

qualité

protection

informer

évaluation

particules

ozone

SO₂



A I R A Q
Atmo Aquitaine

www.airaq.asso.fr

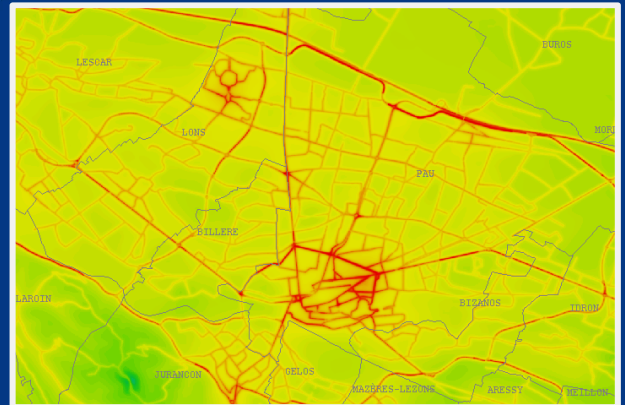
AIRAQ - Surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine
13, allée J. Watt - Parc d'activités Chemin Long - 33692 Mérignac Cedex
Tél. 05 56 24 35 30 - Fax 05 56 24 24 06

Rapport n° ET/TP/15/02

Campagne de mesures :

Cartographie de l'agglomération de Pau (64)

Du 03/06/14 au 04/07/14 et du 18/11/14 au 17/12/14



Cartographie de l'agglomération de Pau (64)

Campagne du 3 juin au 4 juillet 2014

et du 18 novembre au 17 décembre 2014

Rédaction	Benoit DUVAL, Ingénieur d'Etudes
Vérification	Pierre-Yves GUERNION, Responsable Etudes
Approbation	Patrick BOURQUIN, Directeur
Date	20/03/15
Référence	Rapport n° ET/TP/15/02
Nombre de pages	41



SOMMAIRE

GLOSSAIRE	3
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	5
I. ZONE D'ETUDE	6
II. SITES DE MESURES	7
II.1. CHOIX ET CLASSIFICATION DES SITES	7
II.2. QUALITE DES MESURES	8
II.2.1. Périodes de mesures	8
II.2.2. Méthodes de validation	8
II.2.3. Bilan chiffré	8
III. RESULTATS DES MESURES 2014	9
III.1. MESURES EN DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	9
III.1.1. Saisonnalité des mesures en dioxyde d'azote	9
III.1.2. Estimation de la moyenne annuelle	10
III.1.3. Résultats des mesures	11
III.1.4. Cartographie de la moyenne annuelle en dioxyde d'azote	13
III.1.5. Discussion	14
III.1.6. Évolution des mesures entre 2009 et 2014	14
III.1.7. Conclusion sur le dioxyde d'azote	16
III.2. MESURES EN BENZENE (C ₆ H ₆), TOLUENE, ETHYLBENZENE ET XYLENES	17
III.2.1. Comparaison des concentrations des polluants	17
III.2.2. Saisonnalité des mesures en benzène	17
III.2.3. Résultats des mesures	18
III.2.4. Cartographie de la moyenne annuelle en benzène	20
III.2.5. Discussion	21
III.2.6. Évolution des mesures entre 2009 et 2014	21
III.2.7. Conclusion sur le benzène	23
CONCLUSION	24
ANNEXES	25

GLOSSAIRE

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: l'unité de mesure est le microgramme par mètre cube d'air ($1\mu\text{g} = 0,000\ 001\text{g}$).

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air. Pour en savoir plus : <http://www.airaq.asso.fr> (Onglet AIRAQ/ Dispositif national et régional).

BTEX : terme désignant les Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes.

MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

NO : formule chimique du monoxyde d'azote.

NO₂ : formule chimique du dioxyde d'azote.

NOx : terme désignant les oxydes d'azote (NO + NO₂)

Objectif de qualité : niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble, à atteindre, si possible.

Polluant primaire : Composé rejeté dans l'atmosphère directement par la source de pollution.

Polluant secondaire : Polluant résultant de la transformation de polluants primaires par différentes réactions chimiques.

