



Qualité de l'air

Septembre 2008



Exploitation des mesures de benzène sur le territoire de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône depuis 2003

Résumé

Les principales sources de benzène dans l'air extérieur sont les gaz de combustion des véhicules et l'évaporation des réservoirs de carburant, les industries productrices de benzène et utilisatrices comme produit intermédiaire de synthèse (fabrication de plastique, pesticides, solvants...).

Ce composé est reconnu pour ses effets néfastes sur la santé. De nombreuses études épidémiologiques (source INRS) ont mis en évidence le pouvoir cancérigène du benzène lors d'une exposition chronique. Ce composé a été classé comme cancérigène certain par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer).

Depuis le 15 février 2002, la surveillance du benzène dans l'évaluation de la qualité de l'air est devenue obligatoire. Le décret 2002-13 relatif à la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et l'environnement établit une valeur limite de benzène dans l'air ambiant pour la protection de la santé humaine de $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle en 2010 et un objectif de qualité de $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ également en moyenne annuelle.

Suite à l'étude menée en 2001/2002 dans le but de cartographier les niveaux de fond de benzène dans l'air ambiant de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône, AIRFOBEP a pérennisé la surveillance du benzène par échantillonnage passif sur les villes d'Arles, Salon-de-Provence, Martigues, Berre-l'Étang, Rognac, Marignane, Fos-sur-Mer, Châteauneuf / La Mède.

4 à 6 campagnes, de 15 jours chacune, sont réalisées chaque année sur l'ensemble des sites, afin d'évaluer la moyenne annuelle en benzène.

De plus, depuis 2007, des mesures de benzène, par chromatographie en phase gaz en automatique, sont réalisées à Berre-L'Étang et, depuis 2008, à Martigues / Lavéra.

L'exploitation de l'ensemble de ces données permet d'expliquer le comportement du benzène vis à vis d'autres polluants mesurés de façon permanente sur un même site mais également vis à vis des mesures de benzène réalisées sur d'autres sites.

Les données de benzène relevées sur les 9 sites sont relativement stables d'une année sur l'autre. Seul le site de Marignane montre une forte baisse entre 2005 et 2006, corrélée avec les niveaux des autres polluants chimiques mesurés sur la station fixe. En 2007, les concentrations moyennes sont inférieures à la valeur limite de protection de la santé pour 2010. Les sites de Berre-L'Étang et Martigues / Lavéra dépassent néanmoins l'objectif annuel de qualité fixé à $2\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les sites de Salon-de-Provence, Arles, Martigues / L'Ile, Marignane et Rognac montrent des caractéristiques plutôt urbaines avec des corrélations du benzène avec les polluants liés aux transports routiers : oxydes d'azote et monoxyde de carbone. Les sites de Fos-sur-Mer, Châteauneuf / La Mède, Berre et Martigues / Lavéra sont caractérisés par une influence industrielle marquée : aucune corrélation avec les polluants mesurés en permanence sur les sites n'a pu être mise au jour. Néanmoins, les sites de Fos-sur-Mer et Châteauneuf / La Mède semblent montrer des comportements liés au benzène relativement comparables. Il n'en est rien pour les deux autres sites, qui ne présentent de corrélation possible avec aucun site.

Des aides à la validation peuvent être définies à partir de cette exploitation :

Sites pouvant être comparés	Corrélation inter-polluants pouvant aider à la décision
Rognac et Marignane	Marignane : benzène avec CO et NO Rognac : benzène avec NO ₂ , puis NO
Arles, Salon-de-Provence, Martigues / L'Ile	Arles : benzène avec NO ₂ Salon-de-Provence : benzène avec NO Martigues / L'Ile : benzène avec NO et NO ₂
Fos-sur-Mer et Châteauneuf / La Mède	Aucune

*Tableau 1 : tableau des correspondances possibles entre sites
et entre le benzène et les autres polluants de chaque site de mesure*



Sommaire

I.	INTRODUCTION	7
II.	PRESENTATION DU BENZENE.....	8
II.1	SOURCES ET UTILISATIONS.....	8
II.2	EFFETS SUR LA SANTE HUMAINE.....	9
II.3	VALEURS REGLEMENTAIRES APPLICABLES.....	10
II.4	CONCENTRATIONS HABITUELLEMENT RETROUVEES EN AIR AMBIANT.....	10
III.	STRATEGIE DE SURVEILLANCE DU BENZENE SUR LE POURTOUR DE L'ETANG DE BERRE ET L'OUEST DES BOUCHES-DU-RHONE.....	11
III.1	RESULTATS DES CAMPAGNES EXPLORATOIRES.....	11
III.2	SURVEILLANCE ACTUELLE ET RESULTATS.....	12
III.3	COMPARAISON DES SITES DE MESURE DU BENZENE DEUX A DEUX.....	14
IV.	MARIGNANE.....	17
V.	ROGNAC	18
VI.	MARTIGUES / L'ILE.....	19
VII.	SALON-DE-PROVENCE.....	20
VIII.	ARLES.....	21
IX.	CHATEAUNEUF / LA MEDE.....	22
X.	FOS-SUR-MER / LES CARABINS.....	22
XI.	BERRE-L'ETANG.....	22
XI.1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	22
XI.2	EVOLUTION MENSUELLE DE LA MESURE AUTOMATIQUE DE BENZENE.....	23
XI.3	ROSE DES POLLUTIONS SUR L'ANNEE 2007.....	24
XI.4	EVOLUTION PAR RAPPORT AUX AUTRES POLLUANTS SURVEILLES SUR LA ZONE.....	26
XI.5	COMPARAISON DES MESURES AUTOMATIQUES ET PAR PRELEVEMENTS PASSIFS.....	27
XI.6	CONCLUSIONS.....	28
XII.	MARTIGUES / LAVERA.....	29
XII.1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	29
XII.2	EVOLUTION MENSUELLE DE LA MESURE AUTOMATIQUE DE BENZENE.....	30
XII.3	ROSE DES POLLUTIONS SUR L'ANNEE 2008.....	32
XII.4	EVOLUTION PAR RAPPORT AUX AUTRES POLLUANTS SURVEILLES SUR LA ZONE.....	33
XII.5	BILAN.....	34
XIII.	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	35
XIV.	ANNEXE 1 : MOYENNES DE BENZENE FOURNIES PAR LES ECHANTILLONNEURS PASSIFS SUR UNE PERIODE DE 15 JOURS DE 2003 A 2007.....	36

I. INTRODUCTION

Depuis le 15 février 2002, la surveillance du benzène dans l'évaluation de la qualité de l'air est devenue obligatoire. Le décret 2002-13 relatif à la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et l'environnement établit une valeur limite de benzène dans l'air ambiant pour la protection de la santé humaine de $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Le benzène est surtout reconnu pour ses effets néfastes sur la santé. De nombreuses études épidémiologiques ont mis en évidence le pouvoir cancérigène du benzène lors d'une exposition chronique.

Ainsi, les associations de surveillance de la qualité de l'air se sont préparées à l'instauration de ce nouveau cadre réglementaire en organisant des campagnes de mesures du benzène dans l'air ambiant.

AIRFOBEP, association de surveillance de la qualité de l'air de l'Ouest des Bouches-du-Rhône et membre du réseau ATMO surveille le benzène sur la zone à l'aide d'échantillonneurs passifs implantés dans les villes de plus grande taille et dans les villes sous influences industrielles. Ainsi neuf points de mesure du benzène renseignent chaque année sur les niveaux de benzène, depuis 2003 pour les plus anciens.

Ce rapport vise à l'exploitation de la base de données ainsi constituée par la mesure du benzène dès 2003 par échantillonnage passif sur 5 villes du pourtour de l'étang de Berre (Martigues / L'Ile, Maignane et Rognac) et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône (Arles et Salon-de-Provence). En 2004 les sites de Fos / Les Carabins et de Châteauneuf / La Mède complètent le dispositif qui s'étend encore en 2006 sur Berre-L'Étang et Martigues / Lavéra. Sur ces deux derniers sites, la station fixe est également équipée d'un appareil automatique de suivi du benzène par chromatographie en phase gazeuse.

II. PRESENTATION DU BENZENE

Le benzène est un composé organique volatil aromatique, de formule chimique C₆H₆.

II.1 Sources et utilisations

Le benzène est un des composants des mélanges complexes issus du craquage ou du reformage catalytique d'hydrocarbures pétroliers. La distillation de ces mélanges permet d'obtenir les composants pratiquement purs et en particulier le benzène. En France, il y a encore une faible proportion de benzène issu de la distillation des goudrons de cokéfaction de la houille, qui est l'origine historique de toute la chimie du benzène. La production de benzène en **l'Europe occidentale** est de 7,6 millions de tonnes pour une production mondiale de 33 millions de tonnes (1994).

En France, les émissions annuelles de benzène dans l'atmosphère sont quantifiées par le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA). Les émissions totales de benzène en 2006 sont de 54 933 tonnes, soit 4,2% des émissions totales de COVNM. Le principal émetteur de benzène est l'habitat ou résidentiel-tertiaire (76%) en particulier du fait de la combustion du bois, suivi du transport routier avec 15% des émissions. Les émissions de benzène ont baissé de près de 37% entre 2000 et 2006, essentiellement dans le transport routier (-54%), l'habitat (-35%) et dans le secteur de la transformation d'énergie (-26%).

Année	Transformation d'énergie	Industrie manufacturière	Résidentiel tertiaire	Agriculture sylviculture	Transport routier	Autres transports	Total
2000	1,1	1,1	64,6	1,1	17,4	2,0	87,3
2001	1,0	0,8	58,9	1,1	15,9	2,1	79,8
2002	1,0	1,1	51,2	1,1	13,9	2,3	70,6
2003	1,0	1,0	52,5	1,0	12,3	2,3	70,1
2004	0,9	1,1	49,8	1,0	11,1	2,3	66,3
2005	0,9	1,1	46,0	1,0	9,4	2,2	60,6
2006	0,8	1,1	41,8	1,0	8,0	2,2	54,9
Evolution 2000-2006	- 26 %	+ 3 %	- 35 %	- 8%	- 54 %	10 %	- 37 %

Tableau 2 : évolution des émissions annuelles de benzène en kilotonnes par an dans l'air en France
Source : CITEPA, format Secten, mise à jour février 2008

Sur la zone de compétence d'AIRFOBEP, à savoir l'Etang de Berre et l'Ouest des Bouches-du-Rhône, les émissions de benzène représentent approximativement à 335 t/ an pour l'année de référence 1999. La part des différents secteurs d'activité est la suivante :

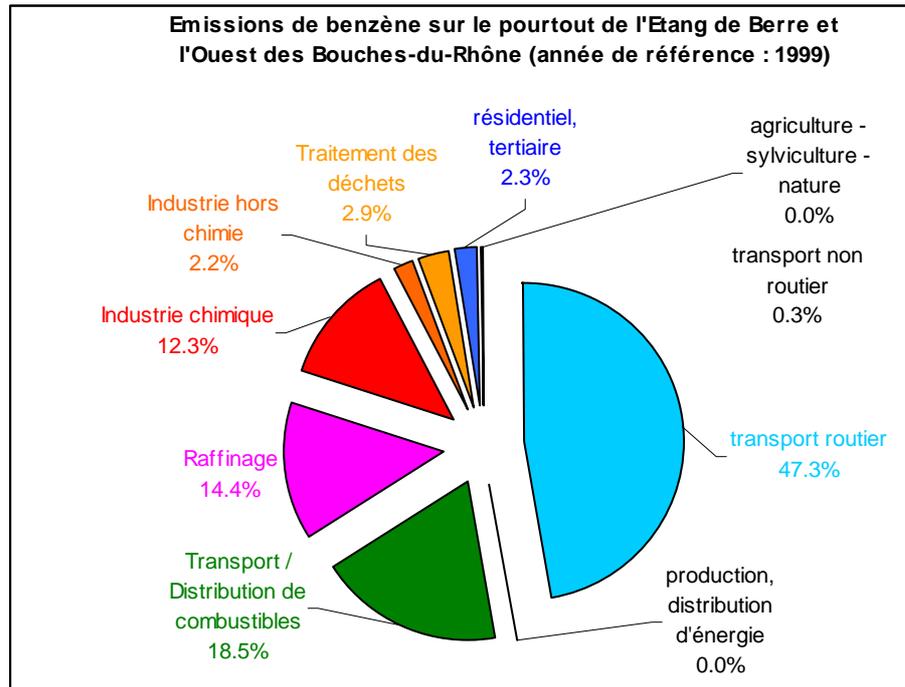


Figure 1 : Emissions de benzène sur le territoire de compétence d'AIRFOBEP (année de référence 1999)

II.2 Effets sur la santé humaine

Le benzène a été beaucoup étudié et de nombreuses données concernant les effets aigus et chroniques de cette substance proviennent d'études menées chez l'Homme. Toutefois, les études expérimentales animales et les études *in vitro* ont dû être consultées afin de renseigner de façon plus précise les effets génotoxiques, reprotoxiques et le mécanisme d'action du benzène.

Toxicocinétique : pour le benzène, la voie d'exposition majeure en population générale est l'inhalation. Le benzène inhalé est rapidement absorbé et distribué dans l'ensemble du corps où il s'accumule préférentiellement dans les tissus riches en lipides. Le benzène est essentiellement métabolisé dans le foie, mais aussi dans d'autres tissus où il s'est fixé, notamment la moelle osseuse. La toxicité du benzène sur la moelle osseuse serait liée à l'action de certains de ses métabolites.

