre, La Mède et la zone industrialo - portuaire de Fos-sur-Mer) [13].
- le Syndicat d'Agglomération Nouvelle (SAN) Ouest - Provence a lancé en 2006, en collaboration avec le Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM) un diagnostic environnemental de son intercommunalité. Le programme «Aigrette» devrait durer 30 mois. L'objectif est de fournir une image précise de la situation environnementale des espaces naturels et urbains.
- le SAN Ouest - Provence a également confié à l'Observatoire régional de la santé (ORS) Paca la réalisation d'un tableau de bord santé des populations vivant sur son territoire.

La Cire Sud a également été saisie par la Ddass des Bouches-du-Rhône afin d'évaluer la faisabilité de conduire une étude épidémiologique concernant les effets de la pollution atmosphérique sur la santé dans la zone de l'étang de Berre. Après avoir réalisé un bilan des données existantes (environnementales, sanitaires et sociodémographiques) et défini la zone d'étude en 2006 [1], la Cire Sud va poursuivre ce travail suivant deux axes:

- une étude de panel structurée autour du réseau régional de surveillance des odeurs,
- une étude écologique géographique basée sur les entrées hospitalières pour des causes cardio-vasculaires en utilisant la base nationale du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI).

L'étude dont il est question dans ce mémoire est l'étude de panel. Il s'agit de qualifier le lien (s'il existe) entre l'état de santé de la population et la pollution

atmosphérique. Pour cela, nous allons utiliser le panel de nez de la zone d'étude, et leur soumettre un questionnaire santé. Les données de santé seront traitées indépendamment des données sur les odeurs.

1.4 La surveillance des odeurs en région Paca

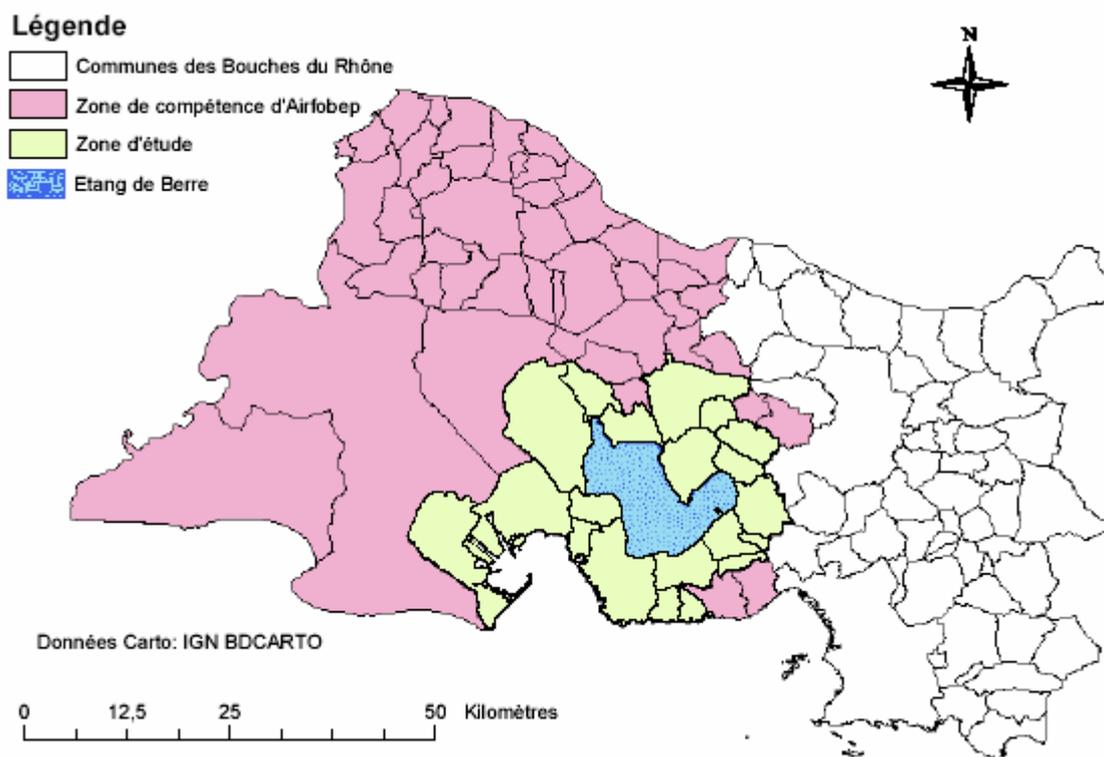
En 1998, en application de la Laure, un réseau de surveillance des odeurs est créé en région Paca. Il est piloté par l'association de surveillance de la qualité de l'air Airfobep [14].

1.4.1 Airfobep

Créée à l'origine, en 1972 pour réunir les industriels, l'association Airfobep a évolué jusqu'à être aujourd'hui l'une des 40 associations agréées de surveillance de la qualité de l'air. Son évolution est essentiellement due à l'implication successive des élus en 1986, des associations de défense de l'environnement en 1991 et enfin, des syndicats de salariés en 1996.

Elle s'occupe de la surveillance de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône, soit un territoire de 2 500 km² et une population de plus de 500 000 habitants (figure 2).

Figure 2: Carte de la zone d'étude



1.4.2 Fonctionnement du réseau des odeurs

Le réseau des odeurs [15] comporte deux volets : un recueil des plaintes et un panel de nez permanent qui observe les odeurs.

- Le recueil des plaintes

Le recueil des plaintes concerne toute la région Paca. Tout citoyen peut signaler à Airfobep une odeur désagréable par l'intermédiaire du site Internet des odeurs (www.sro-paca.org) ou d'un numéro vert. Si le nombre de plaintes est important dans une zone, une étude spécifique peut être mise en place afin de déterminer l'origine des odeurs. Airfobep, en collaboration avec les associations Airmaraix et Qualitair (qui se sont regroupées depuis le 1^{er} janvier 2007 sous le nom de Atmo PACA), peut ainsi décider de réaliser ponctuellement une étude densifiée, qui consiste en la mise en place d'un réseau de nez bénévoles sur une période limitée dans le temps et dans une zone déterminée. La recherche des sources olfactives est effectuée en collaboration avec la Drire. Actuellement, trois campagnes densifiées sont en cours à Grasse, Châteaurenard et Lançon-de-Provence, qui est la seule à se dérouler à proximité de la zone de l'étang de Berre. Cette dernière regroupe 19 nez.

- La campagne permanente de surveillance

La campagne permanente de surveillance des odeurs a débuté en 1998 sur l'ensemble des Bouches-du-Rhône. En 2001, plus de 650 nez constituaient le réseau de surveillance des odeurs. Depuis 2005, le périmètre d'étude s'est recentré autour de l'étang de Berre, et Airfobep gère seul le réseau de nez, qui comprend une centaine de nez bénévoles.

Les campagnes d'observation olfactive ont lieu pendant une semaine (deux semaines pour les campagnes densifiées) suivant une périodicité mensuelle. Les bénévoles complètent un questionnaire sur lequel ils indiquent s'ils ont ressenti une odeur, son intensité, et son origine. Chaque journée est divisée en 4 tranches horaires, afin d'affiner les observations. Les nez indiquent l'heure exacte à laquelle ils ont effectué l'observation. Lorsqu'ils ne sont pas présents à leur domicile, les nez déclarent ne pas faire d'observation.

Airfobep assure l'envoi et la réception des questionnaires et traite les données. En retour, les nez reçoivent un bilan trimestriel de la surveillance dans la lettre des odeurs (*Annexe 2: Résultat de la surveillance des odeurs en 2006*) ainsi qu'un bilan annuel. Ces documents permettent de motiver les nez.

Chaque année, Airfobep envoie une lettre d'auto désistement aux nez qui ont le moins participé. Pour compenser ces départs, Airfobep recrute des nouveaux nez lors de campagnes d'information en mairie, dans les offices de tourisme, par voie de presse ou suite aux plaintes reçues.

A la date du 19 juillet 2007, le réseau est constitué de 106 nez (dont 2 inactifs).

Lors de la mise en place du réseau en 1999, les nez ont été recrutés lors de réunions publiques organisées par Airfobep et Airmaraix. Cette campagne coûteuse n'a pas été réitérée par la suite, excepté lors du recrutement de nez pour les campagnes densifiées. Une campagne de recrutement de nez a été effectuée début 2007, notamment par voie de presse et par le site Internet d'Airfobep.

Par ailleurs, une étude de faisabilité est en cours. Il s'agit d'expérimenter l'utilisation de nez électroniques comme un outil de surveillance de la gêne olfactive [16] [17] (*annexe 3 : Nez électronique*).

1.5 Objectifs du mémoire

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'intérêt et la faisabilité d'utiliser un panel de nez pré existant pour évaluer le lien entre l'exposition à la pollution atmosphérique et l'état de santé de la population qui constitue ce panel. Il s'agit là d'une méthode originale et novatrice.

Mon stage se déroulant de mai à août 2007, mon travail a consisté à mettre en place effectivement l'étude (le choix de la méthode, des indicateurs de santé et des questionnaires étant déjà effectués), à développer les outils informatiques de saisie et de traitement des données. Concernant les résultats, si seule l'analyse descriptive a pu être réalisée (description du panel, taux de participation, description des symptômes déclarés lors des enquêtes de juin et juillet, description des données d'exposition), les analyses statistiques permettant d'examiner les relations entre la pollution atmosphérique et la santé des observateurs ont toutefois été développées pour l'analyse écologique. J'ai rédigé un guide des procédures afin de permettre aux personnes de la Cire de continuer l'enquête en utilisant le travail que j'ai réalisé.

Enfin, les limites de l'étude qui ont pu apparaître au cours de mon stage sont discutées et des propositions d'amélioration sont faites.

2 Matériel et méthode

2.1 Description de l'étude

Cette étude fait l'objet d'une convention de partenariat entre Airfobep et la Cire Sud qui a reçu l'accord Cnil n°07 145bis. Airfobep s'engage à communiquer les numéros ainsi que la localisation géographique des observateurs « nez bénévoles ». Par ailleurs, Airfobep fournit à la Cire Sud les données de pollution atmosphérique.

La durée de l'étude est d'une année complète (de mai 2007 à mai 2008), afin de tenir compte des variabilités climatiques, et des périodes polliniques. Pour mon stage, je n'ai eu accès qu'aux données de mai, juin et juillet 2007.

L'étude se déroule en deux phases :

- ✓ Une phase d'acceptation et de pré-enquête
- ✓ Une phase d'enquête qui permet aux nez d'indiquer leur état de santé.

2.1.1 Constitution du panel

Les « nez » bénévoles du réseau ont été informés de la mise en place de l'étude santé dans la lettre des odeurs du mois d'avril 2007 (*annexe 4 : interview de la présentation de l'étude santé aux « nez »*). A l'occasion de la semaine de surveillance du mois de mai 2007, ils ont reçu un courrier de la Cire Sud leur présentant l'étude, accompagné d'un formulaire de consentement (*annexe 5*). Seuls les nez ayant donné leur accord ont été inclus dans l'étude santé. Les personnes qui se sont inscrites au réseau des odeurs entre le lancement de la pré-enquête du mois de mai et la campagne du mois de juillet ont également été contactées pour être éventuellement inclus dans l'enquête. En fonction de leur date d'inscription, ils ont été contactés pour la première fois soit en juin, soit en juillet (inscription entre le 25 mai et le 15 juin), pour des raisons de logistique. Une relance a été effectuée le mois suivant pour les observateurs qui n'auraient pas répondu à la première invitation à participer à l'étude. Chaque nez a donc été contacté au maximum à deux reprises s'il n'avait pas répondu lors de la première prise de contact. Le panel a été constitué de manière définitive fin août.

L'inclusion des nez dans l'étude supposait également la proximité d'une station de mesure de la qualité de l'air, afin d'être à même d'évaluer l'exposition individuelle de chacun.

Par ailleurs, la constitution du panel pourra évoluer au fil de l'enquête, puisque les personnes sont libres à tout moment de se retirer de l'enquête santé ou du réseau de surveillance des odeurs. Notre étude est donc une étude de panel qui selon la définition de l'Ined (Institut National des Etudes Démographiques) [18] consiste à interroger une même population à un moment m , et à un moment $m+1$.

2.1.2 Phase de pré-enquête

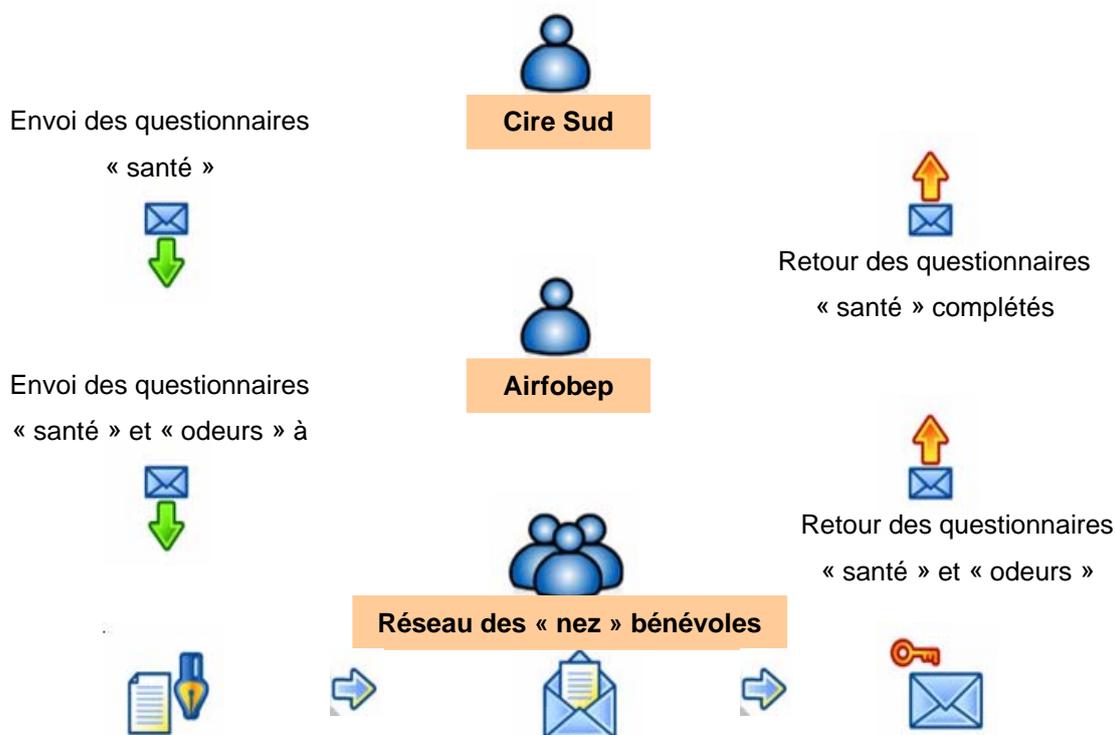
Au moment de la demande d'accord (formulaire de consentement à compléter), un questionnaire de pré-enquête est joint au courrier. Ce questionnaire n'est à remplir qu'une seule fois, et permet de caractériser le panel (*annexe 6*).

2.1.3 Phase d'enquête

Par la suite, les « nez » bénévoles ayant accepté de participer à l'étude « santé » reçoivent chaque mois avec les documents d'Airfobep un questionnaire « santé » (*annexe 7*) supplémentaire, distinct du questionnaire « odeurs » et accompagné de consignes de remplissage (*annexe 8*). L'observateur remplit, pour la semaine pré-établie par Airfobep, les questionnaires et renvoie le tout à Airfobep. Le questionnaire « santé » a au préalable été mis dans une enveloppe fournie par la Cire Sud, et cachetée. Ceci assure la confidentialité des données. Airfobep renvoie les enveloppes cachetées à la Cire Sud, qui saisit et traite les données (*figure 3*).

Le seul identifiant commun entre les données « odeurs » et les données « santé » est le numéro d'observateur, qui permet à la Cire de localiser géographiquement les observateurs et donc d'attribuer à chacun un niveau d'exposition à la pollution atmosphérique.

Figure 3 : Circuit de collecte des données



Afin d'encourager les nez bénévoles à poursuivre leur participation à l'étude il est prévu d'effectuer à mi parcours (au bout de 6 mois d'enquête) un premier bilan qui sera

joint à un numéro de la lettre des odeurs. A la fin de l'étude, les nez qui auront participé seront informés également des résultats de l'étude.

2.2 Données socio - démographiques

Le panel se situe dans les 19 communes du pourtour de l'étang de Berre [1] et dans la commune de Lançon-de-Provence. La question de sa représentativité par rapport à la population de la zone d'étude se pose. Il est donc indispensable de bien décrire cet échantillon de population, afin de savoir s'il sera possible ou non d'extrapoler les résultats observés sur le panel à l'ensemble de la population de la zone d'étude.

Ces informations sont recueillies au moment de la pré – enquête. Les données importantes concernant la composition du panel sont :

- ✓ L'âge,
- ✓ Le sexe,
- ✓ La catégorie socioprofessionnelle (CSP).

De plus, il est important de connaître les éléments qui pourraient influencer les résultats de l'étude. En effet, certaines catégories de population sont plus sensibles que d'autres à la pollution atmosphérique (comme les asthmatiques ou les allergiques, par exemple) et peuvent avoir un état de santé différent selon leurs caractéristiques (âge, sexe, CSP) [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31] (*Annexe 9 : influence des caractéristiques personnelles lors de l'étude pollution – santé*).

C'est la raison pour laquelle nous recueillons des données à caractère sanitaire lors de la pré-enquête :

- ✓ l'existence d'une maladie chronique de type cardiovasculaire, respiratoire ou allergique,
- ✓ le statut tabagique.

2.3 Données sanitaires

Les symptômes investigués sont des symptômes qui apparaissent rapidement et qui peuvent être liés à la pollution atmosphérique.

L'observateur doit indiquer s'il a été absent de sa commune de résidence dans la journée, la qualité de l'air n'étant pas identique dans toutes les zones. Dans ce cas, il remplit la case appropriée « absent(e) ». S'il est présent, l'observateur indique s'il a ou non ressenti un ou plusieurs symptômes parmi ceux qui figurent sur le questionnaire.

Les symptômes sont ceux retrouvés dans la littérature comme ayant un lien avec la pollution atmosphérique ambiante [32]. Certains symptômes ne sont pas reliés à la qualité de l'air. Il s'agit notamment des douleurs articulaires et des diarrhées. Ces deux items servent de témoins par rapport aux déclarations des observateurs. Une personne

mécontente peut avoir tendance à cocher toutes les cases sans vérifier. Dans ce cas, il sera plus facile de la repérer afin de ne pas prendre en compte son questionnaire.

2.4 Données de pollution

Afin de faire un lien entre la pollution atmosphérique et l'état de santé de la population, il a été nécessaire de définir des indicateurs de pollution qui devaient répondre à trois critères :

- être présents sur la zone d'étude,
- avoir des effets sanitaires compatibles avec ceux qui sont étudiés,
- être mesurés par Airfobep.

2.4.1.1 Polluants présents dans la zone de l'étang de Berre

Les principaux polluants mis en évidence dans la zone de l'étang de Berre sont :

- ✓ Le dioxyde de soufre (SO₂)
- ✓ L'ozone (polluant secondaire) (O₃)
- ✓ Les oxydes d'azote (NO_x)
- ✓ Les particules en suspension (PM₁₀)
- ✓ Les oxydes de carbone (CO et CO₂)
- ✓ Les Composés Organiques Volatils (COV), dont le Benzène
- ✓ Métaux Lourds
- ✓ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)
- ✓ Les dioxines et furanes
- ✓ L'hydrogène sulfuré (H₂S)

En 2000, 93 540 tonnes de SO₂ ont été rejetées autour de l'étang de Berre (soit 15% des émissions nationales et 80% des émissions régionales). 40 à 60 % des rejets d'oxydes d'azote, d'oxydes de carbone et de particules émis dans le département des Bouches-du-Rhône le sont autour de l'étang de Berre. Concernant les COV, la zone étudiée représente plus du tiers des rejets départementaux.

Les dioxines et furanes sont produites par l'incinération incomplète de matière organique.

Le H₂S quant à lui est utilisé dans l'industrie chimique pour la fabrication, entre autre, d'acide sulfurique. De plus, de nombreuses activités industrielles peuvent rejeter du sulfure d'hydrogène résultant de réactions chimiques sur des composés soufrés [33].

Enfin, l'ozone est un polluant secondaire qui est formé par fort ensoleillement, à partir des polluants primaires précédents, plus particulièrement les oxydes d'azote et les COV. La région Paca est la plus touchée en France par les épisodes de pollution à l'ozone (2 à 3 fois plus d'épisodes que les autres régions) [8].

2.4.1.2 Effets de ces polluants

Les polluants retenus pour l'étude sont ceux qui ont un effet à court terme, pour des niveaux ambiants de pollution. Le tableau 1 récapitule les effets des polluants présents dans la zone d'étude. Les effets recherchés dans notre étude y figurent en gras [3], [4], [5], [6], [7], [34], [35], [36]. Le détail des effets des polluants est décrit dans l'annexe 10.

Tableau 1: Effets des polluants retrouvés dans la zone d'étude

Polluant	Effets sanitaires du polluant
SO₂	Toux grasse - gêne respiratoire – sifflements – asthme
O₃	Toux sèche – essoufflement – douleur à l'inspiration – irritations de la gorge, du nez et des yeux. Lors des études toxicologiques, on note une augmentation des symptômes puis une adaptation jusqu'à une atténuation des symptômes.
NO_x	Irritation du nez et des yeux, augmentation de la résistance des voies aériennes supérieures lors d'une pollution de pointe. Hyperréactivité bronchique lors d'une pollution de fond.
HAP	Cancérogènes probables ou possibles.
H₂S	A de faibles concentrations (100 ppm): irritation des muqueuses oculaires et respiratoires (conjonctivite et rhinite) L'exposition prolongée entraîne des bronchites irritatives, une irritation cutanée, valables pour des concentrations supérieures à la pollution du milieu ambiant.
Particules	Réactions inflammatoires des voies respiratoires inférieures, Effets cancérogènes, Effets allergisants.
COV	Gêne olfactive, Irritations et gêne respiratoire, Effets mutagènes et cancérogènes.
Benzène	Cancérogène.
Métaux Lourds	Risques d'intoxication (concentrations élevées) et / ou cancérogènes.
CO	Intoxication à de fortes concentrations. Pour de faibles concentration : maux de tête et vertiges.
Dioxines	Cancérogènes.

2.4.1.3 Les polluants mesurés par Airfobep

Cette surveillance s'appuie sur des mesures en continu (28 stations sur la zone d'étude), des mesures en discontinu à l'aide de stations mobiles et des modélisations (*Annexe 11 : Localisation des stations de mesure des polluants par Airfobep*).

Airfobep mesure les polluants réglementés par décret : le NO₂, les PM₁₀, le plomb, le SO₂, O₃, le CO et le benzène. [37]. A partir de ces mesures, Airfobep détermine des indicateurs de pollution [36] (*Annexe 12 : indicateurs de pollution*).

D'autres substances sont prises en compte car elles font l'objet de directives européennes : les HAP, les métaux lourds comme l'arsenic, le cadmium et le nickel [38], les composés organiques volatils [39], et H₂S [40].

Concernant l'hydrogène sulfuré, les niveaux de pollution étant trop bas, l'analyseur d'Arles a été arrêté. En revanche, celui de La Mède enregistrant parfois des pics est maintenu en état de fonctionnement.

2.4.1.4 Les polluants retenus

Ont été retenus dans l'étude les polluants ayant un effet à court terme pour des concentrations compatibles avec les concentrations mesurées dans l'air extérieur (symptômes décrits dans le questionnaire d'enquête). Ainsi, le benzène, les HAP et les dioxines n'ont pas été retenus, car ils ne présentent un risque que sur le très long terme (cancérogènes). De la même manière, les effets aigus du SO₂ n'ont pas été retenus car ils ne se déclenchent que pour des concentrations très supérieures à celles mesurées dans la zone et les risques du CO sont observés dans des atmosphères intérieures.

Le deuxième critère a été la disponibilité des mesures. Un polluant qui n'est pas mesuré par Airfobep ne pourra pas servir d'indicateur de pollution. C'est le cas des COV.

Le tableau 2 résume les résultats pour chaque polluant étudié.

Tableau 2: Choix des indicateurs de pollution

Polluant étudié	Présence d'effets à court terme	Mesuré par Airfobep	Retenu comme indicateur
Dioxyde de soufre	x	x	x
Ozone	x	x	x
Oxydes d'azote	x	x	x
Particules	x	x	x
Monoxyde de carbone	x	1 station	
Composés Organiques Volatils	x	En discontinu	
Benzène		x	
Métaux lourds		x	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques		x	
Hydrogène sulfuré	x	1 station	

2.5 Analyse descriptive:

L'analyse descriptive comprend 3 grandes parties : la description des individus inclus dans l'étude, la description des niveaux d'exposition des individus et la description des symptômes déclarés.

2.5.1 Taux de participation

Afin de juger de l'acceptabilité de notre étude, plusieurs indicateurs ont été calculés. Tout d'abord, nous nous sommes intéressés au **taux de réponse** à notre étude. Pour cela, nous avons regardé combien de gens parmi ceux que nous avons contactés lors de la constitution du panel (au mois de mai) avaient répondu à notre demande. Cet indicateur a été suivi après chaque relance jusqu'à obtenir le taux global à la fin de la constitution du panel. Les **taux de participation** (nombre d'observateurs ayant accepté de participer à l'étude parmi les nez contactés) et **taux de refus** (nombre d'observateurs ayant refusé de participer parmi les nez contactés) ont également été calculés suivant la même logique.

Chaque mois, le **taux de participation mensuel** (nombre d'observateurs ayant complété le questionnaire santé par rapport à ceux qui ont accepté de participer) est calculé. Par ailleurs, comme notre étude s'est structurée autour du réseau des odeurs, il nous a semblé important de distinguer parmi les observateurs n'ayant pas répondu à notre enquête, ceux qui avaient participé au réseau des odeurs et ceux qui n'y avaient pas participé. C'est ce que nous avons appelé le **taux de participation effectif mensuel** (nombre d'observateurs ayant répondu à l'enquête « santé » parmi ceux qui ont répondu au réseau des odeurs le même mois).

Ce dernier indicateur permet de juger si les variations de participation à l'enquête « santé » sont liées uniquement à l'acceptabilité de notre étude ou aux évolutions de la participation au réseau des odeurs.

Ces taux mensuels figurent dans les résultats de l'enquête santé.

2.5.2 Description des caractéristiques du panel

Les caractéristiques du panel ont pu être décrites grâce aux résultats de la pré-enquête. Une comparaison de ces caractéristiques avec celles de la population source de la zone d'étude (ensemble de 19 communes autour de l'étang de Berre et Lançon-de-Provence) a également été réalisée afin de juger de sa représentativité (utilisation des données de recensement de la population de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques – Insee - de 1999) [41]. L'étude de la représentativité du panel s'est faite à l'aide des tests de conformité du χ^2 [42], avec pour hypothèse H_0 : «*Les répartitions selon la caractéristique étudiée du panel et de la population d'étude sont identiques*».

Pour cela, les paramètres qui ont été comparés sont :

- ✓ la distribution de la population par âges,
- ✓ La répartition homme - femme,
- ✓ La répartition par catégories socioprofessionnelles.

