

EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LA ZONE DU PORT DE NICE



Janvier - Mars / Août - Septembre 2005



SOMMAIRE	
Introduction	1
1/ Présentation de l'étude	2
<u><i>1.1/ Contexte environnemental du port</i></u>	<i>2</i>
<u><i>1.2/ Mode opératoire de l'étude</i></u>	<i>3</i>
2/ Résultats de l'étude	5
<u><i>2.1/ Le laboratoire mobile</i></u>	<i>5</i>
<u><i>2.1.1/ Point sur les conditions météorologiques</i></u>	<i>5</i>
<u><i>2.1.2/ Les oxydes d'azote</i></u>	<i>7</i>
<u><i>2.1.3/ Les particules fines</i></u>	<i>13</i>
<u><i>2.1.4/ L'ozone</i></u>	<i>18</i>
<u><i>2.1.5/ Le benzène</i></u>	<i>22</i>
<u><i>2.2/ Les campagnes densifiées par capteurs passifs</i></u>	<i>25</i>
<u><i>2.2.1/ Le benzène</i></u>	<i>25</i>
<u><i>2.2.2/ Le dioxyde d'azote</i></u>	<i>29</i>
<u><i>2.3/ Les canisters</i></u>	<i>31</i>
Conclusion	34
Annexe	35
Glossaire	36
Normes concernant l'ozone en milieu extérieur	37
Normes concernant le dioxyde d'azote en milieu extérieur	38
Normes concernant les particules fines en milieu extérieur	39
Liste des composés organiques volatils précurseurs définis dans la directive ozone du 12 février 2002	40

Introduction

L'infrastructure portuaire de Nice est classée parmi les ports d'intérêts nationaux. Il s'agit du premier port azuréen en terme d'activité. Différents types de services s'y trouvent dont :

- les liaisons Nice Corse,
- les croisières,
- la plaisance,
- le fret (notamment ciment).

La liaison Nice ⇔ Corse est l'activité la plus importante en terme de trafic.

Le positionnement « urbain » du port de Nice incite à porter un regard attentif sur son environnement.

Dans ce cadre, QUALITAIR a souhaité mener une étude de mesure de la qualité de l'air au cours de l'année 2005. L'objectif principal était d'évaluer la qualité de l'air dans l'environnement de la zone portuaire. Cette évaluation a été faite à partir de mesures réalisées par des appareils physico-chimiques (oxydes d'azote, particules fines et ozone) et par des capteurs passifs (dioxyde d'azote et Benzène Toluène Xylène) durant deux saisons.

Une attention particulière a été portée sur le trafic maritime afin de le mettre en parallèle avec les données obtenues au cours des différentes campagnes.

1/ Présentation de l'étude

1.1/ Contexte environnemental du port

Le port de Nice possède 4 bassins d'accueil :

- Le bassin de la Tour Rouge,
- Le bassin du Commerce,
- Le bassin des Amiraux,
- Et le bassin Lympia.

Il accueille plusieurs types de bateaux. Sa capacité d'accueil maximum est la suivante : bateau de 190 m de long et 8,40 m de tirant d'eau.

Les types de navires accueillis sont :

- Les bateaux de croisières,
- Les bateaux de plaisance,
- Les cimentiers,
- Le trafic Corse dont les ferries et les Navires à Grandes Vitesses (NGV).

Les ferries peuvent accueillir de 500 à 700 véhicules* et les NGV environ 150 à 250 véhicules*.

En été, un débarquement ou embarquement moyen de NGV correspond à 150 véhicules* et en inter saison 170 véhicules en moyenne. A noter qu'en hiver ils ne sont pas de services.

En été, les ferries sont quasiment complets au niveau du nombre de véhicules, en hiver ils comportent 100 véhicules* et en inter saison 400*.

En haute saison, les NGV circulent beaucoup plus que les ferries, processus inversé en basse saison.

Le ravitaillement des bateaux se fait à l'aide de camions citernes, il n'y a donc pas de stockage de carburant.

Il faut noter également que les navires ont besoin de se ravitailler en nourriture ou autre produit de consommation ce qui engendre le passage d'autres camions dans la zone. A noter que divers services sont proposés aux passagers : taxis, navette portuaire gratuite, etc.

Le ravitaillement des cimentiers (unidirectionnel : du camion vers le bateau) se fait à l'aide de compresseurs électriques et nécessite en moyenne 183 camions sur 3 jours*.

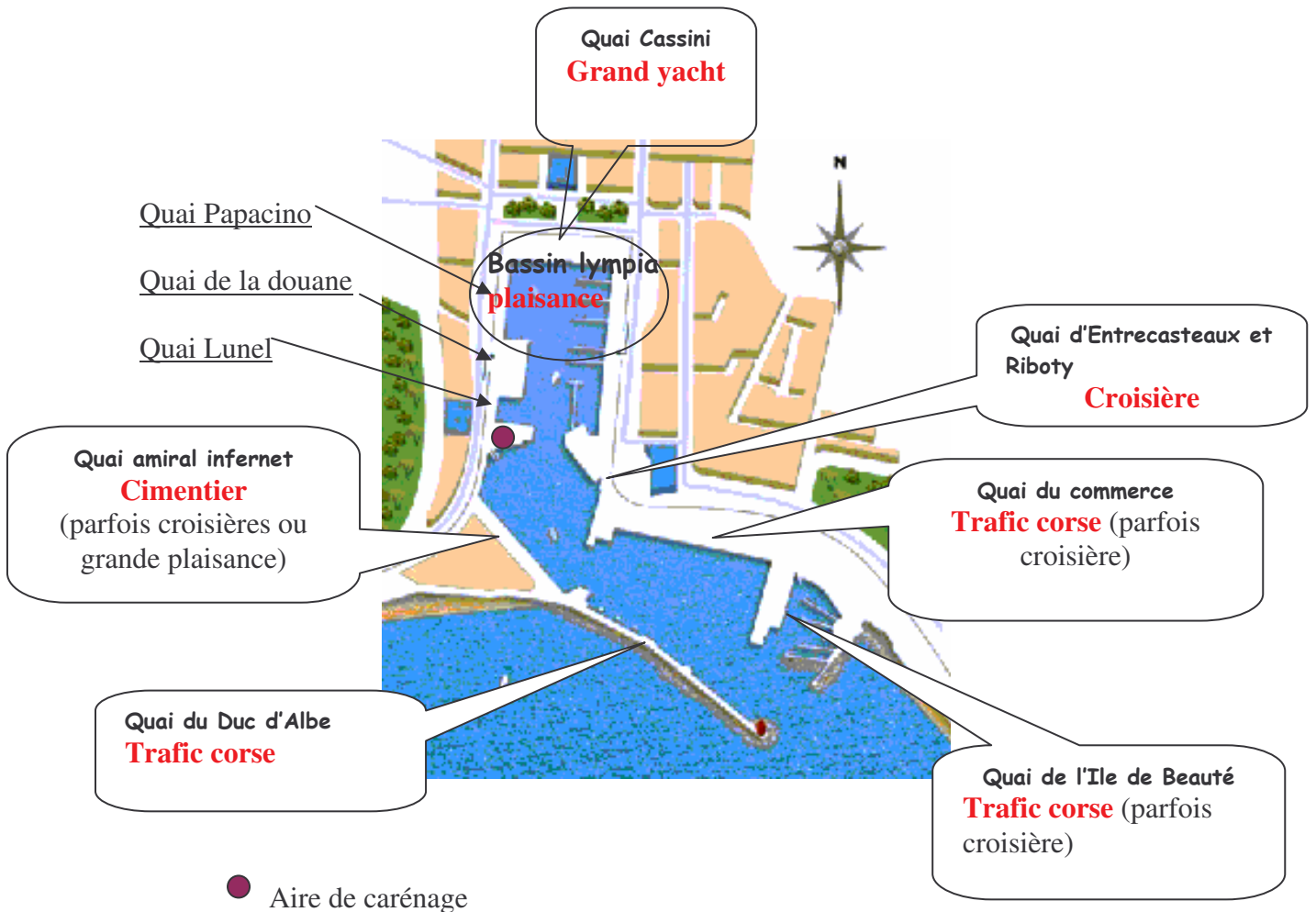
Afin de limiter la présence de poussières dans l'atmosphère, un filtre est installé sur le bateau pendant le chargement du ciment.

A noter que certains bateaux de croisières qui restent à quai, peuvent laisser des moteurs en marche dans le but d'effectuer des travaux sur le bateau.

Enfin, en ce qui concerne l'entretien des bateaux, une zone de carénage permet d'effectuer tous les travaux de peinture, de nettoyage... Cette zone n'est pas accessible pour les grands navires.

* Informations données par la CCI Nice Côte d'Azur.

Schéma du Port de Nice et emplacement des navires en fonction des quais



1.2/ Mode opératoire de l'étude

- *Planning :*

Suite aux démarches administratives (fin 2004), l'étude a débuté le 12 janvier 2005. Elle s'est déroulée au cours de deux périodes dans l'année (hiver/été) pour pouvoir enregistrer les variations de la pollution liées aux conditions météorologiques et aussi à l'activité du port (plus importante en période estivale que hivernale).

Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Campagne hivernale							Campagne estivale				

• *Moyens utilisés*



Tubes BTX

La mesure des benzène toluène et xylène est effectuée par capteur passif. Ils sont disposés dans la zone portuaire et aussi aux alentours (notamment sur les balcons de certains riverains) afin d'évaluer l'impact des activités du port sur une large zone.
L'échantillonnage dure deux semaines pour chaque campagne.

Tubes NO2

Comme pour les capteurs BTX, ils sont disposés dans la zone portuaire et aussi aux alentours.
L'échantillonnage dure deux semaines en parallèle avec les capteurs BTX. La mesure n'a été effectuée que pour la campagne estivale.



Canister

Des canisters sont utilisés pour mesurer les composés organiques volatils (COV) présents dans les deux terminaux. Un point de comparaison extérieur est mis en parallèle avec les sites intérieurs.
L'échantillonnage dure quelques heures (2 à 5 heures). Cette mesure rentre dans un cadre de recherche sur la pollution intérieure.

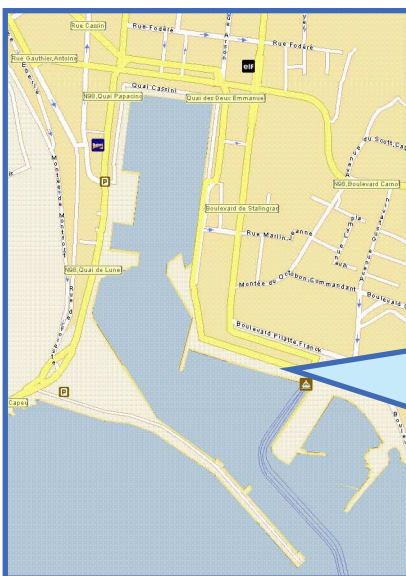


Laboratoire mobile

Des mesures en continu viennent compléter le dispositif. Elles portent sur trois polluants :

- les oxydes d'azote (NO_x) ;
- l'ozone (O_3) ;
- et les particules fines de diamètre inférieur à $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}).

Ces mesures sont réalisées durant la totalité des campagnes hivernale et estivale sur le toit du Terminal 1.



- *Déroulement de la campagne :*

	Moyens utilisés	Dates d'utilisation	Polluants mesurés
Campagne hivernale	Laboratoire mobile	du 12 janvier au 24 mars	Ozone Oxydes d'azote PM10 BTX
	Tubes passifs	du 8 au 22 février	BTX
	Canisters	le 8 février durant 4 heures	COV
Campagne estivale	Laboratoire mobile	du 2 août au 4 octobre	Ozone Oxydes d'azote PM10 BTX
	Tubes passifs	du 11 au 25 août	BTX NO ₂
	Canisters	le 19 août durant 4 heures	COV

2/ Résultats de l'étude

2.1/ Le laboratoire mobile

2.1.1/ Point sur les conditions météorologiques

Le laboratoire mobile est équipé d'appareils météorologiques qui permettent la mesure de la température, de l'humidité, de la vitesse et de la direction du vent.

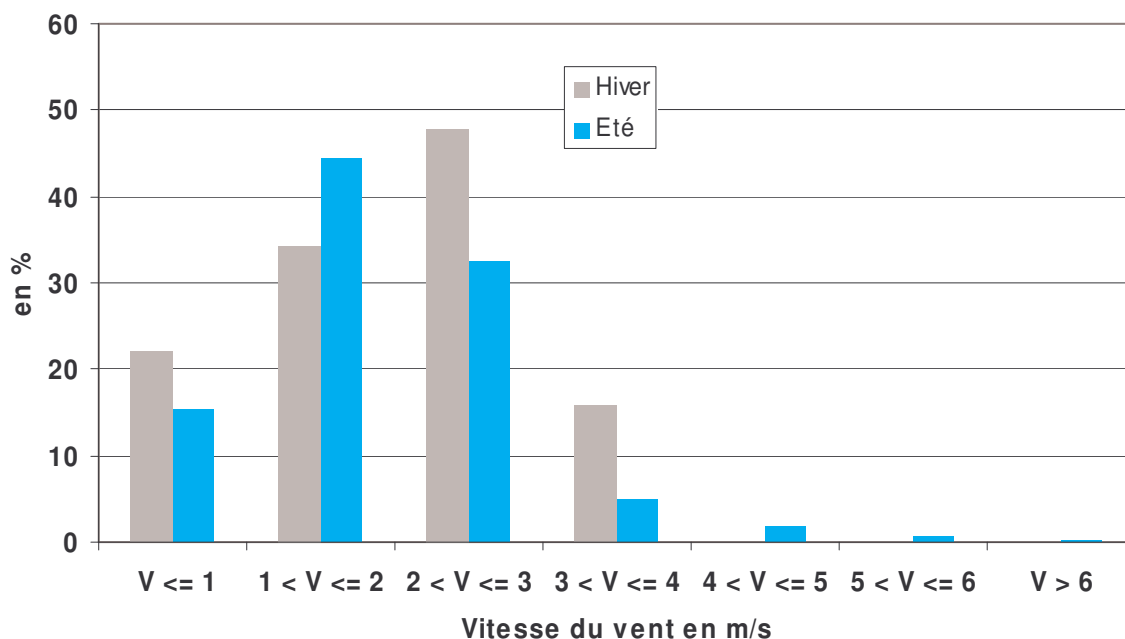
Tableau - résultats de l'étude

Données horaires	Hiver			Eté		
	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min
Vitesse du vent (en m/s)	1	9	0	2	5	0
Humidité (en %)	57	92	12	65	89	31
Température (en °C)	8	17	-1	22	28	15

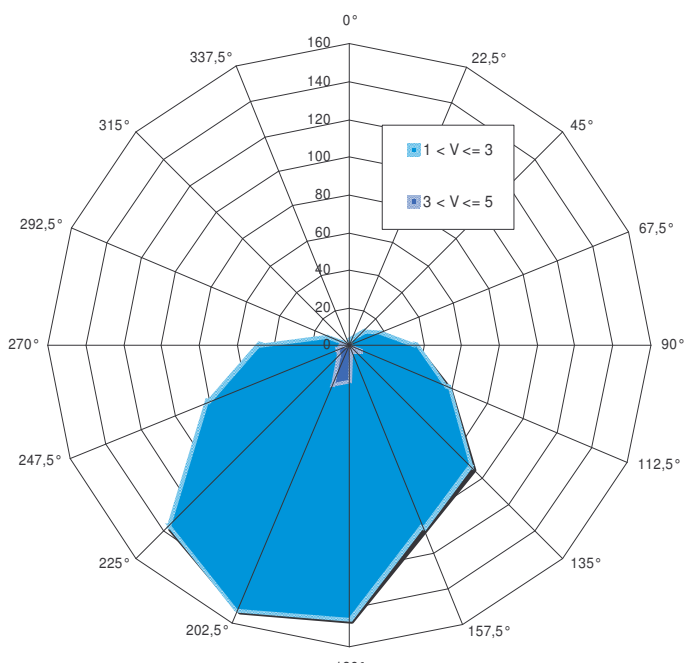
Un des résultats remarquables de l'étude est la vitesse des vents très faible enregistré durant les deux campagnes. Cependant, la comparaison des vitesses hivernales et estivales montre une légère augmentation en été (renforcement de la brise de mer).

En ce qui concerne les directions de vents, le positionnement du laboratoire mobile fait qu'il a surtout mis en évidence les vents provenant de la mer qui sont majoritairement des brises. En effet, le front d'immeubles situé à proximité du laboratoire mobile a certainement fait écran notamment pour les brises de terre. Ceci pourrait expliquer leur absence sur les roses de vents.