Station urbaine de fond : Situées dans des quartiers densément peuplés (entre 3 000 et 4 000 habitants/km²) et à distance de sources de pollution directes, l'objectif de ces stations est le suivi du niveau d'exposition moyen de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits de « fond » dans les centres urbains.

Station de proximité automobile : L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du **niveau maximum d'exposition** auquel la population située en **proximité d'une infrastructure routière**, est susceptible d'être exposée. Les principaux polluants mesurés sont ceux d'origine automobile comme le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO + NO₂), les particules fines en suspension (PM10) et certains composés organiques toxiques (BTX).

Station de proximité industrielle : L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du **niveau maximum d'exposition** auquel la population située en **proximité d'une installation industrielle**, est susceptible d'être exposée.

Valeur cible : valeur fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné.

Valeur limite : valeur à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble.

AVANT-PROPOS

AIRAQ fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application. À ce titre et compte tenu de ses statuts, AIRAQ est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- AIRAQ est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet.
- Les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'AIRAQ.
- AIRAQ s'engage à proposer en téléchargement sur son site Internet la dernière version de ses rapports d'étude. Il est de la responsabilité du lecteur de s'assurer qu'il a bien en sa possession la version à jour du document.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à AIRAQ et au titre complet du rapport. AIRAQ ne saurait être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donné d'accord préalable.

INTRODUCTION

Cette étude, effectuée au cours de l'année 2014, a été menée par AIRAQ en collaboration avec l'agglomération de Pau-Pyrénées, et les communes la composant.

L'objectif de cette étude est de renouveler la cartographie réalisée en 2009 et évaluer la pollution urbaine sur l'ensemble de l'agglomération de Pau comme effectué auparavant pour répondre aux questions suivantes :

- Quels secteurs sont les plus touchés, et dans quelle mesure ?
- Quels sont les niveaux rencontrés, et comment sont-ils situés vis-à-vis de la réglementation ?

Pour ce faire, AIRAQ a mis en place deux campagnes de mesures par échantillonnage passif, l'une en période estivale, l'autre en période hivernale. Ces mesures, portant sur 62 sites, ont permis d'étudier la répartition spatiale de deux polluants réglementés, le dioxyde d'azote et le benzène, caractéristiques de l'activité humaine (chauffage et trafic automobile notamment).

L'évaluation simultanée des niveaux de ces deux polluants permet une analyse complète, à deux périodes différentes, et améliore les connaissances d'AIRAQ :

- Sur la distribution spatiale de la pollution de l'agglomération de Pau, en permettant la réalisation de cartographies de la pollution,
- Sur l'évolution des teneurs au cours de l'année.

Cette étude permettra d'apprécier l'évolution relative de la pollution urbaine entre 2009 et 2014.

Le présent document rapporte les résultats de cette étude.

I. ZONE D'ETUDE

La zone d'étude couvre totalement ou partiellement 15 communes de l'agglomération de Pau. Au recensement de 2011, ces communes comptaient 146 377 habitants.

COMMUNES	Population 2011
ARESSY	634
BILLERE	13 343
BIZANOS	4 773
BUROS	1 768
GELOS	3 620
IDRON	4 091
JURANCON	7 037
LAROIN	940
LESCAR	10 030
LONS	12 304
MAZERES-LEZONS	692
MEILLON	861
MONTARDON	2 334
MORLAAS	4 152
PAU	79 798