De plus, l'existence d'une association entre les caractéristiques de la population par un test d'indépendance du Khi_2 a été testée. Pour cela, deux grandes classes d'âge ont été créées : les moins de 60 ans et les plus de 60 ans, 60 ans étant un âge clef dans la mesure où il a longtemps correspondu au départ à la retraite. Sur le plan médical, il correspond à une augmentation des risques. L'hypothèse H_0 était : « *il n'existe pas d'association entre la caractéristique C_1 et la caractéristique C_2* ».

De la même manière, j'ai regroupé les catégories socioprofessionnelles en 2 grandes classes :

- ✓ Cadres, Employés, Professions intermédiaires, Artisans, Ouvriers, Agriculteurs,
- ✓ Retraités - Sans activité

Cette association a été testée entre :

- ✓ L'âge et le sexe,
- ✓ Le sexe et la CSP.

Enfin, les informations recueillies pendant la pré-enquête permettent de caractériser le panel en terme d'activité tabagique et de problèmes de santé. Ainsi 5 grands groupes de pathologies ont été constitués :

- ✓ Pré existence d'une maladie cardio-vasculaire,
- ✓ Pré existence d'une maladie respiratoire,
- ✓ Pré existence d'au moins une des deux maladies citées ci-dessus,
- ✓ Présence d'allergies,
- ✓ Pré existence d'au moins une des 3 pathologies.

L'association entre les caractéristiques de la population (sexe, âge et CSP) et l'appartenance à l'un de ces groupes a été testée par un test d'indépendance du Khi_2 . Lorsque la taille des effectifs théoriques ne permettaient pas de conclure avec le test du Khi_2 , le test exact de Fisher a été utilisé [42]. L'hypothèse H_0 était : « *il n'existe pas d'association entre le groupe de pathologie déclaré et la caractéristique étudiée* ». Les mêmes tests ont été effectués pour le statut tabagique des individus. Les personnes ayant arrêté de fumer depuis plus de 10 ans ont été considérées comme non fumeurs et celles ayant arrêté de fumer depuis moins de 2 ans ont été considérées comme des fumeurs [29, 30].

Tous les tests ont été réalisés au risque $\alpha = 5\%$.

2.5.3 Estimation des niveaux d'exposition

Afin de décrire la pollution atmosphérique à laquelle les observateurs sont exposés, il faut sélectionner dans un premier temps les polluants que nous allons suivre et les niveaux de pollution pertinents, ce qui vient d'être fait. Puis dans un second temps, il faut estimer l'exposition de la population à la pollution. Ceci peut se faire de deux façons en fonction de l'étude réalisée : la définition de zones d'études, et l'attribution à chaque individu d'un niveau de pollution journalier. Ce travail a fait l'objet de réunions entre Airfobep et la Cire Sud.

2.5.3.1 Définition des zones homogènes de pollution

L'objectif est de définir des zones homogènes de pollution pour chacun des 4 polluants retenus comme indicateurs de pollution.

Globalement, pour l'ensemble des polluants, le zonage retenu est réalisé à partir de celui déjà utilisé par Airfobep : les Unités Territoriales d'Evaluation Préliminaire (Utep). Ces zones sont délimitées par Airfobep en fonction des émissions de la pollution, de la répartition spatiale des polluants, de la topographie et de la météorologie [43].

La qualification de ces zones se fait à partir des séries de données sur les années 2004 à 2006 :

- Pour le NO₂, nous utilisons les valeurs journalières sur ces deux années pour estimer la moyenne annuelle,
- Concernant l'ozone, nous utilisons les valeurs des maxima des moyennes 8h de la journée pour calculer une moyenne annuelle sur 8h, et les valeurs des maxima horaires pour construire une moyenne annuelle de ces valeurs,
- Pour les PM₁₀, nous utilisons les valeurs journalières sur les années 2004 et 2005 pour estimer la moyenne journalière sur une année,
- Enfin, le cas du SO₂ est particulier. En effet, Airfobep travaille sur un zonage qui au début de cette étude n'a pas encore été validé. Ce zonage est issu de la modélisation effectuée par Numtech [44] pour l'année 2001 à partir des sources de SO₂ et des mesures des stations d'Airfobep. Ce zonage correspond assez bien au découpage effectué de la zone d'étude [1]. Nous utilisons les moyennes journalières et les maxima horaires pour construire des indicateurs annuels.

Pour chaque polluant, Airfobep nous a fourni un descriptif des zones et un historique des mesures (années 2004 à 2006) nous permettant d'évaluer les niveaux de pollution, (*Annexe 13 : Indicateurs de pollution*).

2.5.3.2 Définition des niveaux individuels journaliers d'exposition

Les niveaux individuels d'exposition doivent être estimés pour chaque jour d'observation des symptômes. Ils seront déterminés à partir des stations les plus proches

de chacun des nez. Selon les données météorologiques, en particulier l'orientation du vent, la station prise en compte peut être différente afin de rendre compte au plus près de l'exposition réelle. Cette estimation nécessite une bonne couverture du territoire par les stations de mesure.

Concernant le NO₂, les niveaux mesurés étant très faibles, Airfobep n'a conservé des stations que dans le cœur des villes. Les concentrations ne sont donc précises que dans les villes suivantes : Marignane, Martigues, Rognac et Istres. Grâce à des campagnes de mesures, il a été possible de mettre au point une relation entre la station fixe et des points dans la ville (modélisation). Cette relation permet donc d'évaluer les niveaux d'exposition des observateurs résidant dans les villes concernées. La donnée qui nous est fournie est la moyenne journalière de la concentration en NO₂.

Pour les PM₁₀, la couverture de la zone n'est pas non plus optimale. En effet, seules 6 stations sont présentes sur le territoire. Par exemple, la Côte Bleue (sud de la zone), ne dispose pas de capteurs car aucun problème n'a été signalé. Nous n'étudierons donc pas la relation PM₁₀ / santé pour cette zone.

Concernant l'ozone, Airfobep dispose d'un outil plus précis, qui modélise les concentrations de polluants sur l'ensemble de sa zone de compétence. Ce modèle a été validé sur une vingtaine de points de mesure sur une période de 5 ans. Le niveau de pollution a été estimé à partir du modèle, au niveau des stations de mesure, il y avait adéquation entre les données modélisées et les données mesurées.

Nous allons donc utiliser cet outil pour calculer l'exposition individuelle. Nous disposons du maximum horaire et du maximum des moyennes sur 8h glissantes.

Par ailleurs, Airfobep fournit également un niveau de pollution suivant la même méthode que les autres polluants (attribution du niveau de la station la plus représentative) afin d'estimer la différence entre les 2 méthodes et avoir des éléments de discussion sur l'estimation des expositions.

Enfin pour le SO₂, l'attribution d'un niveau d'exposition ne pose pas de problèmes, le réseau de capteur étant suffisamment dense. Les données fournies sont la moyenne journalière et le maximum des moyennes horaires.

Pour chaque nez, Airfobep nous a indiqué les zones dans lesquelles il se situe, et s'il est possible ou non d'estimer son exposition individuelle aux différents polluants.

2.5.4 Description des indicateurs sanitaires

Une étude descriptive des différents symptômes renseignés a été effectuée. Pour cela, 4 grands groupes de pathologies ont tout d'abord été constitués :

- ✓ Symptômes d'ordre général : maux de tête, nausées - vomissements, vertiges, grande fatigue - malaise
- ✓ Symptômes oculaires : irritation des yeux, yeux qui brûlent, yeux qui coulent

- ✓ Symptômes ORL : bouche ou gorge sèche, mal à la gorge, nez qui coule, nez bouché, éternuements
- ✓ Symptômes respiratoires : toux, difficulté à respirer, sifflements de poitrine et crise d'asthme.

Trois symptômes n'ont pas été classés : il s'agit des douleurs articulaires, des diarrhées et des troubles du sommeil. Ils figurent donc dans la catégorie « autres symptômes ».

La prévalence de ces catégories de symptômes a ensuite été calculée pour l'ensemble du panel, en calculant pour chaque groupe de symptômes G le rapport entre le nombre de symptômes de ce groupe déclarés et le nombre de journées d'observations exploitables (nombre total de symptômes de ce groupe qui auraient pu être déclarés lors de la semaine d'observation) :

$$P(G) = \frac{S(G)}{N(G) * j} \quad j = \sum_{i=1}^n (7 - a_i)$$

Avec P(G) : prévalence des symptômes du groupe G

S(G) : nombre de symptômes du groupe G déclarés par le panel pendant la semaine

N(G) : nombre de pathologies du groupe G

j : nombre de jours d'observation exploitables de la semaine

n : nombre de nez ayant répondu au cours de la semaine

a_i : nombre de jours d'absence ou de non réponse du nez i au cours de la semaine

Enfin, comme l'état de santé de la population varie en fonction de certaines de ses caractéristiques [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31] (*Annexe 9*), l'influence des caractéristiques du panel sur les prévalences de symptômes a ensuite été étudiée par une analyse de la variance (Anova). Ces analyses ont été appliquées aux séries : symptômes – âge et symptômes – sexe.

La puissance de ces analyses va augmenter au fur et à mesure de l'avancement de l'étude puisque chaque mois, 64 personnes sont susceptibles de fournir chacune 7 réponses. Ainsi, les biais éventuels ont pu être mis en évidence et pris en compte dans l'étude du lien pollution de l'air - santé.

2.6 Etude du lien pollution atmosphérique – santé

Elle sera réalisée selon deux modalités, en fonction des données de pollution utilisées. Elle ne pourra être effectuée qu'une fois l'ensemble des questionnaires recueillis, c'est-à-dire à partir de juin 2008. Je ne peux donc pas présenter de résultats, mais je peux expliquer comment nous envisageons de procéder.

2.6.1 Etude écologique géographique

Cette étude permettra de comparer les prévalences des différentes catégories de symptômes définies précédemment en comparant les zones géographiques entre elles en fonction de leur niveau de pollution.

Elle nous aidera à mettre en évidence si dans certaines zones très polluées de l'Etang de Berre la population est plus fréquemment malade. Elle constituera aussi éventuellement en fonction des résultats un préalable à d'autres études plus précises dans les zones qui ressortiront comme « sensibles » [45].

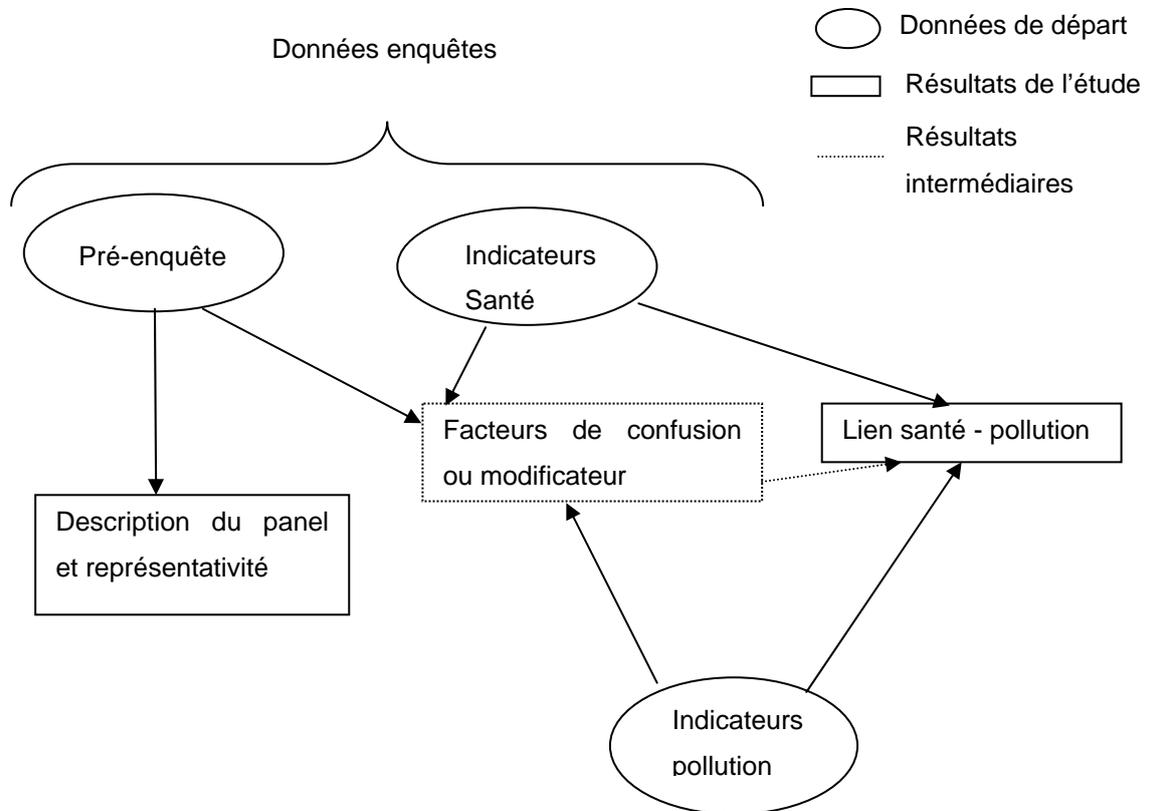
Pour cela, il est indispensable de disposer de plusieurs zones homogènes, en terme de niveau de pollution, pour chaque polluant. Et chaque zone doit contenir un nombre suffisant de nez à déterminer. Pour chaque zone nous effectuerons une première analyse descriptive : prévalence de symptômes déclarés selon la zone de pollution, puis nous effectuerons des tests sur les prévalences des symptômes afin de voir s'ils sont significativement différents (Test Anova). Ceci nous permettra de déterminer s'il existe une association entre le nombre de symptômes déclarés, et le niveau de pollution des zones homogènes.

2.6.2 Etude de panel

L'étude de panel mettra en relation les scores individuels de déclaration de symptômes au quotidien par les observateurs avec les niveaux individuels d'exposition estimés par modélisation des données journalières de pollution des stations de mesure. Cette analyse fera appel aux techniques de modélisation de panel en prenant en compte les éventuels facteurs de confusion identifiés précédemment [45].

Le but cette fois-ci est d'établir un lien entre l'exposition et l'état de santé, par le calcul d'un risque pour le panel étudié. Pour cela, nous envisageons de créer des classes de niveaux de pollution et, pour chacune d'elle, d'estimer l'association entre le nombre de symptômes et les classes de pollution. La figure 4 récapitule la démarche globale.

Figure 4: récapitulatif de la démarche



3 Résultats

3.1 Participation

3.1.1 Réponses obtenues au mois de mai

Au mois de mai 2007, les 96 observateurs du réseau permanent de surveillance des odeurs et les 19 observateurs de la campagne densifiée de Lançon-de-Provence ont été sollicités pour participer à l'étude « santé ».

Le tableau 3 présente les taux de réponse, de participation et de refus en fonction de la localisation des observateurs. Tous les nez sollicités n'étant pas domiciliés dans notre zone d'étude, les taux spécifiques à la zone d'étude ont été calculés.

Tableau 3 : Taux de réponse, de participation et de refus suite à la sollicitation du mois de mai 2007

	Observateurs contactés	Réponses (%)	Participation (%)	Refus (%)
Campagne permanente	96	56 (58,3%)	51(53,1%)	4 (4,1%)
Campagne Lançon-de-Pce	19*	4 (20,0%)	4 (20,0%)	0
Zone d'étude	100*	52 (52,0%)	48 (48,0%)	4 (4,0%)
Total	115	60 (52,2%)	55 (47,8%)	5 (4,3%)

* L'un des 19 observateurs de la campagne de Lançon-de-Provence a demandé que son épouse soit également incluse dans l'étude « santé ». Les taux ont ainsi été calculés sur la base de 20 personnes contactées.

Au total, près de la moitié des personnes contactées ont accepté de participer à l'étude « santé » et seules 4 d'entre elles ont refusé (4,1%). Un seul refus a été motivé par une absence trop fréquente du domicile.

Il faut noter que le taux de réponse des observateurs de la campagne densifiée de Lançon-de-Provence est beaucoup plus faible que celui de la campagne permanente.

3.1.2 Retour après les relances de juin et juillet

Entre les campagnes de mai et juin 2007, 8 « nez » bénévoles se sont inscrits au réseau permanent de surveillance des odeurs. Deux ont pu être sollicités dès le mois de juin et 6 en juillet, pour des raisons de logistique. Le tableau 4 présente les taux de réponse, de participation et de refus après les relances de juin et juillet. Une dernière relance a été effectuée au mois d'août, concernant les nez contactés en juillet pour la première fois et n'ayant pas répondu mais les résultats n'ont pu être inclus dans ce mémoire.

Tableau 4 : Taux de réponse, d'accord et de refus suite après les relances de juin et juillet 2007

	Observateurs contactés	Réponses (%)	Participation (%)	Refus (%)
Campagne permanente	104	74 (71,1%)	70(67,3%)	4 (3,8%)
Campagne Lançon-de-Pce	20	12 (60,0%)	7 (35,0%)	5(25%)
Zone d'étude	109	73 (66,9%)	64 (58,7%)	9 (8,2%)
Total	124	86 (69,3%)	77 (62,1%)	9 (7,2%)

Après relance, nous comptons 86 réponses, dont 77 positives mais, seuls 64 participants résident dans la zone d'étude.

A noter qu'entre mai et juillet, 2 nez se sont dés inscrits du réseau des odeurs. Ils font parti des non répondants.

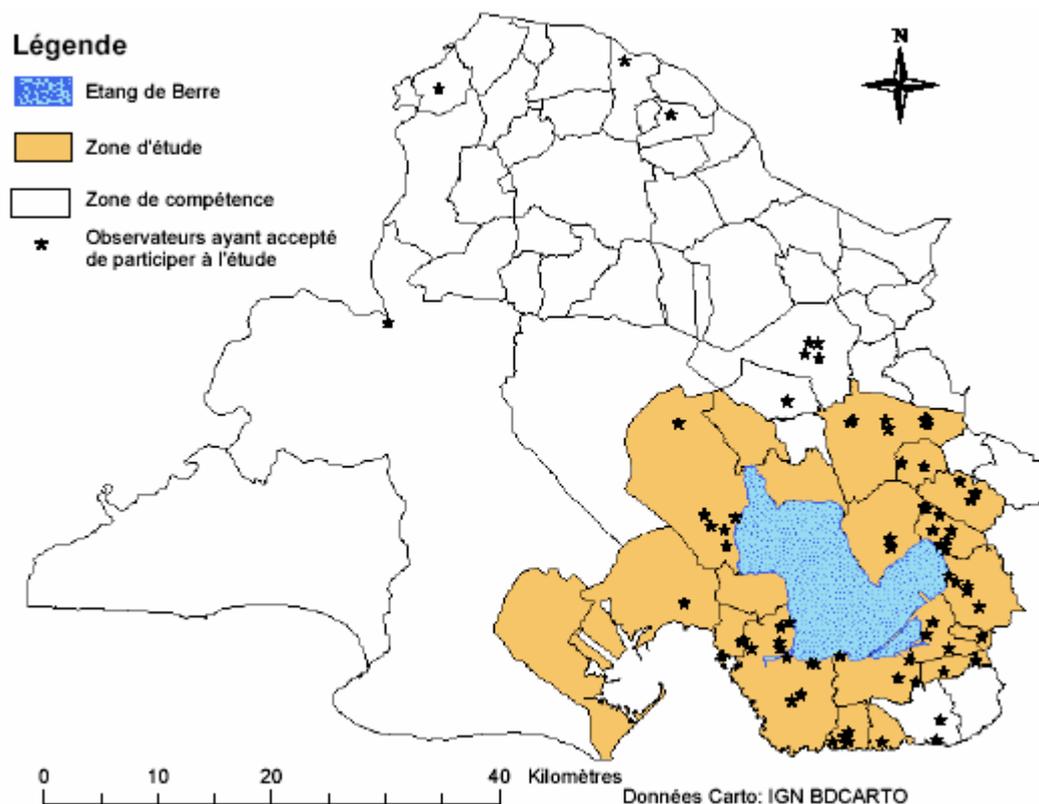
3.2 Constitution et description du panel

3.2.1 Constitution du panel

Suite à la réception des formulaires de consentement et à l'organisation d'une réunion technique avec les ingénieurs d'Airfobep, seuls les nez qui résident dans l'une des 19 communes du pourtour de l'étang de Berre [1] ou dans la commune de Lançon-de-Provence ont pu être inclus dans l'étude.

En effet, au lancement de l'enquête, nous avons envisagé l'éventualité de prendre en compte une zone « témoin » étant donné l'étendue du réseau de surveillance des odeurs. Or, les nez concernés sont tous éloignés des stations de mesure de la qualité de l'air, et leur effectif est trop faible au regard de l'effectif du panel de la zone d'étude : 12 nez résident hors de la zone d'étude et 64 nez dans la zone d'étude (figure 5). Un nez a du être retiré de la liste car il s'agissait d'un mineur.

Figure 5: Localisation des « nez » acceptant de participer à l'étude « santé »

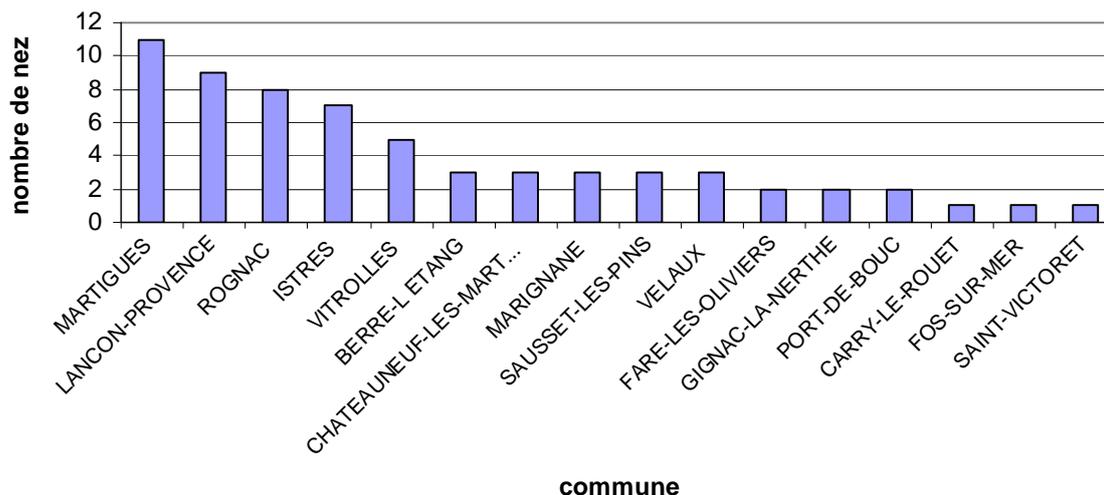


Concernant les observateurs habitant la commune de Lançon-de-Provence, s'ils répondent *a priori* à tous les critères d'inclusion, certains d'entre eux participent cependant à la campagne densifiée de surveillance des odeurs que mène Airfobep. Cette campagne prend fin en décembre 2007. L'inclusion définitive de ces nez dépendra de leur volonté à s'inscrire dans le réseau permanent de surveillance des odeurs afin que la Cire Sud puisse continuer à recenser leur état de santé jusqu'en mai 2008.

Finalement, à l'issue de la campagne de surveillance des odeurs du mois de juillet 2007, le panel de l'étude « santé » est constitué des 64 observateurs de la zone d'étude. Un courrier a été adressé aux observateurs résidant hors de la zone d'étude afin de leur expliquer qu'ils ne pouvaient être conservés dans le panel d'étude. Ils seront toutefois destinataires des résultats de l'enquête.

Les observateurs du panel d'étude résident dans 16 des 20 communes de la zone d'étude. Les communes non représentées sont Miramas, Port-Saint-Louis-du-Rhône, Saint-Mitre-les-Remparts et Saint-Chamas (figure 6).

Figure 6 : répartition des observateurs de la zone d'étude suivant leur commune de résidence



3.2.2 Description sociodémographique du panel

La représentativité du panel au regard de la population d'étude décrite dans l'annexe 14 (Description de la population de la zone d'étude) a été étudiée à partir de la description du panel qui suit.

- Sexe

Notre panel est caractérisé par un ratio homme / femme de 0,46 (tableau 5).

Tableau 5: Répartition du panel et de la population de la zone d'étude suivant le sexe

	Homme	Femme
Population de la zone d'étude	48,5%	51,5%
Panel d'étude	31,8%	68,2%

La répartition selon le sexe du panel est significativement différente de celle de la population source ($p < 0,01$).

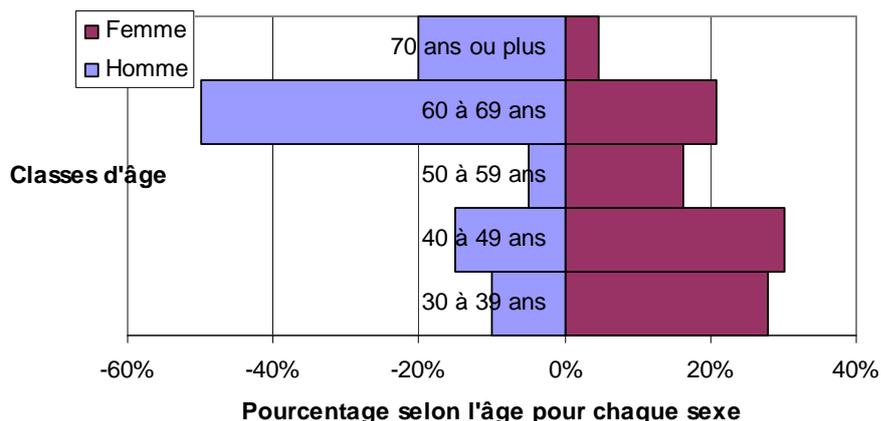
- Age

Les caractéristiques du panel suivant l'âge sont décrites dans le tableau 6. Le panel d'étude est constitué d'adultes de plus de 30 ans. La pyramide des âges (figure 7) montre un déséquilibre entre les hommes, plus nombreux dans les classes d'âge élevées, et les femmes. Il y a, en effet, une association entre le sexe et l'âge ($p < 0,001$). Ce test a été effectué en regroupant les âges en 2 classes : plus et moins de 60 ans.

Tableau 6: Description du panel suivant l'âge

Age (années)	Minimum	Maximum	Moyen	Médian
Hommes	36	87	61,1	64,5
Femmes	30	81	49	48
Total	30	87	52,8	52

Figure 7: Pyramide des âges du panel d'étude

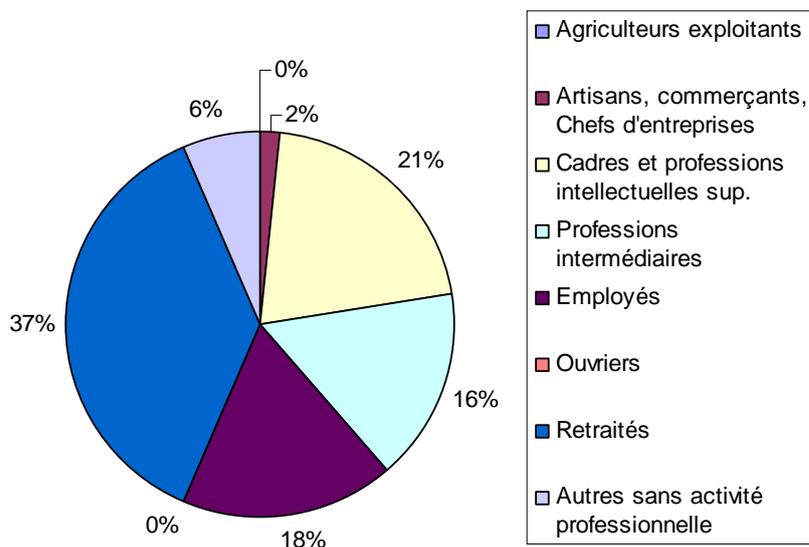


La répartition selon l'âge du panel (tous sexes confondus) est significativement différente de celle de la population d'étude ($p < 0,01$) : 71,4 % de la population de la zone d'étude a moins de 60 ans contre 60,3% pour le panel.