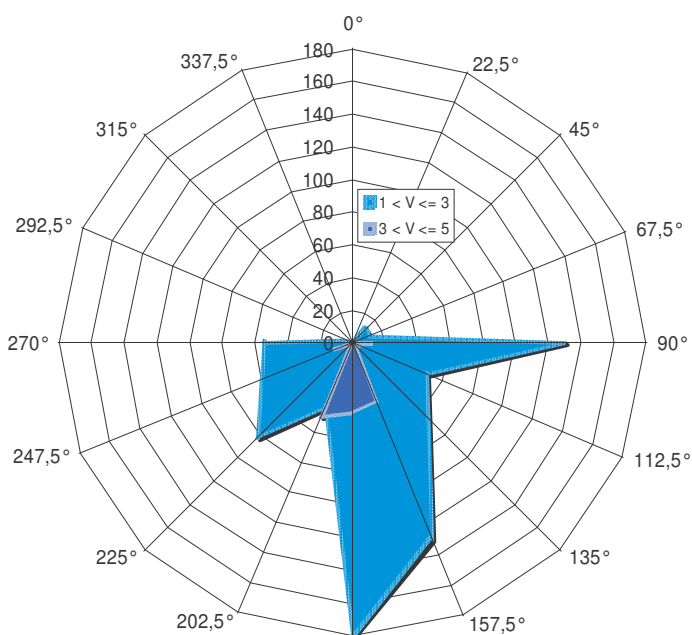
Répartition des vitesses de vents durant les deux campagnes



Rose des vents hivernale



Rose des vents estivale



Les brises de mer sont mises en évidence sur les deux roses de vents. Elles sont moins directionnelles en hiver qu'en été. En été, une composante sud se dessine nettement.

En ce qui concerne les brises de terre d'orientation Nord, elles sont quasiment absentes sur les deux roses de vents (voir explication page précédente).

2.1.2/ Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (NO₂ + NO) sont des polluants issus de l'oxydation de l'azote atmosphérique (N₂) dans les foyers de combustion. Le dioxyde d'azote (NO₂) provient donc surtout des véhicules (environ 70% sur la région PACA) et des installations de combustion (industries, chauffages collectifs et individuels). Les volcans, les orages, les feux de forêts contribuent également aux émissions.

En ce qui concerne la santé, le dioxyde d'azote pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut, dès 200 µg/m³, et selon la durée d'exposition et sa fréquence, entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants, augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes ainsi que diminuer les défenses immunitaires.

Les normes à respecter dans l'air extérieur pour le dioxyde d'azote sont fixées par le décret N°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 (voir en annexe le tableau récapitulatif des valeurs réglementaires à respecter en 2005).

Tableau - résultats de l'étude

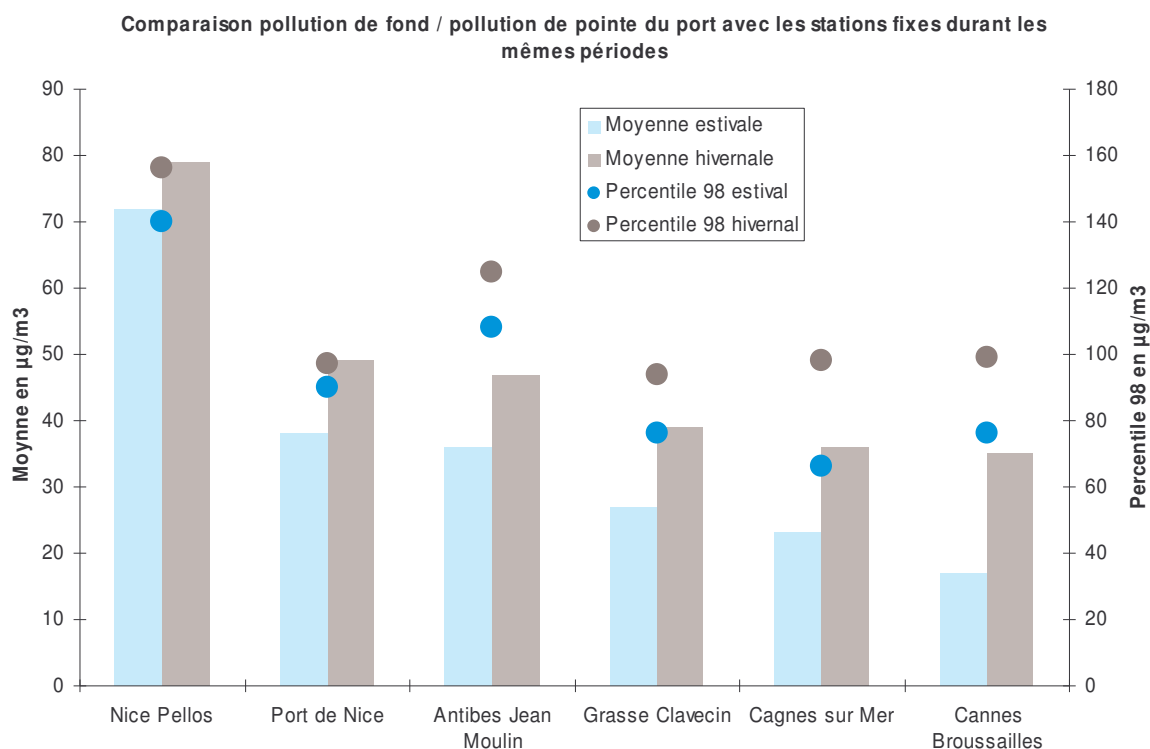
Données horaires	Hiver				Eté			
	Moy	Max	Min	P98*	Moy	Max	Min	P98*
Dioxyde d'azote (en µg/m ³)	49	126	2	97	38	154	2	90
Monoxyde d'azote (en µg/m ³)	28	198	0	148	13	202	0	101

*Percentile 98 (P98) : Concentration au dessous de laquelle se trouvent 98% des données.

Point vis-à-vis des normes :

- ⇒ Aucun dépassement des seuils de recommandations (200 µg/m³/h) ou d'alerte (400 µg/m³/h) au dioxyde d'azote n'a été constaté durant les deux campagnes.
- ⇒ Les teneurs en dioxyde d'azote se sont situées en dessous des valeurs limites de pointe et de fond. Durant l'étude, le laboratoire a mesuré un P98 = 90 µg/m³ en été et 97 µg/m³ en hiver (valeurs situées très en dessous de 200 µg/m³ qui est la valeur limite de pointe de référence) et une moyenne égale à 38 µg/m³ en été et 49 µg/m³ en hiver (inférieure à 50 µg/m³, valeur limite de fond préconisée en 2005).
- ⇒ En revanche, en ce qui concerne l'objectif de qualité (moyenne annuelle de 40 µg/m³), sa valeur a été dépassée en période hivernale et respectée en période estivale.

Remarque : Les normes concernant l'objectif de qualité et les valeurs limites ne peuvent être confrontées directement aux résultats de la campagne. En effet, ces normes sont définies sur une année, or les campagnes n'ont duré que cinq mois en totalité. Néanmoins, la comparaison des résultats de cette étude, avec les teneurs en dioxyde d'azote mesurées durant la même période par des stations fixes situées dans le département, permet d'évaluer les concentrations de l'étude par rapport aux normes annuelles. Ainsi, le graphe suivant, montre que le port a connu des **valeurs** moins fortes que la station de Nice Pellos (une station en centre ville influencée par le trafic routier). En revanche, elles sont au dessus de stations urbaines de fond. Or certaines de ces stations dépassent l'objectif de qualité annuel, c'est le cas de la station d'Antibes Jean Moulin. **Raisonnablement, on peut penser, que les valeurs limites de fond et de pointe devraient être respectées sur ce site. En revanche, ceci ne devrait pas être le cas de l'objectif de qualité.**

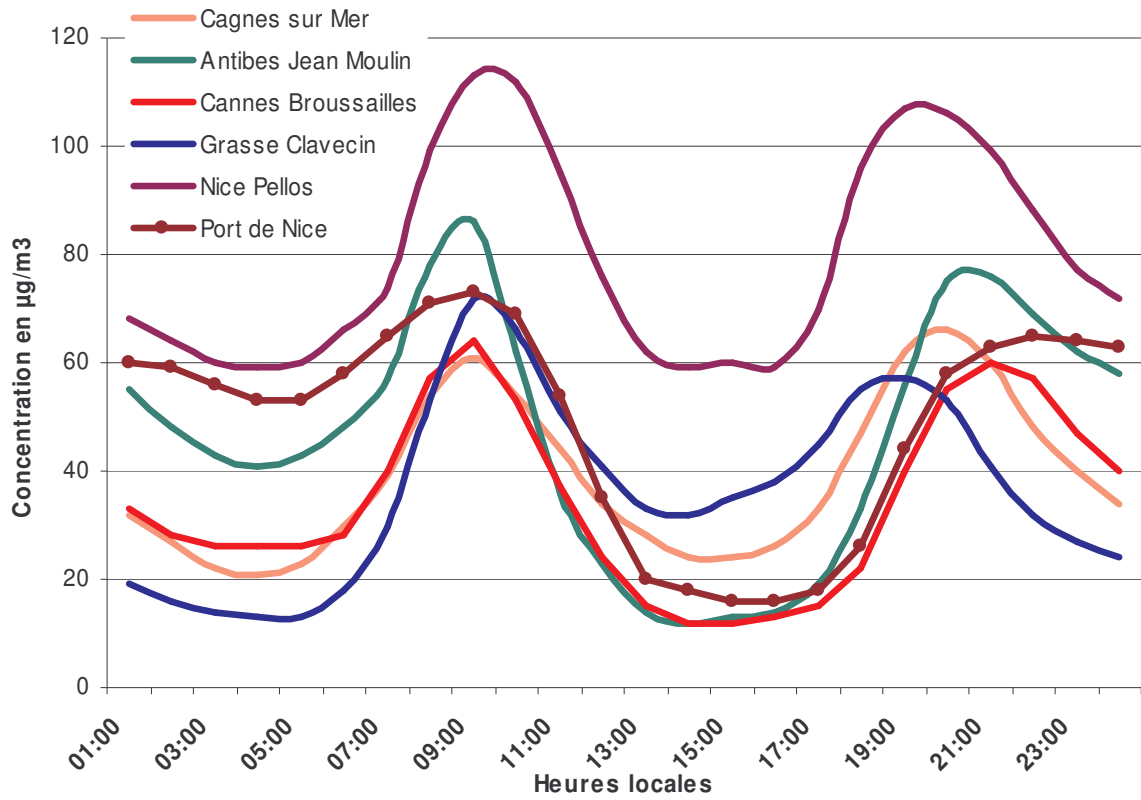


A noter qu'en comparaison avec les teneurs hivernales, les concentrations estivales ont été plus faibles. Ceci s'explique notamment par les conditions météorologiques. En effet, les périodes hivernales sont favorables à l'accumulation des oxydes d'azote.

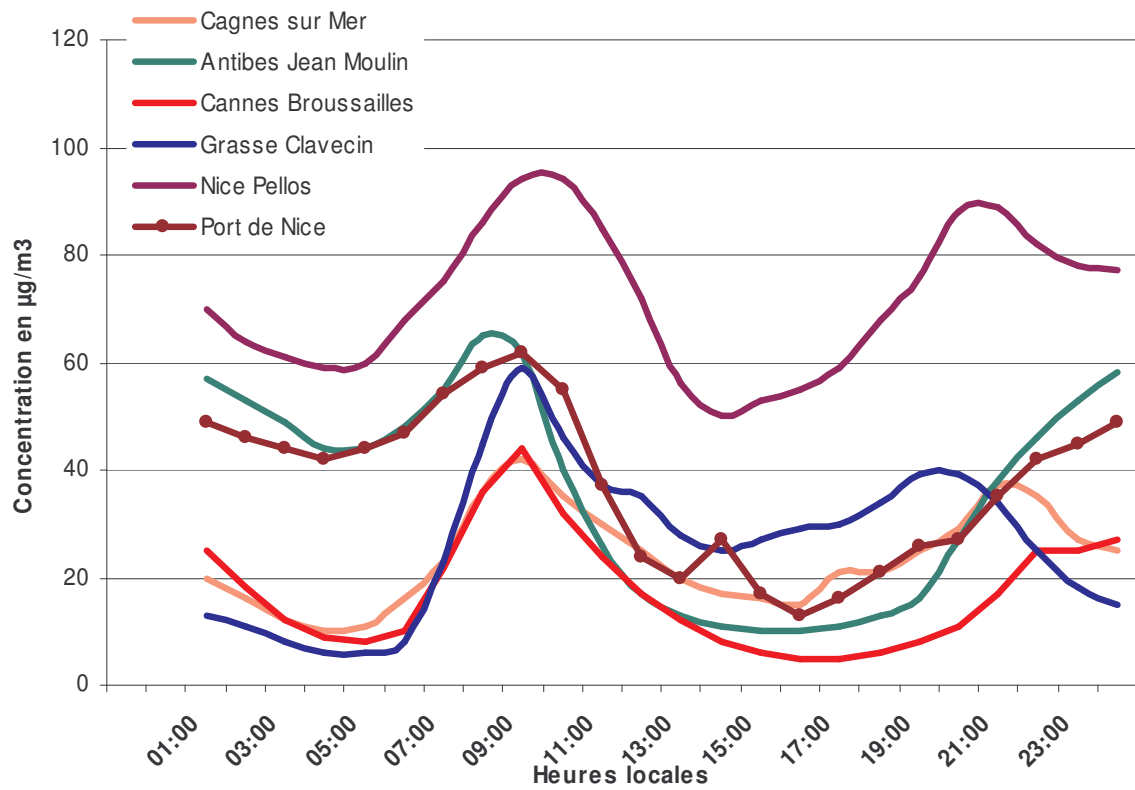
Les variations temporelles :

Une grande similitude est notée entre les variations hebdomadaires et journalières du dioxyde d'azote sur le point d'étude avec celles enregistrées à d'autres emplacements positionnés sur le littoral (voir courbes suivantes). Ainsi, le profil moyen journalier en dioxyde d'azote en période estivale ou période hivernale laisse apparaître des augmentations, matin et soir, qui peuvent être reliées aux déplacements domicile/travail qui ont lieu au même moment sur toute la zone azurée.