Tableau 1 : Communes situées sur la zone d'étude

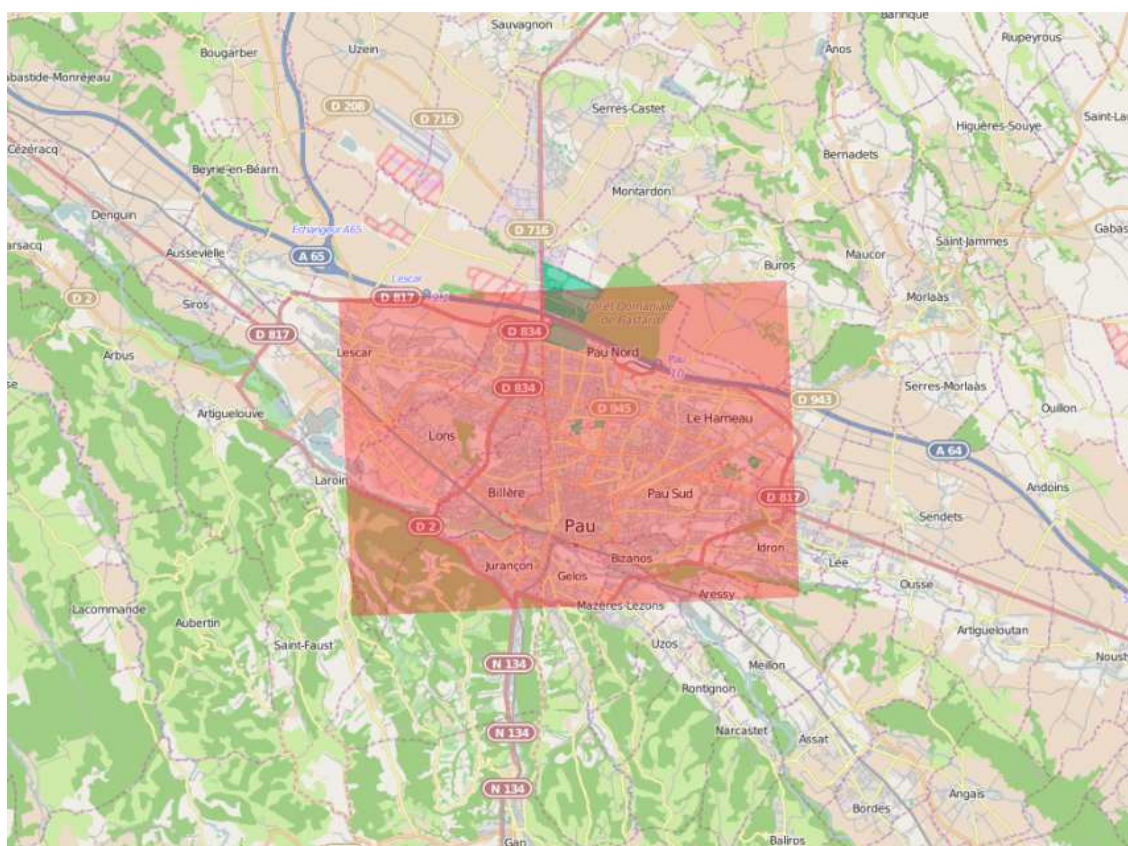


Figure 1 : Zone d'étude

© Open StreetMap

II. SITES DE MESURES

II.1. Choix et classification des sites

Durant cette étude, 3 types de sites ont été considérés :

- Des sites de proximité industrielle
- Des sites de proximité automobile
- Des sites de fond, qui permettent de caractériser l'ambiance de pollution de fond hors de l'influence d'une source directement voisine.

Après une optimisation du nombre de points de mesure par rapport à la précédente cartographie réalisée en 2009, seuls 62 des 93 sites d'origine ont été retenus.

SITES DE FOND

En 2009, 65 sites de fond avaient été retenus. Seulement 43 de ces sites ont été maintenus pour la présente étude.

SITES DE PROXIMITE AUTOMOBILE

Seize des 26 sites de proximité automobile choisis lors de la précédente cartographie ont été maintenus. Un site de fond de l'étude 2009 est devenu un site de proximité automobile en raison du trafic plus important qui le traverse (site F60 renommé PA60).

SITES DE PROXIMITE INDUSTRIELLE

Les 2 sites de proximité industrielle choisis lors de la précédente cartographie ont été maintenus.

IMPLANTATION DES SITES DE MESURES

Au final, 62 sites de mesures ont été sélectionnés :

- 43 sites de fond (notés F)
- 17 sites de proximité automobile (notés PA)
- 2 sites de proximité industrielle (notés PI)