- Catégories socioprofessionnelles (CSP)

La répartition du panel en classes CSP montre une prédominance des retraités (figure 8). Il existe une association entre le sexe et la CSP (regroupées en 2 classes) ($p = 0,019$), ainsi qu'entre la CSP et la classe d'âge ($p < 0,001$), en effet, les personnes de plus de 60 ans sont majoritairement des hommes retraités.

Figure 8: Répartition du panel d'étude suivant la CSP



La répartition du panel en terme de CSP est significativement différente de celle de la population de la zone d'étude ($p < 0,0001$). En effet, le panel étant globalement plus âgé, nous avons une forte proportion de retraités, 37% contre 22% dans la population de la zone d'étude.

Suite à l'étude de la représentativité du panel, nous ne pourrons pas étendre les résultats de cette étude à l'ensemble de la population de la zone d'étude.

3.2.3 Description des antécédents de santé

Les antécédents de santé, déclarés par les observateurs grâce au questionnaire de pré-enquête, ont été décrits (tableau 7). 29,5 % des personnes ont déclaré avoir un antécédent de maladie cardiovasculaire ou respiratoire. Près de la moitié des personnes (43,5 %) a déclaré être allergique. Une description plus complète des antécédents de santé figure dans l'annexe 15 (Résultats de la pré – enquête).

Le panel que nous étudions est globalement non fumeur, les anciens fumeurs ayant arrêté pour la plupart depuis une quinzaine d'années.

Tableau 7: Répartition du panel d'étude selon les antécédents (ATCD) de santé et le tabagisme

	Pourcentage
ATCD Cardiologique	17,74
ATCD Respiratoire	16,13
ATCD Allergies	43,55
ATCD CardioRespi	30,16
Un des 3 ATCD	57,14
Fumeur	4,76
Ancien fumeur	17,46

Le test du χ^2 ne pouvait s'appliquer que pour certains tests : allergie comparée à l'âge, puis au sexe (aucun lien mis en évidence), par ailleurs, la présence d'au moins un des 3 antécédents de santé peut être associée à l'âge ($p < 0,02$) mais pas au sexe, et la présence d'au moins un antécédent de pathologie parmi les maladies cardiovasculaires et les maladies respiratoires peut être associée avec le sexe ($p < 0,03$) et l'âge ($p < 0,01$). Pour les autres paramètres, le test de Fisher a été utilisé.

D'après ces tests (tableau 8), seule l'existence d'une maladie cardiovasculaire peut être associée à l'âge ($p = 0,0002$) et au sexe ($p = 0,014$).

Tableau 8: Degré de signification lors des tests d'association

Pathologie	<60 ans (%)	>60 ans (%)	Signification asymptotique
Maladie cardiovasculaire	9,1	90,9	0,0002 ^a
Maladie respiratoire	40	60	0,1656 ^a
Antécédent cardio ou respi	26,3	73,7	0,000
Allergie	63	37	0,812
Antécédent cardio ou respi ou allergie	47,2	52,8	0,014

Pathologie	Homme (%)	Femme (%)	Signification asymptotique
Maladie cardiovasculaire	63,6	36,4	0,014 ^a
Maladie respiratoire	30	70	1 ^a
Antécédent cardio ou respi	52,6	47,4	0,019
Allergie	25,9	74,1	0,479
Antécédent cardio ou respi ou allergie	33,3	66,7	0,755

^a Test exact de Fisher

3.3 Description des symptômes déclarés par le panel

3.3.1 Journées d'observation exploitables

Le nombre de questionnaires « santé » qui nous sont parvenus s'élève à :

- 55 sur un total potentiel de 61 au mois de juin soit un taux de participation mensuel de 90,2%,
- 48 sur un total potentiel de 64 au mois de juillet soit un taux de participation mensuel de 75%,

Parmi les répondants de juin et juillet, le nombre de journées d'observation exploitables s'élevait à 571, soit 79,2% du total des journées observables possibles ($103 \times 7 = 721$). Les journées non exploitables correspondaient à des jours d'absence du domicile (17,3%) ou à des journées non complétées par les observateurs (3,5%).

Ces taux ont évolué entre les deux séries d'enquêtes utilisables pour mon mémoire (tableau 9).

Tableau 9: taux de participation et de présence

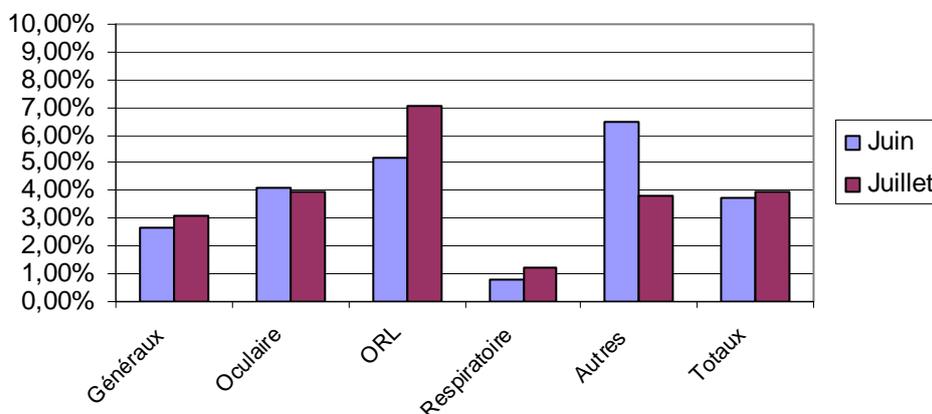
	Participation mensuelle	Participation effective mensuelle	Nombre de journées d'observation possibles	Nombre de journées d'observation exploitables
Juin	55 (90,2%)	94,3%	385	326 (84,6%)
Juillet	48 (75 %)	88,2%	336	245 (72,9%)
Total	103 (82,4%)	91,3%	721	571 (79,2%)

3.3.2 Prévalence des symptômes

Aucun symptôme n'est déclaré pour 62 ,5% des journées exploitables.

La prévalence des différents symptômes est peu variable selon le type et le mois (figure 9) Les symptômes les plus faiblement représentés sont les symptômes respiratoires avec moins de 2% en juin et en juillet.

Figure 9: Répartition des de symptômes déclarés selon le type de pathologie



3.3.3 Influence de l'âge et du sexe sur les symptômes déclarés

Les prévalences ne sont pas significativement différentes selon le sexe et l'âge hormis celles concernant les symptômes oculaires ($p=0,034$) et les symptômes ORL ($p=0,040$) (Tableau 10). Toutefois, la puissance des tests est très faible. Elle va augmenter au fur et à mesure, puisque chaque mois, 64 personnes sont susceptibles de renseigner 7 journées d'observation.

Tableau 10: récapitulatif des degrés de signification pour les moyennes testées

	Prévalence moyenne		Degré de signification du test Anova
	homme	femme	
Déclaration de symptôme	45,7%	57,7%	0,247
Nombre de symptômes déclarés	2,7%	4,4%	0,140
Symptômes respiratoires	0,8%	1,4%	0,495
Symptômes oculaires	5,5%	3,2%	0,207
Symptômes ORL	3,3%	6,9%	0,137
Symptômes généraux	1,5%	4,0%	0,065
Symptômes autres	3,2%	5,7%	0,197
Aucun symptôme	68,8%	57,7%	0,263
Au moins un symptôme oculaire	28,6%	22,5%	0,502

	Prévalence moyenne		Degré de signification du test Anova
	<60 ans	>60 ans	
Déclaration de symptôme	51,7%	56,5%	0,623
Nombre de symptômes déclarés	4,3%	3,1%	0,263
Symptômes respiratoires	1,1%	1,2%	0,971
Symptômes oculaires	2,4%	6,0%	0,034
Symptômes ORL	7,7%	3,0%	0,040
Symptômes généraux	3,5%	2,6%	0,488
Symptômes autres	5,8%	3,6%	0,771
Aucun symptôme	60,6%	63,0%	0,327
Au moins un symptôme oculaire	18,3%	32,6%	0,092

3.4 Description de l'exposition du panel

3.4.1 Découpage de la zone d'étude en zones homogènes de pollution

Les zones homogènes de pollution nous ont été fournies par Airfobep (*Annexe 16 : Zonage réalisé par Airfobep*). Nous avons effectué un regroupement des zones en fonction des moyennes journalières des années 2004 à 2006. Il sera toutefois nécessaire de vérifier que ce regroupement est cohérent avec les données de pollution observées pendant l'enquête (juin 2007 – mai 2008). Ce regroupement est donc provisoire.

3.4.1.1 SO₂

Airfobep a déterminé 11 zones homogènes de pollution. Etant donné que la zone 3 (Port Saint Louis) n'est représentée par aucun nez, nous ne l'avons pas prise en compte dans ce regroupement. En étudiant la distribution des niveaux de pollution dans chacune d'elles (figure 10), il apparaît que nous pouvons effectuer le regroupement suivant 4 classes par ordre décroissant de niveau de pollution (figure 11) :

- ✓ S₁: zones 2 (Fos / Port de Bouc), 5 (Martigues Sud) et 6 (Côte bleue),
- ✓ S₂: zones 8 (Vitrolles), 9 (Berre) et 10 (Rognac),
- ✓ S₃: zones 4 (Martigues Nord) et 7 (Marignane / Chateauneuf),
- ✓ S₄: zones 1 (Istres / Miramas) et 11 (Lançon).

Les zones étant très faiblement corrélées entre elles (*annexe 17 : Corrélations entre les zones d'Airfobep*), l'étude de la corrélation a permis de regrouper Martigues Nord avec Marignane – Chateauneuf (corrélation de 0,513) et Istres / Miramas avec Lançon (0,742).

Figure 10: distribution des moyennes journalières du SO₂

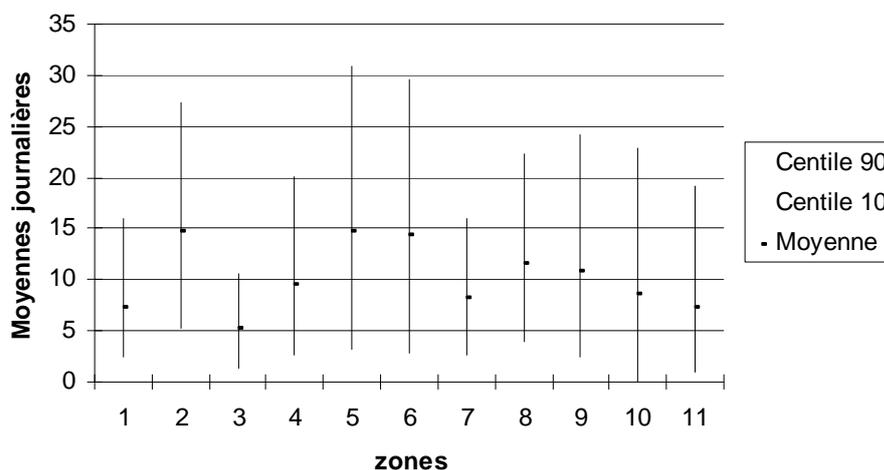
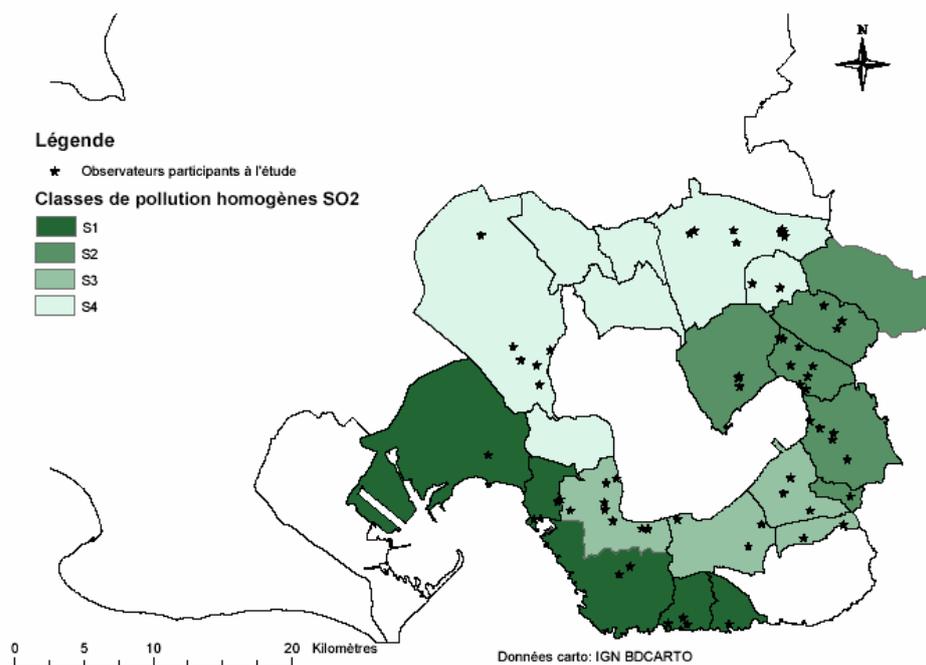


Figure 11: carte des zones de pollution homogène pour le SO₂



3.4.1.2 NO₂

Airfobep a déterminé 12 zones, mais ne dispose pas des données de pollution pour l'ensemble de sa zone de compétence. En effet, lorsque les niveaux mesurés sont trop faibles, ils suppriment les stations de mesure au profit d'autres zones plus polluées. Ainsi, nous ne disposons pas de données pour les zones 7 (La Mède) et 8 (Chateauneuf). Par ailleurs, la zone de Port de Bouc (5) est caractérisée par des niveaux nettement plus élevés que dans le reste de la zone d'étude, ainsi que par un trop faible effectif de nez. Pour ces deux raisons nous ne l'étudierons pas ici. Enfin, la zone 2 (Port Saint Louis) n'étant représentée par aucun nez, nous ne la prenons pas en compte ici. Trois nez (soit 5%) ont donc dus être éliminés pour l'étude géographique pour le NO₂.

Les coefficients de corrélation ne sont pas discriminants (*annexe 17*). En effet, le NO₂ est un polluant lié à la circulation automobile, qui évolue de la même manière dans toutes les villes au cours de l'année. Par ailleurs, concernant les niveaux de pollution vis-à-vis des oxydes d'azote, il est important d'utiliser des stations comparables. Une station urbaine aura systématiquement des niveaux plus élevés qu'une station périurbaine. Dans ce cas, nous ne pouvons pas comparer les niveaux de pollution entre une zone qui aurait seulement des stations urbaines avec une zone dont les stations seraient à la fois urbaines et périurbaines. Après discussion avec Airfobep, il ressort que les stations ont toutes des niveaux comparables entre elles.

La distribution des niveaux de pollution (figure 12) nous permet de regrouper les zones restantes en 4 grands groupes classés par ordre décroissant de niveau de pollution (figure 13):

- ✓ N₁ : zone 9 (Vitrolles / Marignane),
- ✓ N₂ : zones 10 (Berre) et 12 (Lançon),
- ✓ N₃ : zones 1 (Istres / Miramas), 4 (Martigues) et 11 (Rognac),
- ✓ N₄ : zones 3 (Fos) et 6 (Côte bleue).

Figure 12: Distribution des moyennes journalières de NO₂

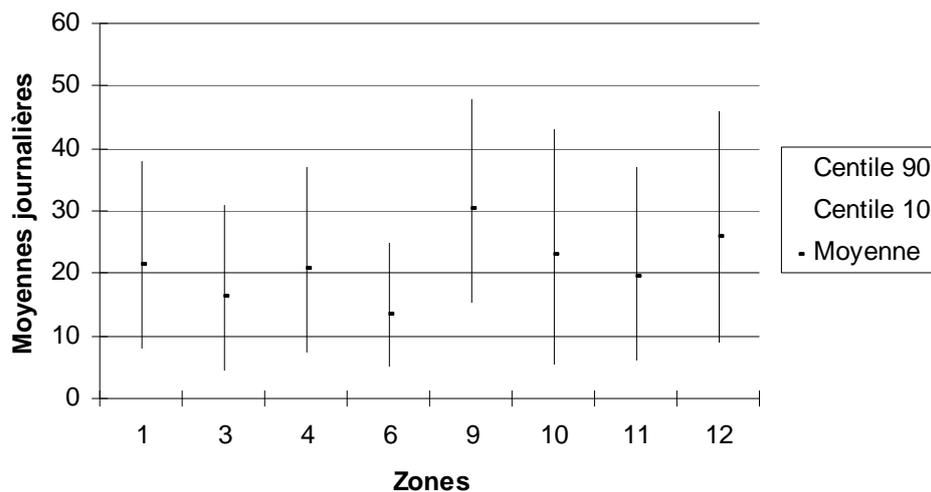
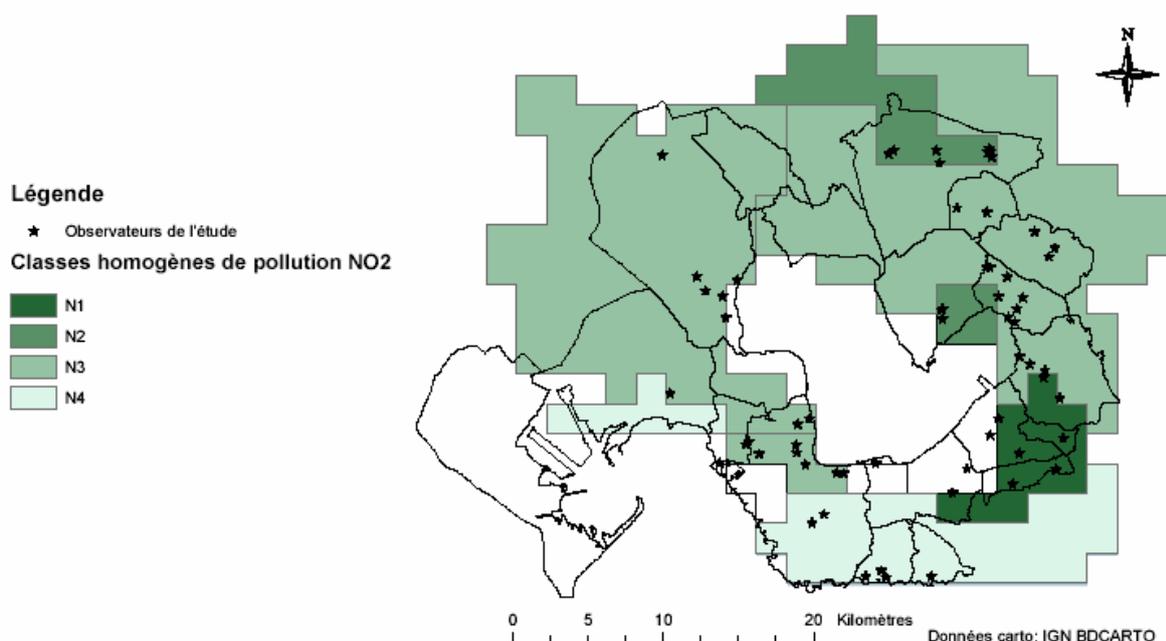


Figure 13: carte de répartition des zones homogènes de pollution pour le NO₂



3.4.1.3 Particules

Sur les 12 zones définies par Airfobep, nous ne disposons de données que pour quatre zones. Ces zones ont des niveaux annuels de pollution très proches : la moyenne annuelle de l'ensemble des stations est de $26,95 \mu\text{g.m}^{-3}$ avec un écart type de 2,30. La pollution de pointe ne nous permet pas non plus de les distinguer. L'effet des particules sur la santé ne pourra donc pas être étudié dans l'analyse géographique.

3.4.1.4 Ozone

Seules trois zones ont été définies par Airfobep pour la période d'avril à septembre.

Ces zones correspondent à des variations journalières en fonction de la météo. Or, il apparaît que sur une année, ces trois zones présentent une pollution homogène (moyenne annuelle = $80,6 \mu\text{g.m}^{-3}$ - écart type = 3,2).

Nous ne pourrions donc pas effectuer l'analyse géographique pour ce polluant.

3.4.2 Exposition individuelle journalière

L'exposition ne pourra pas être évaluée pour 18 nez (soit 30,5% des observateurs) concernant le NO_2 , et 13 nez (22%) pour les PM_{10} . Ce manque de données est dû à une couverture du territoire insuffisante par Airfobep pour ces deux indicateurs de pollution. Ceci implique une plus faible puissance statistique de l'étude de panel concernant ces deux indicateurs de pollution.

L'exposition individuelle quotidienne a été estimée (tableau 11) pour les semaines de déclaration des symptômes des mois de juin et juillet. Concernant le dioxyde de soufre, nous observons une forte variation de la pollution. La médiane est très basse et les données de forte pollution restent isolées. Les pics de pollution sont beaucoup plus dispersés que la pollution de fond. Les données manquantes sont dues à un dysfonctionnement d'une station en juillet.

Les données du NO_2 sont moins dispersées, mais présentent les mêmes caractéristiques. Les données reçues pour les particules montrent une faible dispersion de la pollution, avec un écart type minimal de 7,5. Les diagrammes de fréquence figurent dans *l'annexe 18 (description de la pollution individuelle quotidienne)*.

Tableau 11: Description de l'estimation de l'exposition individuelle

	SO ₂ Max Moy H	SO ₂ Moy J	PM_FDMS Moy J	PM_TEOM Moy J
N Valide	874	847	728	728
Manquante	22	49	168	168
Moyenne	36,8	7,8	29,3	20,3
Médiane	19,25	5	29	21
Ecart type	55,6	10,5	8,4	7,5
Minimum	0	0	12	8
Maximum	598	143	57	47
Centiles 25	6	3	23,25	14
50	19,25	5	29	21
75	47	9	36	23

	NO ₂ Max Moy H	NO ₂ Moy J	O ₃ Max Moy H Capteur	O ₃ Max Moy 8H Capteur	O ₃ Max Moy H Modèle	O ₃ Max Moy 8H Modèle
N Valide	629	629	896	896	896	896
Manquante	267	267	0	0	0	0
Moyenne	39,4	16,5	104,2	95,7	103,6	94,9
Médiane	37	16	107	97	106	98
Ecart type	20,4	8,6	18,9	15,3	18,2	15,3
Minimum	6	2	66	65	66	64
Maximum	97	42	154	127	164	125
Centiles 25	24	10	91	86	89,25	82
50	37	16	107	97	106	98
75	54	22	117	108	116	107

Moy H : moyenne horaire

Moy J : moyenne journalière

4 Discussion

4.1 Les résultats

4.1.1 Taux de participation

Le taux de participation à notre étude (58,7%) est satisfaisant, et nous a permis de constituer un panel de 64 participants. Ceci est relativement rare lors des études de panel, puisque selon une synthèse [46] qui regroupe 31 études réalisées entre 1987 et 1998, seules 6 études ont un panel de plus de 100 individus, et 14 entre 40 et 100 individus.

De plus, afin de juger de l'acceptabilité de notre étude, il a semblé intéressant de calculer le taux de participation effective à notre enquête en tenant compte de la participation des nez au réseau des odeurs. Ainsi, sur 85 « nez » bénévoles ayant participé activement au réseau des odeurs durant les mois de mai, juin et juillet, 64 ont répondu favorablement à l'enquête « santé » (75,3%).

Par contre, nous ne pouvons pas être certains que l'ensemble des nez qui a accepté de participer à l'étude le fera de façon régulière. Nous pouvons ainsi remarquer qu'entre juin et juillet, le taux de participation mensuel effectif a légèrement diminué de 94,3% à 88,2%, tandis que le taux de participation mensuel diminue nettement (de 90,2 à 75%). Débuter l'étude lors de départs en vacances ou de week-ends prolongés peut être responsable du faible taux de participation.

Il semble donc important de motiver les déclarants et pour cela un bilan intermédiaire est prévu en cours d'enquête. Il sera sans doute aussi nécessaire de ne pas retenir certains observateurs qui n'auront pas participé de façon suffisamment régulière.

4.1.2 Constitution et représentativité du panel

Notre panel est constitué d'adultes de plus de 30 ans et principalement de femmes entre 30 et 50 ans et d'hommes de plus de 60 ans. Comme nous l'avons vu ce panel n'est pas représentatif de la population source et les résultats obtenus ne pourront donc pas être extrapolés à la population adulte du pourtour de l'Étang de Berre et encore moins aux enfants. Or cette dernière catégorie de la population est plus sensible à la pollution atmosphérique. Il sera donc nécessaire de faire d'autres études en parallèle pour étudier l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique chez les enfants de cette zone.

De plus dans une étude de panel, il est important que les observateurs aient des caractéristiques le plus semblables possible entre elles, afin que le seul paramètre qui change soit effectivement la donnée d'exposition [45]. Or, l'utilisation d'un réseau de nez ne permet pas de créer un panel homogène. Il ne s'agit pas d'un échantillonnage

aléatoire, puisque les nez sont des volontaires. Cette hétérogénéité du panel pourra cependant être contrôlée au moment de l'analyse mais cela entraînera une diminution de la puissance statistique.

A priori, le réseau de nez n'a pas été constitué en fonction de l'état de santé des observateurs. Ceci nous permet de disposer d'un panel *a priori* hétérogène concernant les antécédents de santé. Or cette hétérogénéité est relativement nouvelle, puisque parmi les 31 études recensées entre 1987 et 1998 [46], seules 3 études ne sélectionnaient pas la population selon ces critères de santé. Cinq études ne se sont intéressées qu'à des personnes saines.

4.1.3 Résultats préliminaires concernant les symptômes

Après ces analyses préliminaires portant sur 2 mois seulement, nous avons pu constater que les hommes et les femmes déclarent une fréquence de symptômes similaire. Il n'existe pas non plus de différences selon la catégorie de symptôme déclarée. Or, dans la littérature, il apparaît que les femmes ont tendance à déclarer davantage de symptômes que les hommes [22, 24, 27], contrairement à ce que nous avons trouvé. Il est possible que ces résultats évoluent avec l'avancement de l'étude. Par contre les prévalences des différents symptômes ORL et oculaires semblent liés à l'âge, les premiers survenant chez des adultes jeunes et les seconds chez des personnes de plus de 60 ans.

Concernant les symptômes oculaires, nous pouvons estimer que cette association est due au fait que les symptômes présentés ne sont pas exclusifs, contrairement aux autres catégories. Régulièrement, un observateur qui a les yeux irrités aura également les yeux qui brûlent ou qui coulent. Nous avons donc également testé l'association entre la déclaration d'au moins un symptôme oculaire et l'âge. Les prévalences sont significativement différentes. Il va falloir ensuite étudier l'association entre ces caractéristiques et l'exposition à la pollution, afin de déterminer si ces caractéristiques constituent un biais.