Comparaison des profils moyens journaliers en hiver



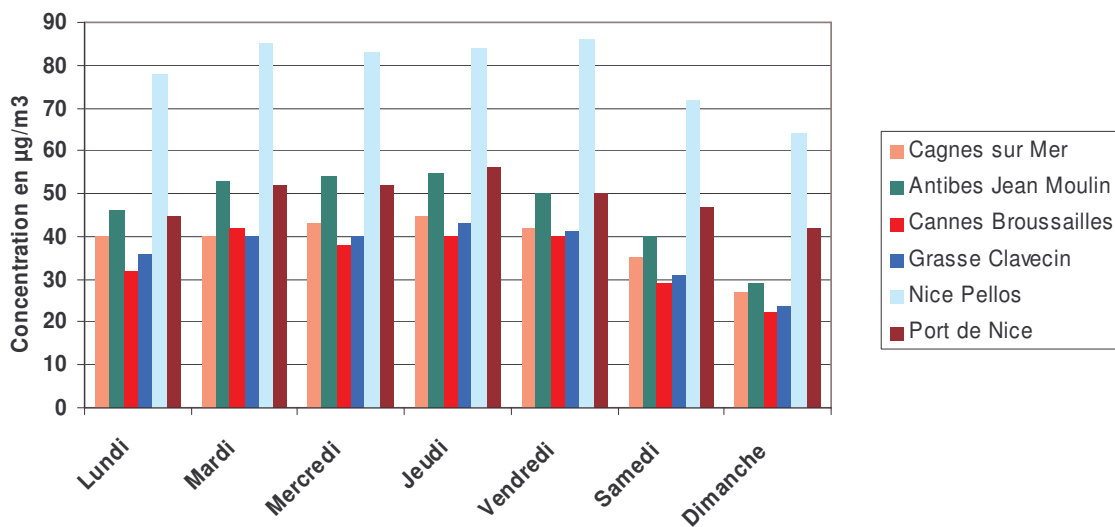
Comparaison des profils moyens journaliers en été



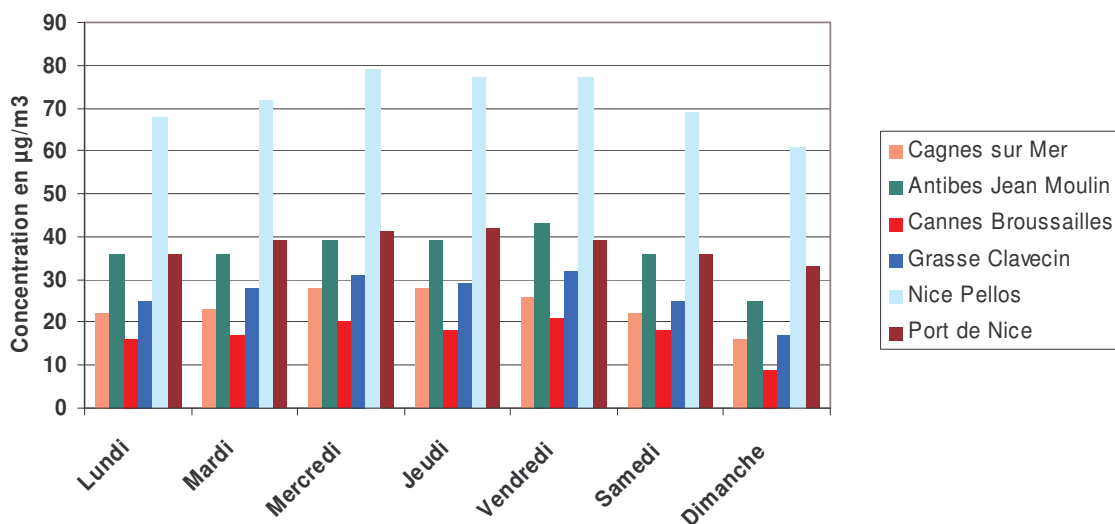
Les teneurs les plus faibles se situent en journée entre les pointes du matin et du soir. Ceci peut s'expliquer par le sens du vent qui en journée vient de la mer et donc ventile le site. A contrario, la nuit le vent vient du côté ville et donc ramène de la pollution sur le site d'où des niveaux plus forts qu'en journée.

De même, les fluctuations hebdomadaires de la pollution de fond en dioxyde d'azote sur le point d'étude suivent la tendance générale de l'unité urbaine azurienne, à savoir, une baisse significative de la pollution en oxyde d'azote lors du repos hebdomadaire.

Profil moyen hebdomadaire en hiver



Profil moyen hebdomadaire en été



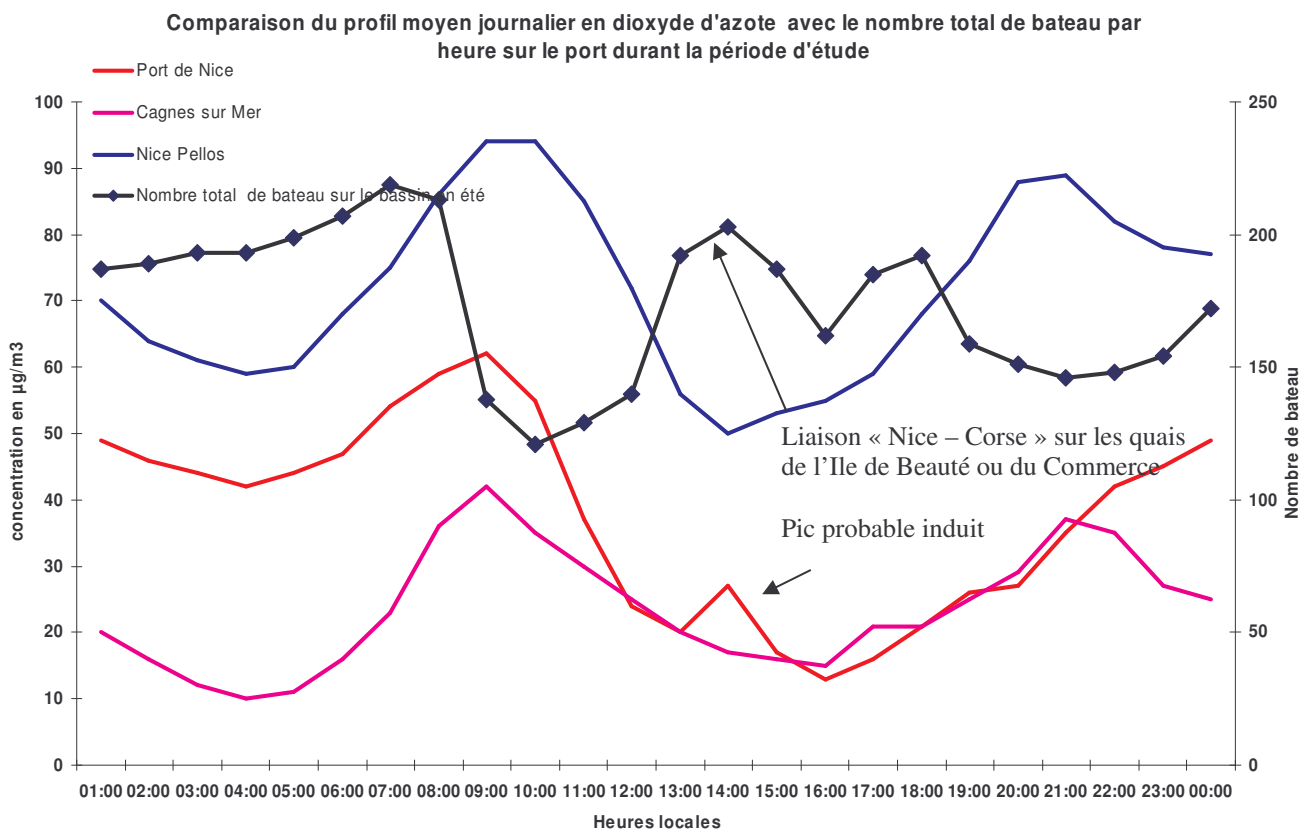
Ces premiers résultats montrent que la pollution du site du port est fortement similaire à ce qui est mesuré sur l'ensemble du pôle urbain niçois. Les grands phénomènes de pollution s'y retrouvent (pic trafic le matin, concentrations de fond plus fortes en milieu de semaine).

Comparaison avec le trafic portuaire

Le trafic portuaire varie fortement au cours de l'année. La période estivale est la plus chargée. A titre de comparaison, durant la campagne hivernale (du 12/01 au 24/03), 99 navires ont accosté contre 441 pour la période estivale (du 02/08 au 04/10).

Le trafic maritime hivernal ne semble avoir que peu d'influence sur les teneurs en oxydes d'azote mesurées durant la même période. En revanche, le trafic estival semble avoir des répercussions sur les concentrations en oxydes d'azote.

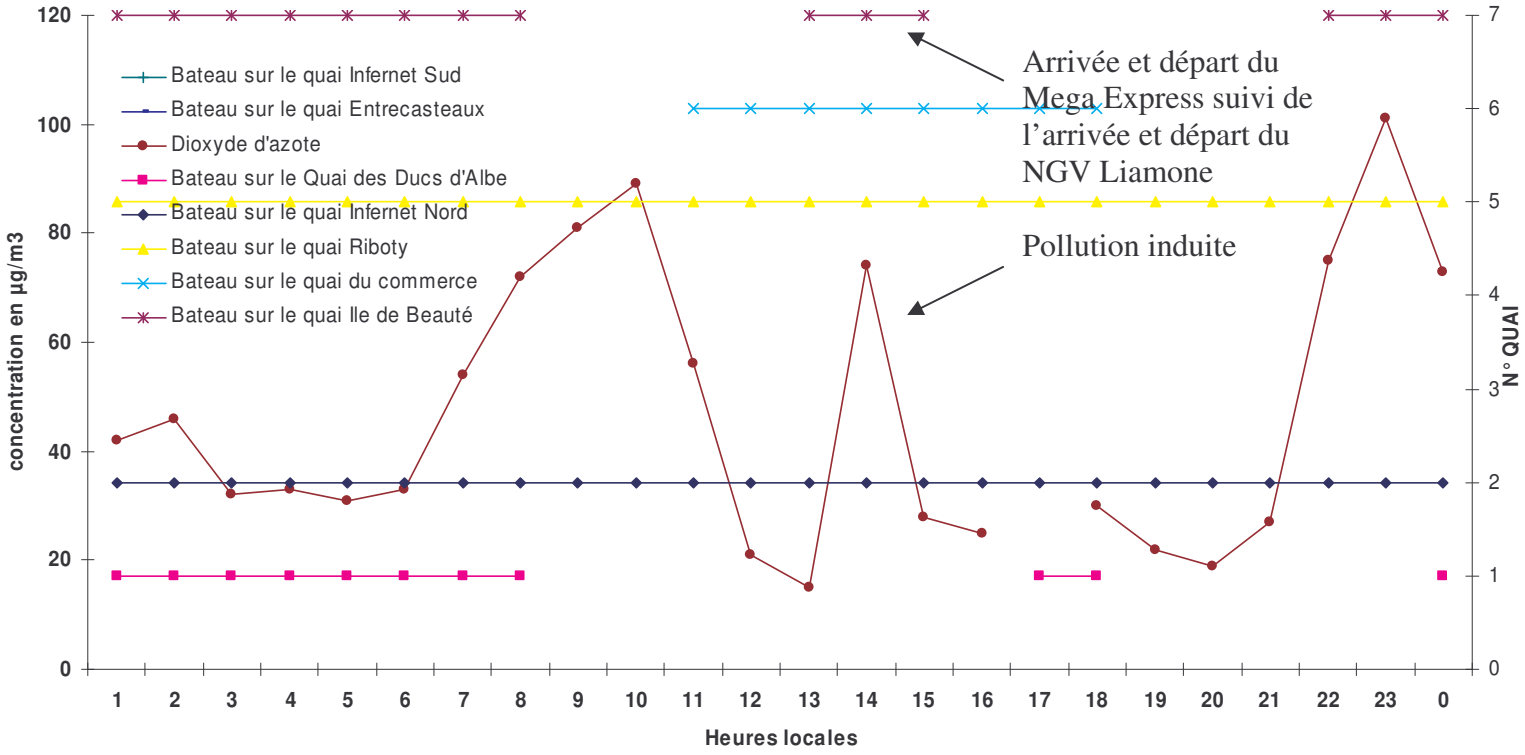
En effet, le profil moyen journalier du dioxyde d'azote laisse apparaître une augmentation atypique à 14 heures (voir courbes suivantes). Cette augmentation pourrait coïncider avec une navette de la liaison « Nice-Corse » qui accoste régulièrement sur les quais les plus proches du point de mesure (quais de l'Île de Beauté et du Commerce). En ce qui concerne, l'origine exacte de cette pollution, elle pourrait provenir du trafic automobile généré par le déchargement et chargement du navire.



Le graphe suivant montre en exemple la journée du 30 août. Le pic de pollution de 14 heures est clairement identifié et peut être mis en parallèle avec les arrivées et départs des navires de la liaison « Nice - Corse » sur le quai de l'île de Beauté (NGV et Mega Express).

A contrario, le second pic de trafic bateau à 18 heures, correspondant à l'accostage de la liaison « Nice - Corse » sur le quai du Duc d'Albe, n'a pas eu de conséquences sur les mesures. Ceci peut s'expliquer par l'éloignement du site de mesures par rapport au quai du Duc d'Albe.

Exemple: Evolution du dioxyde d'azote le 30 août



2.1.3/ Les particules fines

Elles constituent un complexe de substances organiques ou minérales. Elles sont d'origine naturelle (volcans) ou anthropique (combustion industrielle ou de chauffage, incinération, véhicules au diesel, activités de bricolage, usure des pneus et des semelles). Leur taille est très variable, de quelques fractions de microns à une centaine de microns. Les particules fines (< 2,5 µm) proviennent des fumées des moteurs diesel ou de vapeurs industrielles recondensées et les grosses particules, des chaussées ou de certains effluents industriels.

Les particules les plus grosses (plus de 10 µm) sont retenues dans les voies aériennes supérieures. Les plus fines (moins de 2,5 µm) ont une forte probabilité de se déposer dans les alvéoles pulmonaires et d'y rester durablement. A des concentrations relativement basses, elles peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire. A noter que les particules les plus fines peuvent se comporter comme des gaz et être rejetées par expiration.

Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes : c'est le cas de celles qui véhiculent des composés toxiques adsorbés en surface comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques et certains métaux.

Les normes à respecter dans l'air extérieur pour les particules fines sont fixées par le décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 (voir en annexe le tableau récapitulatif des valeurs réglementaires à respectées en 2005)..

Tableau - résultats de l'étude

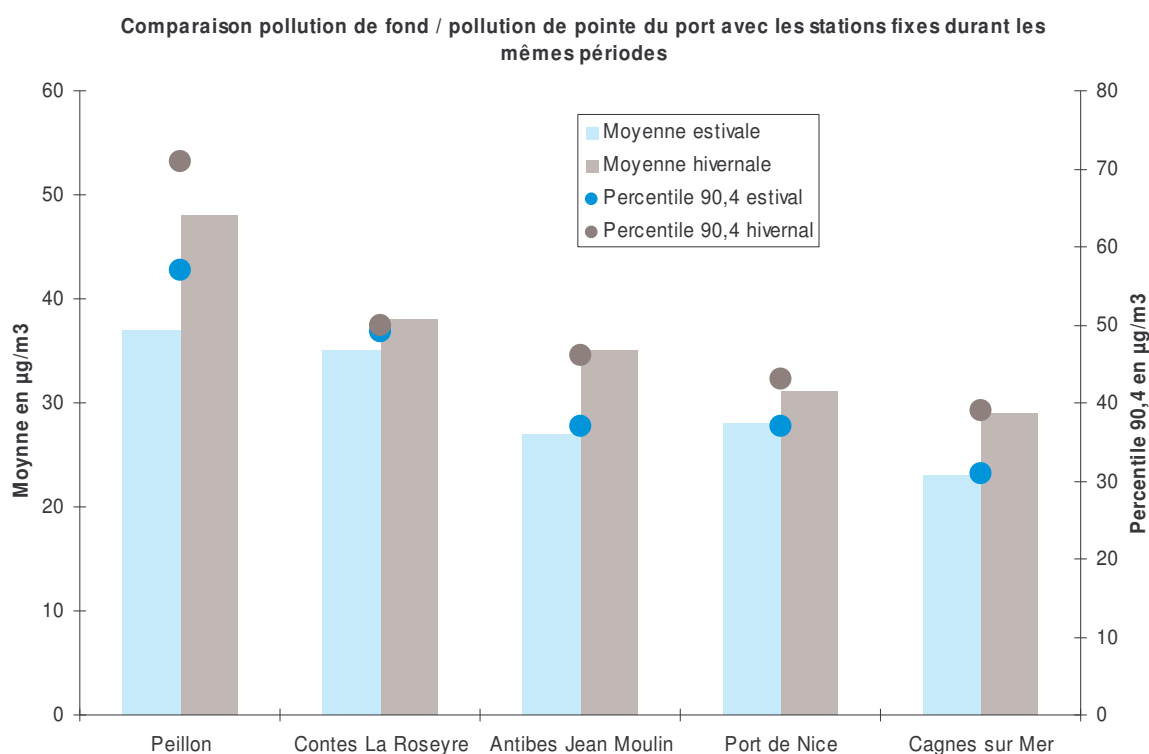
Données journalières	Hiver				Eté			
	Moy	Max	Min	P90.4*	Moy	Max	Min	P90.4*
PM10 (en µg/m ³)	31	55	16	43	28	39	13	37

*Percentile 90.4 (P90.4) : Concentration au dessous de laquelle se trouvent 90.4% des données

Point vis-à-vis des normes :

- ⇒ Les teneurs se sont situées en dessous des valeurs limites de pointe et de fond sur la période d'étude. Ainsi en été, le P90.4 égal à 37 µg/m³ est en dessous de 50 µg/m³ (la valeur préconisée en 2005) et la moyenne de la campagne égale à 28 µg/m³ est inférieure à 40 µg/m³ (la valeur préconisée en 2005). De même en hiver, le P90.4 est égal à 43 µg/m³ et la moyenne de la campagne est égale à 31 µg/m³.
- ⇒ En revanche, en ce qui concerne l'objectif de qualité (moyenne annuelle de 30 µg/m³), sa valeur a été dépassée en période hivernale et respectée en période estivale.