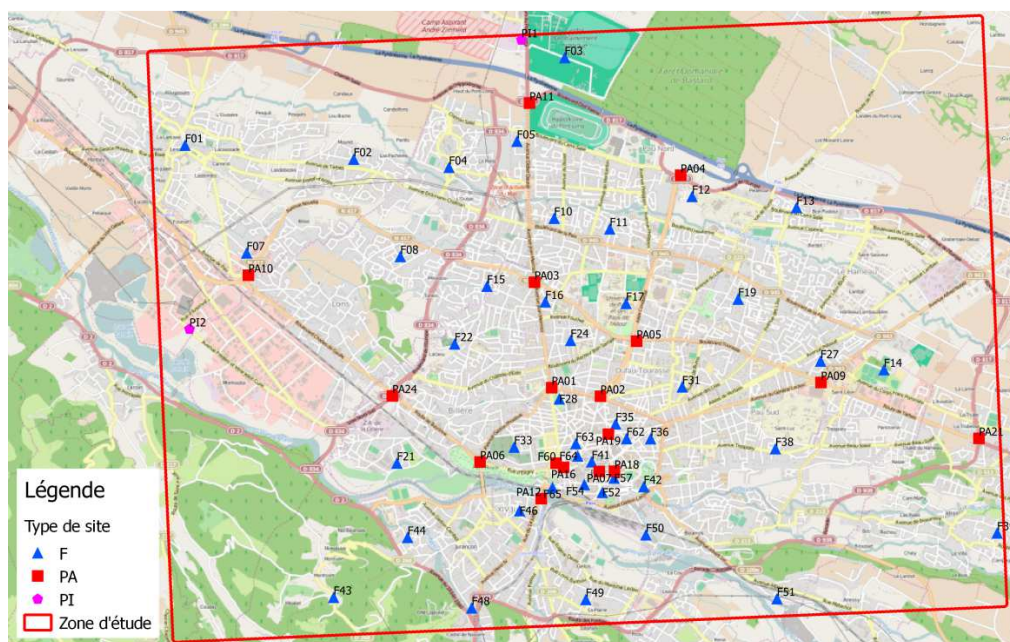


Figure 2 : Implantation des tubes à diffusion sur la zone d'étude

©Open StreetMap

II.2. Qualité des mesures

II.2.1. Périodes de mesures

La campagne de mesures s'est déroulée en deux phases, chacune décomposée en deux séries, afin de tenir compte de la saisonnalité des polluants :

- Une première phase du 3 juin au 4 juillet 2014
- Une seconde phase du 18 novembre au 17 décembre 2014

II.2.2. Méthodes de validation

Pour chaque série de mesures, des blancs ont été réalisés afin de s'assurer de la bonne qualité du matériel. Tous ces blancs ayant fourni des valeurs très faibles, le matériel a été jugé satisfaisant.

Les mesures en dioxyde d'azote ont été effectuées à l'aide de 2 tubes exposés simultanément sur la quasi-totalité des sites. Cette méthode permet non seulement d'assurer une meilleure fiabilité des mesures, mais également de détecter d'éventuelles mesures aberrantes. Elle s'appuie sur les recommandations d'un guide rédigé par l'ADEME¹.

Concernant le benzène, des triplets ont été réalisés sur un site de proximité automobile (où les plus fortes concentrations sont relevées a priori) et sur deux sites de fond lors de chaque campagne, afin de s'assurer de la bonne répétabilité des mesures.

II.2.3. Bilan chiffré

II.2.3.a. Mesures en dioxyde d'azote

Sur l'ensemble de la campagne (été-hiver), 510 tubes échantillonneurs passifs NO₂ ont été installés au cours des 4 séries de mesures, soit 127 à 128 tubes par série selon la période (pour des raisons techniques, ces mesures sont effectuées par 2 tubes en parallèle).

Pour chaque série de mesures (2 séries par période, soit 4 séries en tout), la répartition des tubes s'est faite comme suit :

- 86 tubes de fond : 43 sites en doublons
- 34 tubes de proximité automobile : 17 sites en doublons
- 4 tubes de proximité industrielle : 2 sites en doublons
- 3 blancs en été et 4 blancs en hiver

Après validation, des mesures sont disponibles sur l'ensemble des sites pour chacune des deux périodes.

II.2.3.b. Mesures en benzène

De même, 276 tubes échantillonneurs de benzène ont été installés au cours des 4 séries de mesures (69 tubes par série). Par série de mesure, la répartition des tubes s'est faite comme suit :

- 46 tubes de fond : 43 sites dont deux triplets
- 19 tubes de proximité automobile : 17 sites dont un triplet
- 2 tubes de proximité industrielle : 2 sites
- 1 blanc

Après validation, des mesures sont disponibles sur l'ensemble des sites.