Effets aigus : chez l'Homme, après une exposition aiguë, des concentrations élevées de benzène entraînent une dépression du système nerveux central et du système respiratoire pouvant conduire au décès. Dans les formes légères, une excitation puis des troubles de la parole, des céphalées, des vertiges, des insomnies, des nausées, des paresthésies au niveau des membres inférieurs et supérieurs et une fatigue sont rapportés.

Effets chroniques non cancérogènes : l'atteinte de la moelle osseuse est un des premiers signes de la toxicité subchronique et chronique du benzène chez l'homme. D'autres effets ont été décrits (effets musculosquelettiques, neurologiques ou oculaires). Concernant les effets reprotoxiques, les études menées en milieu professionnel suggèrent que le benzène induit une diminution de la fertilité féminine. Cependant, il est difficile de conclure en raison des incertitudes sur l'évaluation des expositions et en raison des limites concernant les données collectées. Des effets sur le développement ont été observés chez le rat (diminution du poids du fœtus) mais ils ont été peu étudiés chez l'homme.

Effets cancérigènes et génotoxiques : les études épidémiologiques en milieu professionnel ont clairement mis en évidence une relation causale entre l'exposition au benzène et l'apparition de leucémies aiguës non lymphocytaires, particulièrement la leucémie aiguë myéloïde. Concernant les autres hémopathies malignes, les études sont discordantes. Son action cancérigène pourrait être liée à ses propriétés génotoxiques et/ ou celles de ses métabolites.

II.3 Valeurs réglementaires applicables

Le décret n° 2002/213 du 15 février 2002 fixe une valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine et un objectif de qualité annuel :

Objectif de qualité	Valeur limite (protection de la santé humaine)
2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 2001 à 2005, puis décroissance de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ de 2006 à 2009 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2010

Tableau 3 : valeurs réglementaires pour le benzène

II.4 Concentrations habituellement retrouvées en air ambiant

La surveillance du benzène est récente, le réseau commence à se densifier. Il est passé de 10 stations sur France entière en 2000 à 42 en 2006. Les concentrations moyennes annuelles de benzène semblent assez stables dans les stations urbaines et en diminution à proximité des industries et du trafic. Les concentrations dans l'air extérieur relevées en France par les associations de surveillance sont comprises entre 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en sites urbains de fond et environ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en sites de proximité du trafic automobile. En moyenne horaire, ces concentrations peuvent atteindre 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Actuellement, la réglementation européenne fixe la valeur limite de concentration à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. En France, cette norme est respectée sur l'ensemble des sites urbains, contrairement à l'objectif de qualité (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) qui est encore nettement dépassé sur des sites de proximité industrielle et du trafic.

Un bilan des mesures de benzène réalisées dans l'air ambiant par les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) a été réalisé en 2005 dans le cadre des travaux du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA, 2005). Cet état des lieux rapporte les éléments suivants :

- pour des sites péri-urbains et ruraux, les concentrations moyennes sont proches de **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec un maximum proche de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- pour des sites urbains, les concentrations moyennes vont de **1 à 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un maximum proche de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- pour des sites « trafic » (à proximité d'une voie de circulation), les concentrations moyennes vont de **1,5 à 6,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un maximum à 9,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- pour des sites industriels, les concentrations moyennes sont de **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un maximum à 7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (peu de données existent pour cette catégorie) ;
- pour quelques mesures réalisées à proximité de stations-service, les teneurs relevées vont de 1,8 à 5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

III. STRATEGIE DE SURVEILLANCE DU BENZENE SUR LE POURTOUR DE L'ÉTANG DE BERRE ET L'OUEST DES BOUCHES-DU-RHÔNE

III.1 Résultats des campagnes exploratoires

Une étude exploratoire a été menée d'août 2001 à juillet 2002 pour évaluer les niveaux moyens annuels de benzène sur la zone de compétence d'AIRFOBEP. La zone d'étude compte 500 000 habitants et s'étend sur plus de 300 000 hectares. 90 sites de mesure ont été installés sur la zone, 6 campagnes de mesure de 14 jours chacune ont été réalisées à l'aide d'échantillonneurs passifs.

Les niveaux moyens en benzène enregistrés entre juillet 2001 et juillet 2002 sur la zone de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône sont de $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un minimum relevé à Saint-Martin-de-Crau avec $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un maximum de $10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ observé à Berre-l'Étang (Port de la Pointe).

Les teneurs les plus élevées sont mesurées dans les centres villes des principales agglomérations de la région et aux environs immédiats de sites industriels.

Les teneurs moyennes sur la période d'étude relevées dans les centres-villes d'Arles, Salon-de-Provence, Martigues, Marignane et Rognac sont supérieures à l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais restent néanmoins inférieures à la valeur limite applicable en 2010 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il en va de même pour les valeurs rencontrées à Port-de-Bouc et à Châteauneuf / La Mède.

La valeur moyenne enregistrée en benzène à Martigues / Lavéra est supérieure à la valeur limite pour 2010 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) avec une valeur moyenne annuelle estimée à $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sur la ville de Berre-l'Étang, les deux points de mesure échantillonnés montrent des moyennes annuelles supérieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dépassant ainsi largement la valeur limite de 2010 : Berre / Port de la Pointe : $10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et Berre / Stade : $10,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour Martigues / Lavéra et Berre-l'Étang, les niveaux de benzène plus importants que sur les autres sites peuvent être mis en relation avec la présence de sources industrielles.

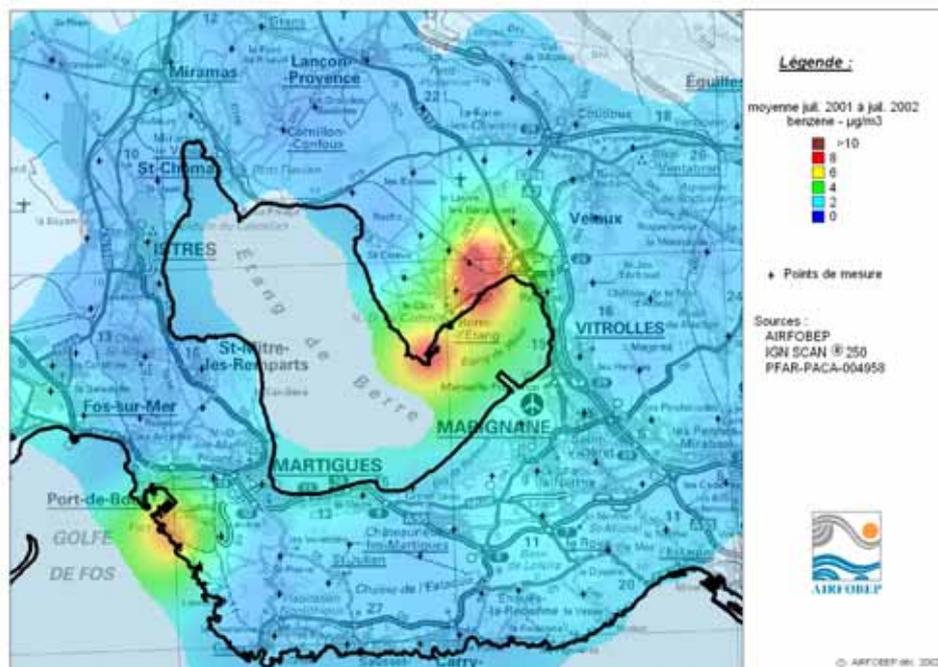


Figure 2: Cartographie annuelle du benzène suite à l'étude exploratoire menée de juillet 2001 à juillet 2002

III.2 Surveillance actuelle et résultats

Suite à cette étude exploratoire, dès 2003, la mesure du benzène a été poursuivie par échantillonneurs passifs sur Rognac, Arles, Martigues / L'Ile, Salon-de-provence, Marignane puis Fos-sur-Mer, Châteauneuf / La Mède, Berre-L'Etang, Martigues / Lavéra.

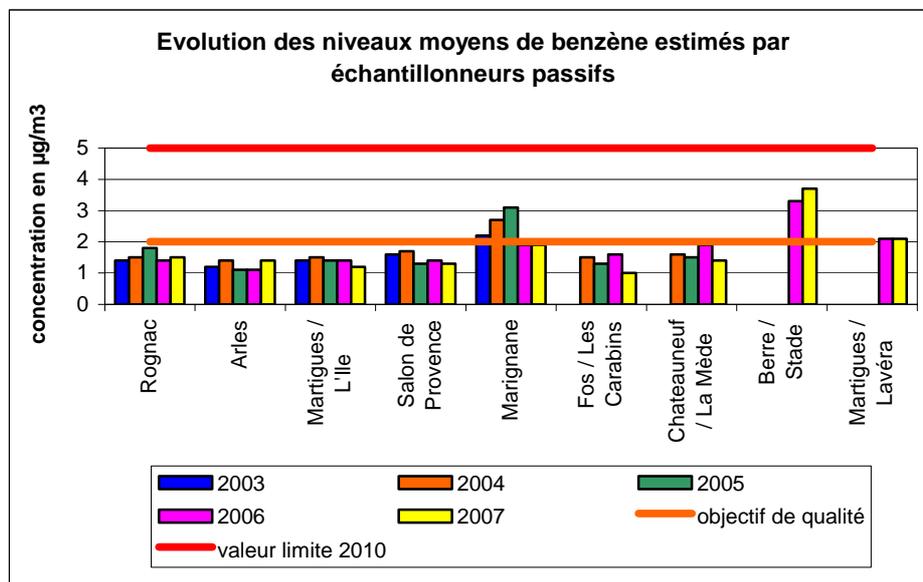


Figure 3 : Evolution des moyennes annuelles estimées en benzène sur le territoire de compétence d'AIRFOBEP

AIRFOBEP dispose donc de 5 ans de données annuelles estimées sur ces sites de mesure. Cette base de données permet de dessiner une tendance relative au comportement du benzène sur 7 des 9 sites : les surveillances par échantillonneurs passifs sur les communes de Berre-l'Etang et Martigues / Lavéra sont trop récentes pour en tirer des orientations.

Ainsi les résultats sur Rognac, Arles, Salon-de-Provence, Martigues / L'Ile, Châteauneuf / La Mède sont stables d'une année sur l'autre et restent inférieurs à l'objectif de qualité fixé à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$.

Le site de Fos / Les Carabins montre une forte baisse des niveaux de benzène sur l'année 2007 qui devra être confirmée par la suite.

Les données issues du point de mesure de Marignane montrent des données en hausse entre 2003 et 2005 allant de 2.3 à 3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, puis en forte baisse en 2006 et 2007 avec une moyenne annuelle de 1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pour les deux sites de Berre-L'Etang et de Martigues / Lavéra, les mesures sont très récentes. Sur le site de Berre-L'Etang, les moyennes annuelles estimées pour 2006 et 2007 montrent des valeurs supérieures à 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en hausse entre les deux années. Quant à Martigues / Lavéra, les moyennes annuelles estimées avec 2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont supérieures à l'objectif de qualité et au seuil d'évaluation minimal (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ dans les deux cas).

La directive européenne du 21 mai 2008 définit pour le benzène les seuils d'évaluation minimal et maximal à respectivement 2 et 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Si la moyenne des moyennes annuelles sur 5 ans est inférieure au seuil minimal d'évaluation, la modélisation suffit à fournir des informations sur le benzène.

Si la moyenne est comprise entre les deux seuils d'évaluation, une combinaison de mesures et de techniques de modélisation et/ou de mesures objectives est possible pour fournir une information sur le benzène.

Si la moyenne est supérieure au seuil d'évaluation maximale, une mesure fixe s'impose. Dans le cas des 7 sites qui disposent d'au moins 4 ans de données, les moyennes sur 4 ou 5 ans de données disponibles restent inférieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seuil d'évaluation minimale.

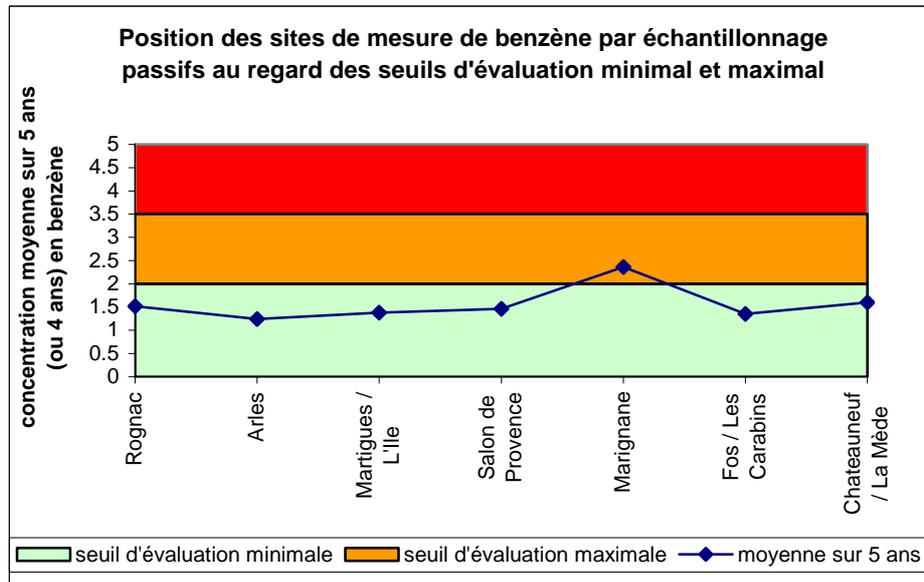


Figure 4 : Position des sites de mesure de benzène par échantillonnage passifs au regard des seuils d'évaluation minimal et maximal

Pour Marignane, la moyenne sur les 5 ans de données est de $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$: la surveillance par échantillonnage passif telle qu'elle est réalisée aujourd'hui par AIRFOBEP répond aux exigences réglementaires, à savoir : des mesures réalisées en des sites fixes soit en continu soit par échantillonnage aléatoire.