Remarque : Les normes concernant l'objectif de qualité et les valeurs limites ne peuvent être confrontées directement aux résultats de la campagne. En effet, ces normes sont définies sur une année or les campagnes n'ont duré que cinq mois en totalité. Néanmoins, la comparaison des résultats de cette étude, avec les teneurs en particules fines mesurées durant la même période par des stations fixes situées dans le département, permet d'évaluer les concentrations de l'étude par rapport aux normes annuelles. Ainsi, le graphe suivant, montre que le port a connu des valeurs comparables à celles de la station de type urbain « Antibes Jean Moulin ». Or, celle-ci ne dépasse pas les valeurs limites et respecte l'objectif de qualité. **Donc, il est raisonnable de penser que l'objectif de qualité et les valeurs limites, sur une année complète de mesures, devraient être respectés sur le port.**



Les variations temporelles :

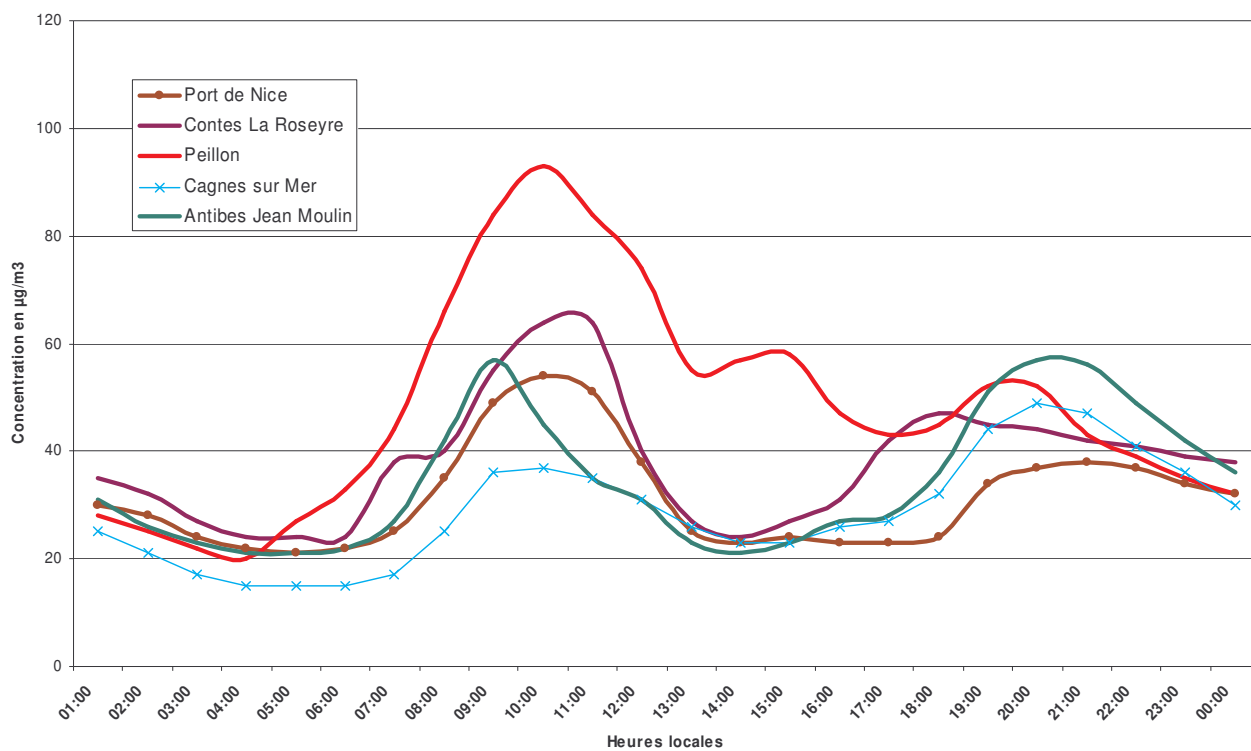
Comme pour les oxydes d'azote, des similitudes importantes se retrouvent entre le point d'étude et les autres sites de mesures en PM10.

En effet, la variabilité saisonnière des PM10 est respectée sur le point d'étude : les concentrations hivernales sont supérieures aux teneurs estivales en pollution de pointe et de fond.

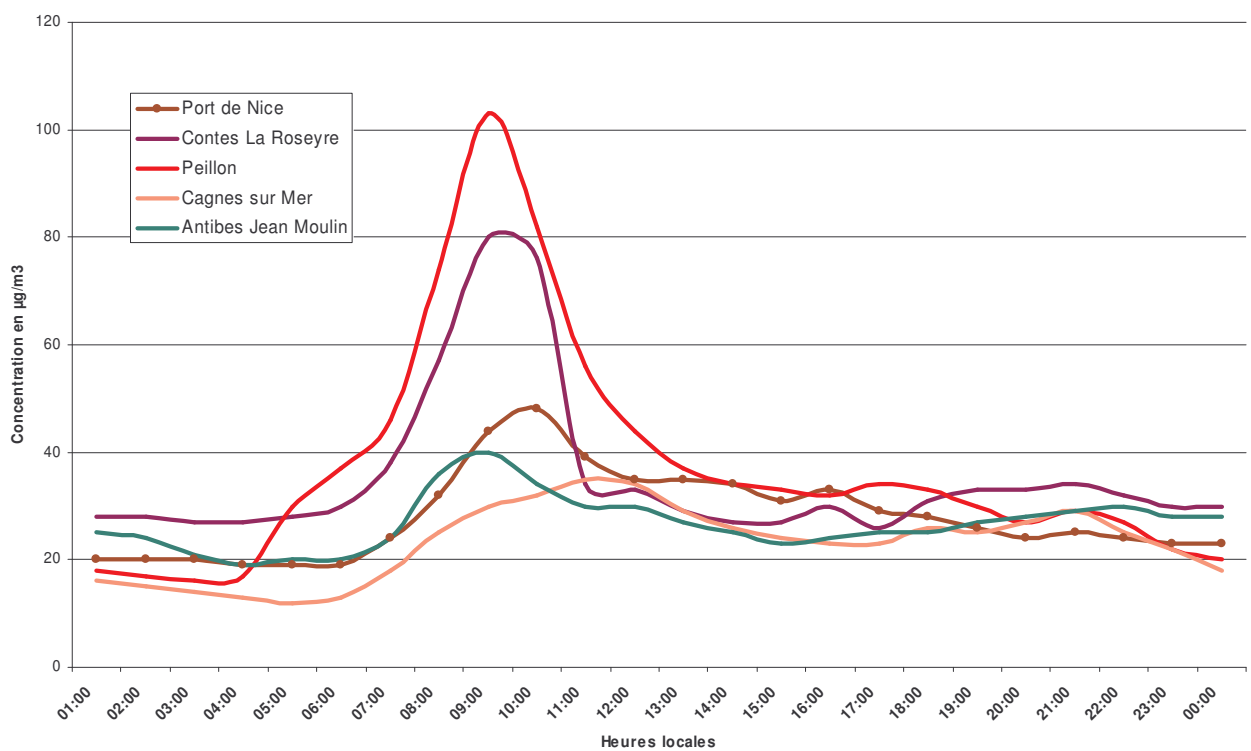
Les jours de semaine ouvrés sont ceux présentant la pollution de fond la plus importante quelque soit la campagne.

Enfin, les concentrations horaires les plus élevées se rencontrent le matin, lors des heures les plus propices à l'accumulation des particules fines notamment celles qui sont issues du trafic domicile travail.

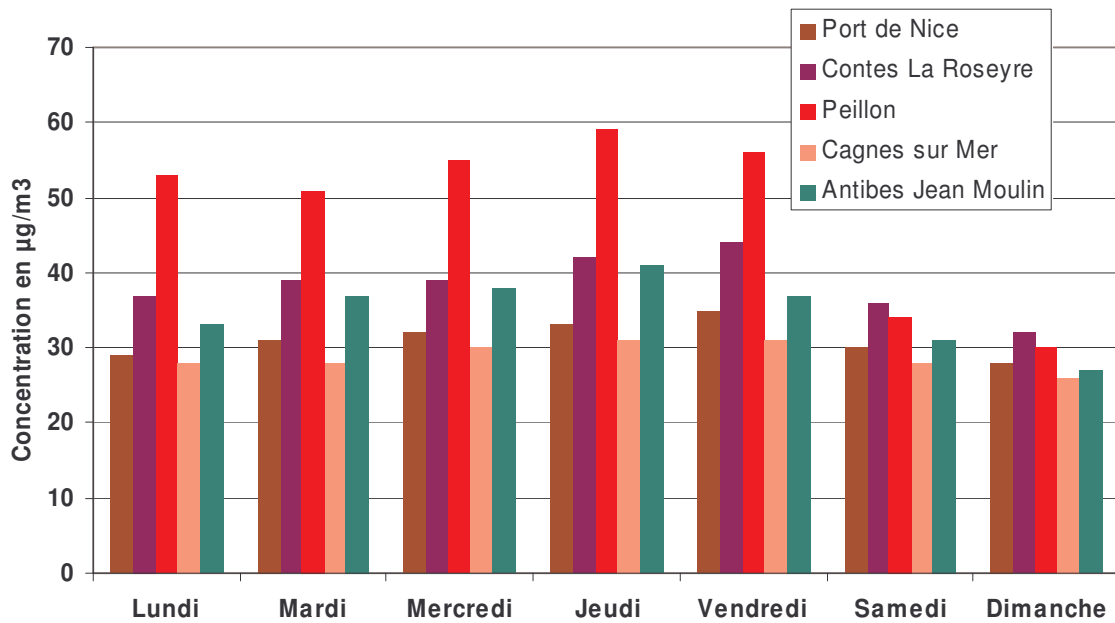
Comparaison des profils moyens journaliers durant la période hivernale



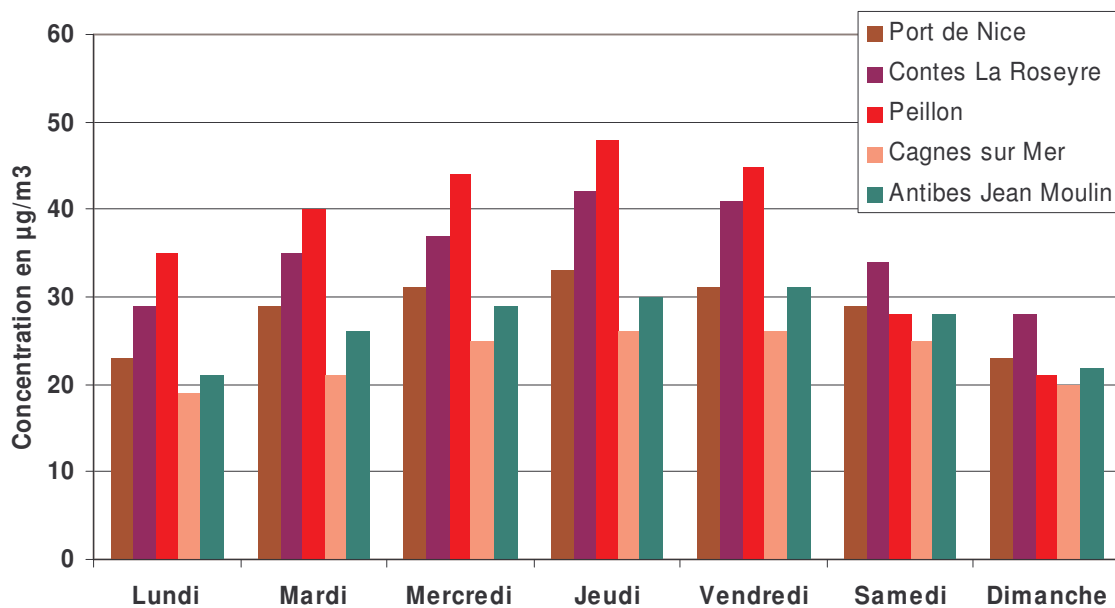
Comparaison des profils moyens journaliers durant la période estivale



Profil moyen hebdomadaire en hiver

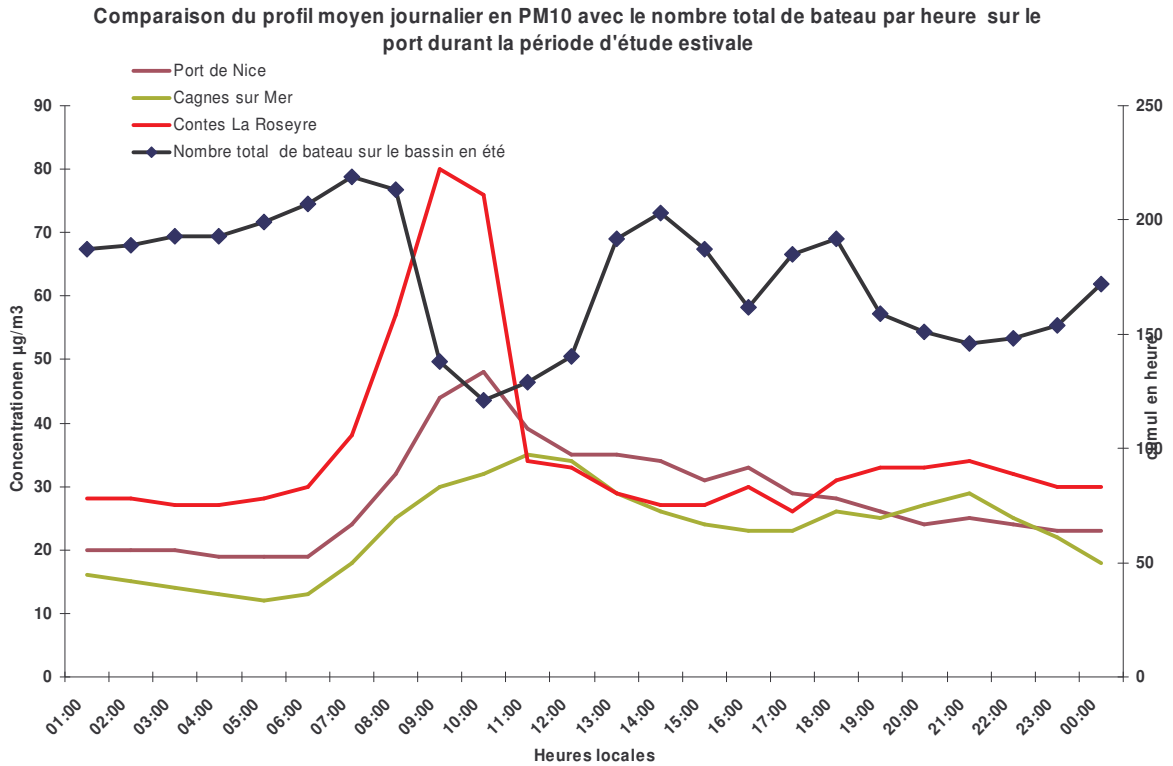


Profil moyen hebdomadaire en été

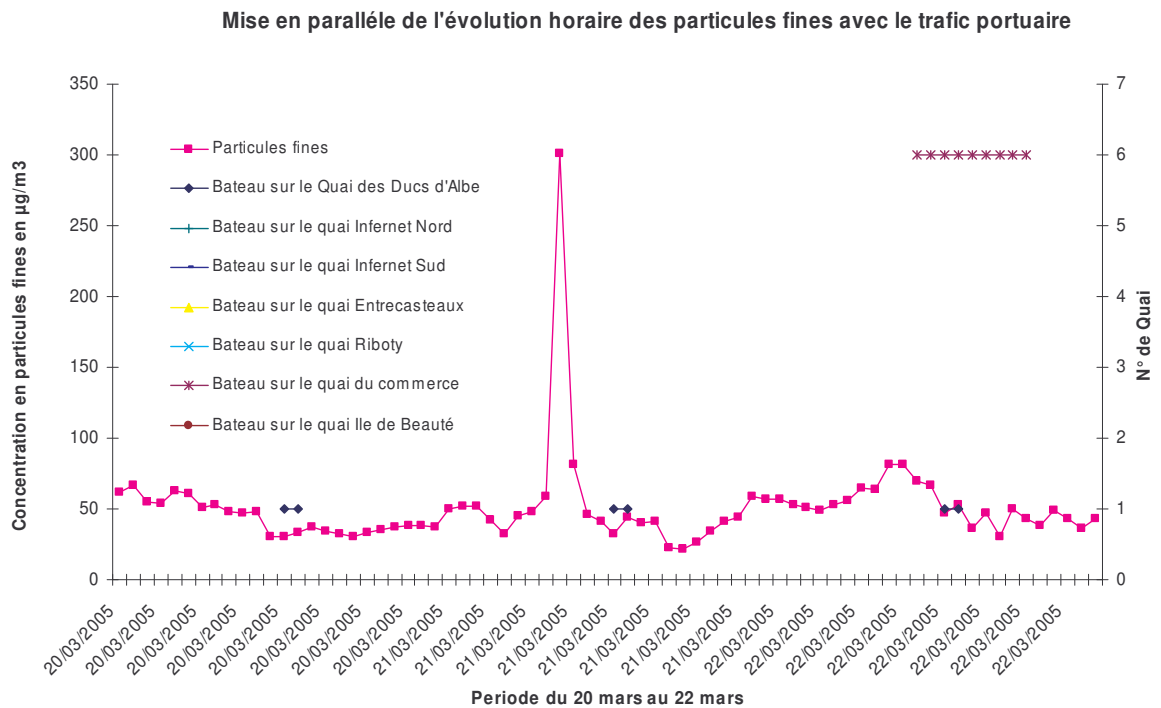


Comparaison avec le trafic portuaire

La campagne n'a pas permis de mettre en corrélation directe le trafic bateau avec les teneurs en particules fines comme peut le montrer le graphe suivant.