¹ Groupe de travail national sur les échantillonneurs passifs – Guide « Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote » - 2002

III. RESULTATS DES MESURES 2014

III.1. Mesures en dioxyde d'azote (NO₂)

III.1.1. Saisonnalité des mesures en dioxyde d'azote

Les concentrations en dioxyde d'azote sont généralement soumises à une saisonnalité assez marquée. En effet, en raison d'émissions plus importantes et des conditions météorologiques généralement moins favorables à sa dispersion, les mesures effectuées en période hivernale sont traditionnellement plus élevées qu'en période estivale.

La figure suivante permet d'avoir une idée de la saisonnalité mesurée lors des deux campagnes.

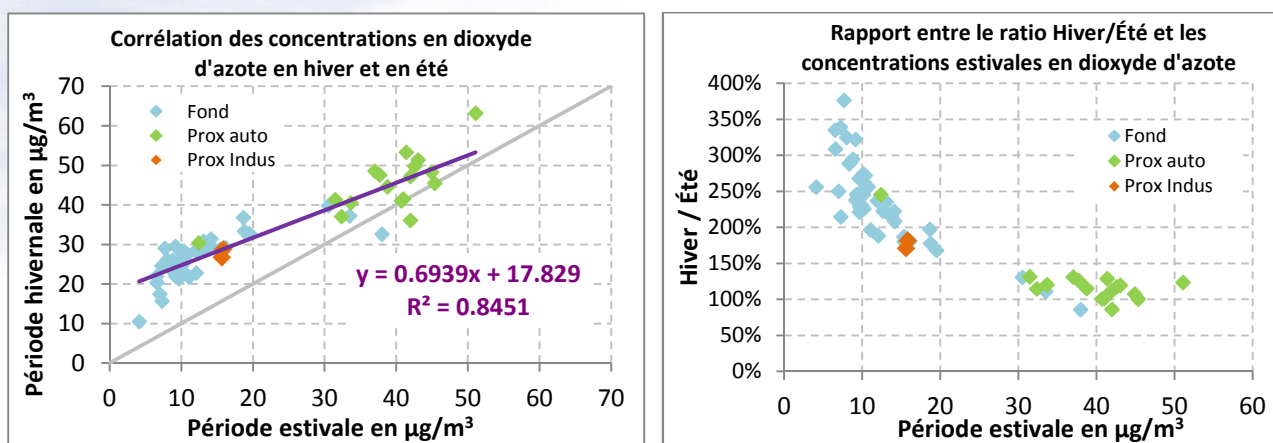


Figure 3 : Saisonnalité des mesures en dioxyde d'azote

Comme le montre la Figure 3, les niveaux mesurés en hiver ont été plus élevés de l'ordre de 18 µg/m³ en moyenne par rapport aux niveaux rencontrés en été, principalement sur les sites de fond où les niveaux sont de 1,5 à 3,5 fois plus élevés en hiver qu'en été. Ces niveaux plus élevés en dioxyde d'azote sur la campagne hivernale en comparaison avec ceux de la période estivale confirment ainsi la présence d'une saisonnalité marquée entre les deux périodes.

Au global, une assez bonne corrélation des mesures est relevée entre la période estivale et la période hivernale avec un coefficient de corrélation approchant 0,9 (R² proche de 0,85).

Plusieurs phénomènes peuvent expliquer les variations observées :

- une durée de vie du dioxyde d'azote plus longue en période hivernale : en période estivale, ce polluant est détruit sous l'effet de la lumière et de la chaleur et entre dans le processus de formation de l'ozone.
- des émissions plus importantes en période hivernale : en effet, une partie des émissions d'oxydes d'azote est due au secteur résidentiel/tertiaire (cf. Annexe 1), notamment par l'intermédiaire du chauffage domestique. Ces émissions sont donc plus concentrées en hiver, lorsque les températures sont les plus basses.