4.1.4 Résultats préliminaires de l'estimation de l'exposition à la pollution de l'air

4.1.4.1 Définition des zones homogènes de pollution

Quatre classes de pollution ont pu être constituées pour le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote. Les classes définies précédemment nous ont permis de constituer quatre zones géographiques homogènes avec un gradient de pollution entre elles. Par contre, l'ozone et les particules ayant une diffusion locorégionale, une seule zone géographique homogène a pu être construite. En revanche, les effets de ces polluants pourront être étudiés lors de l'étude de panel. Ceci permettra de mettre éventuellement en évidence un lien entre la prévalence des symptômes et les pics d'ozone, par exemple.

4.1.4.2 L'estimation individuelle

L'estimation individuelle de l'exposition à la pollution a permis de mettre en évidence une grande hétérogénéité pour le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote, et un regroupement autour des mêmes valeurs pour l'ozone et les particules.

D'autre part, la comparaison des données de pollution de l'ozone estimées par capteur avec celles estimées par la modélisation mettent en évidence dans un premier temps la précision globale du modèle. En effet, les caractéristiques sont très proches. Dans un second temps, le test de corrélation de Pearson met en évidence que les valeurs évoluent de la même manière, en même temps (corrélation significative de 0,942 et 0,967). La précision du modèle est donc vérifiée pour l'ozone.

4.2 La méthode

4.2.1 Constitution du panel de l'étude

L'utilisation d'un panel de nez bénévoles préexistant pour réaliser une étude épidémiologique présente certes des avantages, mais aussi des inconvénients qui vont être détaillés dans les paragraphes suivants.

4.2.1.1 Sur le plan organisationnel

L'intérêt d'utiliser un panel de nez pour la Cire résidait dans la simplicité de la mise en œuvre et le moindre coût de l'étude. En effet, dans le cadre de cette étude, la Cire Sud utilisait toute la logistique déjà mise en place par Airfobep pour son réseau de surveillance des odeurs, d'où une réduction des coûts. La Cire Sud n'avait à fournir que les questionnaires et les enveloppes de retour (non affranchies). L'étude « santé » n'a pas perturbé de façon importante le fonctionnement du réseau des odeurs pour Airfobep ni les « nez » bénévoles. Il suffisait de numéroter les questionnaires et les enveloppes, afin d'éviter les risques d'erreurs au moment de la mise sous pli.

Toutefois, dans ses échanges avec les participants à l'étude « santé », la Cire Sud était tributaire du fonctionnement du réseau et des délais d'acheminement des courriers : les enveloppes de l'étude « santé » devaient être fournies à Airfobep environ 10 jours avant le début de la campagne. Au moment de la constitution du panel, des relances ont ainsi été effectuées alors que le retour de l'accord de participation était arrivé un peu plus tard. Cela était d'autant plus notable pour les « nez » de la campagne densifiée de Lançon-de-Provence pour lesquels la surveillance des odeurs se déroule sur 2 semaines : le délai entre le retour de la pré-enquête et le départ du courrier suivant était ainsi plus court d'une semaine.

De la même manière, lors du retour des questionnaires, si certains étaient mal renseignés, il nous était impossible de contacter directement l'observateur par téléphone, l'autorisation reçue par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (Cnil)

spécifiant l'anonymat total des observateurs. Il nous aurait donc fallu demander à Airfobep d'effectuer ce travail. Afin de ne pas les surcharger, nous avons procédé par courrier, en renvoyant les questionnaires incomplets aux observateurs. Cela a induit un délai supplémentaire dans l'acquisition des données ainsi qu'un doute quant à leur retour.

Cette étude était tributaire du calendrier pré établi par Airfobep pour le réseau de nez. Elle a du être lancée avant d'avoir approfondi les problématiques de la répartition géographique des nez et de l'attribution de leur niveau d'exposition. Ainsi, l'ensemble des nez du réseau permanent des odeurs a été sollicité par Airfobep et la Cire afin de participer à l'étude santé.

Au final, nous avons uniquement retenu les nez résidant dans l'une des 20 communes de la zone d'étude (disponibilité des données de pollution et nombre de participant par commune). Sans doute aurait-il été plus judicieux de développer cet aspect avant le lancement de l'étude. Ceci aurait évité de potentiels désagréments ou tensions (nécessité d'indiquer à des personnes volontaires que leur participation n'est finalement pas possible) mais aussi d'être mis en cause lors de réunions publiques. De plus l'inclusion dans l'étude du réseau densifié de Lançon de Provence n'a également pas fait l'objet de suffisamment d'échanges. Cette campagne prenant fin en décembre 2007, les nez qui ne continueront pas au sein du réseau permanent devront donc être exclus lors de l'analyse de panel.

Il aura ainsi fallu un délai de quatre mois (de mai à août 2007) pour obtenir la composition définitive du panel de l'étude « santé », au terme duquel nous avons pu fournir à Airfobep une description non exhaustive de la composition de leur réseau.

4.2.1.2 Les nez bénévoles

4.2.1.2.1 *Disponibilité des observateurs*

Les nez sont des bénévoles, *a priori* intéressés par des études qui concernent la pollution atmosphérique. Nous avons donc de grandes chances d'avoir un taux de participation élevé ce qui a été le cas avec un taux proche de 60%.

Cependant, chaque mois, ce taux de participation initial peut varier. En effet, les observateurs ne participent pas de façon systématique au réseau des odeurs (environ 50% de participation mensuelle), et dans ce cas, ils ne participeront pas non plus à notre étude santé. La participation à notre enquête est donc dépendante de la participation au réseau des odeurs.

4.2.1.2.2 *Qualité des données*

Les observateurs sont habitués à remplir des questionnaires régulièrement. Mais les consignes « odeurs » n'imposent pas aux personnes de remplir individuellement les questionnaires. Ce qui intéresse le réseau des odeurs, c'est la détection ou non d'une

odeur dans un lieu donné, peu importe qui dans le foyer l'a détectée. Au contraire, lors de l'étude santé, il est primordial que ce soit toujours la même personne qui remplisse le questionnaire, celle qui a renseigné le questionnaire de pré-enquête, pour pouvoir tenir compte des caractéristiques individuelles. Or, il est très difficile pour nous de vérifier que cette condition est bel et bien remplie. C'est la raison pour laquelle nous avons insisté sur ce point lors de la rédaction des consignes de remplissage.

4.2.1.2.3 *Risque de biais de sélection*

Les nez sont *a priori* déjà sensibilisés à la qualité de l'air. Mais les raisons qui les ont poussés à s'inscrire au réseau des odeurs ne sont pas connues. Cela pourrait être dû à un mauvais état de santé attribué à la pollution de l'air par l'observateur. Dans ce cas, il y a un fort risque de biais de sélection qui amènerait à fausser la relation qui pourra être trouvée. A titre d'exemple, un observateur se déclare « allergique à la pollution ».

4.2.2 **Recueil des données sanitaires.**

4.2.2.1 Qualité des données sanitaires

La méthode d'analyse utilisée s'appuie sur des scores de symptômes. Parmi les 31 études recensées entre 1987 et 1998 lors de la synthèse effectuée par H. Desqueyroux [46], seules 2 études de panel ont utilisé cet indicateur sanitaire [50, 51]. De ce point de vue, l'étude mise en place présente une certaine originalité.

Toutefois, le calcul des scores doit se faire à partir d'une base la plus exhaustive possible. Or, beaucoup de questionnaires santé nous sont revenus incomplets ou mal remplis. En effet, certains observateurs nous ont envoyé des questionnaires vierges (pour la semaine ou pour quelques jours). Il nous a donc été impossible dans ces circonstances de définir si c'était dû à une absence du foyer où à une absence de symptômes ressentis.

Suite à la quantité de mauvais remplissages, nous avons élaboré une nouvelle feuille de consignes (*annexe 19 : Nouvelles consignes*), en espérant que celles-ci seront mieux comprises par les nez. Ces consignes étant expérimentées lors de la campagne du mois d'Août, je n'ai pas pu étudier leur impact.

L'incompréhension des consignes, mais aussi l'absence fréquente des nez apporte autant de données manquantes dans notre étude. Or selon une étude réalisée par Carracedo – Martinez *et al* [59], lorsqu'il y a moins de 5% de données manquantes, il est préférable d'éliminer les personnes en utilisant uniquement les observateurs ayant répondu tous les jours et n'ayant jamais été absents.

Or, dans notre cas, il est fort probable qu'il y aura plus de 5% de données manquantes. En effet, il y a de très fortes chances pour que l'ensemble des observateurs s'absente au moins un jour au cours de la période d'observation (12 semaines d'observation).

Il existe plusieurs solutions [60] pour résoudre ce problème des données manquantes, la principale étant de prévoir les réponses manquantes : à partir des autres réponses, il est parfois possible de déterminer la réponse qui manque (ex : si le nez à déjà coché la case absence, des cases symptômes, mais jamais de cases aucun symptôme, le jour où il ne coche rien, nous pouvons présumer qu'il n'a ressenti aucun symptôme les jours non complétés). Toutefois, nous ne pouvons jamais être sûrs de cette pseudo réponse. C'est la raison pour laquelle nous avons décidé de renvoyer les questionnaires incomplets aux observateurs, en leur demandant des précisions. Ceci nous a permis de limiter le nombre de données manquantes des observateurs ne répondant pas une semaine donnée. Mais le délai de traitement des questionnaires a été augmenté, puisqu'il fallait attendre le retour de l'enquête du mois suivant pour compléter éventuellement les données.

En revanche, en ce qui concerne les absences, il n'était pas possible de procéder de la sorte. Plusieurs questions se posent alors :

- ✓ Comment allons nous procéder ?
- ✓ Seront-elles vues comme des données manquantes ?
- ✓ Pourrons nous utiliser, malgré tout, les autres données des observateurs.

Jalaludin et al. [54], ont supprimé de leur étude les observateurs qui avaient fourni moins de 30 réponses exploitables sur les 11 mois d'enquête (soit un taux de mauvaise réponse >9%). Ward et al. [55] ont quand à eux écarté ceux qui n'avaient pas répondu 22 jours sur les 122 jours d'enquête (soit un taux d'absence >19%). Ces deux études peuvent nous donner des pistes sur la façon dont pourront être construits les critères d'inclusion dans l'étude des mauvais répondants.

4.2.2.2 L'auto déclaration de symptômes

Les « nez » bénévoles étant habitués à un protocole de déclaration simple, il a semblé préférable de mettre en place un recueil simple des données sanitaires afin d'obtenir une bonne participation des individus.

Le mode de recueil des données sanitaires choisi a été une déclaration par les individus eux-mêmes. Afin de faciliter la déclaration, une liste de symptômes, *a priori* faciles à identifier, et ne nécessitant pas de contact préalable avec les nez pour recueillir les données sanitaires a été retenue. De plus, ce mode de déclaration nous permettait de détecter les symptômes bénins ne nécessitant ni consultation médicale ni hospitalisation. Or, en général, les études pollution – santé s'intéressent aux données de mortalité et d'hospitalisation [52]. Nous avons toutefois demandé aux observateurs d'indiquer s'ils avaient consulté un médecin au cours de la semaine de surveillance.

Cependant, cette méthode implique une subjectivité dans la déclaration des symptômes. Le recueil par l'intermédiaire de médecins aurait permis de classer les

symptômes selon une échelle de gravité. Lors de leur étude [50], Peters *et al.* ont demandé aux adultes de classer leurs symptômes sur une échelle de gravité. Ils ont ainsi attribué le score 0 à l'absence de symptôme, 1 à la présence peu gênante (se sentir mal, toux fréquente, difficulté respiratoire...) et 2 aux symptômes plus graves (grand malaise, quinte de toux, très grosse difficulté respiratoire...). En revanche, pour les enfants, il n'y avait pas de gradation de la gravité des symptômes.

Il aurait également pu être envisageable d'objectiver certains symptômes par une mesure de la fonction ventilatoire ou du débit expiratoire de pointe [46, 50, 53] mais cela aurait été fastidieux et aurait pu dissuader certains observateurs de participer. D'ailleurs, des études de panel réalisées [53, 54, 55], avec l'utilisation d'appareils, montrent l'importance de bien suivre chaque patient, ce qui implique de suivre un nombre limité de patient. En fait, il faut faire un choix entre la qualité des données recueillies et le nombre de personnes contactées. Dans la deuxième étude, des visites régulières ont été menées afin de vérifier le bon usage de l'appareil. Dans la troisième, ce sont les enseignants qui ont été formés et qui devaient deux fois par jour mesurer la capacité respiratoire des élèves. Cette dernière méthode suggère une très forte implication des enseignants. Lorsque cette mesure est autonome, il y a un risque non négligeable de mauvaise utilisation de l'appareil par l'observateur inexpérimenté. Enfin, le coût engendré par une telle méthode augmente considérablement.

Un autre élément qui n'a pas été demandé mais qui aurait pu nous renseigner sur la gravité des symptômes est la prise de médicaments. Ainsi, en plus de la consultation d'un médecin, nous aurions pu demander aux observateurs si des symptômes avaient nécessité une prise médicamenteuse. Cela a été fait lors de l'étude de Peters *et al.*, [50] Toutefois, la grande précision des données recueillies lors de cette étude (gravité estimée, prise de médicaments, résultat du test du peak flow...) implique un panel d'une taille suffisamment élevée pour mettre en évidence des différences significatives entre chaque gradation de symptômes. Ceci n'était pas envisageable lors de notre enquête, puisque dans le meilleur des cas, nous disposions de 109 observateurs.

De plus, la prise de médicaments peut engendrer un biais au niveau de la réponse symptomatique. En effet, les personnes qui prennent des médicaments sont au départ plus fragiles, mais bénéficient des effets du traitement [55]. C'est sans doute la raison pour laquelle Peters *et al.* [50], demandent aux enfants de faire le test du peak flow avant la prise de médicaments.

La prise en compte de la gravité des symptômes nous aurait permis une plus grande précision dans la relation pollution – santé.

4.2.2.3 Biais éventuels

Selon l'enquête décennale santé de 2003 [22], les femmes sont proportionnellement plus nombreuses à déclarer au moins une maladie et elles en déclarent un plus grand nombre. Nous avons vu précédemment que ce n'était pas le cas dans notre étude. De la même manière, les personnes défavorisées sur le plan économique ont tendance à avoir une mauvaise perception de leur état de santé. Cela n'a pas pu être évalué dans notre étude. En effet, les personnes étaient, pour une grande partie, retraitées. Dans cette étude, il aurait été intéressant de connaître l'ancienne CSP des observateurs. Enfin, comme nous l'avons vu précédemment, l'âge semble constituer un facteur de confusion concernant la déclaration de symptômes ORL et oculaires. Si ces résultats se confirment, il sera intéressant de faire une étude stratifiée sur l'âge.

Concernant les symptômes, nous pouvons craindre une sur déclaration de symptômes de la part de certains. Ainsi, les observateurs pourraient déclarer des symptômes même s'ils n'ont rien ressenti ce jour là, dans le seul but de mettre en évidence la gêne occasionnée par les industries voisines.

Un tel risque de sur déclaration doit être pris en compte dans l'analyse des résultats. C'est la raison pour laquelle certains symptômes qui n'ont *a priori* aucun lien avec la pollution atmosphérique ont été inclus dans le questionnaire. Le but étant de repérer les « sur déclarants ». Il s'agit là d'étudier le risque de biais de confusion.

En effet, lorsqu'une étude [45] met en évidence une prévalence élevée de symptômes dans une population exposée, plusieurs causes sont possibles :

- ✓ Effet direct du toxique,
- ✓ Réactions psychosomatiques liées au stress d'exposition à un risque potentiel,
- ✓ Effet psychogène collectif,
- ✓ Rôle des perceptions olfactives.

Cette dernière cause est sans doute la plus importante pour notre étude. En effet, nous avons reçu des questionnaires mentionnant la détection d'odeurs fortes, au moment de la déclaration des symptômes. Nous avons donc tenu à rappeler dans les consignes qu'il n'y avait *a priori* aucun lien entre les polluants dont nous étudions les effets et les odeurs que les nez sont habitués à détecter.

C'est également la raison pour laquelle il nous a semblé intéressant d'étudier une éventuelle association entre la santé et les odeurs, mais uniquement comme facteurs modificateur ou de confusion, le but n'étant pas de mettre en évidence une relation entre ces deux variables.

Nous avons donc testé l'association entre la déclaration de symptômes et la détection d'une odeur dans la même journée (*annexe 20 : Test des associations symptômes odeurs*). Il n'existe pas d'association entre le fait de déclarer une odeur et un symptôme témoin « autre » (douleurs articulaires, diarrhées et troubles du sommeil). En revanche il

existe une association entre le fait de ne pas déclarer d'odeurs, et celui de ne pas déclarer de symptômes.

Ce biais est d'autant plus à prendre en compte, qu'une étude effectuée autour des sites classés aux Etats-Unis [47] a montré une association significative entre la prévalence de symptômes et la fréquence de perception des odeurs (odds ratio de 5,0 pour les maux de tête chez les personnes percevant une odeur fréquemment par rapport à celles qui n'avaient pas relevé de telles odeurs). De la même manière, l'odds ratio était de 10,8 lorsqu'ils ont comparé les personnes qui se préoccupaient de la qualité de l'environnement dans lequel elles vivent avec celles qui n'y attachaient pas d'importance. Ce qui met en avant l'hypothèse de la déclaration psychosomatique des symptômes.

Une autre étude [48] met en évidence que si globalement la pollution est bien estimée par la population, au cas par cas, les personnes qui se plaignent d'odeurs ont tendance à surestimer cette pollution. Ceci pourrait jouer en la faveur d'une sur déclaration des symptômes lors de la perception d'odeurs assimilée à une forte pollution.

Ce biais avait été restreint lors de l'étude odeur et santé [49], en indiquant aux enquêteurs de ne poser la question des odeurs qu'après avoir rempli la partie consacrée à la santé. Or dans notre étude, une telle succession des questions n'est pas possible, puisqu'il s'agit d'une enquête auto administrée. Les personnes remplissent quatre fois par jour le questionnaire des odeurs, et une fois par jour celui des symptômes. Rien ne nous permet d'éviter qu'une personne qui aura été gênée par les odeurs déclare des symptômes non ressentis effectivement.

4.2.3 Estimation des expositions

Notre étude regroupe l'ensemble des polluants habituellement étudiés hormis les fumées noires (ces dernières ne sont plus mesurées) et les particules totales en suspension (ces dernières sont marginales avec respectivement 9 et 5 études sur 31) [46]. Nous pouvons donc considérer qu'elle s'est voulue exhaustive.

Certaines études ont été menées à partir d'autres polluants comme les métaux (Fe, Ni, ...) [53]. La mesure de ces polluants se met progressivement en place sur la zone de compétence d'Airfobep et ils ne pouvaient donc pas être étudiés. D'autant plus que les niveaux mesurés pour l'instant sont très faibles.

4.2.3.1 Définition des zones homogènes de pollution

Le zonage proposé par Airfobep a été élaboré pour répondre à des contraintes administratives. La cartographie par aires de surveillance réalisée par l'association est utilisée pour informer de façon ciblée la population en cas de dépassement des seuils d'information. Ce zonage ne répond pas tout à fait à notre problématique puisqu'il concerne des niveaux de pollution déjà élevés. De plus, deux zones ayant des niveaux de pollution de fond semblables peuvent cependant avoir des niveaux de pointe différents.

Nous en avons tenu compte lors du regroupement qui a été effectué entre les zones, en nous basant sur la distribution et la corrélation des polluants mesurés sur la période 2004 à 2006.

4.2.3.2 Estimation de l'exposition antérieure aux symptômes

Nous avons choisi d'utiliser comme indicateur d'exposition à la pollution les moyennes et les maxima du jour j. Ceci nous permettait de relier pour chaque jour de présence d'un observateur, son état de santé à son exposition. Or, pour certains polluants comme le dioxyde de soufre, les effets peuvent intervenir après une exposition prolongée de 3 à 4 jours [3]. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle dans de nombreuses études, l'exposition est prise en compte jusqu'à 72h avant la déclaration des symptômes [53]. Ceci permet de mettre en évidence une corrélation entre l'exposition et l'état de santé trois jours plus tard. Certaines équipes vont jusqu'à étudier l'effet cumulatif sur sept jours. De manière générale, les effets trouvés sont plus marqués lors d'une exposition cumulée dans le temps. [46]

Toutefois, nous ne pouvions pas disposer de ce recul car il nous était impossible d'être sûrs que les personnes étaient présentes chez elles les jours précédant la semaine d'observation. Il n'aurait été possible d'en tenir compte qu'à partir du jeudi, en supposant que les observateurs ne se soient jamais absentés dans la semaine. Ceci représentant trop d'incertitudes, nous avons préféré dès le début décider de ne tenir compte que de l'exposition du jour j. Mais nous sommes bien conscients que ce choix peut impliquer une sous estimation de la relation pollution - santé.

Peut être aurait-il été judicieux de rajouter une case à cocher sur le questionnaire, demandant aux observateurs s'ils étaient ou non absents les samedi et dimanche avant la semaine d'observation. Ceci nous aurait permis d'étudier les effets de la pollution des jours précédant la semaine de surveillance.

4.2.3.3 Estimation de l'exposition individuelle

Nous avons choisi de ne pas attribuer à chaque observateur le niveau d'exposition agrégé de la zone dans laquelle il se trouve mais le niveau « individuel » plus précis, estimé à partir des stations de mesure les plus proches. La méthode choisie ici présente également l'avantage de ne pas pouvoir influencer sur les déclarations des observateurs. Ceux-ci n'ont en effet aucun moyen de savoir quel est le niveau d'exposition qui leur est attribué.

Il faut noter qu'entre 1987 et 1998, seules 2 études parmi 31 ont procédé à une évaluation individuelle de l'exposition en ayant recours à la modélisation [46]. Il s'agissait uniquement de prendre en compte la durée d'exposition en intégrant la durée de fréquentation ainsi que le type d'activité (et donc le taux de ventilation) des individus [57], qui étaient notés par l'observateur lui-même. Ces éléments étaient ensuite associés aux

mesures fixes de certains polluants. A aucun moment cette étude n'a tenté de modéliser le niveau de pollution qui pouvait être présent au niveau de l'hôpital dans lequel l'étude s'était déroulée. Une autre étude [53] a été réalisée en ne sélectionnant que des personnes vivant à moins de 2 km d'une station de mesure. Ceci présente l'avantage d'avoir des données d'exposition individuelle à la pollution plus précise, mais cependant, la zone d'étude s'en trouve restreinte.

Cependant, une première limite à la méthode choisie a été l'élaboration de l'algorithme visant à estimer cette exposition. Au départ, il était prévu d'élaborer un algorithme prenant en compte plusieurs stations de mesure pondérées par la distance pour chaque nez. Mais le temps de travail prévu par Airfobep n'étant pas suffisant, cet algorithme a été simplifié pour consister en une attribution du niveau de pollution de la station la plus proche, avec pour certains observateurs, des stations différentes selon le vent dominant. L'algorithme prévu au départ semblait plus précis et aurait probablement constitué une meilleure approche de l'estimation individuelle. Mais Airfobep pense que l'approche simplifiée constitue une estimation correcte de cette exposition.

Il sera nécessaire d'estimer la validité de cette estimation. Pour cela, plusieurs méthodes sont possibles :

- ✓ Considérer des stations de mesure comme des observateurs et leur attribuer la valeur de la station la plus proche. Cette méthode aurait permis de comparer le réel et le théorique. Cette méthode de validation a déjà été utilisée lors d'autres études [58]. Elle consiste à estimer 25% des stations à l'aide des 75% restants et à calculer l'erreur quadratique.

- ✓ Estimer l'exposition de deux façons différentes. Cela a pu être réalisé pour l'ozone car Airfobep dispose d'un outil de modélisation très précis. Comme nous l'avons dit précédemment, les niveaux d'ozone obtenus par les deux méthodes sont très comparables entre eux. De plus, nous pourrions comparer les résultats en terme de lien pollution – santé obtenus avec cet outil et ceux obtenus en utilisant les données des stations les plus proches (méthode utilisée pour les autres polluants). Ainsi, si les associations ne sont pas significativement différentes, il sera possible de dire que la méthode d'attribution du niveau de pollution de la station de mesure la plus proche est satisfaisante.

Il est certain que cette approche d'une estimation de l'exposition individuelle reste imparfaite. En effet, la pollution intérieure à laquelle sont soumis les observateurs n'est pas prise en compte. Or, certains polluants de l'air intérieur sont nocifs pour la santé. Il s'agit par exemple du monoxyde de carbone, ou des formaldéhydes. Ceux ci peuvent provoquer des symptômes recherchés dans notre enquête.

De plus, ces estimations ne prennent pas en compte le budget espace-temps des observateurs et notamment les périodes d'absence hors de la commune de résidence.

En tout état de cause l'estimation d'une exposition individuelle la plus précise restera toujours celle d'une mesure par capteur portatif. Pour cela, nous aurions pu distribuer à chaque personne un tube passif par jour et par polluant, à conserver durant la semaine d'observation. Ainsi, les données d'exposition auraient été obtenues de façon plus sûre et en plus, les jours d'absence de leur domicile, les observateurs auraient pu emporter avec eux leur tube passif, ce qui aurait permis d'avoir davantage de données. Cette méthode d'estimation de l'exposition a été utilisée lors de la majorité des études de panel entre 1987 et 1998 [46], mais elle est très coûteuse.

4.3 Perspectives

4.3.1 Amélioration de l'étude

4.3.1.1 Amélioration du questionnaire

Si une autre étude de ce type devait être lancée, il pourrait être envisagé de rajouter une échelle de gravité dans les déclarations comme cela a été fait par Peters *et al.*, [50]. Les questionnaires seront alors plus fastidieux à remplir, mais auront une dimension plus objective.

Nous pourrions également proposer l'ajout d'items permettant de déterminer si l'observateur était ou non présent la semaine précédent les déclarations et s'il a ressenti des symptômes similaires.

Toutefois, il faut se méfier des questionnaires trop fastidieux à remplir. Cela est souvent la cause de mauvais remplissages fréquents.

4.3.1.2 Amélioration de la qualité des données

La première amélioration concerne l'exhaustivité des données. Pour cela, il serait utile de disposer des coordonnées des observateurs pour pouvoir les contacter directement quand les questionnaires renvoyés sont incomplets. Une relance téléphonique permettrait un meilleur remplissage du questionnaire ainsi qu'un gain de temps pour la saisie des données.

La deuxième amélioration concerne la définition des absences. Selon le réseau des odeurs, les gens sont considérés comme absents lorsqu'ils ne sont pas à leur domicile. Or, sur le plan santé, nous pouvons considérer qu'une absence furtive du domicile n'a pas un fort impact sur l'exposition subie par l'observateur. Il est difficile de définir clairement dans les consignes ce qu'est une absence, car chaque cas est particulier :

- ✓ La personne est-elle sortie de sa commune ? de la zone de pollution homogène ? du périmètre d'influence de la station à laquelle elle est associée pour les estimations quotidiennes ?
- ✓ Combien de temps cela a-t-il duré ?
- ✓ Les symptômes déclarés ont-ils été ressentis durant cette absence ou lorsque l'observateur était à son domicile ?

Autant de questions auxquelles il faudrait être capable de répondre pour définir si la personne est considérée comme absente le jour j.

4.3.2 Répercussion sur le réseau des odeurs

Les « nez » ont effectué une démarche bénévole et volontaire en s'inscrivant au réseau des odeurs. Ils vivent dans une zone très fortement industrialisée, et ont beaucoup d'interrogation à l'égard de l'impact sur leur santé de cette industrialisation. Pour eux, l'inscription au réseau de nez était un moyen de mettre en évidence la pollution à laquelle ils sont exposés. Mais lorsqu'ils ne voient pas d'évolution dans leur gène, ils peuvent se décourager. L'étude que nous proposons devrait permettre de motiver les nez bénévoles en les incluant dans une étude axée sur la santé et concernant directement la pollution atmosphérique.