La présence de navires dans les bassins n'induit pas un changement notable des concentrations en particules fines comme le montre l'exemple suivant. Certains pics ponctuels ont été enregistrés durant la campagne. Ils n'ont pas pu être reliés à la présence de bateaux.



2.1.4/ L'ozone

Contrairement aux autres polluants, l'ozone troposphérique n'est pas émis directement par une source anthropique particulière mais résulte de la transformation photochimique de certains polluants primaires dans l'atmosphère (oxydes d'azote, composés organiques volatils, monoxyde de carbone) sous l'effet du rayonnement solaire ultraviolet : c'est ce que l'on appelle un polluant secondaire.

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Une exposition prolongée de 150 à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ peut provoquer une inflammation de la muqueuse bronchique, une augmentation de l'hyperréactivité bronchique aux allergènes et une diminution de la fonction respiratoire.

Les normes sont issues du :

- Décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/69/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000.
- Décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003 portant transposition des Directives 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.

(Voir en annexe le tableau récapitulatif des valeurs réglementaires à respectées en 2005).

Tableau - résultats de l'étude

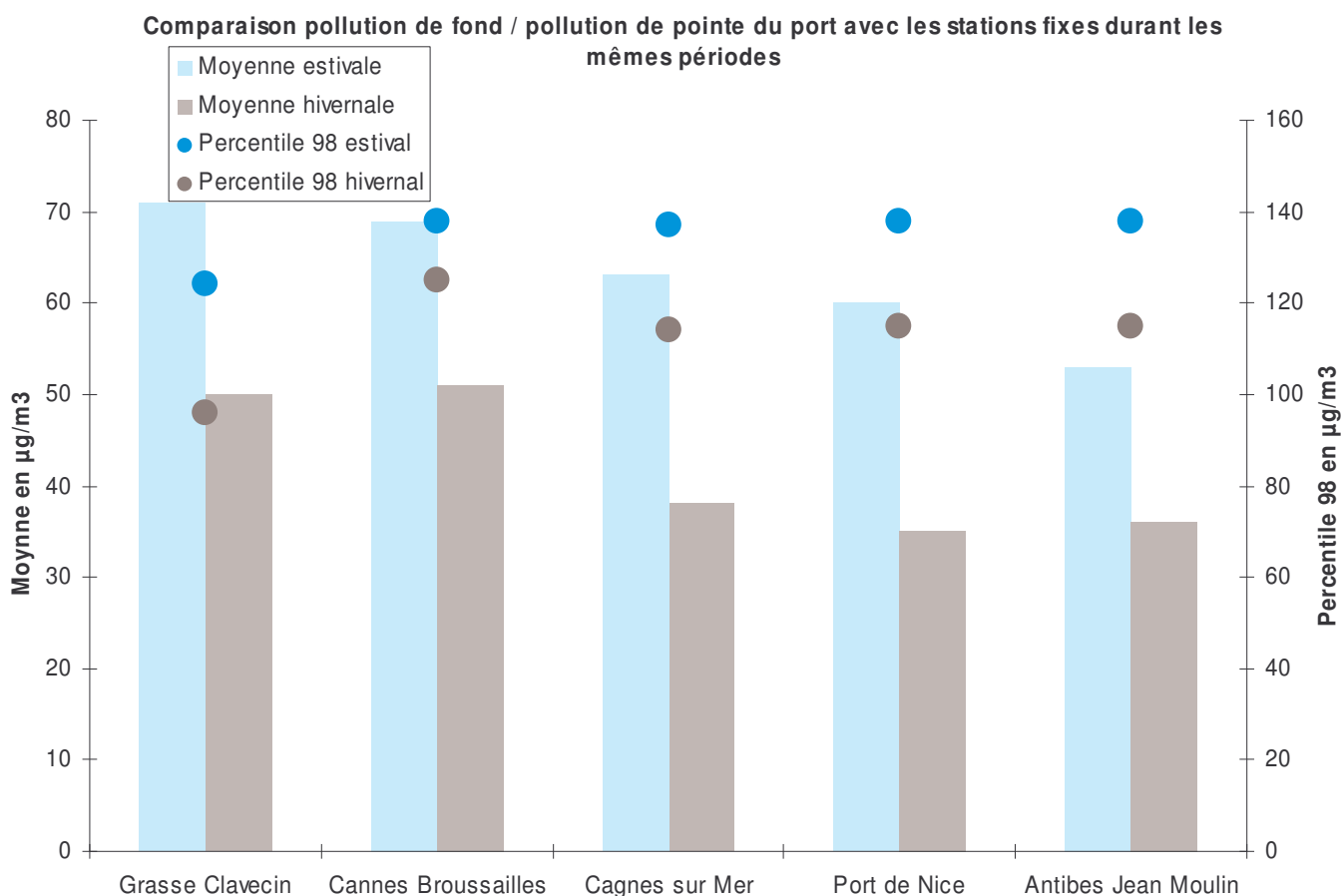
Données horaires	Hiver				Été			
	Moy	Max	Min	P98*	Moy	Max	Min	P98*
Ozone (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	144	0	115	60	179	1	138
	Nombre de [conc] > 110/8h		Nombre de [conc] > 65/24h		Nombre de [conc] > 110/8h		Nombre de [conc] > 65/24h	
	26		3		159		26	

*Percentile 98 (P98) : Concentration au dessous de laquelle se trouvent 98% des données.

Point vis-à-vis des normes :

- ⇒ Aucun dépassement des seuils de recommandations ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) ou d'alerte ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3/3\text{h}$) à l'ozone n'a été constaté durant l'étude.
- ⇒ En revanche, les objectifs de qualité n'ont pas été respectés (en été : 159 moyennes sur 8 heures > à $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et 26 journées dont la concentration moyenne dépasse $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ce dernier résultat n'est pas surprenant au vu des teneurs généralement constatées sur le département. D'ailleurs, le laboratoire mobile a enregistré des valeurs d'ozone de fond et de pointe comparables à celles qui sont mesurées sur d'autres points de mesures (voir le graphe suivant).



Remarque : Les deux campagnes (été/ hiver) ont montré une grande similitude entre les concentrations en ozone du port et celles qui sont enregistrées par d'autres points de mesures. Etant donné que ceux-ci enregistrent régulièrement des dépassements du seuil d'information à l'ozone en période estivale, **il est probable que ce seuil soit dépassé au niveau du port lors de période photochimique intense**

Les variations temporelles :

En ce qui concerne l'évolution journalière de l'ozone, le point d'étude dessine le profil classique en « cloche » de la production photochimique.

Le profil en cloche de la courbe est caractéristique du comportement de l'ozone sur un site de plaine.

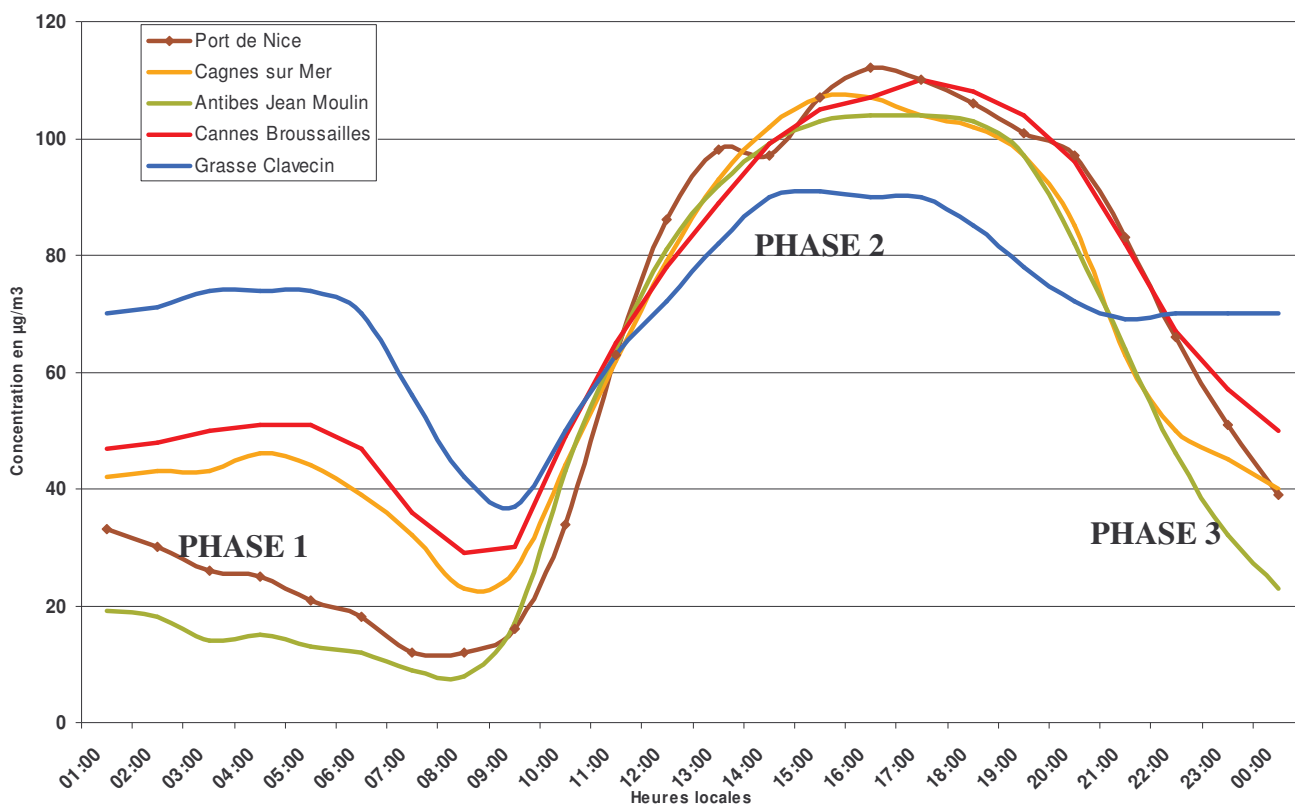
La courbe peut être décomposée en trois phases:

- La première phase (notée PHASE 1 sur le graphe) correspond globalement au niveau de fond en ozone présent sur le site. Pendant cette période, le minimum est atteint aux alentours de 8 heures ce qui correspond généralement au moment où le trafic est le plus important (voir le graphe suivant : le parallèle profil moyen O_3/NO_2). Des réactions de destructions d'ozone s'engagent alors par le biais notamment du monoxyde d'azote.

- La phase suivante (notée PHASE 2 sur le graphe) traduit le recyclage au sol du contenu de la couche intermédiaire* et l'activité photochimique.
- Enfin, la dernière phase (notée PHASE 3 sur le graphe) correspond au retour au niveau de fond par le biais de l'atténuation de la production photochimique et des réactions de destruction d'ozone (dépôt sec,...).

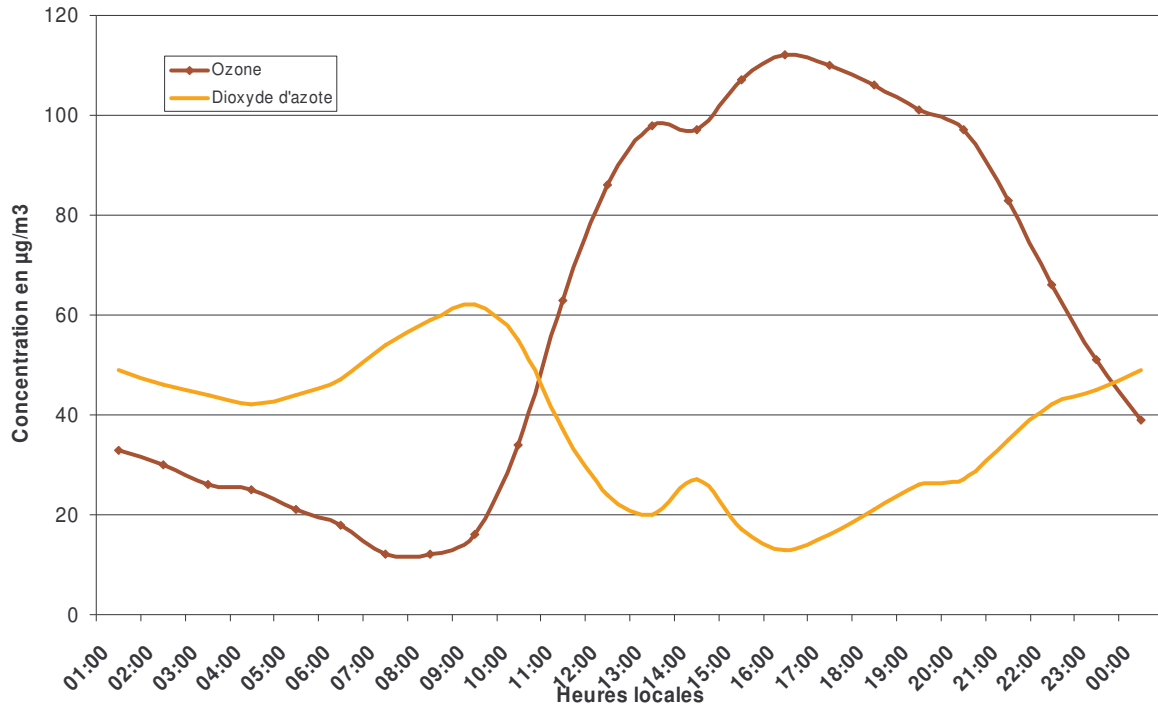
*Couche intermédiaire: Au cours de la nuit, deux couches isolées se forment dans l'atmosphère, la couche de mélange au niveau du sol et la couche intermédiaire environ 100 m au-dessus. En journée, la frontière entre ces 2 couches se détruit, les masses d'air se mélangent.

Comparaison des profils moyens journaliers en été



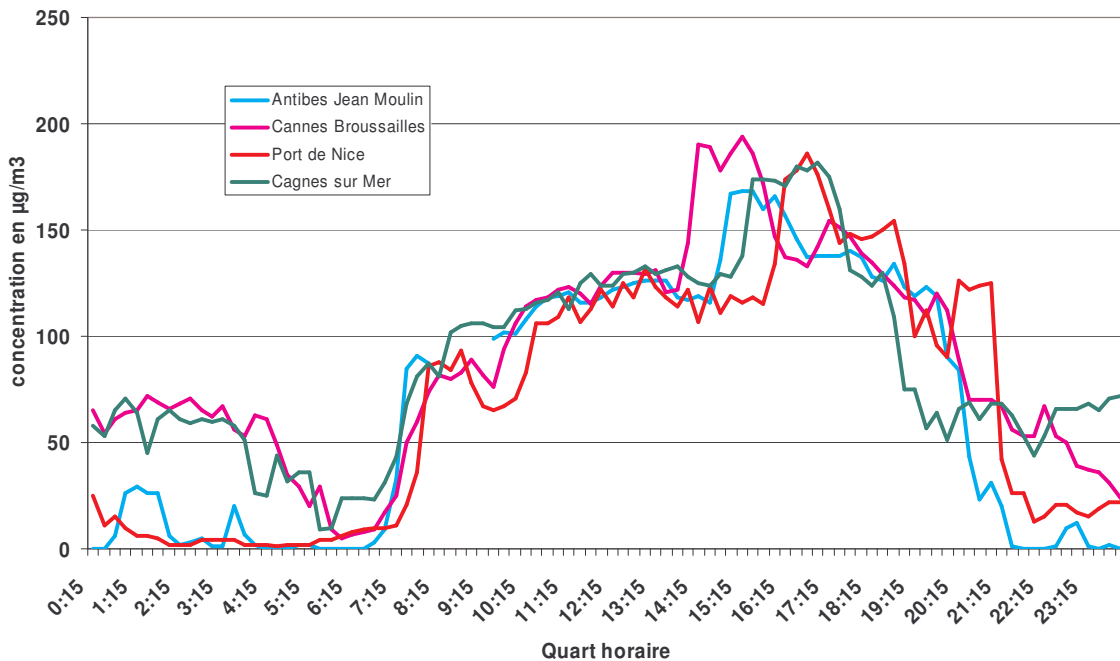
Il est intéressant de noter la chute atypique lors de la phase 2 au niveau du port ce qui correspond à l'augmentation des oxydes d'azote et donc des réactions de destruction d'ozone (voir le graphe suivant).