III.1.2. Estimation de la moyenne annuelle

Les mesures réalisées dans le cadre de cette étude sont conformes à la Directive Européenne 2008/50/CE pour l'estimation des concentrations moyennes en polluants sur l'ensemble d'une année. En effet, celle-ci fixe à 8 semaines (également réparties sur l'année) la période minimale de mesures disponibles pour effectuer des mesures indicatives du respect des normes réglementaires. Ainsi, en effectuant la moyenne des mesures réalisées en été et en hiver, il est possible d'avoir une estimation de la concentration moyenne annuelle.

Le graphique suivant montre l'évolution des teneurs journalières en dioxyde d'azote mesurées au niveau des stations urbaines de fond et de proximité automobile de Pau en moyenne sur l'année 2014.

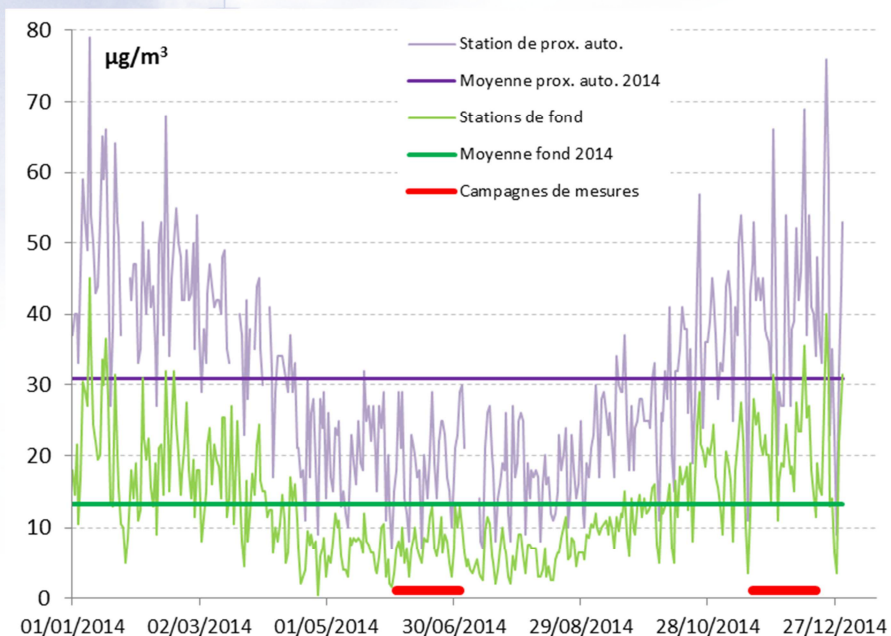


Figure 4 : Evolution des teneurs journalières en NO₂ du 2014 – moyennes des stations fixes de fond (Billère et Le Hameau) et de proximité automobile (Tourasse) sur Pau

À titre indicatif, le tableau suivant permet de comparer les résultats de cette estimation avec la moyenne réellement constatée au niveau des stations fixes :

Concentration moyenne en NO ₂ mesurée ...					
... au niveau des stations de <u>fond</u> ...		Différence en situation de <u>fond</u>	... au niveau des stations de <u>proximité automobile</u> ...		Différence en situation de <u>proximité automobile</u>
... sur l'année 2014	... sur les campagnes de mesure		... sur l'année 2014	... sur les campagnes de mesure	
13,3 µg/m ³	14,9 µg/m ³	1,6 µg/m ³ , soit 10,7 %	30,8 µg/m ³	30,6 µg/m ³	0,2 µg/m ³ , soit 0,6 %

Tableau 2 : Qualité de l'estimation de la moyenne annuelle en NO₂ à partir des mesures pendant les 8 semaines de campagne au niveau des stations fixes de fond et de proximité automobile sur Pau en 2014

Les écarts d'environ 1,6 µg/m³ et 0,2 µg/m³ entre la moyenne annuelle et la moyenne sur les deux périodes de campagne en situation de fond et de proximité automobile indiquent que les 8 semaines de mesures choisies permettent d'approcher correctement la moyenne annuelle 2014 avec une légère surestimation en situation de fond.

Ainsi, la moyenne annuelle 2014 des concentrations en dioxyde d'azote des différents sites peut être approchée en moyennant les résultats des campagnes hivernale et estivale. Par la suite, les résultats présentés seront donc la synthèse des mesures estivales et hivernales.