Nous pouvons espérer qu'il y aura à terme une répercussion positive sur le taux de participation au réseau des odeurs.

4.3.3 Autres études possibles

Le fait de ne pouvoir contacter les nez qu'une semaine durant le mois empêche de réaliser une étude de cas croisés (case crossover) [60]. Dans ce type d'étude, de même que dans l'étude de panel, le cas est son propre témoin. Mais, il faut qu'il ait ressenti des symptômes à un moment précis (jour j) et aucun la semaine qui précède et la semaine qui suit. A partir de ce moment, on peut alors comparer les expositions sur ces 3 semaines. Ce type d'étude n'est pas réalisable dans le cadre de l'utilisation d'un réseau de surveillance des odeurs, car il faudrait que les observateurs remplissent le questionnaire durant 3 semaines consécutives. De plus, il faudrait éliminer beaucoup trop de nez (symptômes uniquement durant la semaine 2). C'est la raison pour laquelle il était plus intéressant de s'attacher à une étude de panel.

Une possibilité aurait été de rajouter quatre cases :

- ✓ Avez-vous ressenti l'un de ces symptômes : la semaine dernière ? La semaine suivante ?
- ✓ Avez-vous été absent : la semaine dernière ? La semaine suivante ?

Il aurait fallu dans ce cas que les observateurs retournent leur questionnaire une semaine après la fin de la semaine d'observation des odeurs. Ceci était réalisable pour les nez de la campagne densifiée de Lançon-de-Provence (deux semaines d'observation), mais difficile pour la campagne permanente, sans perturber le fonctionnement du réseau des odeurs.

Conclusion

Le but de mon mémoire était d'étudier la faisabilité de l'utilisation d'un panel de nez préexistant pour une enquête santé. Le réseau des odeurs n'a donc été utilisé que comme point de départ. Si à aucun moment lors de cette enquête nous n'étudions un éventuel lien odeur – santé, il est, toutefois, important de prendre en compte les odeurs comme facteurs modificateurs ou de confusion éventuels.

Les résultats présentés dans ce travail prennent en compte l'ensemble des retours jusqu'au 1^{er} août 2007, en raison des délais de retours des enquêtes et d'analyse. Il est donc trop tôt pour tirer des conclusions définitives de cette expérience. Il ne s'agit là que de premières impressions après le déroulement du premier quart de l'enquête.

A ce stade de l'étude, de nombreuses limites à l'utilisation d'un réseau de nez pour une enquête santé ont pu être mises en évidence. Certaines limites peuvent être évitées lors d'études futures. Il s'agira d'élaborer un outil d'estimation des expositions quotidiennes à la pollution plus précis, ainsi qu'un questionnaire santé plus fin, avec des échelles de gravité par exemple. Toutefois, certains biais semblent inévitables, et seule une analyse les prenant en compte permettra de les éviter.

L'utilisation d'un panel de nez présente cependant certains avantages, et en apportant des améliorations, cette expérience pourrait être renouvelée.

Il pourrait être envisageable de réaliser ce type d'étude lors d'une campagne densifiée des odeurs. En effet, toutes les associations de surveillance de la qualité de l'air ne fonctionnent pas de la même manière. Si une campagne prévoit la déclaration quotidienne d'odeurs sur une période de deux à trois mois, le panel pourrait être utilisé dans le cadre d'une enquête santé. Dans l'idéal, cette campagne devrait alors se renouveler à une autre période de l'année (une l'hiver, la seconde l'été). Dans ces conditions, une étude de cas croisés pourrait être envisagée, et le traitement des données manquantes s'en trouverait facilité.

Une telle mise en place suppose une importante collaboration entre l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air et les épidémiologistes, et un travail de réflexion en amont de cette campagne.

Bibliographie

[1] Atiyeh Aziz, Impact sanitaire de la pollution atmosphérique industrielle sur la zone de Fos, Etang de Berre, Mémoire IGS, 2006.

[2] AIRMARAIX, Apports du programme ESCOMPTE pour la surveillance de la qualité de l'air, Rapport d'études et Atlas, Décembre 2005, 82p et 177p. [En ligne] <http://www.airmaraix.com/files/Et/rapport_primequal_valorisation_web.pdf>.

[3] HAUT COMITE DE SANTE PUBLIQUE, Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé : poursuivre la réduction des risques, Juin 2000, disponible au format électronique <<http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/pollution/sommaire.htm>> [visité le 3 mai 2007].

[4] INVS, Programme national de surveillance des effets sur la santé de la pollution de l'air dans 9 villes françaises (PSAS 9), [en ligne] mise à jour 30 mai 2006 <http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/risques_sanitaires.html#haut> [visité en mai 2007].

[5] AIRFOBEP, La qualité de l'air de la région de l'étang de Berre et de l'ouest des Bouches-du-Rhône – bilan de l'année 2006 141p, [en ligne] 2007, [visité en mai 2007] <www.airfobep.org/pdf/2006bilan.pdf>.

[6] INERIS Fiches toxicologiques Ineris [En ligne], <<http://chimie.ineris.fr/fr/lien/expositionchronique/donneestoxicologiquesenvironnementale/fichesdisponibles.php>> [Dernière visite le 16 mai 2007]

- ✓ SO₂, O₃, NO_x, mises à jour le 25/07/2005,
- ✓ Dioxines mise à jour : 24/04/2006,
- ✓ Formaldéhyde mise à jour : 25/05/2005.

[7] INRS, Fiches Inrs [En ligne] :< <http://www.inrs.fr/dossiers/fichtox/somft.htm> > [Visité le 9 mai 2007]

- ✓ Monoxyde de Carbone FT47, 1996,
- ✓ Hydrogène sulfuré FT 32, 1997.

[8] AIRFOBEP, Le dossier ozone, 2007.

[9] Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, NOR : ENVX9500163L, Journal Officiel du 1^{er} janvier 1997 p11, [en ligne] <<http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=ENVX9500163L>>.

[10] DRIRE PACA, Synthèse du PRQA Provence Alpes Côte d'Azur, [en ligne] <<http://www.paca.drire.gouv.fr/publications/environnement/rapports/prqa/Index.htm>> [dernière visite le 12 juillet 2007].

[11] DRIRE PACA, Plan de Protection de l'Atmosphère, [En ligne], Plan, Août 2006, < http://www.paca.drire.gouv.fr/environnement/air/Ppa13/version_approuvee/ppa_complet_2006_08_11.pdf > [visité en juin 2007].

[12] DDE 13, Plan de Déplacement Urbain, [en ligne] page Internet de la DDE 13 <http://www.bouches-du-rhone.equipement.gouv.fr/depart/infra_tr/pdu/pdu.html [visité en juin 2007].

[13] Drire Paca, Etat de l'environnement industriel Provence Alpes Côte d'Azur – Edition 2006, 131 pages.

[14] Airfobep, Site d'Airfobep [en ligne], visité en mai 2007, <www.airfobep.com>.

[15] AIRFOBEP, Site du réseau des odeurs [En ligne], visité en mai 2007, <www.sro-paca.org>.

[16] AIRFOBEP, Système d'alerte par un réseau de nez électroniques, *Atmo*, Edition 2007, pp38-39.

[17] AIRFOBEP, Surveillance des odeurs, Alliance de nez humains et technologiques, Bilan d'activité 2006, version électronique, revue de presse du 30 octobre 2006 [en ligne] : <http://www.sro-paca.org/lib/objects_management/contenair/Bilan_2006-br.pdf>, [visité en mai 2007].

[18] INSTITUT NATIONAL D'ETUDES DEMOGRAPHIQUES, Des outils et des méthodes [en ligne], <<http://www-enquetes.ined.fr/outils.htm>> [dernière visite le 16 juillet 2007].

[19] FINFELSTEIN MM., JERRETT M., DE LUCA P., FINKELSTEIN N., VERMA DK, CHAPMAN K., SEARS MR., Associations entre revenu, pollution atmosphérique et mortalité : une étude de cohorte, *CMAJ*. 2003 ; 169(5) :397-402 Analyse commentée *Extrapol 31*, juin 2007 11-14.

[20] JERRET M, BURNETT RT., Brook J., KANAROGLOU P., GIOVIS C., FINKELSTEIN N., HUTCHISON B., Les caractéristiques socio-économiques modifient elles l'association à court terme entre la pollution atmosphérique et la mortalité ? Mise en évidence sur une série chronologique par zone à Hamilton, Canada, *J Epidemio. Community Health* 2004 ;58 ;31-40, Analyse commentée *Extrapol 31* Juin 2007 19-22.

[21] CAKMARK S., DALES RE., JUDEK S., Le sexe, l'éducation et le revenu modifient ils l'effet des polluants atmosphériques sur les maladies cardiovasculaires ? *J. Occup. Environ. Med.* 2006 ; 48 :89-94, Analyse commentée *Extrapol 31*, Juin 2007 26-28.

[22] LANOË JL, MAKDESSI-RAYNAUD Y., L'état de santé en France en 2003 – Santé perçue, morbidité déclarée et recours aux soins à travers l'enquête décennale santé, *Etudes et Résultats* n°436, octobre 2005.

[23] KUNST A.E., Description des inégalités sociales de santé en Europe : panorama des études précédentes, février 2007 *Revue d'épidémiologie et de Santé Publique* 55 (2007) 3-11.

[24] DONIOL-SHAW G, LASFARGUES G, DERIENNIC F, BARDOT F, HUEZ D, RONDEAU DU NOYER C, Précarité de l'emploi et santé : Différences hommes - femmes. [En ligne], 1996, <<http://latts.cnrs.fr/site/tele/rep1/PRESTHommes-femmes.pdf>> [dernière visite 18 mai 2007].

[25] KHLAT M., CAMBOIS E., SERMOT C., JUSOT F., Inégalités devant la maladie et la mort, [en ligne], Projet phare n°2 de l'UR5 « Mortalité, Santé, Epidémiologie », 2007, 16p. <http://www.ined.fr/fichier/t_recherche/NoteDetPhare2007/P0523.pdf> [visité le 31 juillet 2007].

[26] CAMBOIS E., JUSOT F., Ampleur, tendance et causes des inégalités sociales de santé et de mortalité en Europe : une revue des études comparatives, [en ligne], *BEH Thématique* 2-3, janvier 2007, disponible au format électronique au lien suivant : <http://www.orpha.net/actor/Orphanews/2007/doc/beh_02_03_2007.pdf> [visité en mai 2007].

[27] BARNAY T., L'état de santé en fin d'activité : des disparités sociales et par sexe significatives, *Retraite et société*, 2002 – cairn.info.

[28] GOUVERNEMENT DU QUEBEC, La santé autrement dit,... Pour espérer vivre plus longtemps et en meilleure santé, [en ligne], *Bibliothèque et archives Canada*, 2007 <<http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2006/06-245-02.pdf>> [le 7 juin 2007].

[29] LASALLE M., Cesser de fumer améliore rapidement la santé du cœur, [en ligne] *PasseportSanté.net*. <<http://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Nouvelles/Fiche.aspx?doc=2005011102>> [visite mai 2007].

[30] MACKAY J, ERIKSEN M., The Tobacco Atlas, [en ligne] Organisation mondiale de la santé (OMS), 2002, p. 82. <http://www.who.int/tobacco/statistics/tobacco_atlas/en/>. [Visité en mai 2007].

[31] lien vers l'article qui annonce l'étude d'Isabella ANNESI-MAESANNO <http://www.univers-nature.com/inf/inf_actualite1.cgi?id=2630> [visité en mai 2007]

[32] ROZEC Valérie, DUBOIS Nicolas, MOCH Annie, MARAMOTTI Isabelle, Nuisance olfactives et pollution de l'air : les plaintes des Parisiens, *Pollution atmosphérique* n°180, octobre – décembre 2003.

[33] Wikipédia, Sulfure d'hydrogène, [En ligne] Encyclopédie en ligne <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sulfure_d'hydrog%C3%A8ne> [dernière visite le 12 juillet 2007].

[34] TAURINES Flore Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans le Val de Marne et propositions de mesures de gestion du risque, 2005, Mémoire ENSP.

[35] DRASS ILE DE FRANCE, Air et santé, effets sur la santé de la pollution, [en ligne] : <<http://ile-de-france.sante.gouv.fr/environnement-et-sante/air-et-sante/effets-sur-la-sante-de-la-pollution.html>> [visité le 4 mai 2007].

[36] SAVANNE Denis, Eté 2003 : qualité de l'air de la région de l'étang de Berre et de l'ouest des Bouches-du-Rhône, *Pollution Atmosphérique – Numéro spécial* – Décembre 2004.

[37] AIRFOBEP, Que surveille t'on dans l'air ? [En ligne] Page Internet du site Airfobep, <<http://www.airfobep.org/gabpage.php?fiche=0159d086a7107e0cfc16d9fc5dce1109&fiche2=e0e82c32ec9f70415bf5c81f4b393212>> [visité le 3 mai 2007].

[38] Directive n° 2004/107/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant, *Journal Officiel de l'Union Européenne*, 26 janvier 2005.

[39] Directive n° 2004-42/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 avril 2004 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules, et modifiant la directive n° 1999/13/CE, *Journal Officiel de l'Union Européenne*, n°L 143 du 30 avril 2004.

[40] Directive n° 2001/58/CE de la Commission du 27 juillet 2001 portant deuxième modification de la directive 91/155/CEE définissant et fixant, en application de l'article 14 de la directive 1999/45/CE du Parlement européen et du Conseil, les modalités du système d'information spécifique relatif aux préparations dangereuses et, en application de l'article 27 de la directive 67/548/CEE du Conseil, les modalités du système d'information spécifique relatif aux substances dangereuses (fiches de données de sécurité), *Journal Officiel de la Communauté Européenne*, 7 août 2001.

[41] INSEE, recensement 1999 [en ligne] <http://www.recensement.insee.fr/RP99/rp99/page_accueil.paccueil> [dernière visite le 29 juin 2007].

[42] ANCELLE T., *Statistique Epidémiologie*, 2002, Ed Maloine.

[43] AIRFOBEP, Programme de surveillance de la Qualité de l'air – Région de l'Etang de Berre et de l'ouest des Bouches-du-Rhône – 2006, [en ligne] décembre 2005 [dernière visite le 27 juillet 2007] <www.airfobep.org/pdf/PSQAV2.pdf>

[44] NUMTECH, Optimisation du réseau de mesure du SO₂ dans la région de l'étang de Berre – Méthodes et Outils, Juillet 2003.

[45] GUZZO Jean Charles, Etude des effets à court terme sur la santé d'une source locale de pollution atmosphérique – Approche épidémiologique, [en ligne depuis le 18 mai 1997], < <http://www.invs.sante.fr> > [dernière visite le 11 juillet 2007].

[46] DESQUEYROUX H., MOMAS I., Pollution atmosphérique et santé : une synthèse des études longitudinales de panel publiées de 1987 à 1998, 1999, *Rev. Epidemiologie et santé publique*, n°47, vol 4, 361-375.

[47] SHUSTERMAN D., LIPSCOMB J., NEUTRA R., SATIN K., Symptom prevalence and odor – worry interaction near hazardous waste sites, 1991, *Environmental Health perspectives* vol 94, pp 25-30.

[48] HUNTER P.R., BICKERSTAFF K., DAVIES M.A., Potential sources of bias in the use of individual's recall of the frequency of exposure to air pollution for use in exposure assessment in epidemiological studies: a cross-sectional survey, Mars 2004, *Environmental Health: a global access science source* 2004 3:3.

[49] SEGALA C., POIZEAU D., MACE J-M., Odeurs et santé : enquête épidémiologique descriptive autour d'une usine d'épuration, reçu juillet 2002, *Rev Epidémiologique Santé Publique*, 2003, 51 : 201-214.

[50] PETERS A., GOLDSTEIN IF., BERGER U., *et al.*, Acute Health effects of exposure to high levels of air pollution in Eastern Europe, *Am J Epidemiol* 1996 ; 144 : 570-81.

[51] HIGGINS BJ., FRANCIS HC., YATES CJ., *et al.*, Effects of air pollution on symptoms and peak expiratory flow measurements in subjects with obstructive airways disease, *Thorax*, 1995 ; 50 : 149-55.

[52] YUNESIAN M., ASGHARI F., HOMAYOUN VASH J., HOSSEIN FOROUZANFAR M., Farhud D., Acute symptoms related to air pollution in urban areas: a study protocol, Août 2006, *BMC Public Health* 2006, 6:218.

[53] LAGORIO Susanna, FORASTIERE Francesco, PISTELLI Riccardo, IAVARONE Ivano, MICHELOZZI Paola, FANO Valeria, MARCONI Achille, ZIEMACKI Giovanni and OSTRO Bart D, Air pollution and lung function among susceptible adult subjects: a panel study [en ligne], Mai 2006, *Environmental Health : a Global Access Science source* 2006 5 :11 <<http://www.ehjournal.net/content/pdf/1476-069X-5-11.pdf>> [visité le 8 juin 2007] .

[54] JALALUDIN B B., CHEY T., O'TOOLE B.I., SMITH W.T., CAPON A.G and LEEDER S.R., Acute effects of low levels of ambient ozone on peak expiratory flow rate in a cohort of Australian Children, 2000, *International Journal of Epidemiology*, 29: 549-557.

[55] WARD D J, ROBERTS K T, JONES N, HARRISON R M, AYRES J G, HUSSAIN S and WALTERS S, Effects of daily variation in outdoor particulates and ambient acid species in normal and asthmatic children, 2002, *Thorax*, 57;489-502.

[56] FORSBERG B., STJERNBERG N., LINNÉ R., SEGERSTEDT B., WALL S., Daily air pollution levels and acute asthma in southern Sweden, *European respiratory journal*, 1998, 12: 900-905.

[57], OSTRO B.D., LIPSETT MJ., WIENER MB., SELNER JC. Asthmatic responses to airborne acid aerosols. *Am J Public Health* 1991 ; 81 : 694-702.

[58] JEANNEE N, MOSQUERON L, NEDELLEC V, ELICHEGARAY C, BOUALLALA S, DESQUEYROUX H, GUILLAUME B, LIOUSSE C, LAGACHE R, Evaluation de l'exposition en zone urbaines à la pollution atmosphérique : méthodes existantes et application aux PM10 en France métropolitaine, *Pollution atmosphérique*, n°190, vol 48, avril – juin 2006, pp197-209.

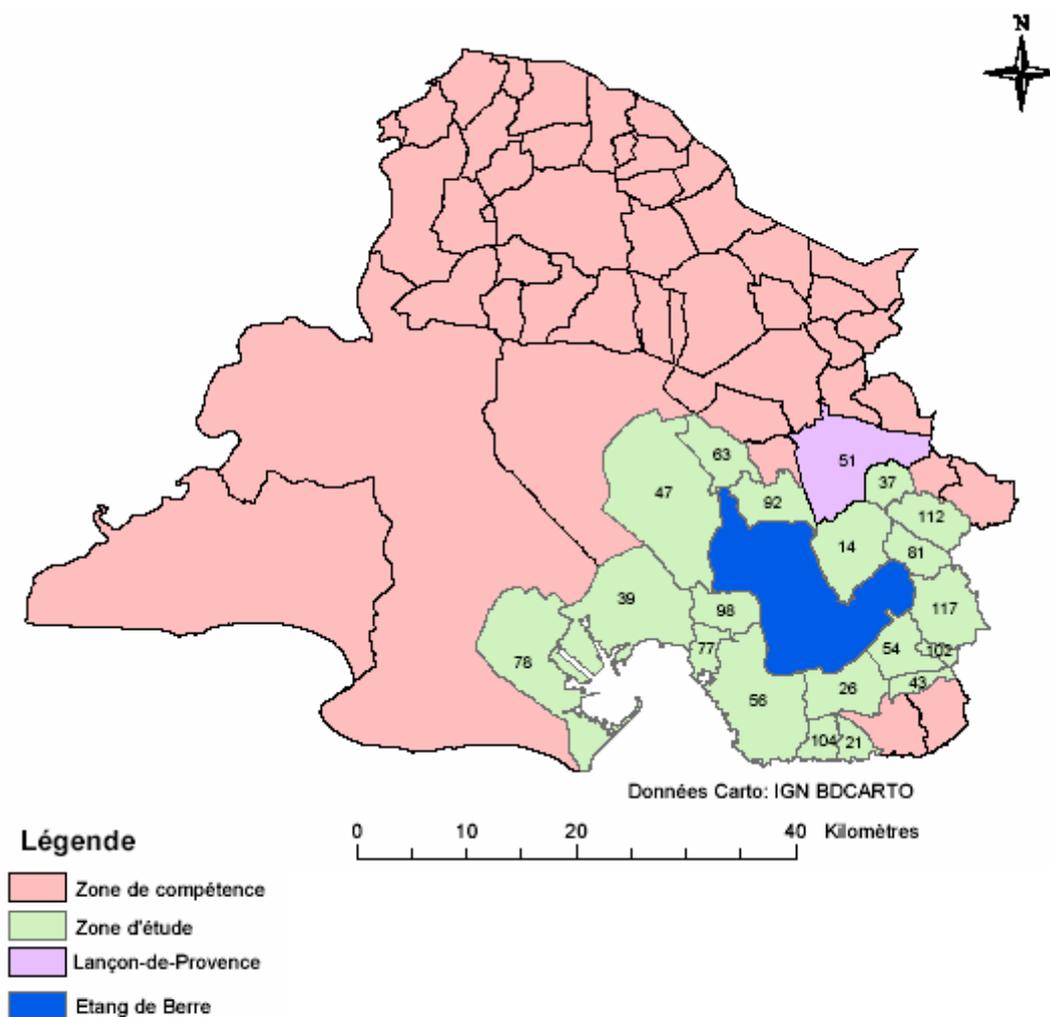
[59] CARRACEDO – MARTINEZ E., FIGUEIRAS A., Tratamiento estadístico de la falta de respuesta en estudios epidemiológicos transversales, 2006, *Salud Pública de México*, vol 48 n°4 pp 341-347.

[60] FIGUEIRAS A., CARRACEDERO – MARTINEZ E., Saez M., Taracido M., Analysis of case-crossover designs using longitudinal approaches, A simulation study, 2005, *Epidemiology*, Vol 16 n°2, 239-246.

Liste des annexes

1.	Zone d'étude	I
2.	Résultats de la surveillance des odeurs en 2006	II
3.	Nez électronique IV	IV
4.	Interview de présentation de l'étude « santé » aux nez	V
5.	Formulaire de consentement	VI
6.	Questionnaire de pré – enquête	VII
7.	Questionnaire santé IX	IX
8.	Consignes de remplissage et d'envoi du questionnaire santé	X
9.	Influence des caractéristiques personnelles lors de l'étude pollution/santé	XI
10.	Effet des polluants atmosphériques présents dans l'Ouest des Bouches-du-Rhône	XIV
11.	Localisation des stations de mesure des polluants par Airfobep	XX
12.	Découpage de la zone d'étude	XXI
13.	Indicateurs de pollution	XXII
14.	Description de la population de la zone d'étude	XXIII
15.	Résultats de la pré – enquête	XXV
16.	Zonage réalisé par Airfobep	XXVII
17.	Corrélations entre les zones d'Airfobep	XXX
18.	Description de la pollution individuelle quotidienne	XXXII
19.	Nouvelles consignes	XXXVI
20.	Test des associations symptômes odeurs	XXXVIII
21.	Abstract	XXXIX

Annexe 1 : Zone d'étude



Commune	N°
Berre-l'étang	14
Carry-le-rouet	21
Châteauneuf-les-Martigues	26
La Fare-les-Oliviers	37
Fos-sur-mer	39
Gignac-la-Nerthe	43
Istres	47
Lançon-de-Provence	51
Marignane	54
Martigues	56
Miramas	63
Port-de-Bouc	77
Port-St-Louis-du-Rhône	78
Rognac	81
St-Chamas	92
St-mitre-les-Remparts	98
St-Victoret	102
Sausset-les-pins	104
Velaux	112
Vitrolles	117

Annexe 2 : Résultats de la surveillance des odeurs en 2006

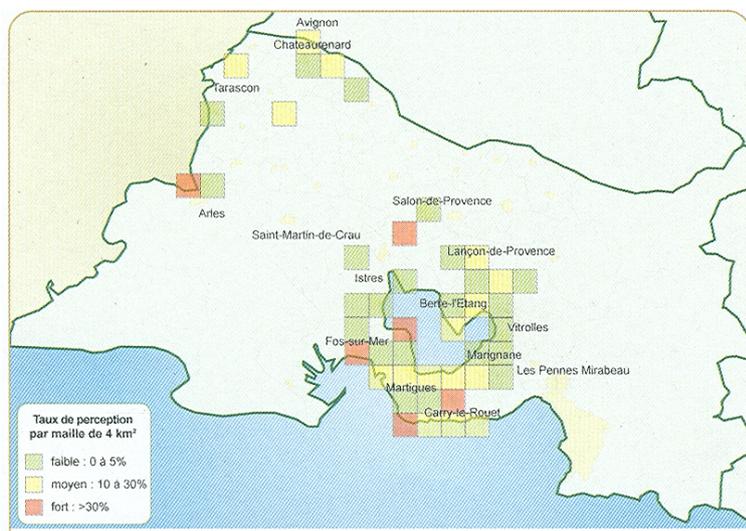
Déroulement des enquêtes :

Durant la semaine d'observation, les journées sont divisées en quatre périodes (22h – 7h ; 7h – 12h ; 12h – 17h ; 17h – 22h). Pour chacune de ces périodes, le nez signale :

- ✓ S'il a observé (il faut qu'il soit chez lui au moment de l'observation), l'heure de l'observation
- ✓ Dans ce cas, si il a perçu une odeur
- ✓ Dans ce cas, il doit qualifier l'intensité de la gêne, et l'origine de l'odeur.

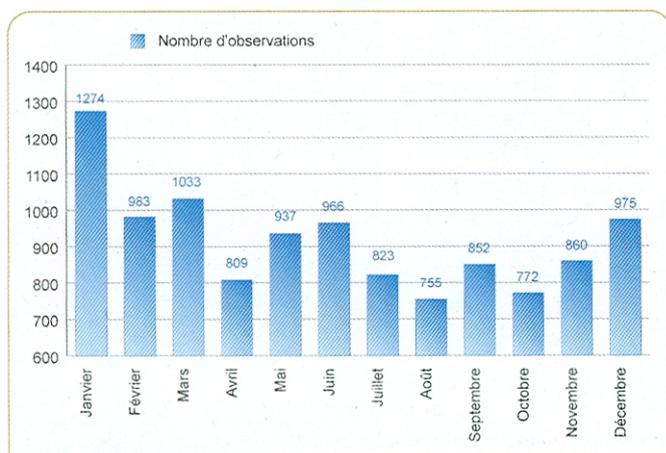
Ces deux derniers paramètres sont considérés comme des paramètres de second niveau, car les nez n'étant pas formés, l'intensité et l'origine sont des paramètres très subjectifs.