Sur les six autres sites, la modélisation couplée à quelques mesures ponctuelles pourraient suffire au regard des valeurs obtenues.

III.3 Comparaison des sites de mesure du benzène deux à deux

Les données permettant cette analyse sont fournies en annexe 1. L'exploitation de ce jeu de données permet de mettre en exergue des relations entre les sites de mesure résumées dans les graphiques suivants :

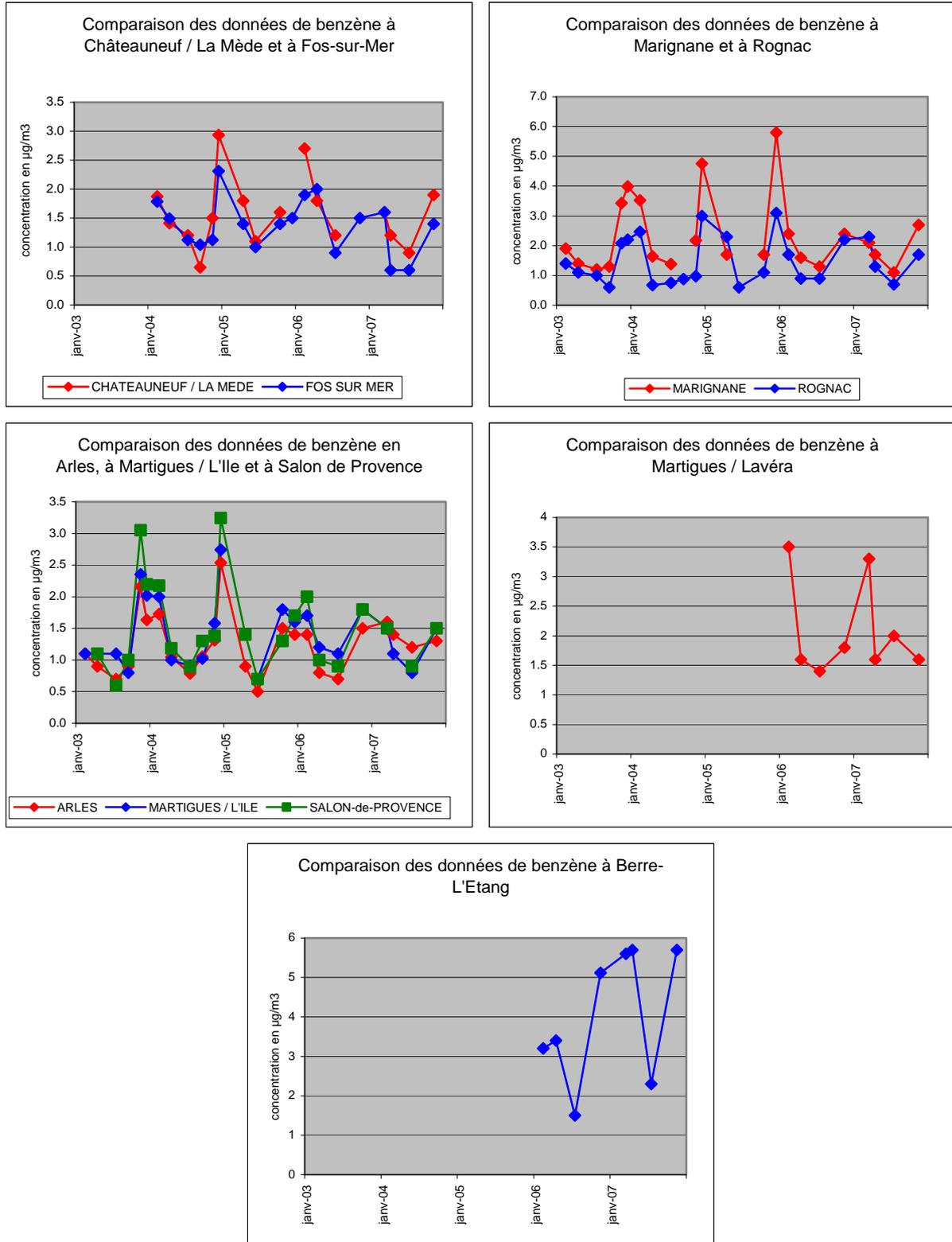


Figure 5 : Comparaison des données de benzène d'un site à l'autre depuis 2003

Ainsi on peut constater les regroupements suivants :

- **Marignane et Rognac** : ces deux villes sont proches, situées à l'est de l'Etang de Berre. Les deux sites choisis pour la mesure du benzène sont de type urbain, plus marqué pour Marignane.
- **Salon-de-Provence, Arles et Martigues** : ces trois villes de taille moyenne sont situées respectivement au nord, nord-ouest et ouest de l'Etang de Berre. Les deux premières (Salon-de-Provence et Arles) sont éloignées des activités industrielles implantées autour de l'Etang de Berre. Martigues, bien que plus proche des sources industrielles, montre pour le benzène un comportement comparable. Le benzène pour ce groupe, est également, plus probablement, un indicateur d'une pollution liée aux transports.
- **Châteauneuf / La Mède et Fos-sur-Mer** : Ces deux sites sont implantés près de sites industriels émetteurs de composés organiques volatils. La corrélation entre les deux sites se justifie par le caractère industriel marqué, en particulier, par l'industrie pétrolière.
- **Berre-l'Etang et Martigues / Lavéra** : ces deux sites ne montrent aucune corrélation : ni entre eux ni avec les autres sites. Ils ont été choisis pour héberger du matériel de mesure du benzène en automatique.

Toutes ces remarques se concrétisent par les relations suivantes, qui permettent de fournir des éléments de comparaison des données d'un site à l'autre.

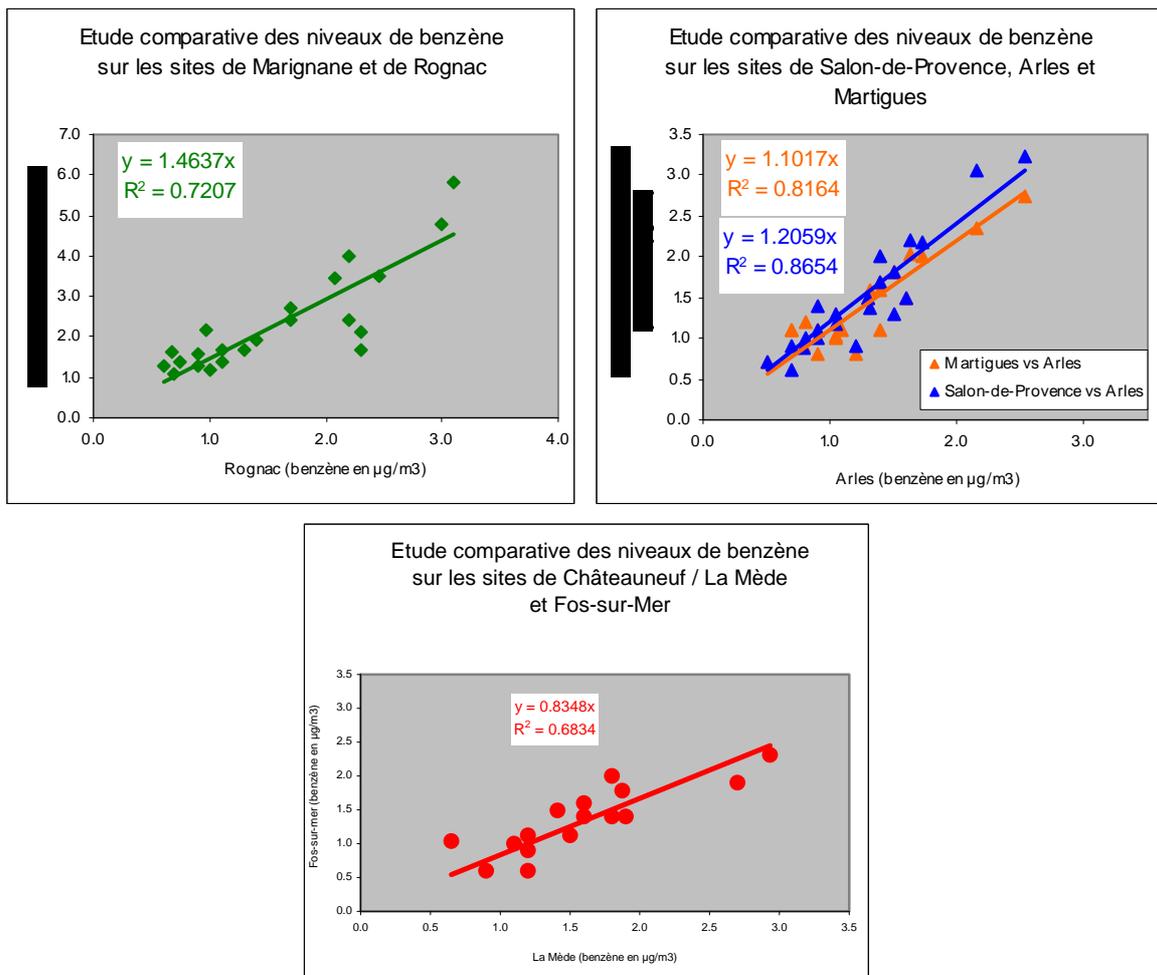


Figure 6 : Etude comparative des données de benzène d'un site à l'autre depuis 2003

Les résultats de ces analyses montrent une corrélation forte entre des sites de mesure du benzène ainsi 5 groupes peuvent être établis :

- Marignane et Rognac,
- Arles, Salon-de-Provence et Martigues,
- Fos-sur-Mer et Châteauneuf / La Mède,
- Berre-L'Etang,
- Martigues / Lavéra.

Ces regroupements peuvent fournir des indications sur le comportement du benzène et constituer des outils d'aide à la validation des données.

IV. MARIGNANE

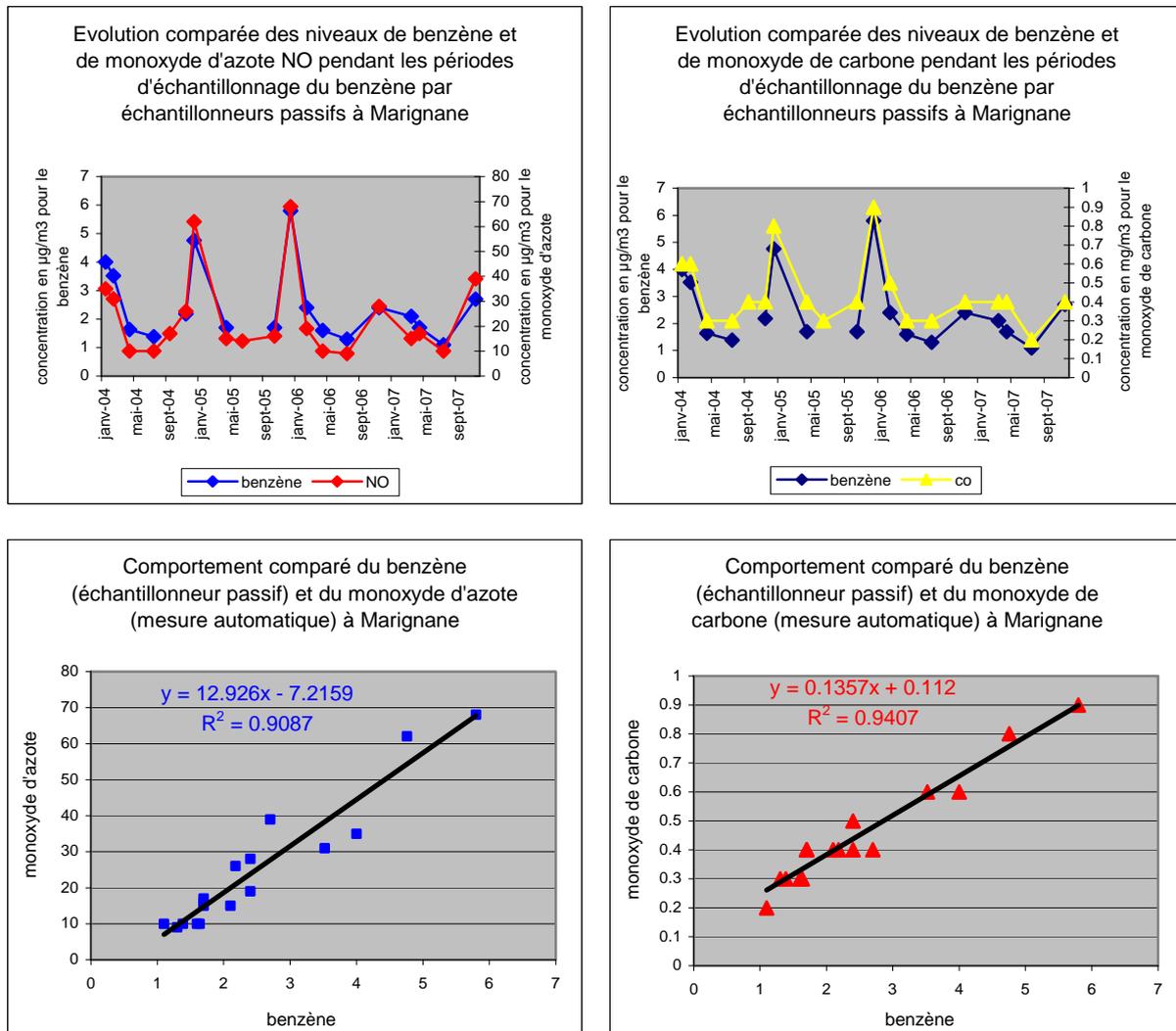


Figure 7 : Comparaison des niveaux de benzène avec les niveaux de monoxyde d'azote et de monoxyde de carbone à Marignane

L'examen des données fournies par les analyseurs en automatique de la station fixe avec les données issues des échantillonneurs passifs pour le benzène montre une très forte corrélation avec les données du monoxyde d'azote et du monoxyde de carbone issues de la mesure automatique. Cela tend à indiquer une origine essentiellement liée aux transports routiers pour le benzène.