Comparaison des profils moyens journaliers en été
du dioxyde d'azote/ozone sur le port



Les valeurs les plus fortes de la campagne ont été observées le 19 août au cours d'un phénomène d'apport d'ozone provenant de l'ouest du département. Ceci a concerné une grande partie du littoral et a été confirmé par plusieurs points de mesures (voir le graphe suivant).

Apport d'ozone le 19 août



2.1.5/ Le benzène

Le benzène est un composé organique volatil (COV), issu du craquage ou du reformage d'hydrocarbures pétroliers (on entend par craquage ou reformage d'hydrocarbures les opérations visant à l'amélioration des propriétés des composés et à la conversion en nouveaux produits). Il est utilisé dans les carburants en remplacement du plomb pour ses propriétés antidétonantes. Les émissions de benzène dans l'environnement proviennent :

- de l'évaporation lors du stockage et de la distribution des carburants ;
- des émissions à l'échappement parmi les hydrocarbures imbrûlés ;
- des émissions diffuses dans l'industrie chimique où il entre comme intermédiaire de synthèse pour la fabrication de plastiques, fibres synthétiques, caoutchouc de synthèses, solvants, pesticides, colorants, etc.

La fumée de tabac, les adhésifs, les revêtements, les détergents, les peintures et les colles sont des sources de benzène connues à l'intérieur des locaux.

Polluant présent tant en air ambiant qu'à l'intérieur des locaux, le benzène fait l'objet de préoccupations sanitaires en raison de son caractère cancérigène avéré. Le benzène est un composé toxique qui, à de fortes concentrations, agit sur le système nerveux et peut entraîner des lésions oculaires, cutanées ou respiratoires. De nombreuses études épidémiologiques montrent l'induction de leucémies et la production d'aberrations chromosomiques, liées au benzène.

Le benzène est un composé organique volatil précurseur de l'ozone : en présence de divers autres constituants et de rayonnement solaire énergétique ultraviolet, il constitue en tant que précurseur, une source importante de pollution photochimique et notamment, d'ozone dans la basse atmosphère.

Les normes à respecter dans l'air ambiant pour le benzène sont fixées par le décret N°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 :

La technique utilisée pour la mesure du benzène a été la capture passive, à savoir, la disposition d'un capteur renouvelé toutes les 2 semaines.

Ainsi, durant la campagne hivernale, 5 échantillonneurs ont été placés ce qui représente 10 semaines de mesures et durant la campagne estivale, 4 capteurs ont été utilisés (8 semaines de mesures).



Tableau - résultats de l'étude

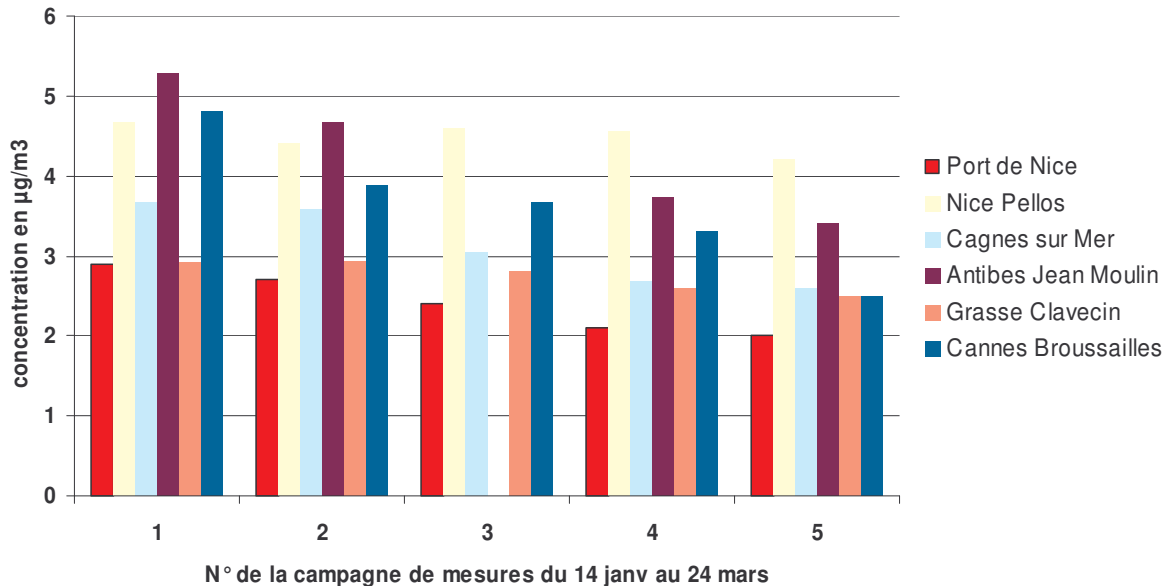
N° de la quinzaine de mesures	Hiver					Eté			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Benzène (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.9	2.7	2.4	2.1	2	1.1	1.3	0.9	1.9

Point vis-à-vis des normes :

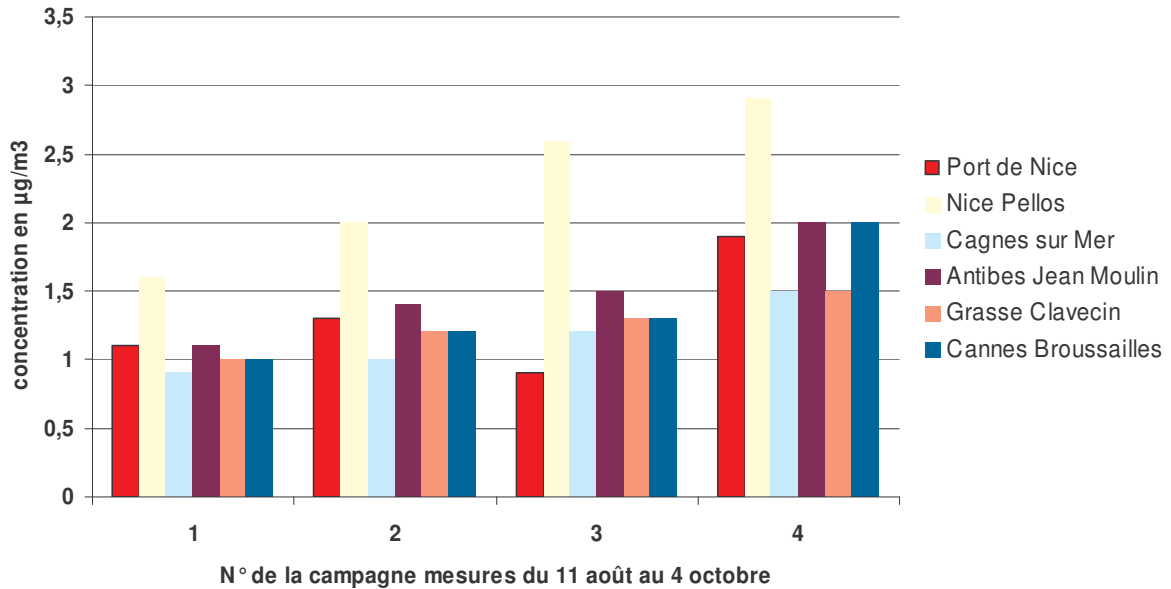
- ⇒ Les teneurs mesurées se sont situées au dessous de la valeur limite.
- ⇒ En revanche, en ce qui concerne l'objectif de qualité (moyenne annuelle de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sa valeur a été dépassée durant la campagne hivernale et respectée en période estivale.

Remarque : Les normes concernant l'objectif de qualité et la valeur limite ne peuvent être confrontées directement aux résultats de la campagne. En effet, ces normes sont définies sur une année or les campagnes n'ont duré que cinq mois. Néanmoins, la comparaison des résultats de cette étude, avec les teneurs en benzène mesurées durant la même période par des stations fixes situées dans le département, permet d'évaluer les concentrations de l'étude par rapport aux normes annuelles. Ainsi, le graphe suivant, montre que le port a connu en hiver des valeurs moins fortes en comparaison avec la plupart des stations fixes. Or, celles-ci ne dépassent jamais la valeur limite sur une année totale de mesures. **Donc, il est raisonnable de penser, que la valeur limite sur une année complète de mesures devrait aussi être respectée sur le port.** En revanche, il est plus difficile de se prononcer concernant l'objectif de qualité. Seule une année complète de mesures pourrait répondre à cette interrogation.

Comparaison pollution de fond avec les stations fixes en hiver



Comparaison pollution de fond avec les stations fixes en été



A noter qu'en période hivernale, le site du port a présenté les teneurs en benzène les plus faibles comparativement aux autres sites de mesures. En revanche, en période estivale, ceci n'est plus vrai. Le site enregistre des concentrations en benzène plus faibles qu'en hiver mais celles-ci restent plus élevées que sur certaines stations. Ceci témoigne que la baisse générale des teneurs en benzène entre l'hiver et l'été est moins importante sur le port que sur d'autres sites de mesure. Ce résultat peut s'expliquer par l'augmentation estivale de l'activité du port qui atténue la baisse naturelle des concentrations en benzène entre l'hiver et l'été.

2.2/ Les campagnes densifiées par capteurs passifs

2.2.1/ Le benzène

Deux campagnes de mesures densifiées en benzène ont été réalisées :

- Du 8 au 22 février (30 sites),
- Du 11 au 25 août (36 sites).

L'originalité de ces campagnes a été de positionner des capteurs chez des riverains.

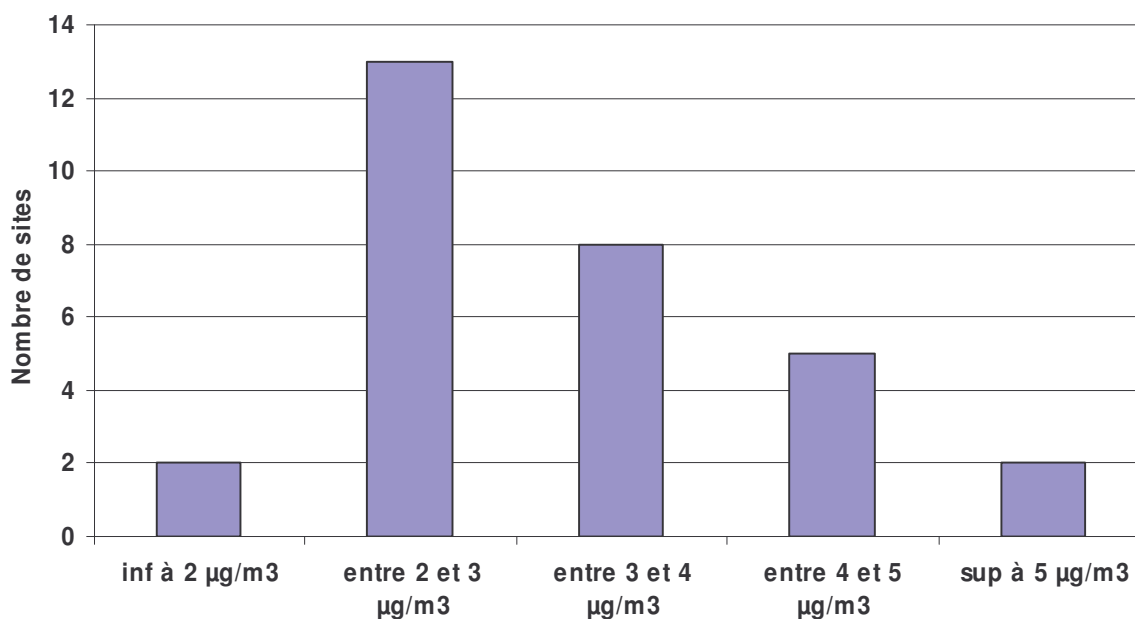
De plus, certains capteurs ont été installés dans l'enceinte même du port au plus près des activités et aussi dans un large périmètre afin de pouvoir comparer différentes situations et déterminer un impact éventuel de l'infrastructure portuaire.



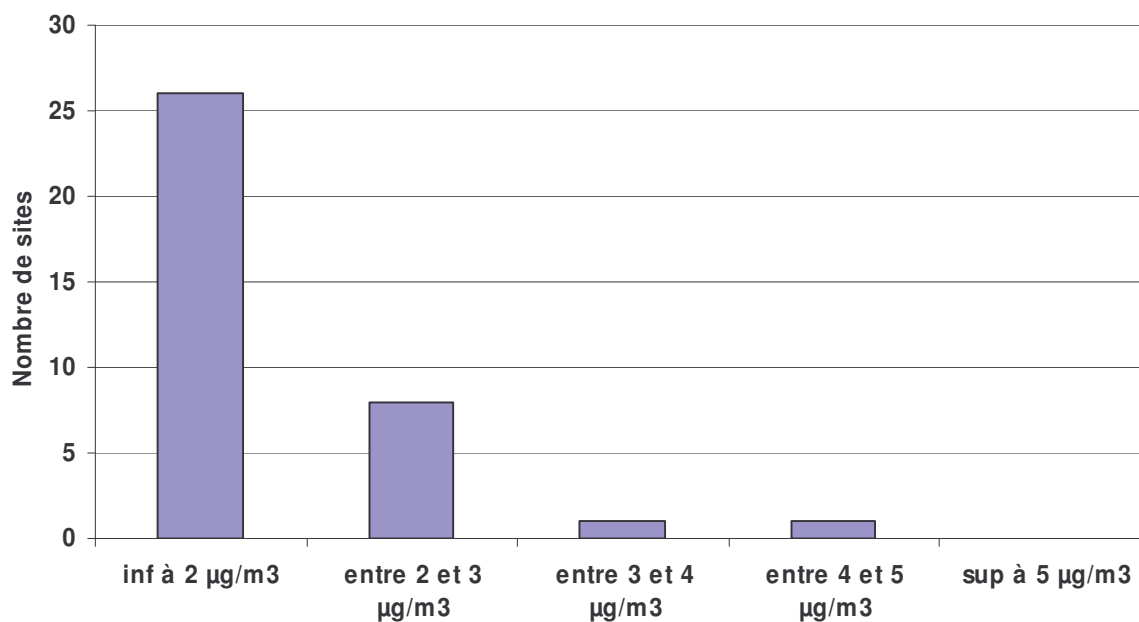
Tableau - résultats de l'étude

Moyenne intégrée sur 15 jours	Hiver			Eté		
	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min
Benzène (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.2	6.3	1.6	1.6	4.8	0.5

Répartition des sites par concentration en benzène en hiver



Répartition des sites par concentration en benzène en été



Les concentrations hivernales ont été supérieures aux teneurs estivales. Ainsi, la plupart des sites ont dépassé l'objectif de qualité en hiver (28 sites sur 30). Globalement, les concentrations hivernales sont supérieures de 50% aux valeurs estivales.

Ceci s'explique principalement par les conditions météorologiques qui sont plus favorables à l'accumulation du benzène en hiver.