Figure 14 : carte des observations 2006 (source : Bilan d'activité 2006, Airfobep)



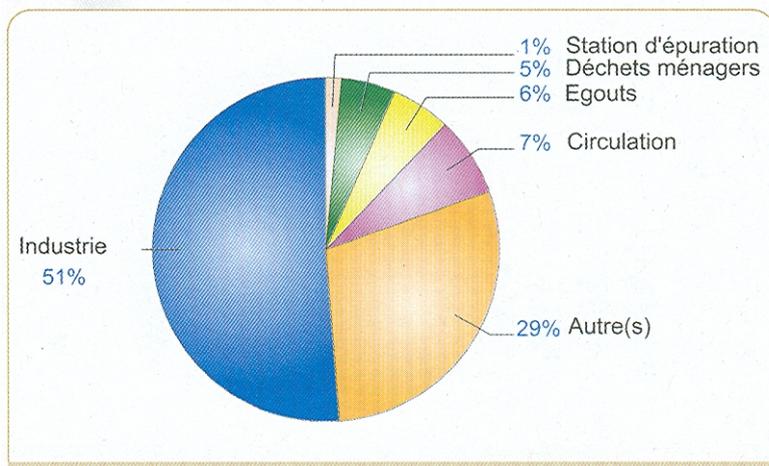
La carte ci-dessus (figure 14) montre parmi les observations effectuées, le pourcentage d'observation concluant à la perception d'une odeur : taux de perception. Les nez sont répartis par zone. Les observations sont réalisées autour de l'étang de Berre et dans le nord ouest du département.

Figure 15 : Nombre d'observation sur l'année 2006 (source : Bilan d'activité 2006, Airfobep)



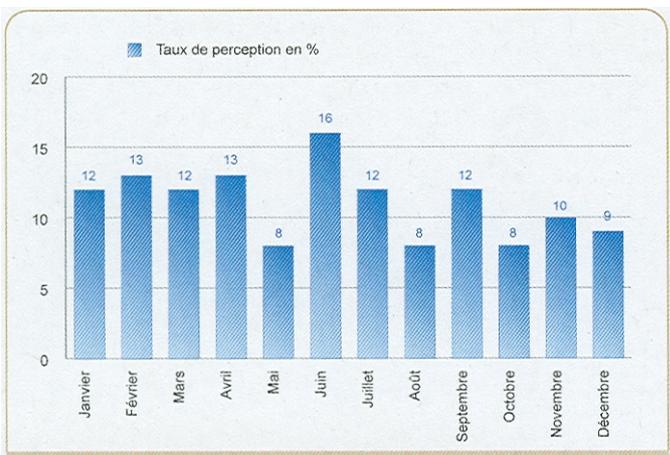
La figure 15 met en évidence le nombre d'observation effectuée chaque mois (au maximum, chaque nez peut en faire 4 par jour, durant la semaine d'observation). On remarque une variation du nombre d'observation selon les mois, mais globalement il est élevé et permet l'obtention d'un échantillon important.

Figure 16 : Origine des observations (source : Bilan d'activité 2006, Airfobep)



La figure 16 met en évidence l'origine principale des odeurs perçues : les industries. Viennent ensuite à égalité, les déchets ménagers, la circulation et les égouts, puis les stations d'épuration. Les origines « autres » représentent une grande part des odeurs (31%).

Figure 17 : taux de perception en 2006 (source : Bilan d'activité 2006, Airfobep)



La figure 17 représente le taux de perception en 2006, pour chaque mois, c'est-à-dire chaque enquête (une semaine par mois). Ce taux ne tient pas compte des non observations. Nous pouvons remarquer qu'il est relativement faible (moins de 20% des observations concluent à la présence d'une gêne), mais très variable. Nous ne voyons pas apparaître de phénomènes de saisonnalité.

ENVIRONNEMENT / Une expérience pilote est menée à Lançon-de-Provence

Un nez électronique pour identifier les odeurs

al
réfi-
pli-
ibu-
nce
une
t de
misé
ans
lisé.
dé-
i-se-
ces
ffec-
"ét",
céré
l'ar-
voir
les
nuit
rdi-

Par Catherine Estève
cesteve@laprovence-presse.fr

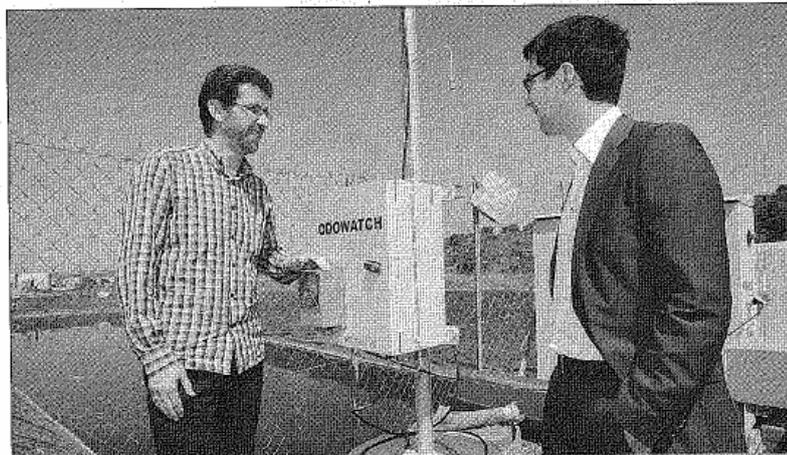
Il n'a du "nez" que le nom, s'apparente plutôt à une boîte avec une tige, mais son rôle est exactement le même que le nez humain. Le nez électronique qui fait sa sortie commerciale officielle en France aujourd'hui, respire les odeurs, les analyse, est capable de hiérarchiser les sources odorantes et même, avec la complicité de sa station météo, peut suivre le panache polluant et donner des informations précises aux exploitants de sites polluants.

La société Odotech, spécialiste mondial de la mesure des odeurs qui a conçu cet outil électronique baptisé "Odowatch" le présente comme "la seule technologie sur le marché capable d'identifier les causes de nuisances olfactives, de les analyser et de restituer des données objectives".

Deux sites pilotes ont été retenus en France pour l'expérience, l'un à Agen chez un spécialiste de l'équarrissage, l'autre à Lançon-de-Provence sur un centre de stockage de déchets ménagers et assimilés et un biocentre de boues industrielles.

Confronté au "jury de nez humains"

"Les analyses des nez électroniques sont comparées aux observations des "jurys de nez" que nous avons mis en place, ce qui permet



► MM. Mesbah d'Airfobep et Micone d'Odotech présentent l'un des nez électroniques installés à Lançon-de-Provence. / PHOTO SERGE GUÉROULT

d'avoir des informations très précises sur la provenance des nuisances", précise Boualem Mesbah, ingénieur d'études à Airfobep (Association pour la surveillance et la qualité de

l'air de la région de l'Étang-de-Berre et l'Ouest des Bouches-du-Rhône).

C'est Airfobep et l'Ademe (Agence de l'environnement) qui sont à l'origine de cette expérience, avec le

concours de la société Ortec qui a accepté l'installation des nez électroniques sur son site.

"Mais toutes les gênes ressenties par les riverains ne viennent pas forcément de ce site, c'est tout l'intérêt d'Odowatch qui permet de connaître les origines des odeurs. Et il peut y avoir des surprises", précise Philippe Micone, directeur d'Odotech. Il doit rendre public d'ici à quelques semaines, les résultats de l'expérience pilote menée à Lançon.

"Nous les attendons avec impatience, ce sera un bon indicateur pour des aménagements futurs", précise en réponse Ludovic Romero, le directeur d'exploitation d'Ortec. Une impatience partagée, on l'imagine, par l'ensemble des riverains. ■

LE COMMENTAIRE

Georges Virlogeux, le maire de Lançon-de-Provence, doit gérer de nombreuses nuisances. Dans le Val-de-Sibourg, un millier d'habitants vivent entre l'autoroute et la décharge et se plaignent de nuisances sonores et surtout olfactives. En cause, l'autoroute, les camions, mais aussi la pollution qui vient du site industriel de Berre et les odeurs générées par le traitement des déchets. Pour le maire, la situation n'est pas simple : "Le CLQ a beaucoup agi pour faire émerger des idées et éviter les conflits, mais trouver des solutions n'est pas simple". Il compte sur les nez électroniques pour déterminer l'origine et la quantité de pollution qui, même si elle n'est pas toxique, gêne la population. Il compte aussi sur la bonne volonté des exploitants pour faire des aménagements et s'adapter. C.E.

res
d'as-

Source : [http://www.sro-](http://www.sro-paca.org/lib/objects_management/contenair/UN_NEZ_ELECTRONIQUE_Lanç.doc)

[paca.org/lib/objects_management/contenair/UN_NEZ_ELECTRONIQUE Lanç.doc](http://www.sro-paca.org/lib/objects_management/contenair/UN_NEZ_ELECTRONIQUE_Lanç.doc)
c;on Provence.doc juin 2007

Annexe 4 : Interview de la présentation de l'étude « santé » aux nez

Le dossier

ENQUETE : La pollution rend-elle malade ?

L'InVS (Institut de veille sanitaire) compte sur le jury de nez pour mener une étude aux implications importantes : la concentration des polluants de l'air a-t-elle un effet rapide sur les symptômes ressentis par les résidents ?

La pollution atmosphérique est-elle directement responsable d'affections chez des gens a priori bien portants ? Une réponse claire aurait des répercussions dans les politiques publiques. Mais jusqu'aujourd'hui "les enquêtes s'intéressent surtout aux hospitalisations, ou aux décès, c'est-à-dire à l'action de la pollution de l'air sur des gens déjà malades" insiste Jean-Luc Lasalle. Ingénieur du génie sanitaire à la Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud, antenne de l'Institut de veille sanitaire (InVS) en Paca, celui-ci compte sur le jury de nez, autour de l'étang de Berre, pour "voir si une augmentation de certains symptômes chez les gens correspond à une augmentation des concentrations de polluants dans l'air".

L'étude, menée par l'InVS, aura lieu de juin 2007 à juin 2008 auprès d'un échantillon de population choisi parmi les volontaires qui, chaque mois, renseignent la Surveillance Régionale des Odeurs. "Ils recevront d'AIRFOBEP, chaque mois avec leur grille à remplir, un document spécifique, où ils porteront les symptômes ressentis, comme des maux de tête, une irritation oculaire, ou une crise d'asthme" précise M. Lasalle. Les résultats seront croisés avec des données météo et avec les mesures des concentrations des polluants dans l'air. L'enquête, qui serait menée par zone géographique, devrait renseigner l'InVS "sur l'influence que peut avoir la pollution sur des maladies moins graves que celles qui conduisent à l'hôpital", dicit J-L Lasalle. Moins graves certes, mais sacrément gênantes.

Les volontaires qui rempliront les questionnaires, auront au préalable donné, en toute confidentialité, quelques renseignements personnels propres à bien cadrer une enquête statistique. Celle-ci est d'ailleurs déclarée à la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL). Ils recevront aussi un bilan d'étape à mi-parcours de l'étude, et seront informés des résultats finaux, en principe fin 2008. Pour que cette étude soit pertinente, il leur faudra surtout répondre aux questionnaires avec une belle régularité. On leur demandera de faire une observation par jour, une semaine par mois, la même qu'ils consacrent déjà aux questionnaires "odeurs". Ces quelques coups de crayon de quelques uns, pourraient demain éviter pilules et broncho dilatateurs à beaucoup.



Jean-Luc Lasalle (InVS Paca) : "Il nous reste à savoir comment la pollution affecte la santé des gens bien portants".

→ appel à "bénévoles"

La Surveillance Régionale des Odeurs recherche en permanence des nez bénévoles. Si une personne de votre entourage souhaite participer aux futures campagnes d'observation, proposez-lui de nous contacter : Etang de Berre et Ouest des Bouches-du-Rhône : AIRFOBEP / 04 42 13 01 20

→ Signalez une gêne olfactive

► N° Vert 0 800 17 56 17



Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. : 04 42 13 01 20 • Fax : 04 42 13 01 29
E-mail : airfobep@airfobep.org
Site : www.airfobep.org

Pilote de la mission régionale
« Surveillance des odeurs »

Avec le soutien de



Pollution atmosphérique et santé autour de l'étang de Berre Utilisation du réseau régional de surveillance des odeurs en région Paca

Consentement de participation

La cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) Sud réalise, en collaboration avec l'association Airfobep, une étude visant à évaluer les effets à court terme de la pollution atmosphérique autour de l'étang de Berre.

Les informations recueillies feront l'objet d'un traitement informatique, qui a reçu un avis favorable de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés. Elles seront analysées par le personnel de la Cire Sud qui est soumis au secret professionnel.

En donnant mon consentement pour participer à cette étude, j'accepte de répondre à un questionnaire de pré – enquête concernant mes caractéristiques personnelles (âge, catégorie socioprofessionnelle, maladies chroniques ...) et au questionnaire « santé » au moment des campagnes mensuelles d'observations des odeurs. J'accepte que les données non nominatives me concernant, recueillies à l'occasion de cette étude, puissent faire l'objet d'un traitement automatisé par les organisateurs de l'étude et d'un rapport d'étude global.

Le droit d'accès et de rectification prévu par la loi « Informatique et Liberté » (loi du 6 janvier 1978 modifiée le 1^{er} juillet 1994 – article 40-4) s'exerce à tout moment auprès des responsables de l'étude. Les données recueillies demeureront strictement confidentielles.

Je pourrais à tout moment demander toute information complémentaire au Docteur Philippe MALFAIT Cellule Interrégionale d'Epidémiologie Sud – DRASS PACA – 23/25, rue Borde – 12385 Marseille cedex 8

Tel (secrétariat) : 04 91 29 93 87 – courriel : philippe.malfait@sante.gouv.fr.

Je pourrais également retirer mon consentement à tout moment, quelles que soient mes raisons.

J'accepte de participer à l'étude « santé »

Je refuse de participer à l'étude « santé »

A titre indicatif, et si vous le souhaitez, merci de nous indiquer pourquoi vous ne souhaitez pas participer à l'étude :

(Nom, Prénom et signature de la personne donnant le consentement)

n° d'observateur :.....

Exemplaire à conserver

Cire Sud

Pollution atmosphérique et santé autour de l'étang de Berre
Utilisation du réseau régional de surveillance des odeurs en région Paca

Questionnaire de pré – enquête

Observateur n°

Sexe Homme Femme

Date de naissance ___ / ___ / ___

Catégorie socioprofessionnelle¹

- Agriculteur exploitant
- Artisan, commerçant, chef d'entreprise
- Cadre et profession intellectuelle supérieure
- Profession intermédiaire
- Employé
- Ouvrier
- Retraité
- Autre, sans activité
- Ne sait pas, préciser

Souffrez-vous d'une maladie chronique de type cardiovasculaire ?

Oui Non Ne sait pas

Si oui, préciser

- Hypertension Artérielle
- Insuffisance cardiaque
- Antécédent d'infarctus du myocarde
- Angine de poitrine
- Autre :

Souffrez-vous d'une maladie chronique de type respiratoire ?

Oui Non Ne sait pas

Si oui, préciser

- Asthme
- Emphysème
- Bronchite chronique
- Insuffisance respiratoire chronique
- Sinusite chronique
- Autre :

Tournez la page SVP ↵

¹ Classification Insee

Etes-vous allergique ? Oui Non Ne sait pas

Si oui, préciser à quoi (possibilité de cocher plusieurs réponses)

- Pollens d'arbres
- Graminées
- Acariens
- Moisissures
- Poils de chat, chiens, rongeurs
- Plumes
- Autres

Si oui, préciser quel type de maladie

- Asthme
- Rhume des foins, rhinite, éternuement
- Conjonctivite allergique
- Eczéma, urticaire, démangeaison
- Autre

Etes-vous fumeur ? Oui Non Ancien fumeur

Si vous êtes fumeur, - nombre de cigarettes fumées par jour

- depuis combien de temps fumez-vous ?

Si vous êtes ancien fumeur, depuis combien de temps avez-vous arrêté ?

Annexe 7 : Questionnaire Santé



Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud

Période du lundi au dimanche 2007
Pollution atmosphérique et santé autour de l'étang de Berre

N° d'observateur :

Questionnaire « santé »

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Absent(e)	<input type="checkbox"/>						
Symptômes	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Aucun symptôme	<input type="checkbox"/>						
Maux de tête	<input type="checkbox"/>						
Nausées/vomissements	<input type="checkbox"/>						
Vertiges	<input type="checkbox"/>						
Douleurs articulaires	<input type="checkbox"/>						
Grande fatigue/malaise	<input type="checkbox"/>						
Diarrhée	<input type="checkbox"/>						
Troubles du sommeil	<input type="checkbox"/>						
Irritation des yeux	<input type="checkbox"/>						
Yeux qui coulent	<input type="checkbox"/>						
Yeux qui brûlent	<input type="checkbox"/>						
Bouche ou gorge sèche	<input type="checkbox"/>						
Mal à la gorge	<input type="checkbox"/>						
Nez qui coule	<input type="checkbox"/>						
Nez bouché	<input type="checkbox"/>						
Eternuements	<input type="checkbox"/>						
Toux	<input type="checkbox"/>						
Difficulté à respirer	<input type="checkbox"/>						
Sifflements poitrine	<input type="checkbox"/>						
Crise d'asthme	<input type="checkbox"/>						

Au cours de cette semaine avez-vous consulté votre médecin ? Oui Non

Si OUI, précisez le jour

pour quelle pathologie ?

Commentaires :

Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud

Consignes concernant le questionnaire « santé »

Vous avez accepté de participer à l'enquête « santé » menée par la Cire Sud.

Vous trouverez ci-joint le questionnaire « santé » à compléter lors de la semaine de surveillance des odeurs.

Voici les consignes qui vous guideront dans son remplissage et son envoi.

Merci encore de votre collaboration !

Remplissage

- Les observations sanitaires sont réalisées lors de la semaine d'observations olfactives à l'aide d'un questionnaire spécifique.
- Le questionnaire « santé » doit toujours être complété par la même personne, celle qui a rempli le questionnaire de pré-enquête.
- Remplissez le questionnaire « santé » dans tous les cas :
 - ✓ En cas d'absence lors d'une journée, le mentionner clairement dans la case réservée à cet effet.
 - ✓ Si vous n'avez ressenti aucun symptôme, cochez la case adéquate.
- Sont à signaler tous les symptômes ressentis au cours d'une journée.
- Au cours d'une même journée, plusieurs symptômes peuvent être signalés.
- Vous pouvez compléter le questionnaire par des commentaires libres

Envoi des questionnaires

- Le questionnaire complété doit être remis dans l'enveloppe intitulée « Questionnaire « santé » – Cire Sud »
- Fermez l'enveloppe et glissez la dans l'enveloppe T fournie par Airfobep : l'ensemble des informations recueillies (fiches journalières d'observations olfactives et questionnaire « santé ») sera envoyé à Airfobep selon les modalités habituelles.

Nous restons à votre disposition au numéro ci-dessous pour tout renseignement complémentaire.

Annexe 9 : Influence des caractéristiques personnelles lors de l'étude pollution/santé.

De nombreuses études ont eu pour objectif de mettre en évidence un lien entre l'association pollution atmosphérique – effet sur la santé et le niveau socio économique des personnes [19, 20, 21]. En parallèle des études se sont intéressées aux inégalités sociales sur le plan de la santé.

L'enquête décennale santé [22] est réalisée par l'Insee tous les 10 ans. Elle a pour objectif d'appréhender la consommation individuelle annuelle de soins et de prévention, la morbidité déclarée incidente et prévalente ainsi que la santé perçue, et enfin, de mettre en relation les consommations de soins avec l'état de santé déclaré et les caractéristiques sociodémographiques des individus.

De larges différences sont observées suivant l'âge, le genre des personnes, mais aussi selon leur niveau d'éducation ainsi que leur revenu c'est-à-dire leur statut socio économique [23].

Concernant les maladies chroniques [22], 31% des personnes interrogées déclarent en souffrir. La morbidité augmente avec l'âge. De plus elle est toujours plus élevée chez les femmes que chez les hommes.

Par ailleurs, les personnes âgées sont plus susceptibles d'avoir des symptômes présentés dans notre questionnaire. Il en va de même pour les catégories socioprofessionnelles et le sexe, puisque globalement, la santé perçue par les femmes est moins bonne que celle perçue par les hommes [24].

Les différences de mortalité entre catégories socioprofessionnelles résultent de plusieurs types de facteurs. C'est d'ailleurs le cumul de ces facteurs plutôt que chacun d'entre eux pris isolément qui explique *in fine* les différences de mortalité [25].

Parmi ces facteurs on peut citer :

- des facteurs liés aux conditions de travail, ainsi qu'à la façon de vivre son travail : Certaines catégories sont plus sujettes à des horaires de travail décalés et à une instabilité des parcours professionnels, qui affectent l'état de santé et donc la mortalité. Les conditions de travail jouent plutôt en défaveur des travailleurs les moins qualifiés.

- des facteurs liés aux modes de vie :

Il existe notamment des différences sociales importantes en termes d'attention portée à sa santé, de prévention, ainsi que dans le recours aux soins. En particulier, les catégories les moins favorisées consultent plus tardivement que les autres et fument et consomment aussi davantage d'alcool. Ces différences sont plus marquées pour les hommes que pour les femmes.

Par ailleurs, Il apparaît que souvent, le statut socio économique est relié à une exposition à la pollution plus importante [19]. En effet, les personnes qui ont des faibles revenus résident en général dans des zones plus polluées que les gens aisés [19, 20]. Par ailleurs, souvent, les faibles statuts socio économiques correspondent à des emplois à risque, comme par exemple le travail dans l'industrie sidérurgique [20]. Les expositions professionnelles à des substances toxiques sont alors plus fréquentes et auront un effet plus important sur la santé lorsqu'elles sont combinées au niveau ambiant de pollution. Dans de telles études, le niveau de pollution est lui-même corrélé au niveau socio-économique de la population, ce qui crée un biais de confusion. Par contre, une étude [21] n'a pas mis en évidence de modification de l'association pollution atmosphérique – santé en fonction du niveau d'éducation, ou des revenus de quartiers des résidences.

Dans les années 1990, les maladies respiratoires et le diabète étaient les causes principales de surmortalité des employés et ouvriers par rapport aux cadres [26]. Enfin, la relation entre Catégorie socioprofessionnelle ou sexe et santé et davantage marquée chez les 50-64 ans [27]. De plus, nous pouvons noter que au-delà d'une dégradation réelle de l'état de santé, le questionnement sur sa perception est perçu comme un moyen de révéler son mal être ou une souffrance difficiles à exprimer autrement. [22]

Par ailleurs, les comportements à risque comme le tabagisme, sont importants à signaler, étant donné que nous recherchons des symptômes essentiellement respiratoires. Ces comportements varient fortement selon la catégorie sociale [25]. En effet, le tabagisme est un comportement observé plus fréquemment au sein des catégories socioprofessionnelles défavorisées [28]. C'est surtout la capacité des personnes à arrêter de fumer qui est associée à leur niveau socioéconomique [23]. Le fait de cesser de fumer diminue les risques de maladies cardiovasculaires, dès la deuxième année d'arrêt. Au bout de 10 à 14 ans d'arrêt de fumer, les anciens fumeurs et les non fumeurs présentent les mêmes risques au regard des maladies cardiovasculaires [29, 30].

C'est la raison pour laquelle, il est important pour nous de distinguer les anciens fumeurs de moins de 2 ans qui pourront être considérés comme des fumeurs, ceux de plus de 10 ans, qui pourront être considérés comme des non fumeurs, et enfin ceux qui ont arrêté de fumer depuis 2 à 10 ans, qui seront considérés comme des anciens fumeurs.

Le cas des allergies est particulier. En effet, des études montrent que les allergies seraient causées en partie par la pollution atmosphérique. C'est le cas d'une étude réalisée sur des enfants par Isabella Annesi-Maesano et qui devrait être publiée en juin dans la revue *Respiratory medicine*. [31]

Annexe 10 : Effets des polluants présents dans l'ouest des Bouches-du-Rhône.

Le dioxyde de Soufre (SO₂) :

Le SO₂ est un gaz irritant fortement soluble dans l'eau. Le SO₂ est surtout adsorbé au niveau des voies aériennes supérieures mais il peut atteindre les voies inférieures au cours d'une activité physique intense ou s'il est adsorbé sur des particules [4] [34].

Lors des études toxicologiques, la réponse au SO₂ est détectée dans les 2 premières minutes d'exposition puis augmente dans les trois minutes suivantes, suite à un pic d'exposition [3]. Ce type d'exposition favorise également l'apparition de la toux et de sifflements. Chez les personnes sensibles (enfants, patients souffrant déjà de troubles respiratoires chroniques), l'exposition va se manifester sous la forme d'une broncho constriction (similaire à une crise d'asthme) qui se dissipe en une heure après la fin de l'exposition. Une telle exposition ne provoque pas de réaction retardée [3]. Pour cela, il faut une exposition de 40 minutes à 1ppm soit 2,66mg/m³, valeur qui n'est jamais atteinte dans la région étudiée [6].

Une exposition au SO₂ sur de longues périodes à des niveaux moyens journaliers faibles est significativement corrélée à la survenue de différents événements sanitaires tels que l'hospitalisation pour maladies respiratoires et cardiovasculaires ischémiques, l'exacerbation de crises d'asthme, l'aggravation des insuffisances respiratoires chroniques et les décès pour pathologies cardio-vasculaires [4] [34].

Les symptômes reliés à ces niveaux de SO₂, en général après un délai de 3 ou 4 jours, sont la toux grasse, les sifflements, une gêne respiratoire, des crises d'asthme [3]. Ce sont ces derniers symptômes qui nous intéressent dans notre étude, car ils apparaissent pour des concentrations retrouvées dans l'air ambiant. Ce sont également les symptômes retenus par Airfobep dans le bilan de la qualité de l'air de 2005 [5].

L'ozone (O₃)

L'ozone est un polluant photochimique à propriétés oxydantes qui se forme dans l'air sous l'effet du rayonnement solaire par transformation chimique de polluants primaires (oxydes d'azote, composés organiques volatils et monoxyde de carbone) [4] [34].

L'ozone est susceptible de pénétrer en profondeur dans les voies respiratoires. C'est un gaz oxydant qui, au niveau cellulaire, provoque une réaction inflammatoire bronchique avec libération de médiateurs pouvant entraîner des lésions du tissu pulmonaire. Cette inflammation des voies respiratoires s'accompagne d'une hyper réactivité bronchique.

Les études expérimentales ont montré qu'une exposition contrôlée temporaire entraîne des effets allant d'une diminution significative de la fonction ventilatoire chez l'adulte (600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant 2 heures) à une baisse de 2 à 3% de la fonction respiratoire chez l'adulte et l'enfant au cours d'un effort intense (concentrations supérieures à 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et pour toute augmentation de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [4].

La diminution de la fonction ventilatoire chez l'adulte n'est pas observable dans la population étudiée, car même lors des plus grands pics de pollution à l'ozone (été 2003), la valeur maximale atteinte a été 417 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ [36].

Lors d'une exposition à l'ozone, les manifestations cliniques les plus fréquemment rencontrées sont une toux sèche, une gêne respiratoire et une douleur à l'inspiration profonde. On note aussi, de façon moins fréquente, la présence d'un essoufflement et d'une irritation de la gorge et du nez [3]. Il n'y a jamais d'autres symptômes lors des études expérimentales.

En revanche, les études épidémiologiques mettent en évidence une irritation oculaire, également signalée dans le bilan d'Airfobep [5]. Les effets de l'ozone sur la santé dépendent de la dose effective reçue (elle-même liée à la concentration, la durée d'exposition et la ventilation pulmonaire) et présentent une forte variabilité individuelle [34].