V. ROGNAC

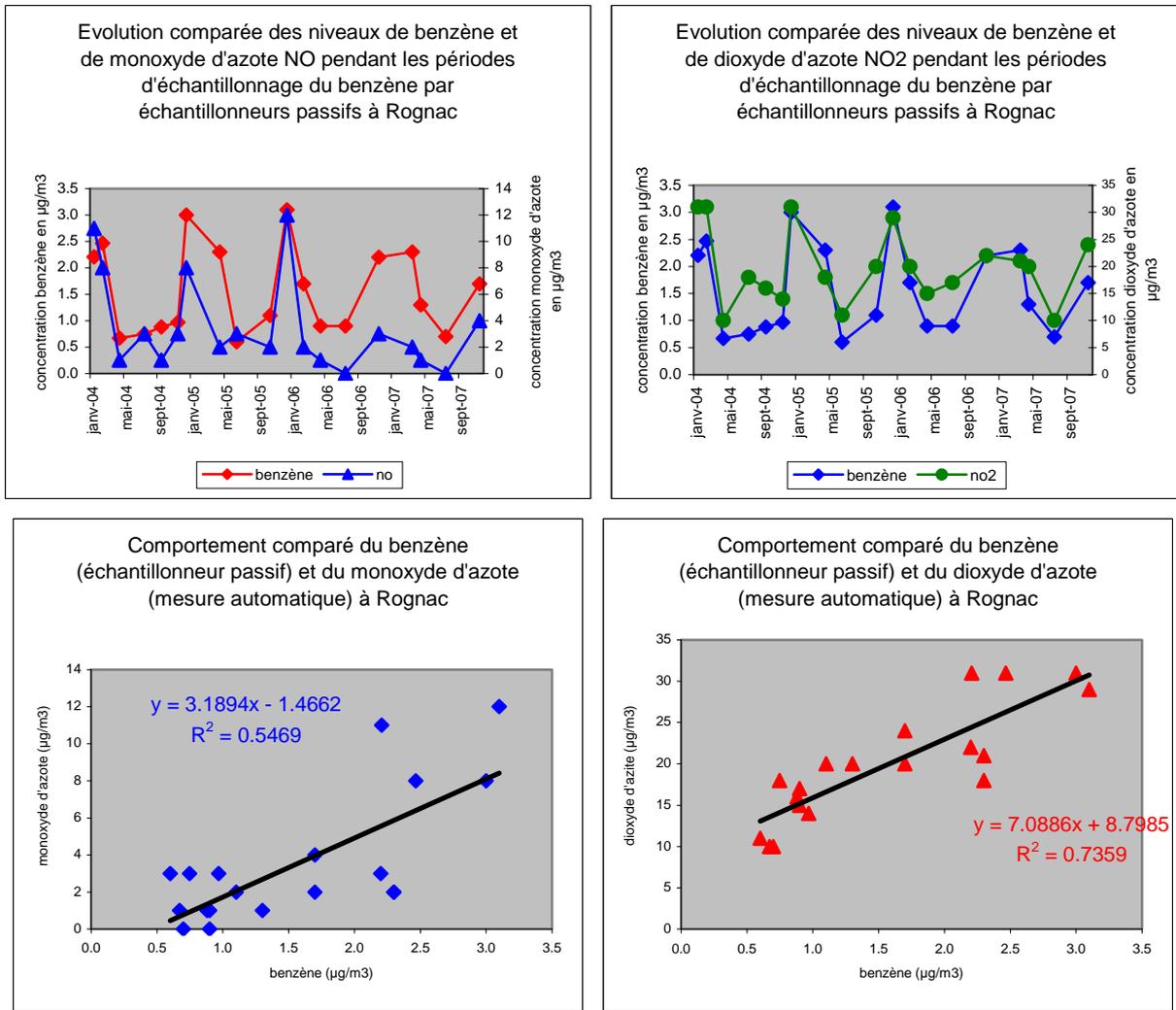


Figure 8 : Comparaison des niveaux de benzène avec les niveaux d'oxydes d'azote à Rognac

Pour valider les résultats de benzène par tubes passifs sur Rognac, il sera intéressant de suivre les évolutions du COV et du dioxyde d'azote.

VI. MARTIGUES / L'ILE

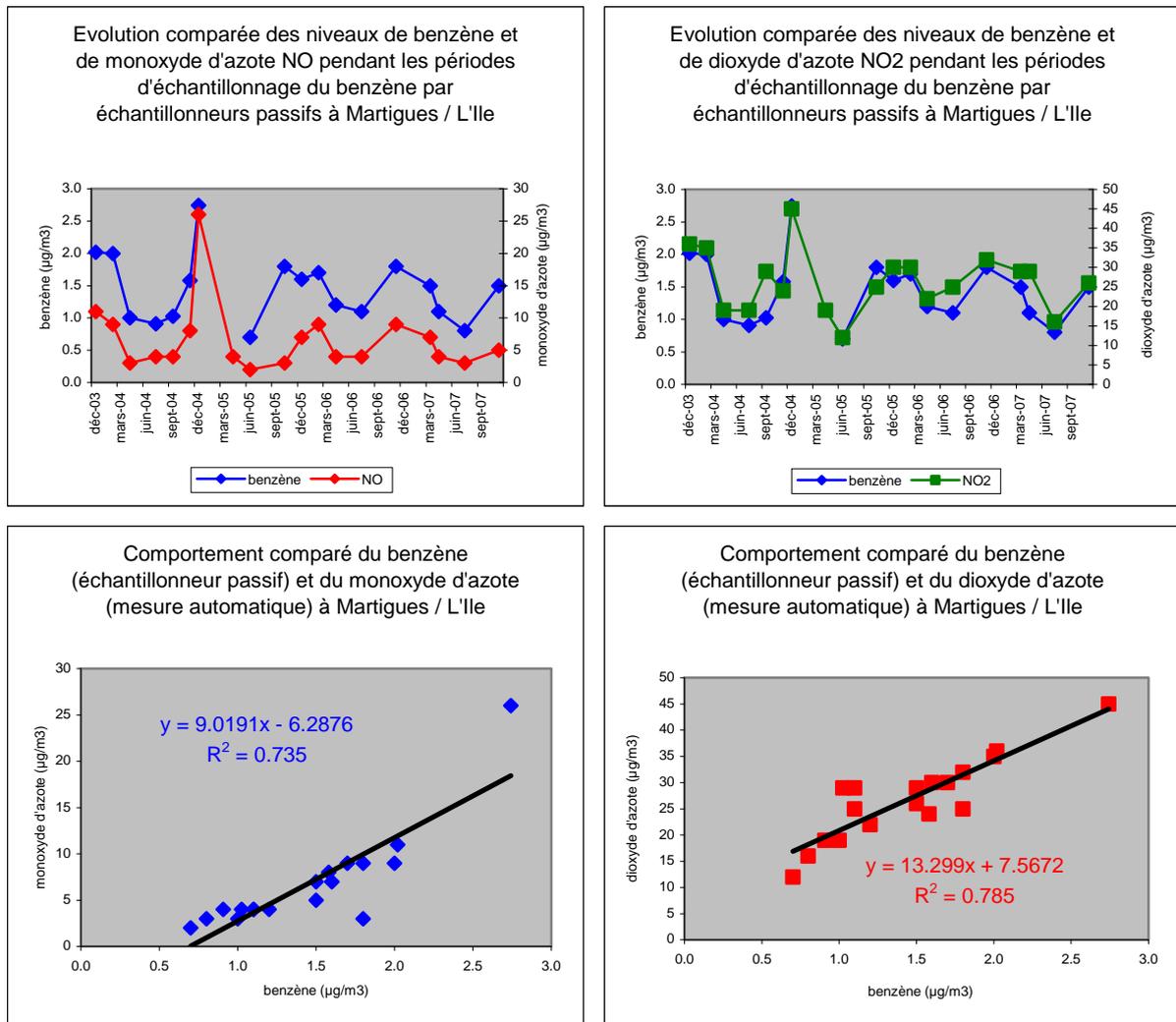


Figure 9 : Comparaison des niveaux de benzène avec les niveaux d'oxydes d'azote à Martigues / L'Île

Les données de benzène issues des prélèvements par échantillonnage passif pour Martigues / L'Île peuvent être comparées aux données d'oxydes d'azote sur le même site, issues des appareils en continu.

VII. SALON-DE-PROVENCE

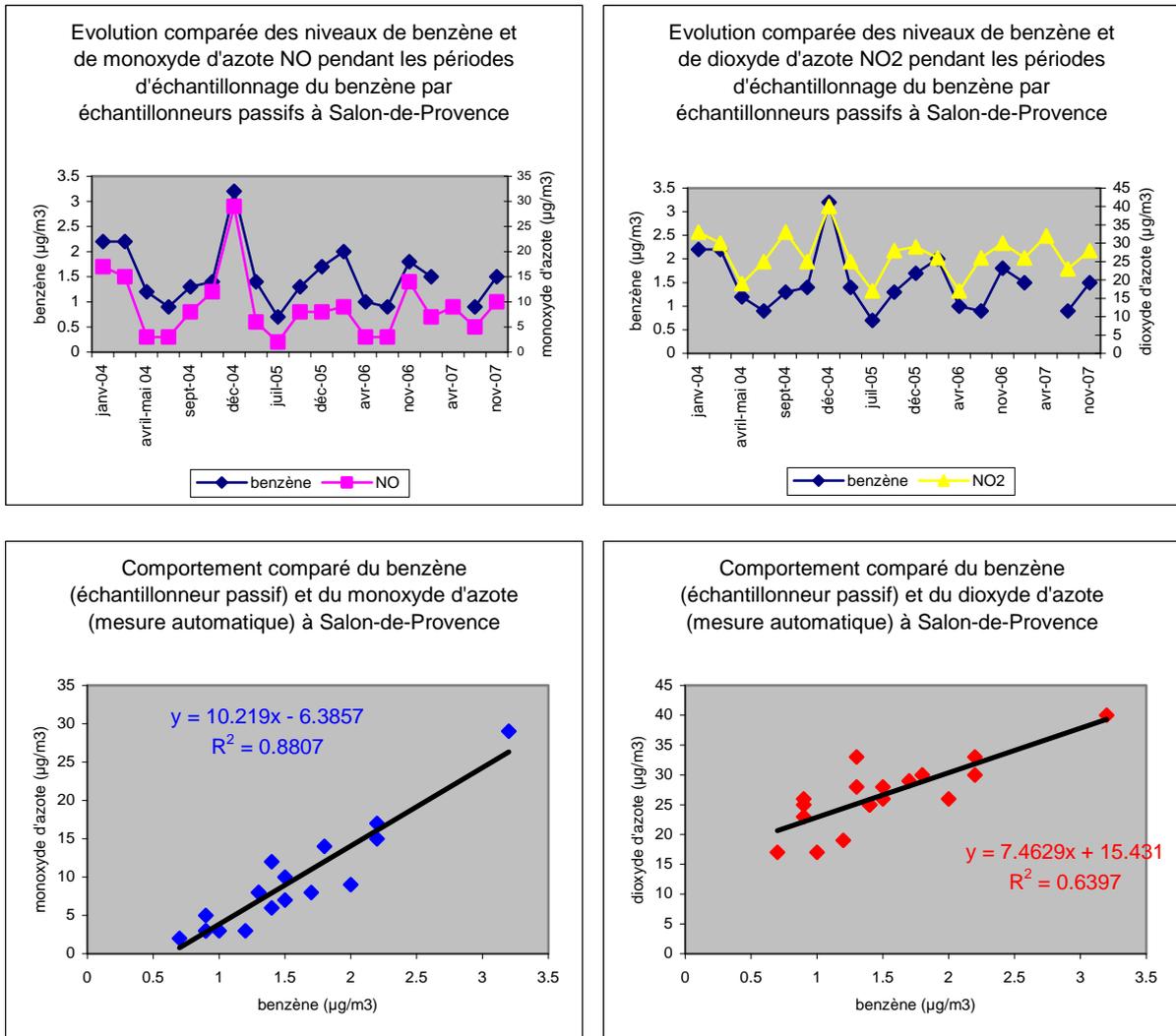


Figure 10 : Comparaison des niveaux de benzène avec les niveaux d'oxydes d'azote à Salon-de-Provence

L'étude des données de benzène sur le site de Salon-de-Provence montre pendant les périodes d'échantillonnage des similitudes de comportement avec les oxydes d'azote. Ces similitudes sont en particulier importantes avec le monoxyde d'azote, indiquant ainsi que le benzène sur le site de Salon-de-Provence proviendrait en grande partie du trafic automobile.