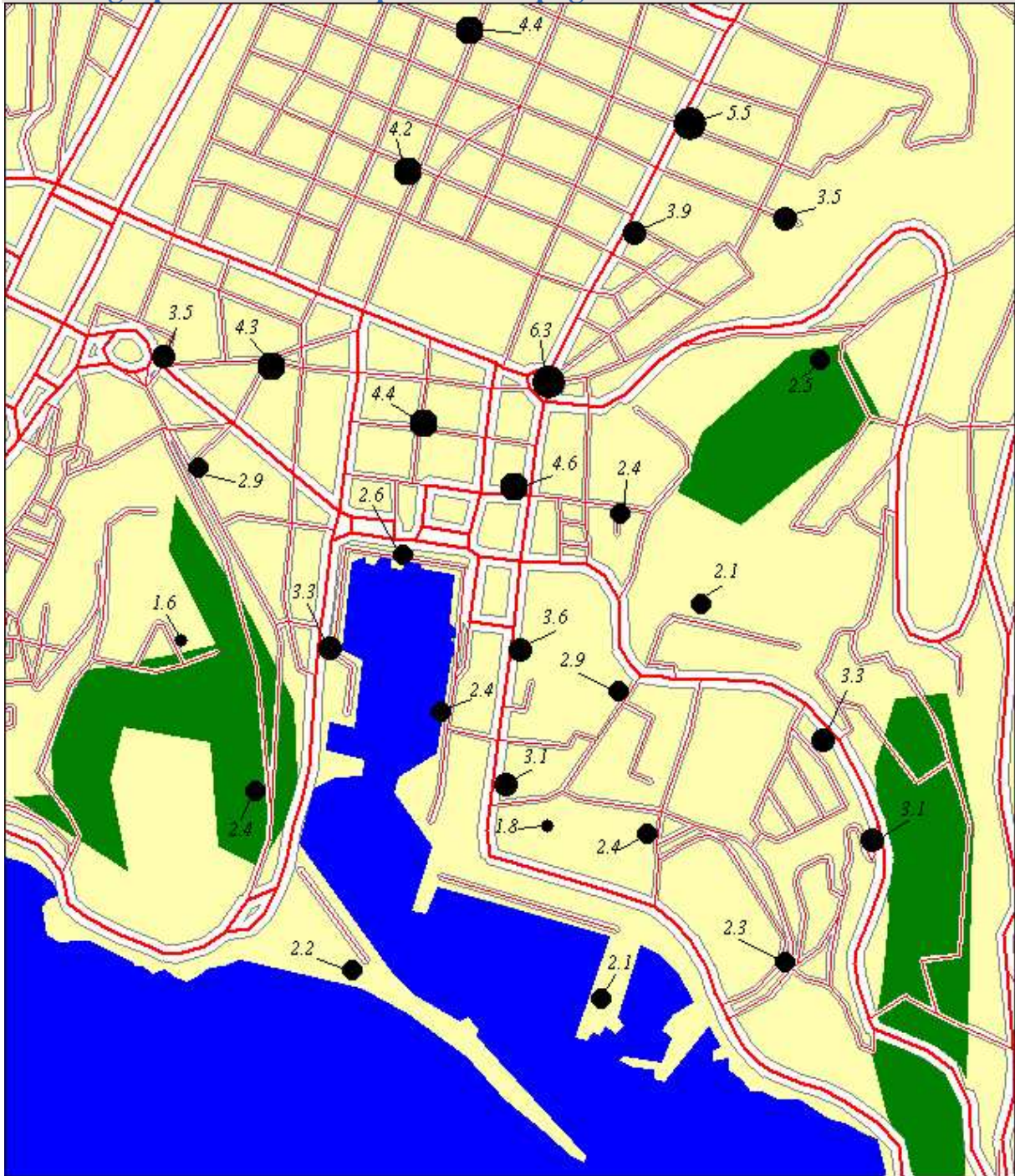
Analyses cartographiques :

Les cartes des pages suivantes permettent de localiser les résultats pour chaque campagne.

Globalement, la pollution automobile est soulignée sur les deux cartes. C'est à proximité des axes les plus fréquentés que les concentrations en benzène sont les plus fortes. Ainsi, les sites qui ont enregistré le plus de benzène tant en hiver qu'en été sont situés sur la zone urbaine près des axes routiers les plus fréquentés. Par exemple, le rond point de la place Barel est un des sites les plus représentatifs de cette situation avec 6.3 et 4.8 µg/m³ de benzène enregistré respectivement en hiver et en été. Il s'agit du point où les concentrations les plus fortes ont été enregistrées.

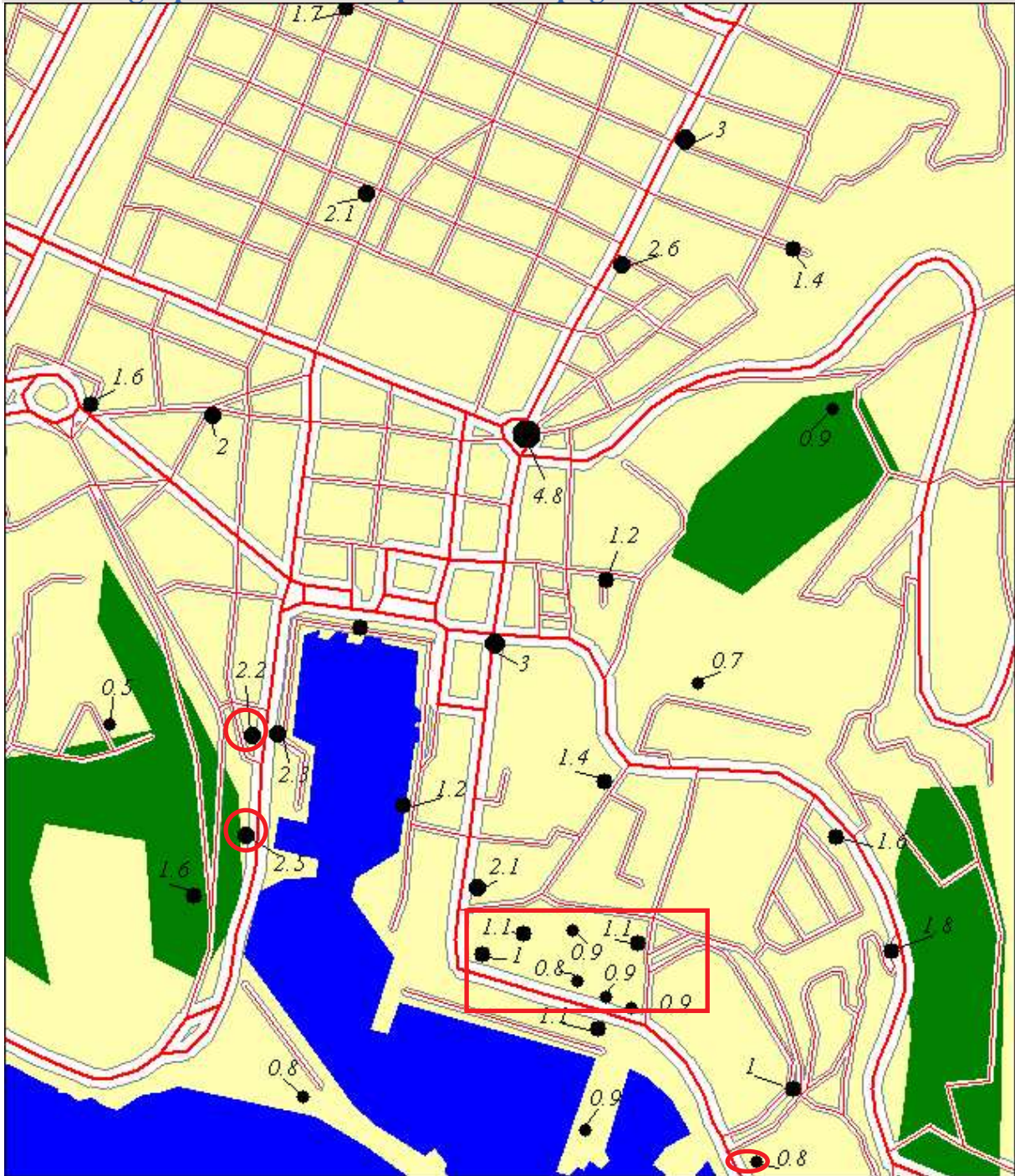
Au niveau des capteurs placés chez les riverains, les concentrations les plus élevées ont été enregistrées à proximité des axes routiers à fort trafic. C'est le cas par exemple des tubes passifs placés au niveau du quai Lunel. A contrario, les sites du Boulevard Frank Pilatte ont moins souffert de la pollution en benzène et leurs concentrations sont restées homogènes.

Cartographie du benzène pour la campagne hivernale du 8 au 22 février



(LES DONNEES CHIFFREES REPRESENTENT LES CONCENTRATIONS POUR CHAQUE POINT)

Cartographie du benzène pour la campagne estivale du 11 au 25 août



(LES DONNEES CHIFFREES REPRESENTENT LES CONCENTRATIONS POUR CHAQUE POINT)

Légende :

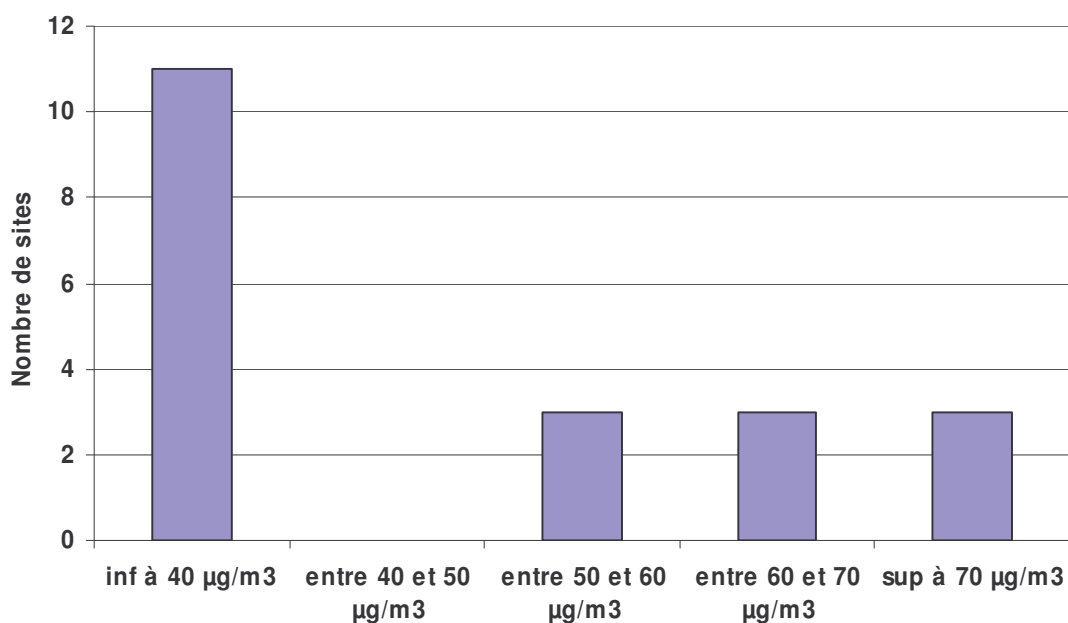
 Tubes placés chez des riverains

2.2.2/ Le dioxyde d'azote

Durant la période estivale, une campagne de mesures densifiée en dioxyde d'azote a été réalisée en même temps que la campagne de mesures densifiée en benzène, à savoir du 11 au 25 août (20 sites). Ainsi, certains sites « BTX » ont été doublés par des capteurs de dioxyde d'azote.

Moyenne intégrée sur 15 jours	Été		
	Moyenne	Maximum	Minimum
Dioxyde d'azote (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48	91	26.5

Répartition des sites par concentration en dioxyde d'azote en été



Analyses cartographiques :

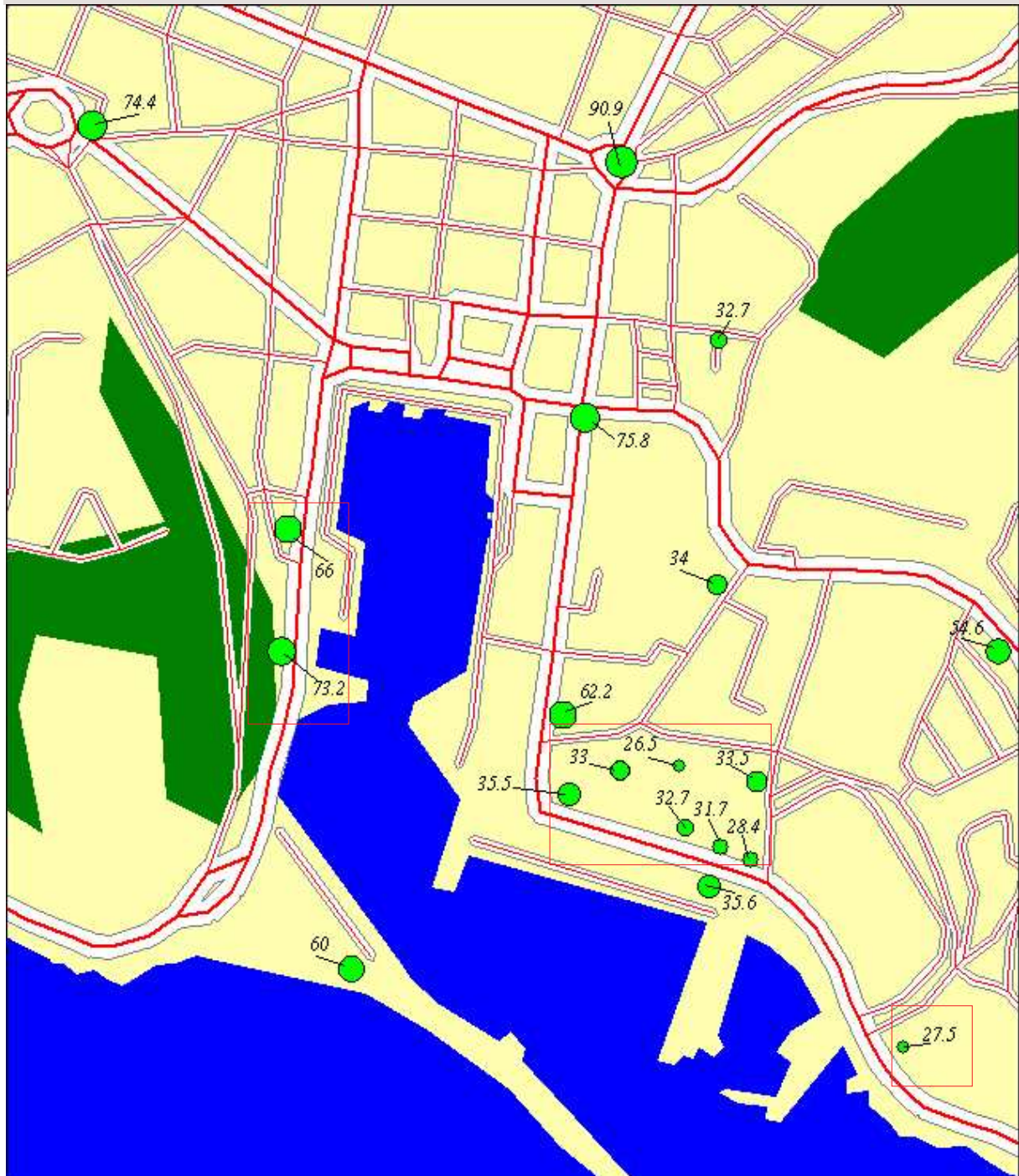
Les résultats de la campagne sont localisés sur la carte de la page suivante.

La plupart des sites ont connu des valeurs en dessous de l'objectif de qualité ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Comme pour le benzène, les concentrations les plus fortes ont été localisées à proximité du trafic automobile (rond point de la place Barel, intersection bd Stalingrad/Carnot, place Garibaldi).

En ce qui concerne, les riverains du secteur « Bd Frank Pilatte », ils ont enregistré des concentrations en dessous de la valeur définissant l'objectif de qualité. En revanche, le résultat est tout autre concernant les riverains du quai Lunel qui subissent la circulation de cet axe.

A noter, la concentration relativement importante du capteur situé sur le quai du Duc d'Albe qui traduit certainement les arrivées et départs des voitures pour l'embarquement dans les navires amarrés à ce quai.