Les symptômes apparaissent quelque soit le niveau d'exposition, il s'agit d'un effet sans seuil. Mais si la concentration augmente les symptômes surviennent plus tôt et leur nombre ainsi que l'effectif des gens qui les déclarent augmente [3].

L'ozone n'est responsable que de perturbations transitoires, puisque aucune modification résiduelle ne subsiste après 24h s'il n'y a plus d'exposition, ce résultat est obtenu lors d'études expérimentales [3].

En cas d'expositions contrôlées répétées, les effets sont accentués les 48 premières heures puis un phénomène d'adaptation se manifeste le 3^{ème} jour par une atténuation des effets et leur disparition les 4^{ème} et 5^{ème} jours. Ce phénomène disparaît totalement en deux semaines [4], [3], [6], [34].

Ceci n'est vrai que dans le cadre des études toxicologiques, puisque lors des études épidémiologiques, l'ozone n'est pas pur. Il est mélangé à un ensemble de molécules qui agissent sur l'organisme également et qui sont comptabilisées comme l'ozone, car elles ont les mêmes propriétés chimiques.

Populations sensibles [6] :

Les enfants, les fumeurs les bronchitiques chroniques (concentration < 0,25ppm) ne présentent pas de différence significative au regard de la réactivité à l'ozone.

Au contraire, les sportifs, et les asthmatiques sont plus sensibles que le reste de la population.

Les oxydes d'azote NOX :

Le NO₂ (dioxyde d'azote) est un oxydant puissant moins soluble dans l'eau que le SO₂. Il pénètre dans les voies aériennes inférieures notamment les bronchioles. Au niveau cellulaire le NO₂ provoque des lésions inflammatoires de l'épithélium de type oxydatif avec libération de médiateurs chimiques et de radicaux libres [34].

Chez les personnes saines, on observe le plus souvent une irritation des yeux, du nez et de la gorge, mais aussi une augmentation de la résistance des voies aériennes d'expositions supérieures (altération de la mécanique ventilatoire selon l'Ineris [6]) pour 2 700 µg/m³. Par contre, il n'y aurait pas d'effets notables en dessous de 1 800 µg/m³. Ces valeurs sont nettement en dessous des valeurs seuils définies dans le décret n°2002-213 du 15/02/2002 [4], [34].

Les symptômes suite à une exposition courte au NO (monoxyde d'azote) sont dus à des concentrations très élevées, non retrouvées dans notre zone : 100 mg/m³ pendant 15 minutes entraînent une hyperréactivité bronchique [6]

Une étude montre qu'après une exposition prolongée à une concentration supérieure à 1 800 µg/m³, l'hyperréactivité bronchique augmenterait.

Chez les personnes asthmatiques, une exposition préalable au NO₂ favoriserait l'apparition de crises d'asthmes. Cette exposition doit avoir lieu dans les 24h précédant la crise [6].

Il est donc important de tenir compte des expositions préalables aux oxydes d'azote (essentiellement le dioxyde d'azote) [3].

Un certain nombre d'études épidémiologiques a aussi permis d'évaluer les effets à court terme de la pollution par le dioxyde d'azote sur la santé. Il apparaît que l'augmentation des niveaux de NO₂ est corrélée à une augmentation de la mortalité et des hospitalisations pour pathologies respiratoires [5] [34].

Les particules :

L'effet des particules dépend de leur taille. Les particules les plus grosses se déposent sur la muqueuse de l'oropharynx et sont dégluties, la voie de pénétration principale est donc digestive. Les particules fines se déposent sur l'arbre trachéo-bronchique et vont atteindre les alvéoles pulmonaires [34].

Les effets biologiques des particules [3], peuvent être classés schématiquement selon trois rubriques :

(1) Réactions inflammatoires non spécifiques, l'intensité de l'inflammation dépend de la taille des particules,

(2) Effets génotoxiques et cancérogènes, les effets cancérogènes observés dans certaines études (Pope) sont liés à la présence de molécules cancérogènes adsorbées à la surface des particules émises par les véhicules diesels,

(3) Effets immunotoxiques et allergiques. L'effet allergisant des particules suivrait deux mécanismes, une augmentation de la synthèse des anticorps IgE résultant de l'activation des cellules du système immunitaire d'une part et une modification du pouvoir antigénique de certains pollens d'autre part [34].

Des études épidémiologiques ont mis en évidence un lien privilégié des particules avec l'exacerbation des signes cliniques chez l'asthmatique.

Ce sont les personnes âgées dont l'état respiratoire préexistant est le plus dégradé qui sont les principales victimes des variations quotidiennes de la qualité de l'air. [3]

Enfin, récemment a été décrit un effet des particules sur l'appareil cardiovasculaire en mettant en évidence une association entre particules et saturation de l'oxygène sanguin, viscosité plasmatique et pression sanguine. De nombreuses études épidémiologiques ont mis en évidence des associations à court terme entre les niveaux ambiants de particules et une augmentation de la mortalité, des admissions hospitalières et des consultations médicales. Ces effets concernent l'appareil respiratoire mais également l'appareil cardiovasculaire. Les études concernant les effets à long terme sont moins nombreuses mais leurs résultats vont dans le sens d'un effet délétère lié à une exposition chronique aux particules, sur l'appareil cardio-pulmonaire en particulier [4] [34].

Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est un polluant ubiquitaire redouté sur le plan sanitaire, à cause de la quantité de décès dont il est responsable chaque année. Il s'agit essentiellement d'un risque en milieu intérieur.

En milieu extérieur, la source principale de ce polluant est le trafic routier. Le risque est d'autant plus élevé que l'on se situe en milieu confiné. Les premiers symptômes sont des maux de tête et des vertiges [3].

Nous ne retiendrons pas ce polluant dans l'étude, car il s'agit majoritairement d'un polluant du milieu intérieur ou assimilé. En effet, il se dégrade très vite en milieu extérieur. A température ambiante il se dégrade en dioxyde de carbone et en carbone [7].

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Dans l'environnement, les HAP sont retrouvés dans tous les milieux que ce soit l'air, l'eau et les sols, ainsi que dans les aliments usuellement consommés, qu'ils soient

d'origine animale ou végétale. Dans l'air, ils se présentent, pour les HAP les plus légers, sous forme gazeuse, mais ils sont surtout trouvés sous forme particulaire [3].

Aucun symptôme aigu par inhalation n'est attribuable à ce jour, aux HAP.

Les confrontations entre les données épidémiologiques et les travaux expérimentaux conduits chez l'animal ont conduit les instances internationales compétentes à classer certains HAP comme des cancérrogènes probables ou possibles. (Catégories 2 A ou 2 B du CIRC).

Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les COV sont souvent présents dans l'air intérieur. Le plus fréquent est le formaldéhyde [3]. Leurs effets sont très variables allant de la simple gêne olfactive à des effets mutagènes et cancérrogènes, en passant par des irritations et des diminutions de la capacité respiratoire. [5].

Le seuil de détection olfactif est de 60 à 1 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alors qu'il n'y a pas d'effets chez l'homme en dessous de 3 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En revanche, des symptômes d'irritation oculaire peuvent apparaître dès 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [3], soit bien avant la détection olfactive.

Le formaldéhyde est très irritant pour le nez, la gorge et les yeux, à de très faibles concentrations (0,25 à 2 mg/m^3). [6] Toutefois, ces valeurs restent très élevées pour l'étude que nous faisons, puisqu'il s'agit d'une pollution essentiellement intérieure.

Depuis 1995, le formaldéhyde est classé parmi les produits cancérrogènes probables pour l'homme – Groupe II A, selon le Centre International de Recherche sur le Cancer – (CIRC 1995).

Le benzène

Le benzène est un Composé Organique Volatil, mais à cause de son importance (présence et effets), il est traité à part. Pour ces mêmes raisons, le réseau de surveillance le mesure distinctement des autres COV.

Le benzène est un cancérrogène certain chez l'homme (groupe 1 de l'IARC). Aux Etats-Unis, l'EPA estime que 70 décès par cancer et par an sont imputables au benzène dans l'environnement [3]. La voie principale d'exposition au benzène chez l'homme est l'inhalation.

Les métaux lourds

Les 4 principaux métaux lourds sont :Le plomb, le cadmium, l'arsenic et le nickel. L'inhalation de ces métaux même à faible quantité, peut conduire à des niveaux de concentrations toxiques (le cadmium peut conduire à des intoxications rénales et le plomb du système nerveux) ou cancérigènes (arsenic et nickel) par bio-accumulation.

Le plomb et le cadmium ne présentent pas d'effet aigu par inhalation.

En milieu ambiant, les accidents respiratoires dus au nickel ou à l'arsenic ne se produisent pas. Les risques sont essentiellement professionnels.

Nous ne conserverons donc pas les métaux lourds lors de notre étude.

Les dioxines

Les dioxines sont produites au cours des procédés de combustion naturelle incomplète.

Les études épidémiologiques s'appuient sur des accidents au cours desquels une partie de la population a été inhabituellement exposée à ces dioxines. Les effets retrouvés ne rentrent donc pas dans le cadre de notre étude, du fait des fortes concentrations [6]. Un type de dioxine (la TCD) [2, 3, 7, 8] est classée cancérigène pour l'homme par le CIRC et l'US EPA. Les autres sont considérées comme non classables par le CIRC.

Ce polluant ne sera pas pris en compte dans notre étude, étant donné qu'il n'est pas responsable d'effets à court terme suite à des niveaux ambiants de pollution.

L'hydrogène sulfuré

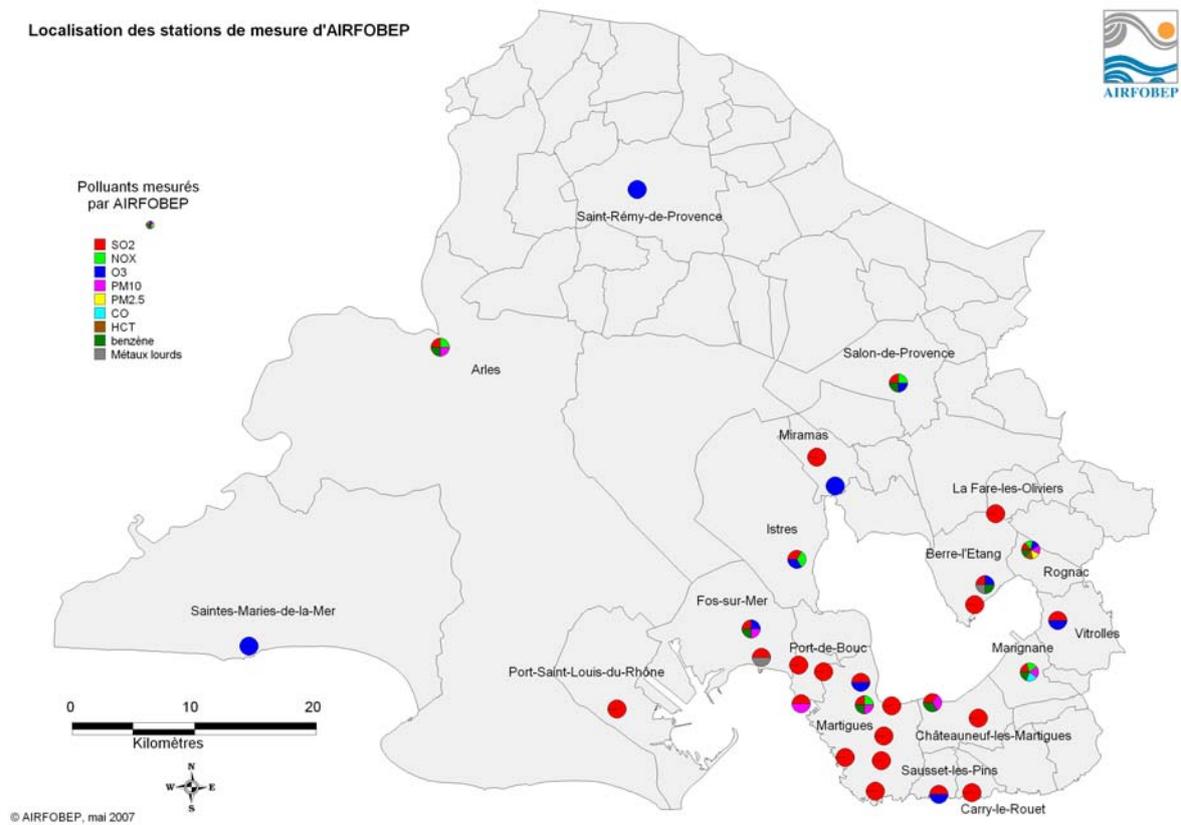
Peu de données sont disponibles dans la littérature concernant ce polluant.

Il s'agit d'un gaz réglementé dans le cadre du travail. En effet, pour des fortes concentrations (1000ppm), il peut entraîner la mort en quelques minutes [7].

Pour des concentrations moindres (100 ppm), ce sont des manifestations plus discrètes comme une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires se traduisant par une conjonctivite et une rhinite.

L'exposition prolongée au sulfure d'hydrogène peut être à l'origine de bronchites irritatives et d'une irritation cutanée. Les effets de ce gaz sont valables pour des concentrations supérieures à ce que l'on retrouve en milieu ambiant.

Annexe 11 : localisation des stations de mesure des polluants par Airfobep



Annexe 12 : Découpage de la zone d'étude

Pour chaque polluant, Airfobep a découpé la zone de surveillance en zones homogènes du point de vue de la qualité de l'air, ou UTEP (Unités Territoriales d'Evaluation Préliminaire de la qualité de l'air). Puis à partir de ces UTEP, ils ont délimité des Aires de Surveillance (AS), dont le niveau de pollution détermine le choix des outils et les méthodes de surveillance [43].

Pour définir ces zones, Airfobep a utilisé différentes données :

- ✓ Les émissions (définition = 1km²),
- ✓ Répartition (modélisation lorsqu'elle existe),
- ✓ Météo (zonage),
- ✓ Pollution mesurée (temporairement ou en permanence),
- ✓ Récepteurs de la pollution (population, milieu naturel...).

En fonction du niveau de pollution, la surveillance mise en place va être différente. Il faut prendre en compte les seuils d'évaluation des valeurs limites pour la protection de la santé fixés dans les directives européennes.

C'est-à-dire que lorsque on dépasse le seuil maximal de protection de la santé humaine, il faut faire des mesures, complétées éventuellement par de la modélisation. En dessous du seuil minimal, la modélisation suffit, entre ces deux seuils, il faut coupler les mesures à la modélisation.

Pour chaque polluant, un niveau d'incertitude est attribué à selon la méthode de surveillance mise en place.

Ainsi à chaque UTEP, un niveau de surveillance est attribué Les aires de surveillance regroupent les Utep de même niveau de surveillance.

Donc pour chaque polluant, la zone d'étude est découpée en unités homogènes de pollution mises en évidence sur une carte d'homogénéité.

Annexe 13 : Indicateurs de pollution

Airfobep utilise des indicateurs de pollution qui sont [36] :

- ✓ Pour la pollution de pointe :
 - les dépassements de seuil d'information et de recommandation de la population,
 - les dépassements de seuil d'alerte,
- ✓ Pour la pollution moyenne, les dépassements de l'objectif de qualité.

Tableau 12 : Valeurs seuils des polluants retenus dans l'étude (NR= Non Renseigné)

Polluant	Seuil d'information et de recommandation	Seuil d'alerte	objectif de qualité
Ozone	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ (3)	(2) 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ dépassé pendant 3h consécutives 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ dépassé pendant 3h consécutives 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ en moyenne horaire	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ sur 8h (1)
Dioxyde de soufre (1)	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dioxyde d'azote (1)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ en moyenne horaire ou 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ si procédure d'information déclenchée la veille + prévisions météo	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Particules (1)	NR	NR	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sources : Décret n°2002-213 du 15/02/02(1) ; Décret n°2003-1085 du 19/11/03(2), arrêté du 17/08/98 (3),

Concernant ces polluants, Airfobep calcule un indice de pollution déterminé à partir de trois sous indices qui définissent le niveau de pollution du dioxyde de soufre, du dioxyde d'azote et de l'ozone.

Annexe 14 : Description de la population de la zone d'étude

La zone d'étude est celle définie par Aziz Atiyeh [1], et concerne 19 communes (figure 2 – paragraphe 1. 4.1) plus la commune de Lançon-de-Provence.

Notre panel ne comportant pas d'enfants, ni même d'adultes de moins de 30 ans, nous définissons la population source comme étant l'ensemble des personnes de 30 ans et plus, vivant dans l'une des 20 communes de la zone d'étude.

Les résultats qui figurent ci-dessous sont issus du recensement de l'INSEE de 1999 [41].

Il s'agit d'une population de 185 407 habitants.

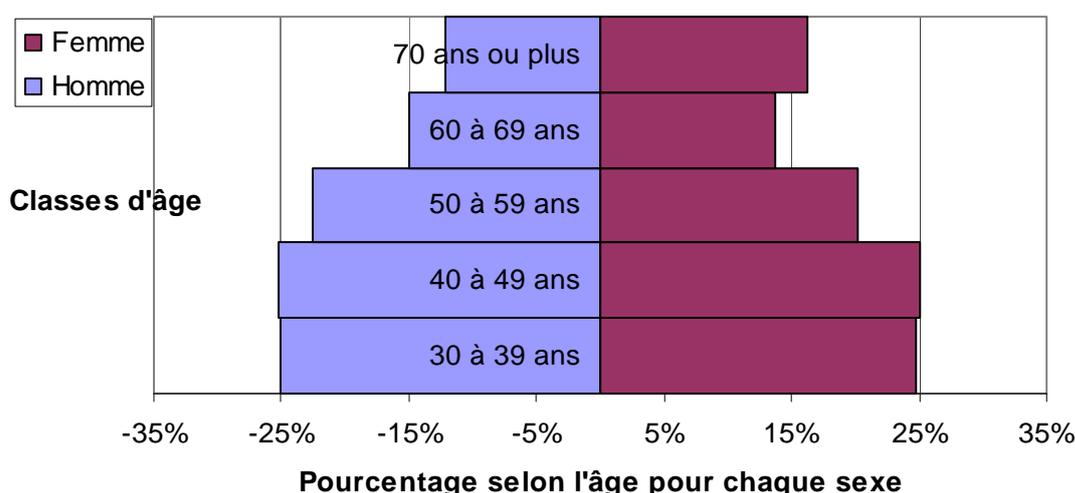
La répartition de cette population en fonction du sexe (tableau 13) est comparable à la répartition nationale.

Tableau 13 : répartition homme – femme

Homme	Femme
48,5%	51,5%

La répartition en fonction de l'âge de la population source (figure 18) a été déterminée à l'aide du recensement Insee 1999. L'effectif de notre panel étant très faible, nous avons décidé de regrouper les classes d'âge entre elles afin d'obtenir les classes suivantes : 30-39 ans ; 40-49 ans ; 50-59 ans ; 60-69 ans et 70ans et plus. La population a la répartition qui suit.

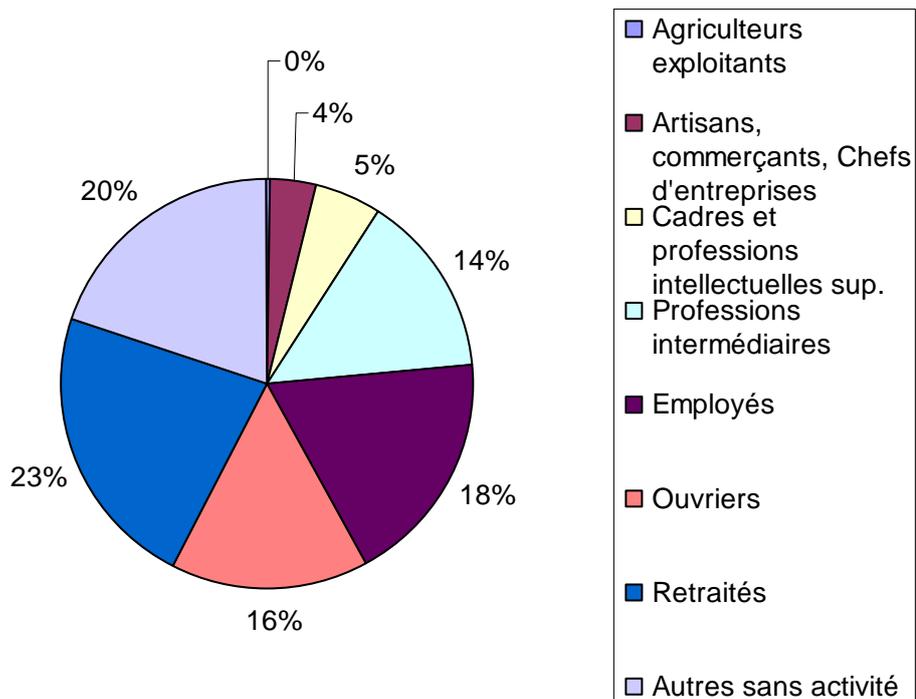
Figure 18 : Pyramide des âges de la population d'étude



La population de la zone d'étude se répartit de façon homogène selon le sexe. Nous pouvons remarquer un part plus importante de plus de 70 ans chez les femmes. 71% de la population source a moins de 60 ans, et seuls 4,2% de cette population a plus de 80 ans.

Concernant la répartition de la population selon les Catégories socioprofessionnelles (figure 19). La population source est une population composée essentiellement de retraités (22,71%), et de non actifs (19,9%). Parmi les personnes exerçant un emploi, 31% sont des employés, 27% sont des ouvriers et 25% exercent une profession intermédiaire. La répartition n'est donc pas homogène.

Figure 19 : répartition de la population selon la Catégorie Socioprofessionnelle

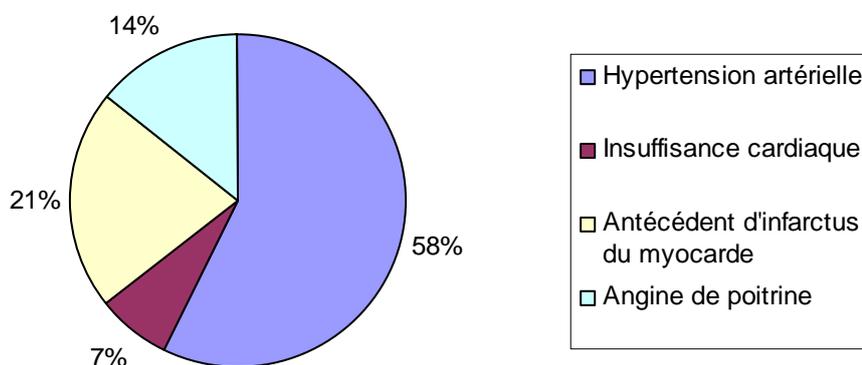


Annexe 15 : Résultats de la pré – enquête

Lors de la pré – enquête, il a été demandé aux observateurs s'ils souffraient d'une maladie cardiovasculaire, respiratoire ou/et d'allergies. Dans ce cas, il leur a été demandé d'indiquer de quelle pathologie il s'agissait parmi une liste prédéfinie.

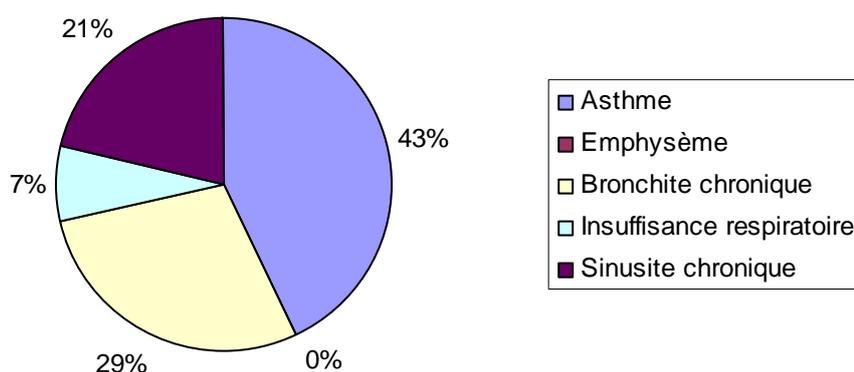
17,7% du panel souffre de maladie cardiovasculaire. La répartition des pathologies déclarées (figure 20) montre une prédominance de l'hypertension artérielle (58%) pour les maladies cardiovasculaires, une personne a déclaré souffrir de tachycardie, une autre de fibrillations cardiaques, deux pathologies non proposées dans la liste.

Figure 20 : Répartition des pathologies cardiovasculaires déclarées



Concernant les maladies respiratoires (qui concerne 16,1% du panel) (figure 21), c'est l'asthme qui prédomine (46%), aucun observateur ne souffre d'emphysème. Une personne signale souffrir de toux et une autre de rhinites, pathologies non présentées dans la liste.

Figure 21 : Répartition des maladies respiratoires déclarées



Enfin les allergies sont déclarées par 43,5% du panel. Elles sont pour 45% causées par les pollens (figure 22), et la forme la plus fréquente est la crise d'asthme (48%) (figure 23).

Figure 22 : Répartition des allergènes déclarés

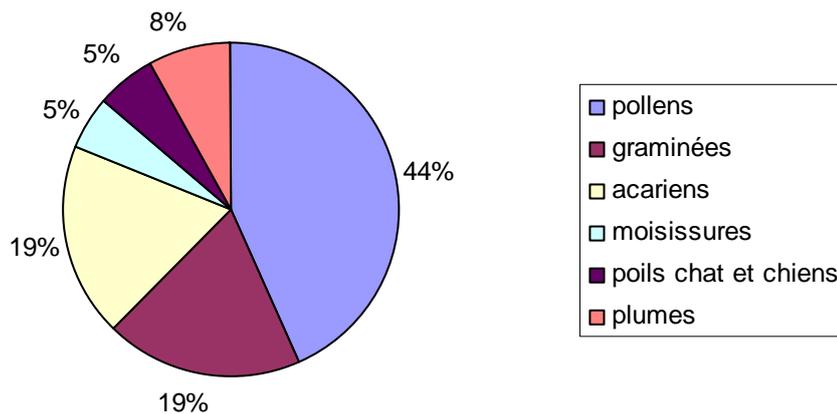
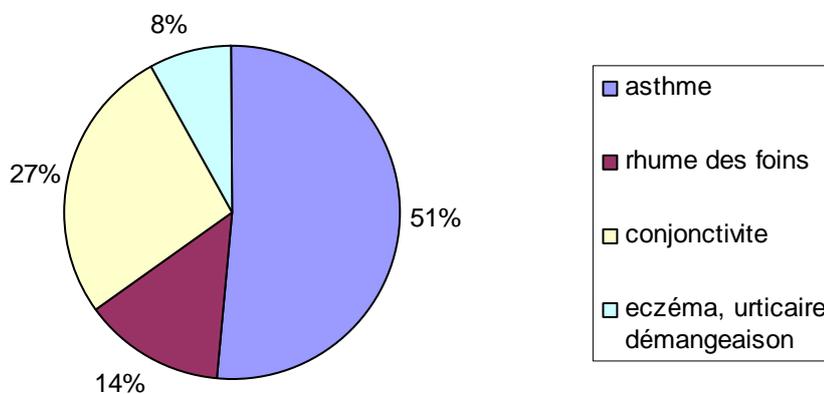


Figure 23 : Formes d'allergies déclarée



Annexe 16 : Zonage réalisé par Airfobep.