VIII. ARLES

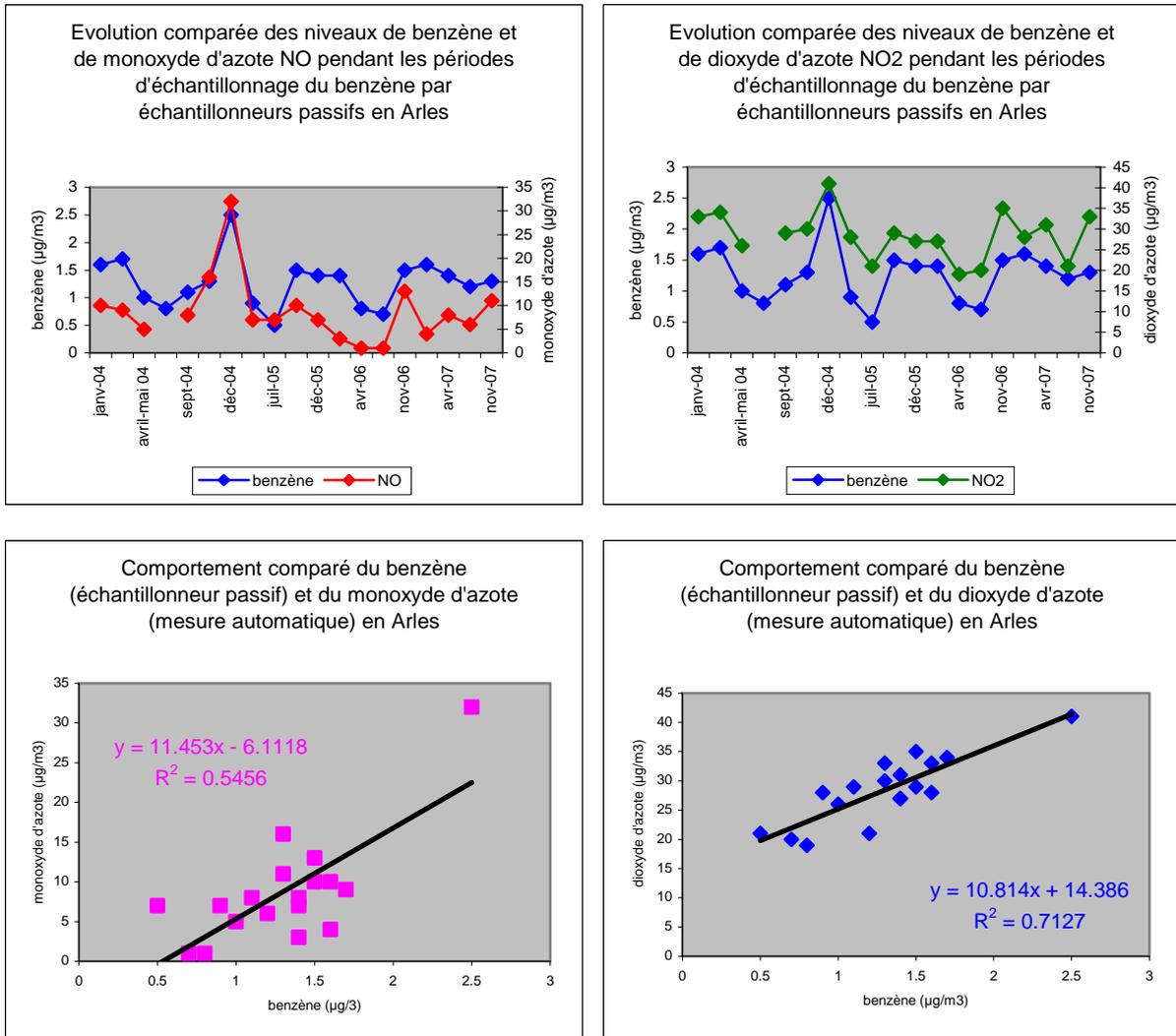


Figure 11 : Comparaison des niveaux de benzène avec les niveaux d'oxydes d'azote en Arles

L'étude des données de benzène sur le site d'Arles montre pendant les périodes d'échantillonnage des similitudes de comportement avec les oxydes d'azote, et plus particulièrement avec le dioxyde d'azote.

IX. CHATEAUNEUF / LA MEDE

Les polluants mesurés de façon automatique et continue sur le site de Châteauneuf / La Mède sont les particules en suspension de type PM10 et le dioxyde de soufre. Aucun de ces deux polluants ne présente des similitudes de comportement avec le benzène issu des prélèvements passifs de 2004 à 2007.

X. FOS-SUR-MER / LES CARABINS

Les polluants mesurés de façon automatique et continue sur le site de Fos / Les Carabins sont les particules en suspension de type PM10 et le dioxyde de soufre. Aucun de ces deux polluants ne présente des similitudes de comportement avec le benzène issu des prélèvements passifs de 2004 à 2007.

XI. BERRE-L'ETANG

Ce site de Berre-L'Etang dispose, entre autre polluant, de mesures fixes et continues de benzène et des mesures par échantillonnage passif.

XI.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe au nord-nord-est de Martigues.

Le point de mesure est situé au stade de Berre-L'Etang ; il est susceptible d'être influencé à la fois par des sources urbaines, en particulier le transport, et par des sources industrielles, en raison de la proximité immédiate d'une raffinerie. Cette activité se distingue essentiellement par des sources diffuses de benzène.

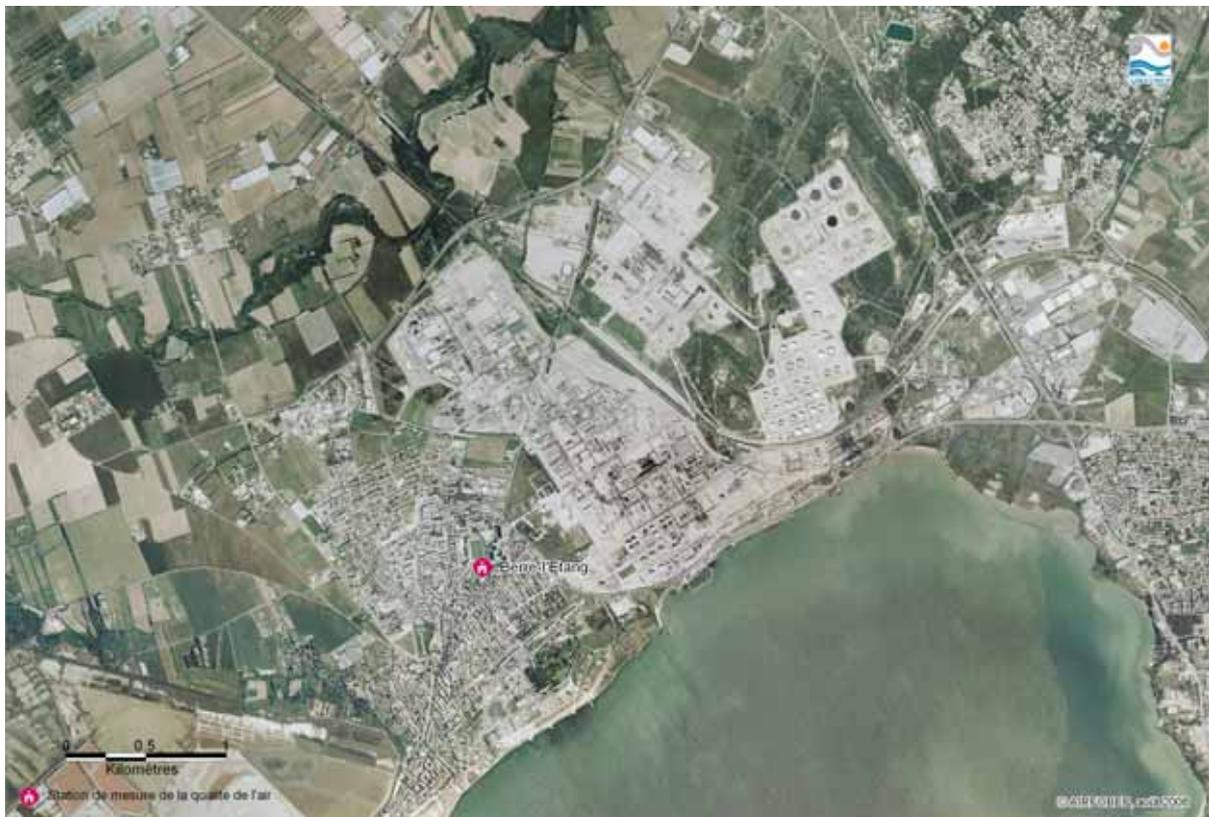


Figure 12 : Implantation des sites de mesures du benzène sur Berre-l'Etang

XI.2 Evolution mensuelle de la mesure automatique de benzène

L'année 2007 est la première année de mesure complète de benzène sur le site de Berre-L'Etang. La concentration moyenne annuelle y est de $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène, le $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le toluène et $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'ortho-xylène.

L'objectif de qualité français de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est dépassé mais la valeur limite européenne de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est respectée.

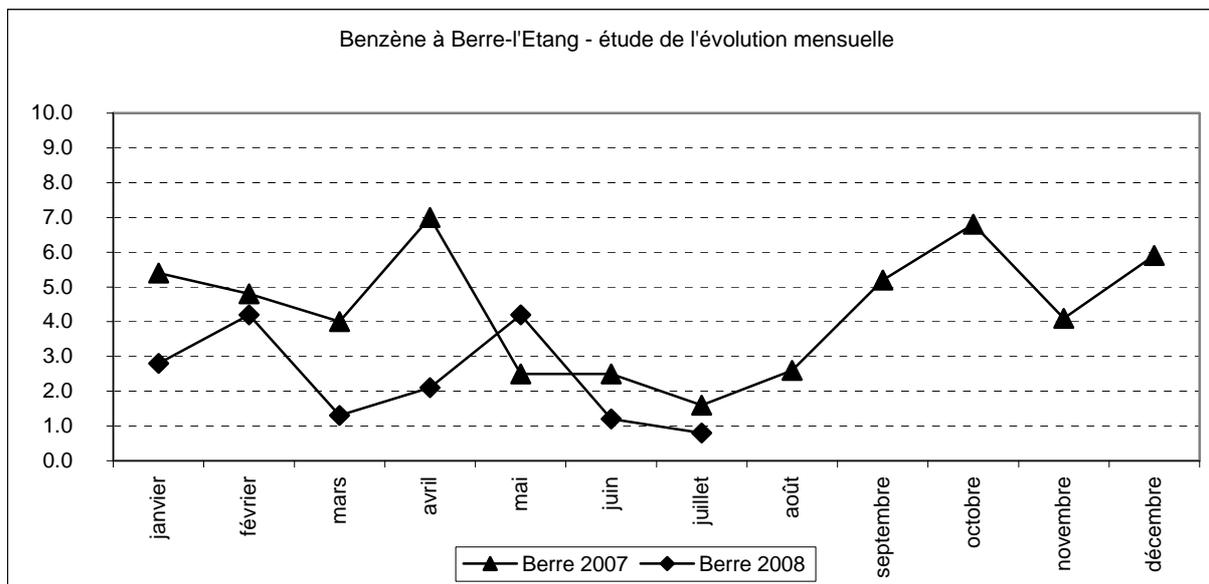


Figure 13 : Evolution mensuelle des niveaux de benzène à Berre-l'Etang depuis janvier 2007

L'évolution mensuelle sur les 19 mois de données disponibles semble dessiner une saisonnalité avec des niveaux plus importants en période hivernale, lorsque les conditions météorologiques plus froides d'hiver ne sont pas propices à une bonne dispersion des polluants atmosphériques.

XI.3 Rose des pollutions sur l'année 2007

La rose des pollutions pour les années 2007 et 2008 à Berre-L'Etang réalisée à partir des données automatiques quart-horaires de benzène et les directions de vent de la Fare-les-Oliviers montre une direction privilégiée pour la mesure du benzène : ainsi toute la moitié Est de la rose des pollutions montre une augmentation très nette des niveaux de benzène.

Le point de mesure, situé sur le stade, est influencé par la zone industrielle pour des vents de direction comprise entre 350 et 110° approximativement.

La moyenne annuelle en benzène sur 2007/2008 sur le secteur [350-110] pour le site de Berre-L'Etang est de l'ordre de 8,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la moyenne sur les autres secteurs est de l'ordre de 4,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'influence du complexe industriel est donc nette et implique une augmentation du niveau de fond urbain de benzène sur le site de Berre-L'Etang.