Cartographie du dioxyde d'azote pour la campagne estivale du 11 au 25 août



Légende :

 Tubes placés chez des riverains

2.3/ Les canisters

Le canister (voir photo) est la technique qui a été retenue pour l'analyse et le suivi des composés organiques volatils précurseurs (COV) de l'ozone. L'air est introduit dans le canister hermétiquement clos (durée de prélèvement pouvant varier de 1 à 24 heures) puis ce dernier est envoyé en laboratoire pour une analyse par chromatographie (analyses des 31 COV définis dans la directive ozone du 12 février 2002, voir liste en annexes)

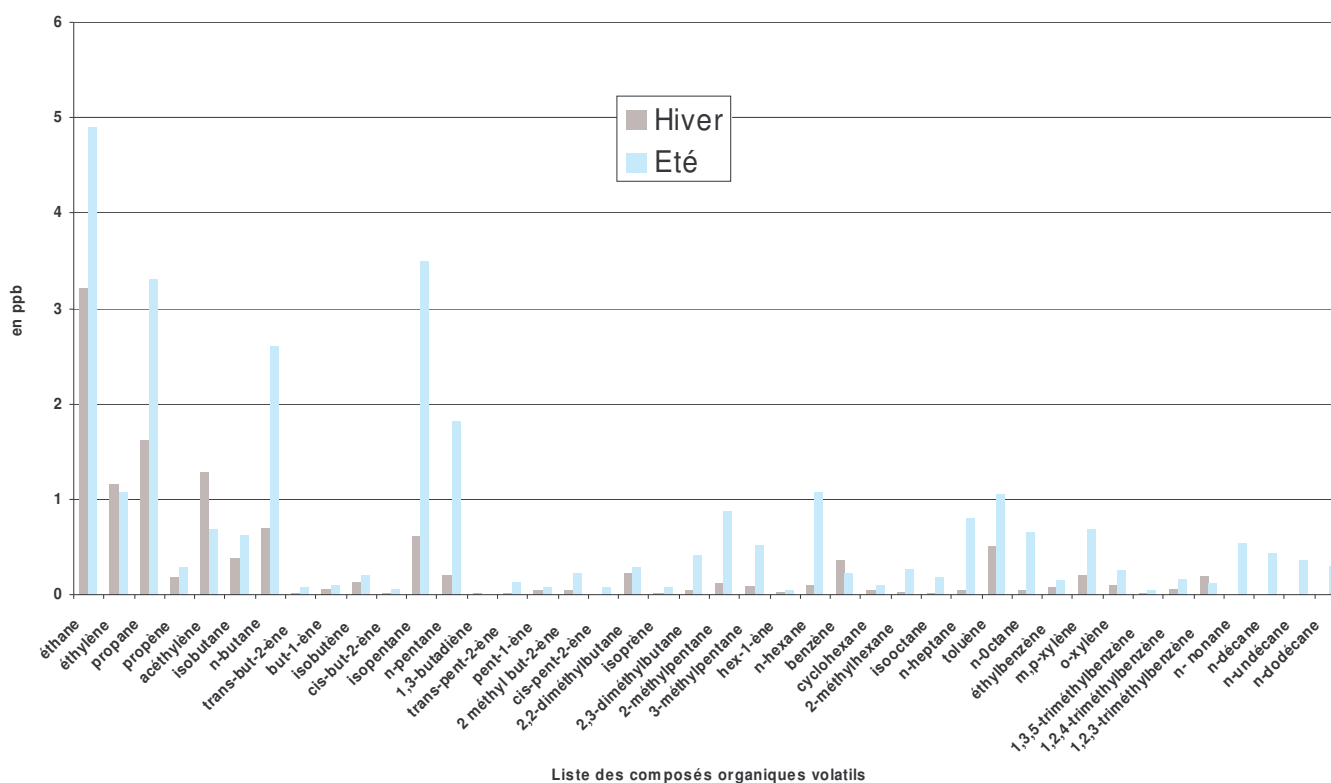
L'emploi de cette technique pour la mesure des COV est très récente. Il n'y a pas, au niveau national, de stratégie d'échantillonnage qui permettrait une comparaison entre les différentes campagnes de mesures.

De plus, par manque de données, les ordres de grandeur par type d'environnement (proximité automobile, urbain, périurbain, rural,...) ne sont pas encore déterminés. C'est pourquoi, il est difficile de qualifier quantitativement les résultats.



Deux mesures ont été effectuées via cette technique : une pour chaque campagne à proximité du laboratoire mobile. La durée de prélèvement a été de 4 heures à chaque fois. Les dates d'échantillonnage ont été le 8 février et le 19 août.

Teneurs en composés organiques volatils sur le site du port
Durée d'échantillonnage : 4 heures



Commentaires :

Globalement, les deux mesures réalisées à deux périodes différentes indiquent un profil identique à savoir les mêmes composés majoritaires se retrouvent durant les deux périodes. La différence entre les deux mesures se situe au niveau des quantités relevées. En effet, pour la majorité des composés, l'échantillon estival a enregistré des concentrations plus fortes que le canister hivernal. Deux explications peuvent être avancé pour ce résultat :

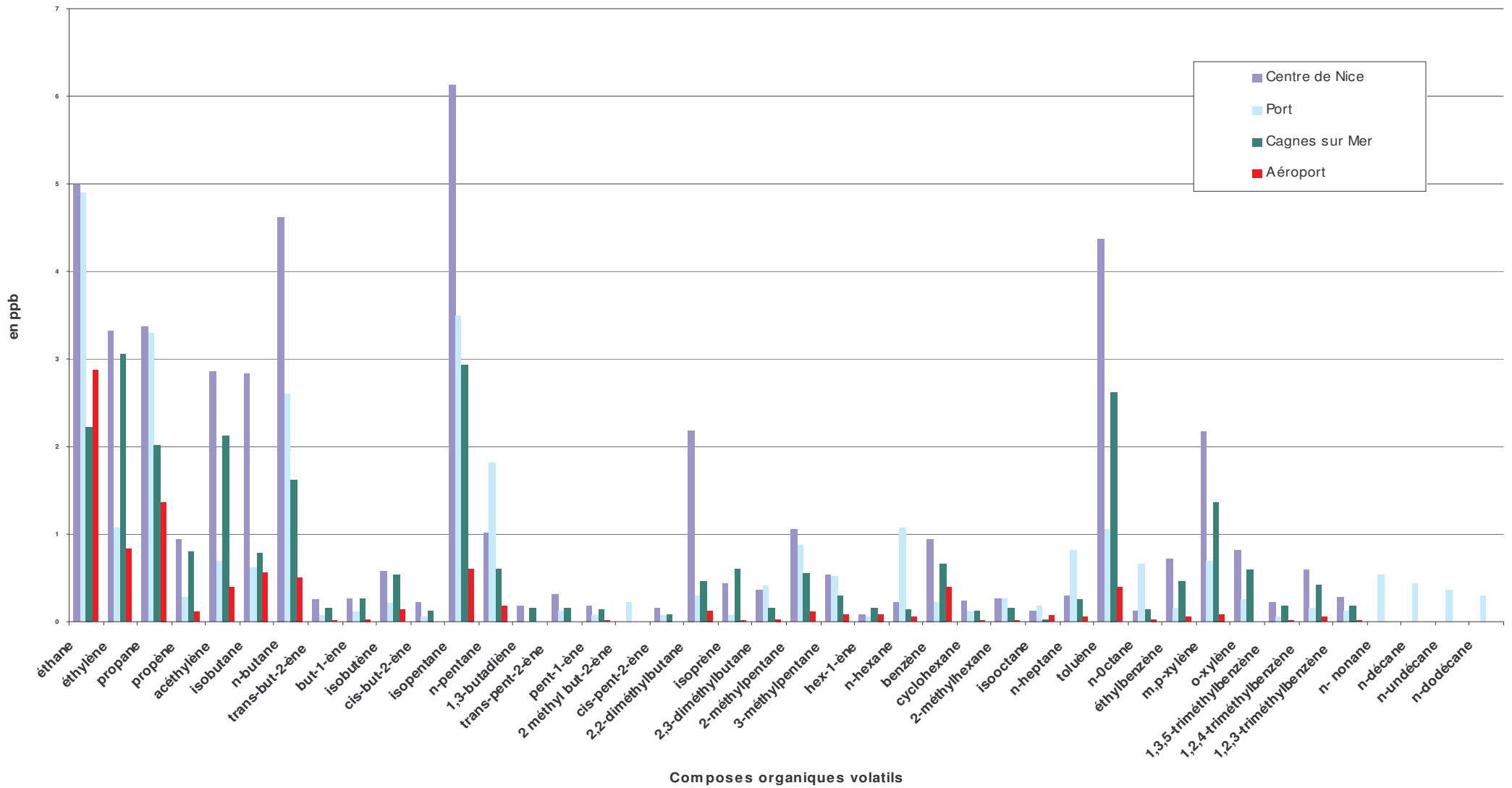
- en été la température favorise la volatilité des composés, de plus des réactions de production photochimique peuvent intervenir ;
- la seconde explication vient de l'activité automobile (source majoritaire probable : voir le paragraphe suivant). En effet, les deux mesures ont été réalisées dans un laps de temps identique (de 11 heures à 15 heures). Durant celui-ci, le trafic a été plus intense pour la journée estivale que hivernale.

La comparaison du canister estival avec d'autres résultats issus de campagnes réalisées par le passé sur d'autres sites a montré qu'il portait une signature urbaine (voir le graphe suivant). Celle-ci est marquée notamment par la présence de composés :

- issus des sources surfaciques. Elles sont « constituées de multiples micro –sources de telle sorte qu'il n'est pas possible de les dénombrer indépendamment » (« Caractérisation du comportement spatio-temporel des composés organiques volatils en atmosphère urbaine et périurbaine »-LCSQA-Déc 2004-p40-Fabien TROUSSIER, Nadine LOCOGE). Deux gaz sont typiques de ce genre de sources, il s'agit de l'éthane et propane qui sont issus des fuites de gaz naturel.
- Seconde source possible : les sources liées au trafic automobile. Celle ci se manifeste par la présence, entre autre, de composés comme : l'acétylène, le butane, l'isopentane, le toluène ou bien le m,p-xylène.

Enfin pour la campagne estivale du port, il est à noter la présence atypique de composés lourds de la famille des alcanes linéaires (n-hexane, n-octane, n-nonane, n-décane, n-undécane et n-dodécane). Ceux-ci sont généralement associés à des activités pétrolières ou paraffiniques. Dans cette étude, ils sont peut être liés au ravitaillement des bateaux en carburant.

Comparaison canister du port (estival)/autres campagnes en milieu urbain



Conclusion

Cette étude a permis d'apporter un premier éclairage quant à la qualité de l'air dans la zone portuaire niçoise.

Ainsi, le site d'étude peut être classé comme de type urbain. Les variations temporelles des oxydes d'azote, des poussières et de l'ozone concordent avec les observations classiques faites sur les stations fixes de type urbain.

En terme de concentration, seul l'ozone présente des teneurs conséquentes qui laissent supposer que le site pourra connaître un dépassement du seuil d'information. En revanche, sur la base des mesures issues de cette étude, les oxydes d'azote et les particules fines devraient respecter les principales normes (valeurs limites et seuils d'information ou d'alerte).

L'influence du trafic portuaire n'a pas pu être mise en évidence sur les mesures relevées. Seule la campagne estivale a montré son influence sur les mesures en dioxyde d'azote lors du chargement/déchargement de la liaison Nice/Corse sur les quais (quai de Ile de Beauté et quai du Commerce) les plus proches du lieu de prélèvement.

Les baisses saisonnières des teneurs en dioxyde d'azote et PM10 entre l'hiver/été ont été moins marquées sur le port par rapport à d'autres sites. Ceci témoigne que les alentours du site sont soumis à une activité routière assez constante tant en hiver (trafic domestique) qu'en été (trafic touristique).

Enfin, les campagnes densifiées en dioxyde d'azote et benzène ont souligné les points proches du trafic automobile. Les sites « riverains » ont connu des concentrations moins élevées pour les deux polluants.

ANNEXES

Glossaire:

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: La concentration des polluants s'exprime généralement en microgrammes par mètre cube d'air ($1 \mu\text{g} = 0.000001 \text{ g}$)

Percentile « x » : Valeur au dessous de laquelle se trouvent x % des données.

Objectif de qualité : niveau de concentration des substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée et à ne pas dépasser une fois atteint.

Valeur limite : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée et à ne pas dépasser une fois atteint.

Seuil d'information : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au delà duquel la concentration en polluants a des effets limités et transitoires sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée.

Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

Normes concernant l’ozone en milieu extérieur

Les normes à respecter dans l’air extérieur pour l’ozone sont fixées par :

- Décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/69/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000.
- Décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003 portant transposition des Directives 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l’air et de ses effets sur la santé et sur l’environnement, aux objectifs de qualité de l’air, aux seuils d’alerte et aux valeurs limites.

Normes		Moyenne horaire	Moyenne journalière
Objectifs de qualité	Pour la protection de la santé humaine	110µg/m ³ sur 8 heures	
	Pour la protection de la végétation	200µg/m ³	65µg/m ³
Seuil de recommandation et d’information		180µg/m ³	
Seuil d’alerte (1)		1 ^{er} seuil : 240µg/m ³ sur trois heures consécutives 2 ^{ème} seuil : 300µg/m ³ sur trois heures consécutives 3 ^{ème} seuil : 360µg/m ³ sur une heure	

(1) Le décret du 12 novembre 2003 définit le seuil d’alerte à plusieurs niveaux pour la mise en œuvre progressive de mesures d’urgence.

Normes concernant le dioxyde d'azote en milieu extérieur

Les normes à respecter dans l'air extérieur pour le dioxyde d'azote sont fixées par le décret N°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998.

Norme	Moyenne annuelle	Moyenne horaire
Objectif de qualité	40 µg/m ³	
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	40 µg/m ³ (1)	Percentile 98 (soit 175 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours) égal à 200 µg/m ³ ou Percentile 99,8 (soit 18 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours) égal à 200 µg/m ³ (2)
Valeur limite pour la protection des écosystèmes	Moyenne annuelle en NO _x égale à 30 µg/m ³	
Seuil de recommandation et d'information		200 µg/m ³
Seuil d'alerte		400 µg/m ³ ou 200 µg/m ³ si la procédure d'information et de recommandation a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement le lendemain

(1) : Cette valeur limite est applicable en **2010**, elle est dégressive annuellement jusqu'au 1^{er} janvier 2010 de la façon suivante :

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Valeur limite en µg/m ³	58	56	54	52	50	48	46	44	42

(2) : Cette valeur limite est applicable en **2010**, elle est dégressive annuellement jusqu'au 1^{er} janvier 2010 de la façon suivante :

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Valeur limite en µg/m ³	290	280	270	260	250	240	230	220	210

Normes concernant les particules fines en milieu extérieur

Décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998.

Norme	Moyenne annuelle	Moyenne journalière
Objectif de qualité	30 µg/m ³ pour les PM10 (1)	
Valeur limite pour la protection de la santé humaine (2)	40 µg/m ³ (4)	Percentile 90,4 (soit 35 jours de dépassement autorisées par année civile de 365 jours) des concentrations moyennes journalières sur l'année civile :50 µg/m ³ (3)

(1) : PM10, particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètre.

(2) : Valeurs limites pour la protection de la santé utilisées pour les concentrations de particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres. Elles ne s'appliquent qu'à la part des concentrations non liées à des événements naturels.

(3) : Cette valeur limite est applicable en 2005, elle est dégressive annuellement jusqu'au 1^{er} janvier 2005 de la façon suivante :

Année	2001	2002	2003	2004	2005
Valeur limite en µg/m ³	70	65	60	55	50

(4) : Cette valeur limite est applicable en 2005, elle est dégressive annuellement jusqu'au 1^{er} janvier 2005 de la façon suivante :

Année	2001	2002	2003	2004	2005
Valeur limite en µg/m ³	46	44	43	41	40

Normes concernant le benzène en milieu extérieur

Décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des Directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998.

Norme	Moyenne annuelle
Objectif de qualité	2 µg/m ³
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5 µg/m ³ (1)

(1) : Cette valeur limite est applicable en 2010, elle est dégressive annuellement jusqu'au 1^{er} janvier 2010 de la façon suivante :

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Valeur limite en µg/m ³	10	10	10	10	10	9	8	7	6	5

Liste des composés organiques volatils précurseurs définis dans la directive ozone du 12 février 2002

Ethane
Ethylène
Acétylène
Propane
Propène
n – Butane
i – Butane
1 – Butène
Trans – 2 –Butène
Cis – 2 Butène
1.3 – Butadiène
n – Pentane
i – Pentane
1 – Pentène
2 – Pentène
Isoprène
n – Hexane
i – Hexane
n – Heptane
n – Octane
i – Octane
Benzène
Toluène
Ethylbenzène
m+p – Xylène
o – Xylène
1,2,4 – Triméth. Benzène
1,2,3 – Triméth. Benzène
1,3,5 – Triméth. Benzène
Formaldéhyde
Totale des hydrocarbures autres que le méthane