Correspondance des Utep

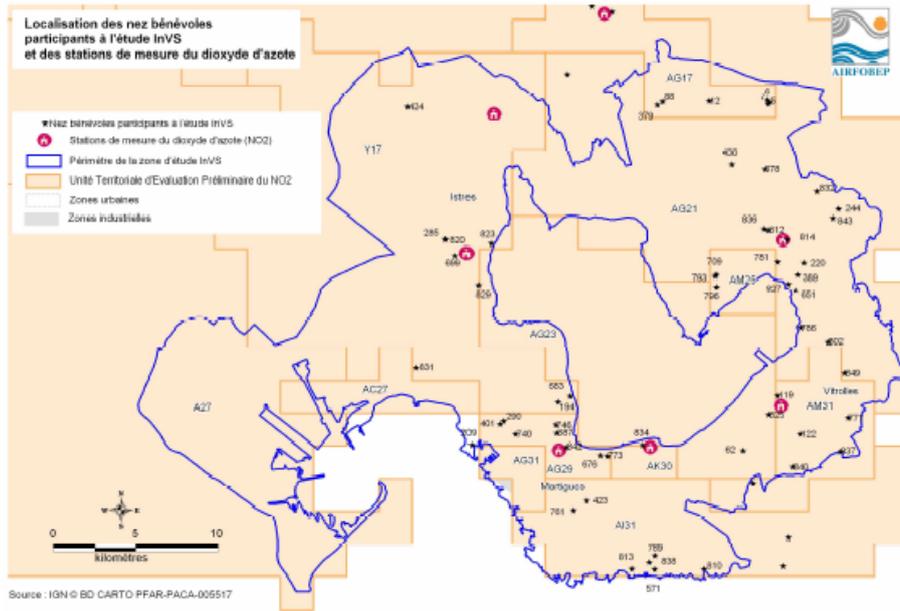
n° zone	SO2
1	Istres / Miramas
2	Fos / Port de Bouc
3	Port Saint Louis
4	Martigues Nord
5	Martigues Sud
6	Côte Bleue
7	Marignane / Châteauneuf
8	Vitrolles
9	Berre
10	Rognac
11	Lançon / La Fare
12	

NO2	
n° zone	Utep
1	Y17 Istres / Miramas
2	A27 Port Saint Louis
3	AC27 Fos sur mer
4	AG29 Martigues
5	AG31 Port de Bouc
6	AI31 Côte Bleue
7	AK30 La Mède
8	AG23 Chateauneuf
9	AM31 Marignane / Vitrolles
10	AM25 Berre
11	AG21 Rognac / La Fare
12	AG17 Salon / Lançon

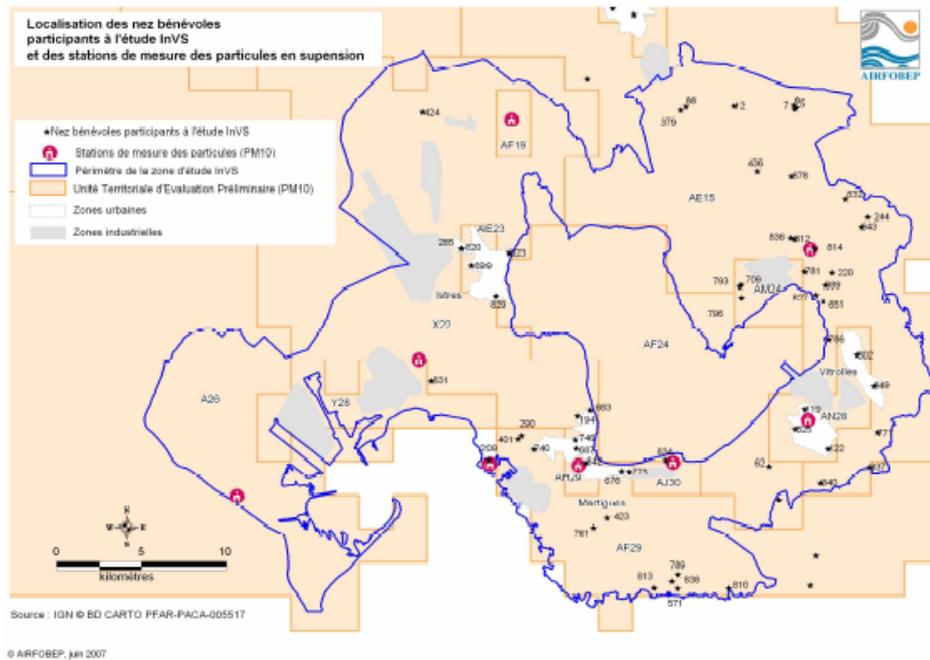
Zones Airfobep pour SO₂



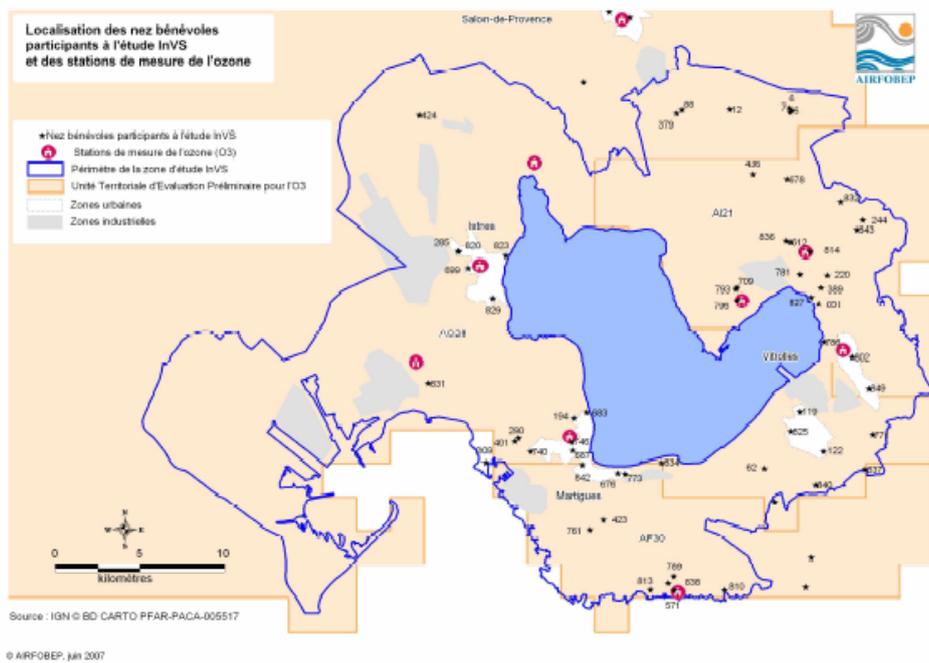
Zones Airfobep pour le NO₂



Zones Airfobep pour les PM₁₀



Zones Airfobep pour l'Ozone



Annexe 17 : Corrélations entre les zones définies par Airfobep

Corrélation entre les zones de SO₂

Corrélations	1	2	4	5	6	7	9	8	10	11	3
Corrélation 1 de Pearson	1,000										
Corrélation 2 de Pearson	0,280	1,000									
Corrélation 4 de Pearson	0,451	0,217	1,000								
Corrélation 5 de Pearson	-0,009	0,070	0,196	1,000							
Corrélation 6 de Pearson	-0,176	-0,234	-0,070	0,349	1,000						
Corrélation 7 de Pearson	0,134	0,063	0,513	0,149	0,078	1,000					
Corrélation 9 de Pearson	0,532	0,027	0,600	0,140	-0,087	0,281	1,000				
Corrélation 8 de Pearson	0,281	0,144	0,550	0,202	0,095	0,415	0,465	1,000			
Corrélation 10 de Pearson	0,559	0,103	0,500	0,275	-0,007	0,476	0,444	0,425	1,000		
Corrélation 11 de Pearson	0,742	0,295	0,408	0,095	-0,206	0,188	0,437	0,290	0,617	1,000	
Corrélation 3 de Pearson	0,175	-0,024	0,077	0,087	-0,166	-0,034	0,233	0,011	0,141	0,177	1,000

** La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

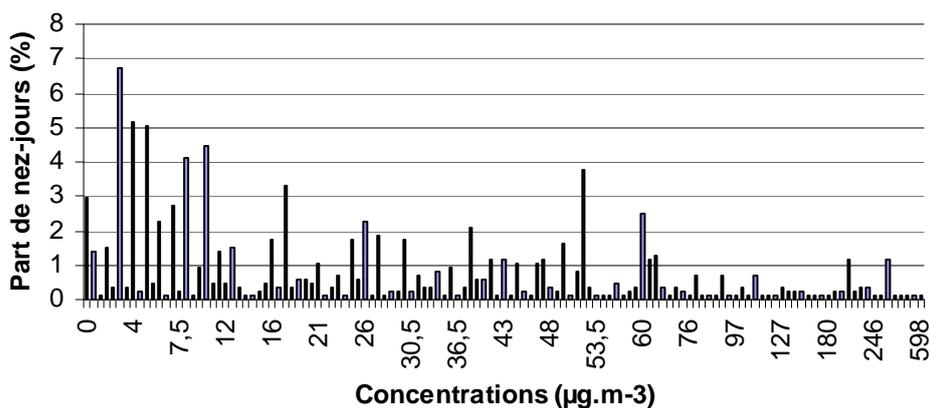
Corrélation entre les Utep de NO₂

Corrélations	10	1	3	5	11	6	10	4	9
Corrélation de 10 Pearson	1,000								
Corrélation de 1 Pearson	0,908	1,000							
Corrélation de 3 Pearson	0,888	0,903	1,000						
Corrélation de 5 Pearson	0,821	0,817	0,864	1,000					
Corrélation de 11 Pearson	0,886	0,832	0,840	0,737	1,000				
Corrélation de 6 Pearson	0,794	0,748	0,741	0,633	0,807	1,000			
Corrélation de 12 Pearson	0,839	0,858	0,882	0,817	0,833	0,684	1,000		
Corrélation de 4 Pearson	0,904	0,897	0,920	0,840	0,864	0,789	0,850	1,000	
Corrélation de 9 Pearson	0,877	0,825	0,795	0,734	0,900	0,836	0,835	0,831	1,000

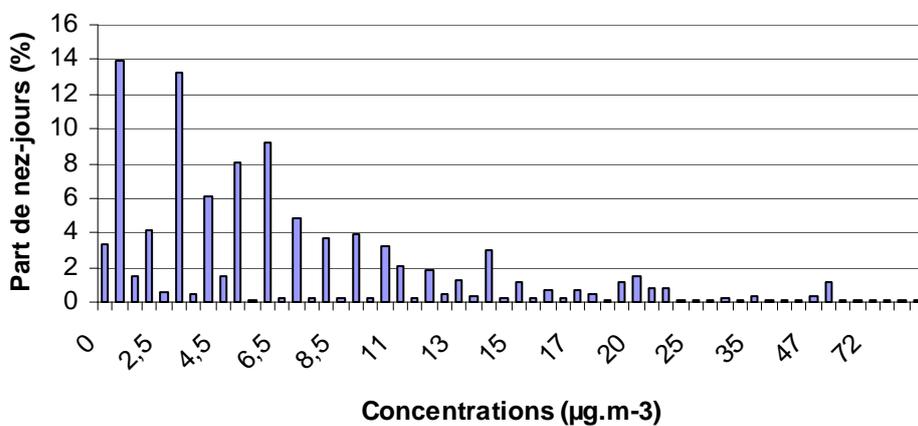
Annexe 18 : Description de la pollution individuelle quotidienne

La pollution individuelle quotidienne a été estimée sur les 2 semaines de déclaration de symptômes (juin et juillet). Nous avons voulu étudier la dispersion des données recueillies. Les diagrammes suivants représentent pour chaque indicateur de pollution suivi la part de nez-jours en fonction de la concentration estimée.

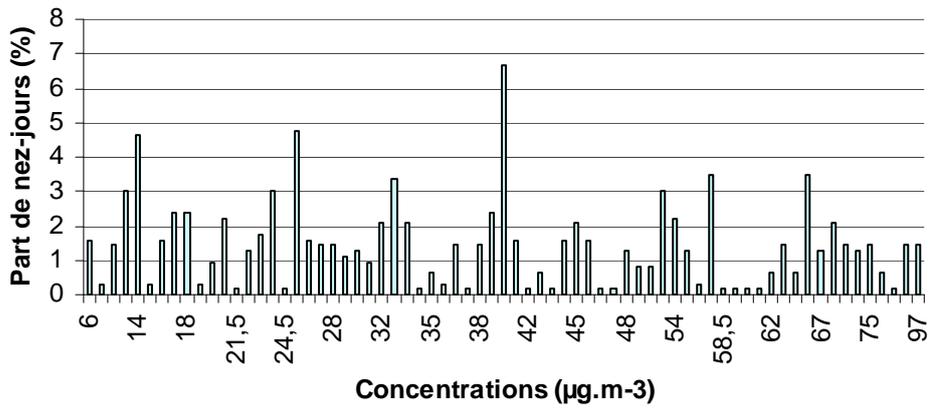
Maximum de la moyenne horaire SO₂



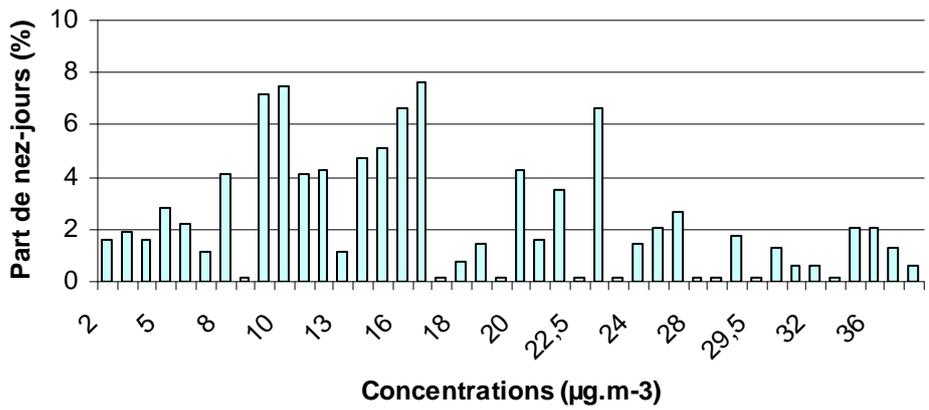
Moyenne Journalière SO₂



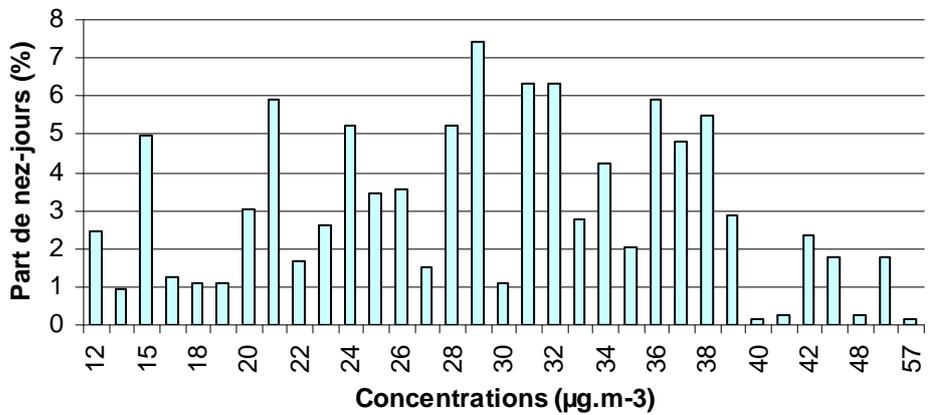
Maximum de la moyenne horaire NO₂



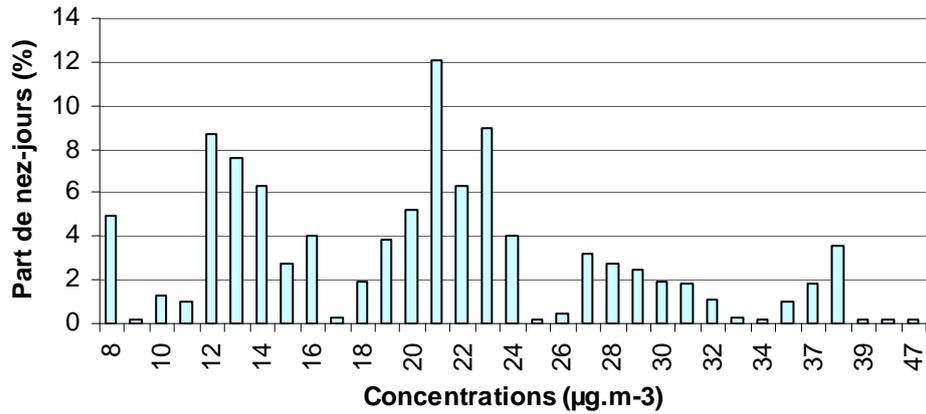
Moyenne journalière NO₂



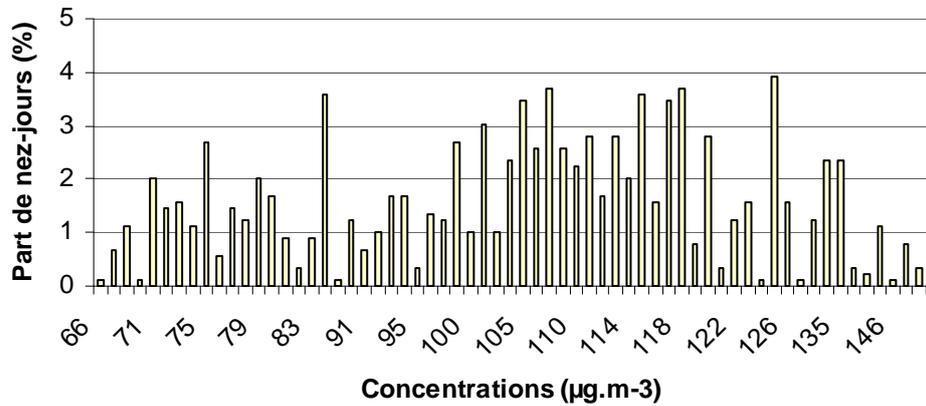
Moyenne journalière PM_FDMS



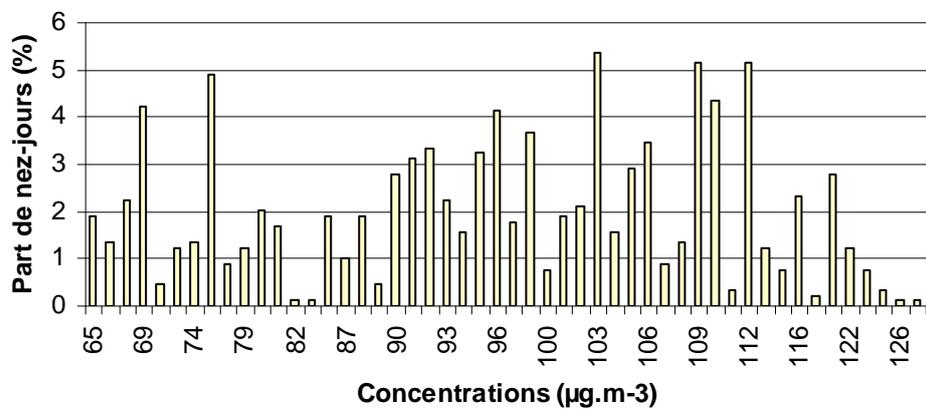
Moyenne journalière PM_{TEOM}



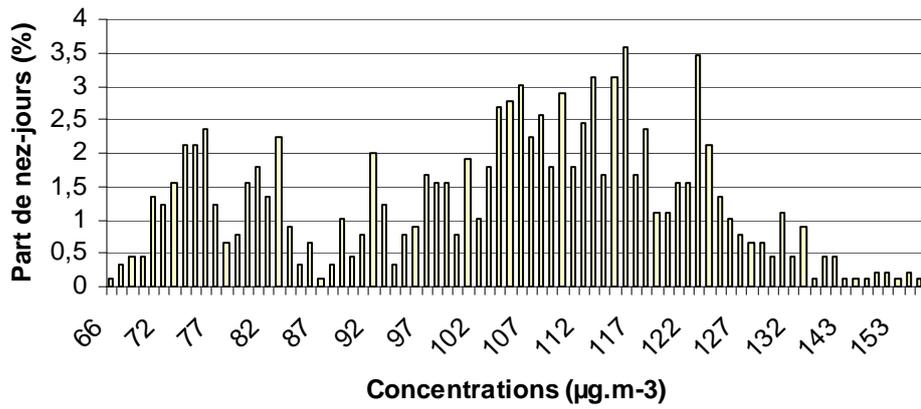
Maximum Moyenne Horaire O₃ Capt



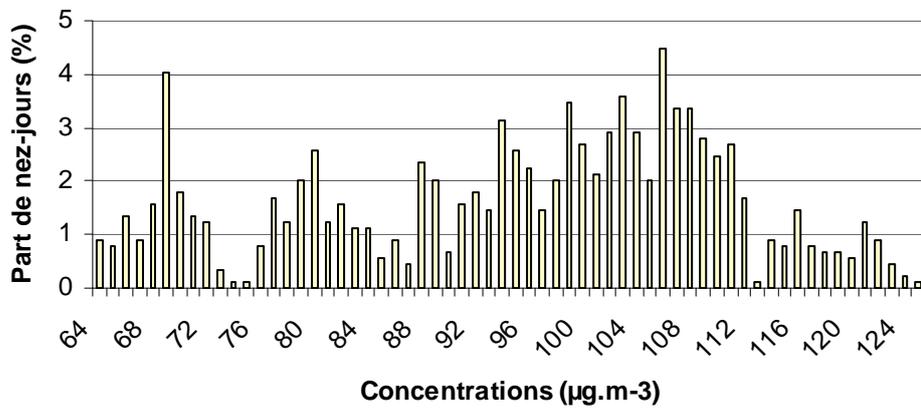
Maximum horaire sur 8h O₃ Capt



Maximum Moyenne Horaire O₃ Modèle



Maximum horaire sur 8h O₃ Modèle



Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud

Consignes de remplissage des questionnaires santé

Madame, Monsieur,

Nous vous remercions de votre participation à notre étude santé.

Voici les consignes qui vous aideront à mieux remplir le questionnaire santé qui vous est envoyé tous les mois.

Ce questionnaire est à compléter lors de la semaine d'observation des odeurs.

Voici quelques consignes de remplissage

Remplissage du questionnaire santé

- Retournez nous les questionnaires **complétés pour l'ensemble de la semaine d'observation.**
- N'oubliez pas de cocher la case prévue **si vous n'avez pas ressenti de symptôme.**
- N'oubliez pas de cocher la case prévue **si vous avez été absent.**

La case absence est à cocher si vous quittez votre commune de résidence un ou plusieurs jours

Si vous vous absentez quelques heures dans la journée, vous devez remplir le questionnaire comme si vous étiez présent toute la journée.

Lorsque vous cochez la case « absent », ne cochez pas de symptômes ressentis.

Circuit de collecte

- **Certains questionnaires nous sont parvenus directement à la Cire.** Nous attirons votre attention sur le fait que l'enveloppe « Cire Sud » n'est pas affranchie et ne sera donc pas toujours acheminée.
- **Vous devez absolument remettre l'enveloppe « Cire Sud » fermée dans l'enveloppe T fournie par Airfobep.** La confidentialité des données est garantie, car Airfobep n'ouvre pas les enveloppes « Cire Sud ».

But de l'étude

Notre étude ne concerne pas le lien odeur – santé mais le lien pollution – santé.

Les symptômes à signaler peuvent être liés à la pollution de l'air, les polluants les plus nocifs étant inodores.

Il n'y a donc *a priori* pas obligatoirement de lien entre les odeurs perçues et les symptômes ressentis.

Pour vous aider, vous pouvez consulter l'exemple au dos de la page.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à nous contacter au numéro ci-dessous, ou par messagerie.

Merci de votre collaboration.

Cordialement

DRASS Cire Sud – 23/25 rue Borde – 13285 Marseille cedex 08 – dr13-cire-sud@sante.gouv.fr

☎ 04.91.29.93 87 / 📠 04.91.29 94 20

Site régional DDASS/DRASS : www.paca.sante.gouv.fr

Exemple détaillé de remplissage du questionnaire

Voici un exemple de remplissage du questionnaire.



Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud

Période du lundi 9 juillet 2007 au dimanche 15 juillet 2007

Pollution atmosphérique et santé autour de l'étang de Berre



N° d'observateur : 999 **Questionnaire « santé »**

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Absent(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Symptômes							
Aucun symptôme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maux de tête	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nausées/vomissements	<input type="checkbox"/>						
Vertiges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Douleurs articulaires	<input type="checkbox"/>						
Grande fatigue/malaise	<input type="checkbox"/>						
Diarrhée	<input type="checkbox"/>						
Troubles du sommeil	<input type="checkbox"/>						
Irritation des yeux	<input type="checkbox"/>						
Yeux qui coulent	<input type="checkbox"/>						
Yeux qui brûlent	<input type="checkbox"/>						
Bouche ou gorge sèche	<input type="checkbox"/>						
Mal à la gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nez qui coule	<input type="checkbox"/>						
Nez bouché	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eternuements	<input type="checkbox"/>						
Toux	<input type="checkbox"/>						
Difficulté à respirer	<input type="checkbox"/>						
Sifflements poitrine	<input type="checkbox"/>						
Crise d'asthme	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Au cours de cette semaine avez-vous consulté votre médecin ? Oui Non

Si OUI, précisez le jour lundi

pour quelle pathologie ? crise d'asthme

Commentaires :

Dans cet exemple le nez 999 a participé à l'étude santé du 9 juillet au 15 juillet.

- ✓ Le lundi, il était chez lui, et a eu une crise d'asthme. Il est allé voir son médecin.
- ✓ Le mardi, le nez 999 s'est absenté quelques heures dans sa commune, il est donc considéré comme présent, il a eu le nez bouché.
- ✓ Mercredi, l'observateur est resté chez lui, mais n'a ressenti aucun symptôme parmi ceux proposés dans l'enquête.
- ✓ Jeudi, l'observateur a ressenti plusieurs symptômes. Il les a donc tous notés : maux de tête, vertiges, et mal à la gorge.
- ✓ Vendredi, Samedi et dimanche, l'observateur est parti, hors de sa commune de résidence. Il a donc coché la case absent pour ces 3 jours, sans indiquer l'irritation aux yeux ressentie le vendredi.

Comme l'observateur 999 ne rentrait pas chez lui avant la semaine suivante, avant son départ, il a pu mettre son questionnaire dans l'enveloppe Cire Sud, et il a mis cette enveloppe Cire Sud dans la lettre T d'Airfobep, afin de tout renvoyer à Airfobep.

Annexe 20 : test des associations symptômes – odeurs

Les tests du χ^2 ont été effectués sous SPSS. Un test n'est pas valide car un effectif théorique est inférieur à 5 : celui qui concerne les maladies respiratoires.

Tableau 14 : résultats des tests du χ^2 testant l'association entre la déclaration d'au moins une odeur dans la journée et un groupe de symptômes

Groupe de symptômes déclarés	Pas de déclaration d'odeurs (%)	Déclaration d'odeurs (%)	Significativité
Aucun	86	14	0,000
Au moins un symptôme	71,5	28,5	0,000
Autres	78,6	21,4	0,626

^a test du χ^2 non valide