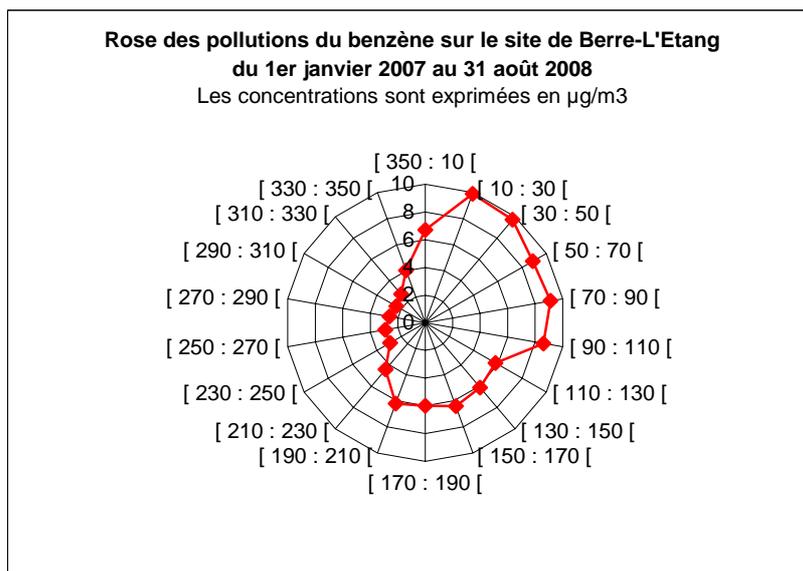


Figure 14 : Rose des pollutions de benzène sur le site de Berre-L'Etang du 1^{er} janvier 2007 au 31 août 2008

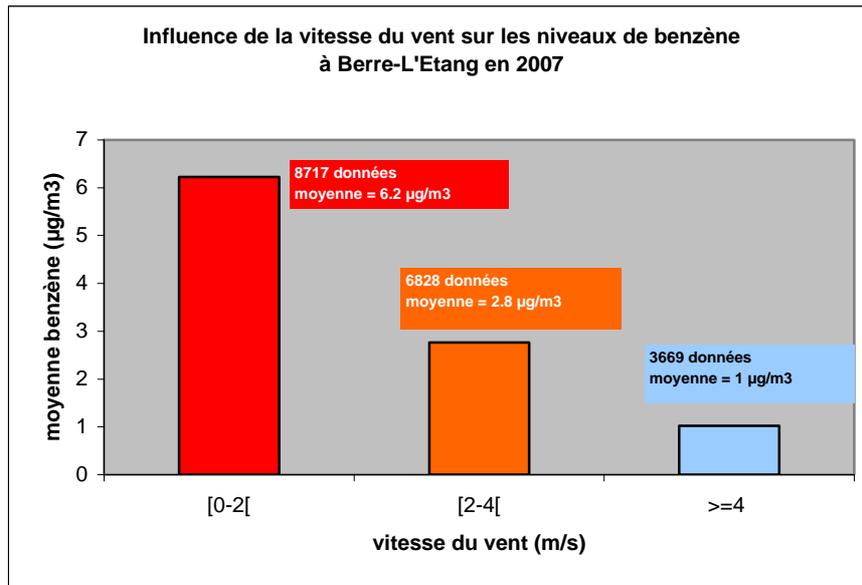


Figure 15 : Influence de la vitesse du vent sur les mesures de benzène à Berre-L'Etang en 2007

Les niveaux de benzène correspondent à des vents de nord-est faibles. Dans ce cas de figure le point de mesure, situé sur le stade, est sous les vents d'une unité d'extraction du polybutadiène utilisant le benzène comme solvant. Cette unité a définitivement fermé en mai 2008. Cette cessation d'activité impacte sur la rose des pollutions du benzène par **écrêtage de la pointe relevée par vent de nord-est**. La baisse des concentrations moyennes sur les autres secteurs de vent est essentiellement due au caractère saisonnier du benzène.

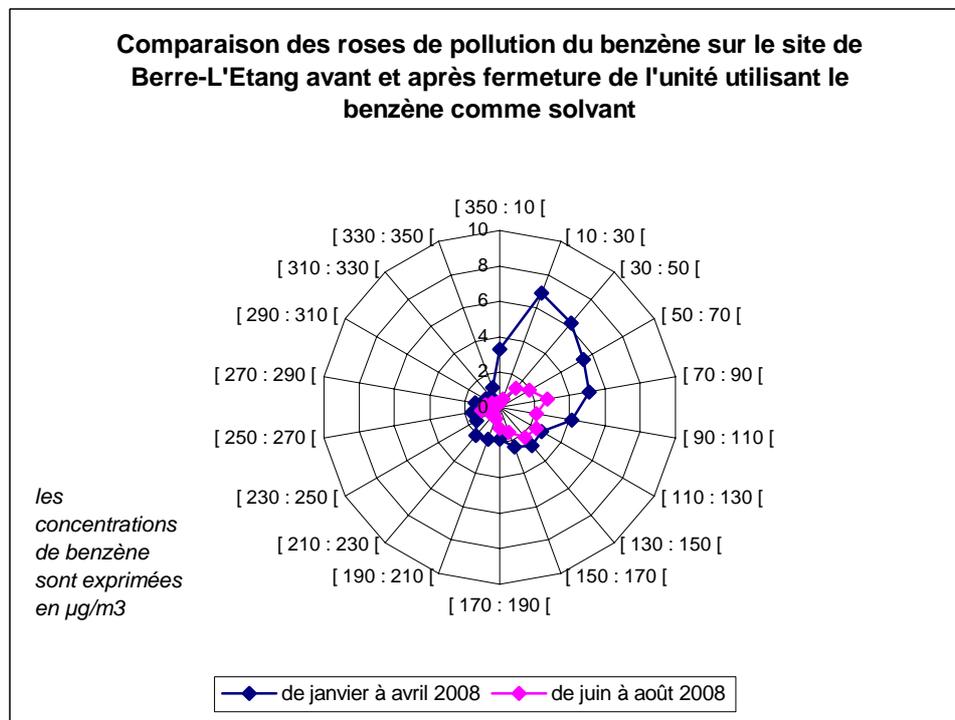


Figure 16 : Rose des pollutions du benzène à Berre-L'Etang avant et après fermeture de l'unité de production utilisant le benzène comme solvant

XI.4 Evolution par rapport aux autres polluants surveillés sur la zone

L'exploitation des niveaux de benzène à Berre-L'Etang en comparaison avec les teneurs en dioxyde de soufre et dioxyde d'azote ne montre aucune relation simple entre le benzène et ces polluants.

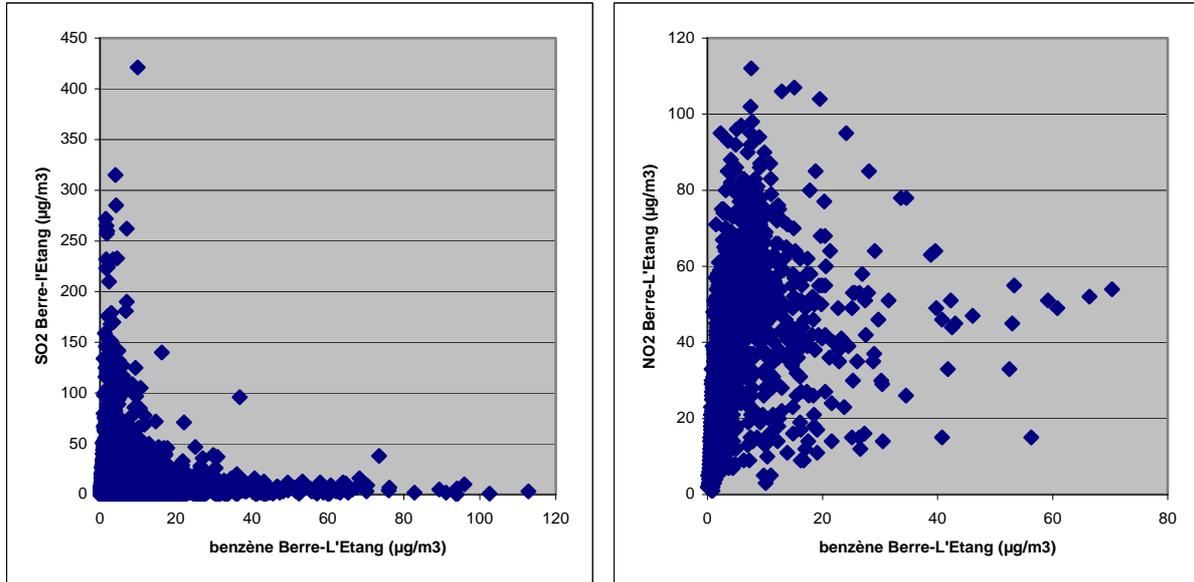


Figure 17 : Recherche de corrélation entre la mesure automatique du benzène et celles de dioxyde d'azote et de dioxyde soufre à Berre-L'Etang

Les coefficients de corrélation sont très mauvais avec 2 % entre benzène et dioxyde de soufre et 39 % entre benzène et dioxyde d'azote. Aucune tendance ne peut être dessinée suite à l'analyse de ces deux graphiques : les données de benzène sont aussi bien mesurées lorsque les niveaux de SO₂ ou NO₂ sont forts que faibles.

Pour des raisons de lisibilité des courbes, les valeurs de benzène ont été multipliées par 3.

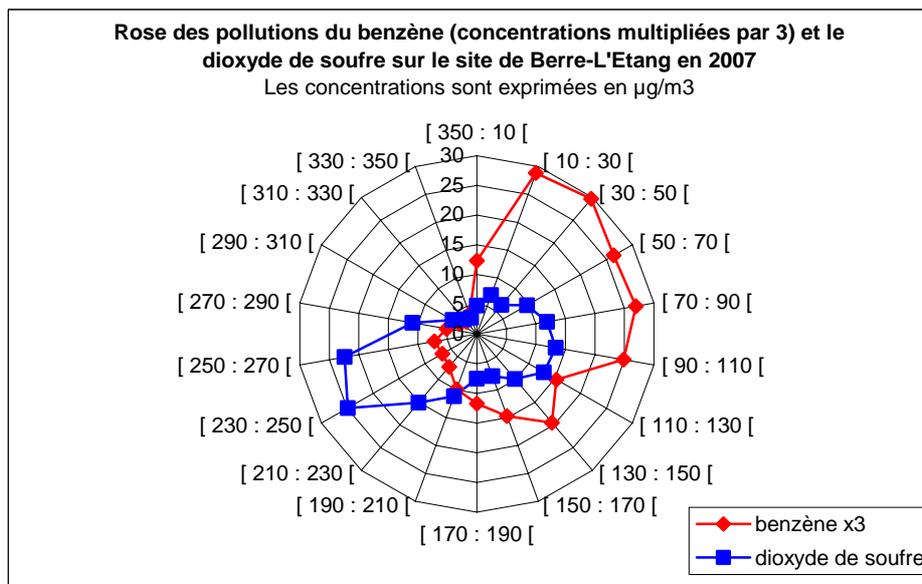


Figure 18 : Rose des pollutions comparées du benzène et du dioxyde de soufre sur le site de Berre-L'Etang en 2007

Les roses des pollutions au niveau du stade de Berre-L'Etang pour le dioxyde de soufre montrent deux directions privilégiées de pollution :

- l'une par vent d'est correspondant au complexe industriel
- et la seconde, dont l'impact est plus fort, par vent d'ouest-sud-ouest correspondant probablement à un retour de masses d'air chargées en dioxyde de soufre lors du renversement du régime de brises thermiques. Cette dernière direction de pollution n'apparaît pas pour le benzène.

XI.5 Comparaison des mesures automatiques et par prélèvements passifs

Les données issues des mesures par échantillonnage passif sont comparées aux moyennes des mesures réalisées en automatique sur le site de Berre-L'Etang pendant les mêmes périodes. Cette comparaison est importante :

- elle permet de valider les méthodes deux à deux,
- si cette première étape est correcte, elle peut fournir des aides à la validation pour les deux méthodes à moyen terme.

Dans le cas des mesures réalisées à Berre-L'Etang, on peut constater que les moyennes fournies par les deux méthodes sont en cohérence quasi-totale depuis 2007. Seule la première période présente une singularité entre les deux méthodes...

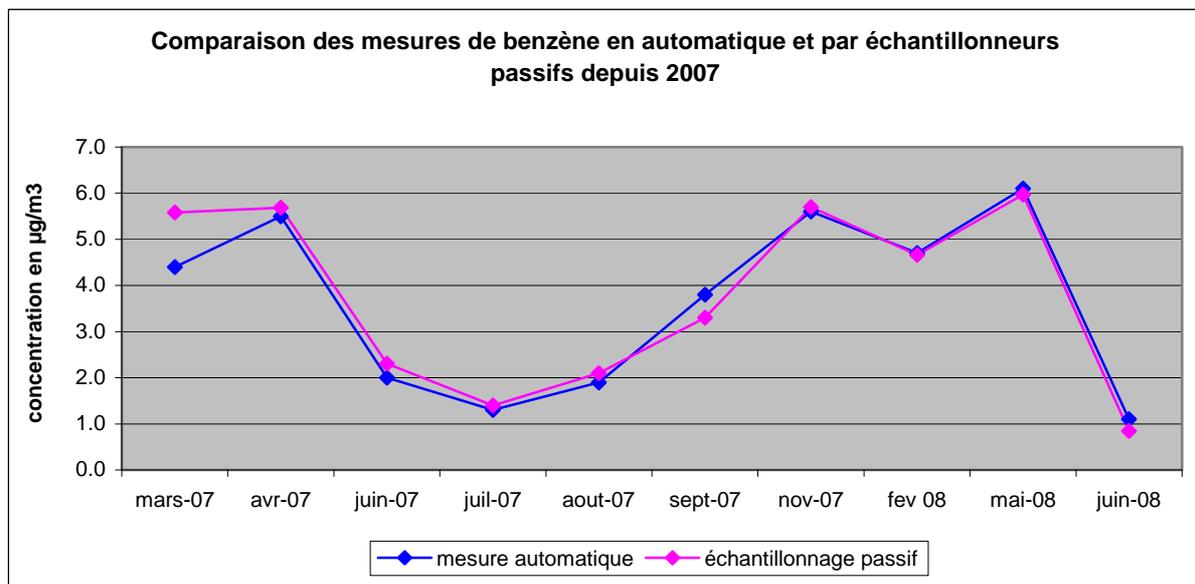


Figure 19 : comparaison des moyennes sur 15 jours des données de benzène issues des échantillonneurs passifs et de l'analyseur automatique depuis 2007

Cette comparaison permet de valider les deux méthodes de mesure du benzène sur le site de Berre-L'Etang. En effet, d'une part, les données fournies par les deux méthodes sont cohérentes et, d'autre part, elles présentent des comportements comparables pour le benzène pouvant permettre ainsi, le cas échéant, de détecter des problèmes analytiques d'une ou l'autre méthode utilisée.

XI.6 Conclusions

L'exploitation de benzène sur le site de Berre-l'Etang montre la pertinence d'une surveillance pérenne sur le site avec une influence industrielle très marquée. En effet par vent de direction comprise entre 350° et 110°, la moyenne annuelle de benzène est nettement plus importante que sur les autres secteurs, exprimant ainsi l'influence de l'activité pétrochimique sur les niveaux de benzène à Berre-l'Etang.

Les valeurs les plus importantes sont relevées par vent provenant d'un large secteur Est et caractérisée par une vitesse faible (de 0 à 2 m/s).

La mesure des échantillonneurs passifs et de l'appareil automatique fournit des données sensiblement comparables, ce qui offre des aides sérieuses à la validation des données.

XII. MARTIGUES / LAVERA

XII.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe au Sud-Sud-Ouest de Martigues autour de la zone industrielle de Lavéra. **Le site de Martigues / Lavéra** est situé dans l'école du quartier, exposé aux activités industrielles par vents de direction provenant d'une large moitié OUEST. La zone est résidentielle.



Figure 20 : Implantation des sites de mesures du benzène sur Berre-l'Etang

Les données météorologiques prises en compte pour l'exploitation des données obtenues sur le site de Martigues / Lavéra sont celles de Martigues / Notre Dame des Marins.

XII.2 Evolution mensuelle de la mesure automatique de benzène

La mesure du benzène par appareil automatique est très récente sur le site, puisqu'elle a été mise en place en 2008. Les données fournies depuis le 1^{er} février 2008 seront exploitées dans ce rapport.

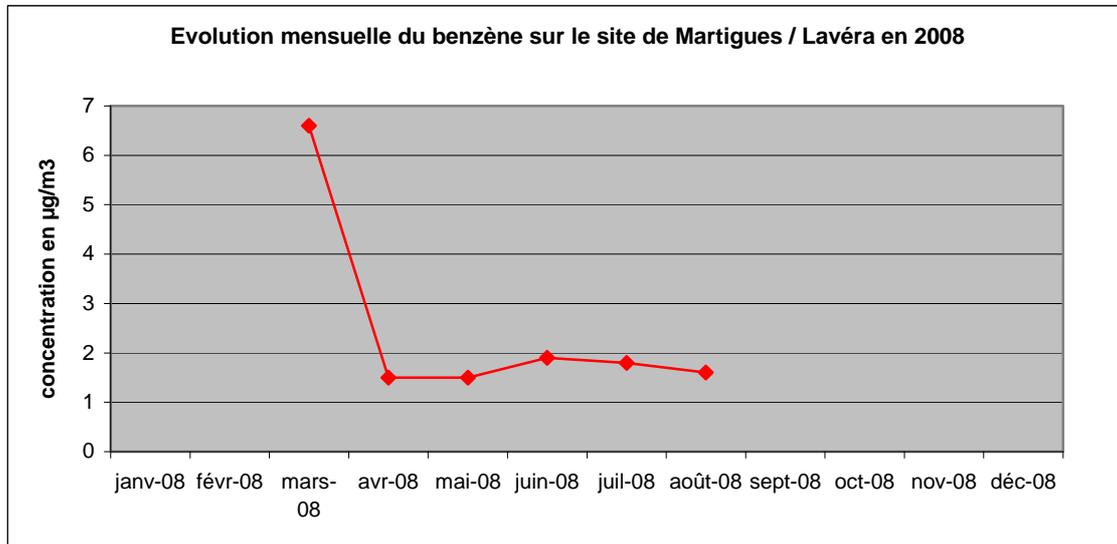


Figure 21 : Evolution mensuelle du benzène sur le site de Martigues / Lavéra en 2008

On peut observer une moyenne mensuelle importante en benzène pour le mois de mars 2008. Elle correspond à des niveaux importants relevés au cours de quelques journées (les 1^{er} et 2, les 11 et 12, les 16 et 17 mars) pour lesquelles les niveaux journaliers de benzène sont supérieurs à 15 µg/m³.

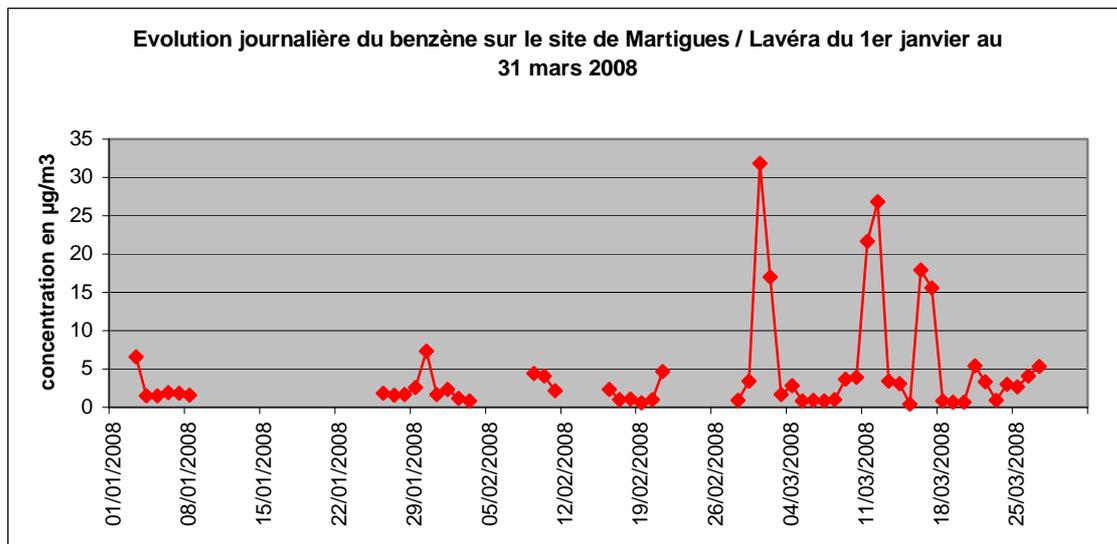


Figure 22 : Evolution journalière du benzène sur le site de Martigues / Lavéra du 1er janvier au 31 mars 2008

- Les 1^{er}, 2, 11 et 12 mars 2008 : le vent est fort de ouest-nord-ouest. Les niveaux de benzène sont élevés pendant plusieurs heures.
- Les 16 et 17 mars 2008 : Le vent est fort de ouest-nord-ouest. Les concentrations de benzène augmentent en fin de journée le 16 mars (17h TU) et restent importantes jusqu'au lendemain 8h TU.

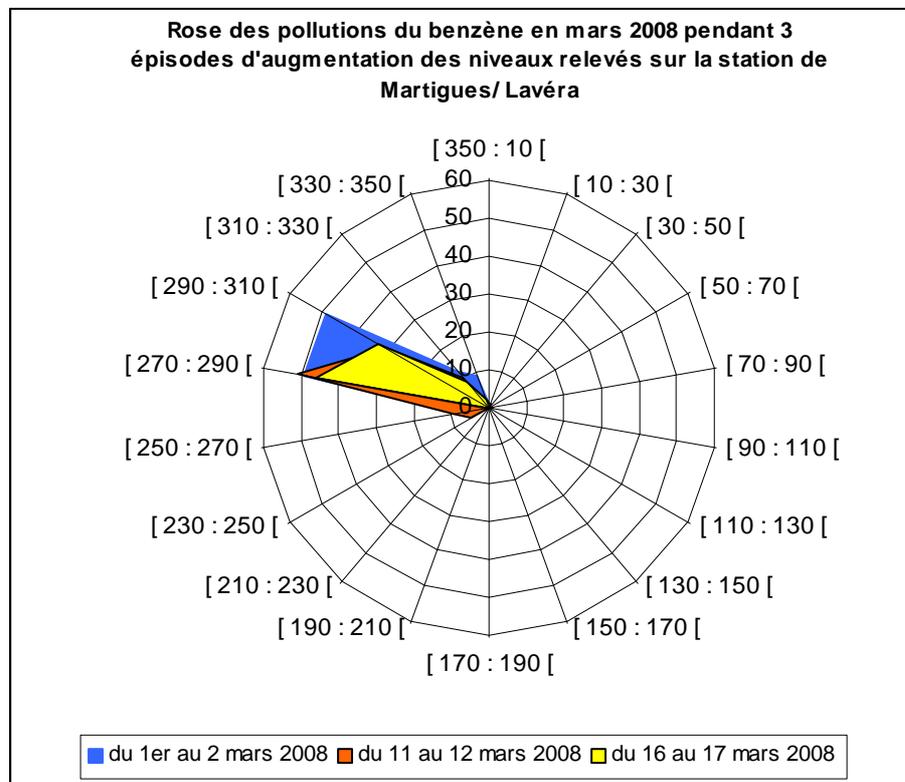


Figure 23 : Rose des pollutions du benzène sur le site de Martigues / Lavéra pour 3 épisodes d'augmentation des niveaux en air ambiant

Au cours de ces trois périodes, le point de mesure de Martigues / Lavéra est sous les vents du complexe industriel.

XII.3 Rose des pollutions sur l'année 2008

La rose des pollutions pour l'année 2008 a été réalisée sur le site de Martigues / Lavéra à partir des données automatiques quart-horaires de benzène et les directions de vent de Martigues / Notre Dame des Marins. Elle montre une pollution atmosphérique par le benzène très directionnelle sur le site étudié avec des niveaux moyens plus élevés qu'à Berre-L'Etang et une pollution très sectorielle selon le vent.

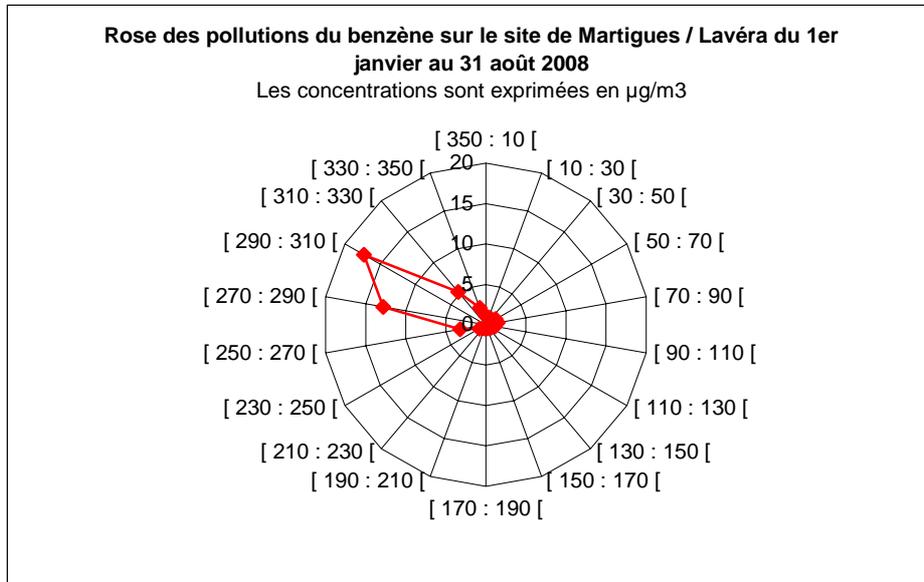


Figure 24 : Rose des pollutions du benzène sur le site de Martigues / Lavéra du 1^{er} janvier au 31 août 2008

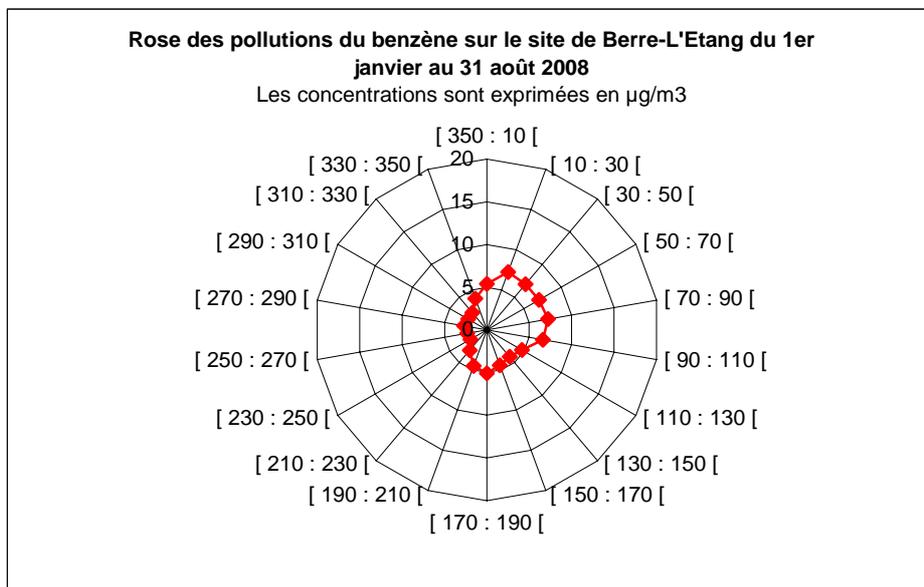


Figure 25 : Rose des pollutions du benzène sur le site de Martigues / Lavéra du 1^{er} janvier au 31 août 2008

XII.4 Evolution par rapport aux autres polluants surveillés sur la zone

Le coefficient de corrélation du benzène et du dioxyde de soufre est mauvais avec 0,11 ce qui tend à montrer qu'il n'y a pas de relation directe entre les deux polluants. Cela se confirme par la réalisation de la rose des pollutions qui montre dans les deux cas, une influence industrielle très nette mais dont la localisation des sources pour l'un et pour l'autre varie.

Pour des raisons de lisibilité des courbes, les valeurs de benzène ont été multipliées par 5.

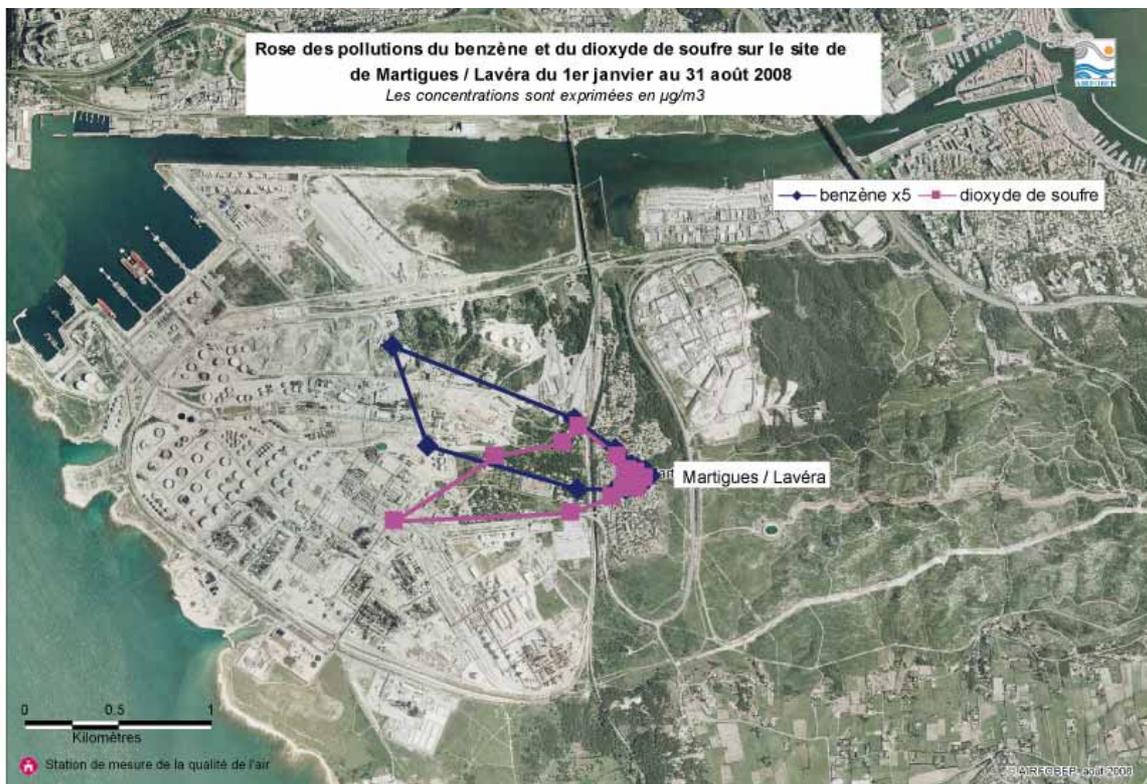
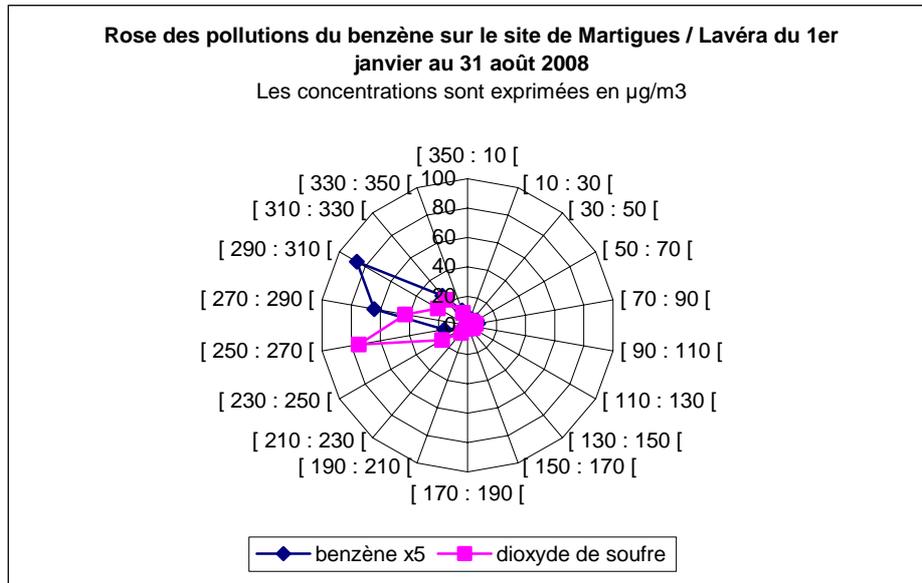


Figure 26 : Rose des pollutions comparées du benzène et du dioxyde de soufre sur Martigues / Lavéra du 1er janvier au 31 août 2008

Les influences industrielles pour les deux polluants sont décalées d'environ 20°. Les valeurs les plus élevées en benzène ne correspondent pas aux valeurs les plus élevées en dioxyde de soufre, d'où une mauvaise corrélation entre les deux polluants.

XII.5 Bilan

L'exploitation des mesures de benzène sur le site de Martigues/ Lavéra montre la pertinence d'une surveillance pérenne sur le site avec une influence industrielle très marquée. En effet par vent d'ouest à nord-ouest, la moyenne annuelle de benzène est très nettement plus importante que sur les autres secteurs de vents (8,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) exprimant ainsi l'influence de l'activité pétrochimique sur les niveaux de benzène à Lavéra.

XIII. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Suite à l'étude menée en 2001/2002 dans le but de cartographier les niveaux de fond de benzène dans l'air ambiant de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône, AIRFOBEP a pérennisé la surveillance du benzène par échantillonnage passif sur les villes d'Arles, Salon-de-Provence, Martigues, Berre-L'Étang, Rognac, Marignane, Fos-sur-Mer, Châteauneuf / La Mède.

4 à 6 campagnes, de 15 jours chacune, sont réalisées chaque année sur l'ensemble des sites, afin d'évaluer la moyenne annuelle en benzène.

De plus depuis 2007, des mesures de benzène, par chromatographie en phase gaz en automatique, sont réalisées à Berre-L'Étang et, depuis 2008, à Martigues / Lavéra.

L'exploitation de l'ensemble de ces données permet d'expliquer le comportement du benzène vis-à-vis d'autres polluants mesurés de façon permanente sur un même site mais également vis-à-vis des mesures de benzène relevées sur d'autres sites.

Les données de benzène relevées sur les 9 sites sont relativement stables d'une année sur l'autre. Seul le site de Marignane montre une forte baisse entre 2005 et 2006, corrélée avec les niveaux des autres polluants chimiques mesurés sur la station fixe. En 2007, les concentrations moyennes sont inférieures à la valeur limite de protection de la santé pour 2010. Les sites de Berre-L'Étang et Martigues / Lavéra dépassent néanmoins l'objectif annuel de qualité fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les sites de Salon-de-provence, Arles, Martigues / L'Ile, Marignane et Rognac montrent des caractéristiques plutôt urbaines avec des corrélations du benzène avec les polluants liés aux transports routiers : oxydes d'azote et monoxyde de carbone. Les sites de Fos-sur-Mer, Châteauneuf / La Mède, Berre et Martigues / Lavéra sont caractérisés par une influence industrielle marquée : aucune corrélation avec les polluants mesurés en permanence sur les sites n'a pu être mise au jour. Néanmoins, les sites de Fos-sur-Mer et Châteauneuf / La Mède semblent montrer des comportements liés au benzène relativement comparables. Il n'en est rien pour les deux autres sites, qui ne présentent de corrélation possible avec aucun site.

Des aides à la validation peuvent être définies à partir de cette exploitation :

Sites pouvant être comparés	Corrélation inter-polluants pouvant aider à la décision
Rognac et Marignane	Marignane : benzène avec CO et NO Rognac : benzène avec NO ₂ , puis NO
Arles, Salon-de-Provence, Martigues / L'Ile	Arles : benzène avec NO ₂ Salon-de-Provence : benzène avec NO Martigues / L'Ile : benzène avec NO et NO ₂
Fos-sur-Mer et Châteauneuf / La Mède	Aucune

Tableau 4 : tableau des correspondances possibles entre sites
et entre le benzène et les autres polluants du chaque site de mesure

En terme de perspective, il semble intéressant de poursuivre les mesures de benzène telles qu'elles sont réalisées à présent. Des mesures spécifiques de COV pourraient être entreprises par échantillonnage passif ou mesure automatique sur les sites impactés par des activités industrielles (Fos / Les Carabins, Châteauneuf / La Mède, Berre-L'Étang et Martigues / Lavéra). Sur ces deux derniers sites, la mesure automatique est justifiée par les fortes valeurs pouvant être mesurées sur site.

**XIV. ANNEXE 1 : MOYENNES DE BENZENE FOURNIES PAR LES
ECHANTILLONNEURS PASSIFS SUR UNE PERIODE DE 15 JOURS DE 2003 A
2007**

Moyennes de benzène	Rognac	Arles	Martigues	Salon de Provence	Châteauneuf / La Mède	Fos / Les Carabins	Marignane	Berre-L'Etang	Martigues / Lavéra
févr-03	1.4	1.1	1.1				1.9		
avr-03	1.1	0.9	1.1	1.1			1.4		
juil-03	1.0	0.7	1.1	0.6			1.2		
sept-03	0.6	0.9	0.8	1.0			1.3		
nov-03	2.1	2.2	2.4	3.1			3.4		
déc-03	2.2	1.6	2.0	2.2			4.0		
févr-04	2.5	1.7	2.0	2.2	1.9	1.8	3.5		
avr-04	0.7	1.0	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6		
juil-04	0.7	0.8	0.9	0.9	1.2	1.1	1.4		
sept-04	0.9	1.1	1.0	1.3	0.6	1.0			
nov-04	1.0	1.3	1.6	1.4	1.5	1.1	2.2		
déc-04	3.0	2.5	2.7	3.2	2.9	2.3	4.8		
avr-05	2.3	0.9		1.4	1.8	1.4	1.7		
juin-05	0.6	0.5	0.7	0.7	1.1	1.0			
oct-05	1.1	1.5	1.8	1.3	1.6	1.4	1.7		
déc-05	3.1	1.4	1.6	1.7		1.5	5.8		
févr-06	1.7	1.4	1.7	2	2.7	1.9	2.4	3.2	3.5
avr-06	0.9	0.8	1.2	1	1.8	2.0	1.6	3.4	1.6
juil-06	0.9	0.7	1.1	0.9	1.2	0.9	1.3	1.5	1.4
nov-06	2.2	1.5	1.8	1.8		1.5	2.4	5.1	1.8
mars-07	2.3	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	2.1	5.6	3.3
avr-07	1.3	1.4	1.1		1.2	0.6	1.7	5.7	1.6
juil-07	0.7	1.2	0.8	0.9	0.9	0.6	1.1	2.3	2.0
nov-07	1.7	1.3	1.5	1.5	1.9	1.4	2.7	5.7	1.6



Bibliographie

Directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

CITEPA, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes sur la Pollution de l'Air, Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues – Format SECTEN (Février 2008).

AIRFOBEP, Campagnes de mesures de juillet 2001 à juillet 2002 (2003).