III.1.3. Résultats des mesures

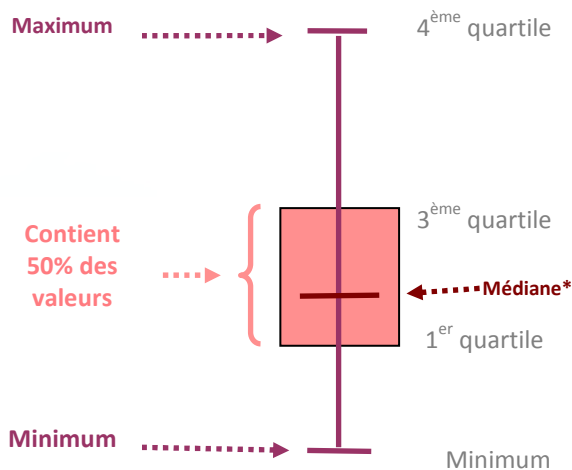
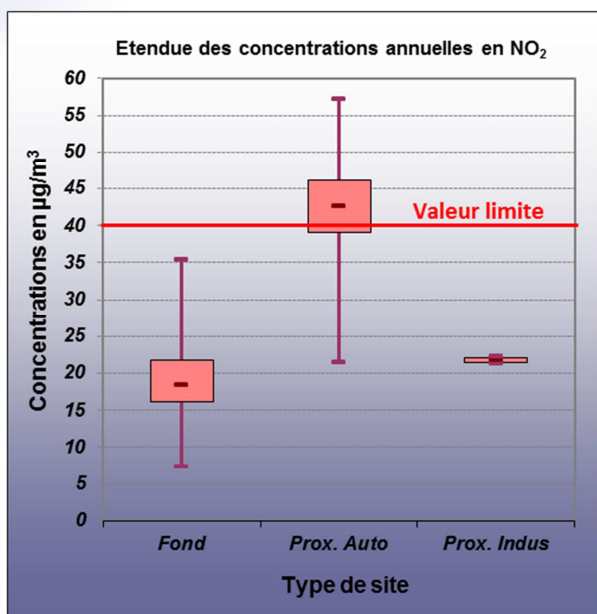
III.1.3.a. Données repères

Le tableau suivant caractérise la campagne à travers les statistiques suivantes : moyenne, médiane, minimum et maximum.

NO ₂ (µg/m ³)	Situation de fond	Proximité automobile	Proximité industrielle
Nombre de sites	43	17	2
Moyenne	19,5	41,9	21,8
Médiane	18,4	42,6	21,8
Minimum	7,3 (site F43)	21,4 (site PA07)	21,2 (site PI2)
Maximum	35,4 (site F62)	57,1 (site PA11)	22,3 (site PI1)

Tableau 3 : Synthèse des concentrations mesurées en dioxyde d'azote

La figure suivante représente les graphiques en box-plot des concentrations mesurées en dioxyde d'azote sur les différents types de sites. Cette représentation permet de visualiser les étendues des concentrations observées.



* : La médiane permet de séparer les concentrations mesurées en deux groupes de même nombre (50% des valeurs sont supérieures, 50% sont inférieures)

Figure 5 : Box-plot des concentrations en dioxyde d'azote

Le graphique précédent montre que l'impact du trafic automobile sur les concentrations en dioxyde d'azote est très net : la moyenne des concentrations relevées sur les sites de proximité automobile est plus de 2 fois supérieure à celle relative aux sites de fond. La majorité des sites de proximité automobile dépasse voire avoisine la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

Il faut mettre en évidence que certains points de fond ont un comportement similaire aux points de proximité automobile. Ce sont des points généralement soumis à un niveau ambiant perturbé par le trafic routier comme les sites F62, F63 et F65 situés en plein centre-ville et parfois à proximité d'un axe majeur de celui-ci. Le site F60 renommé PA60 en 2014 est situé rue Corisande à Pau et dépasse également la valeur limitée de 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

Les concentrations relevées sur les sites de proximité industrielle sont semblables aux concentrations relevées sur les sites de fond, indiquant que l'activité industrielle a peu d'influence sur les teneurs en dioxyde d'azote au niveau de la zone d'étude.

III.1.3.b. Distribution des concentrations

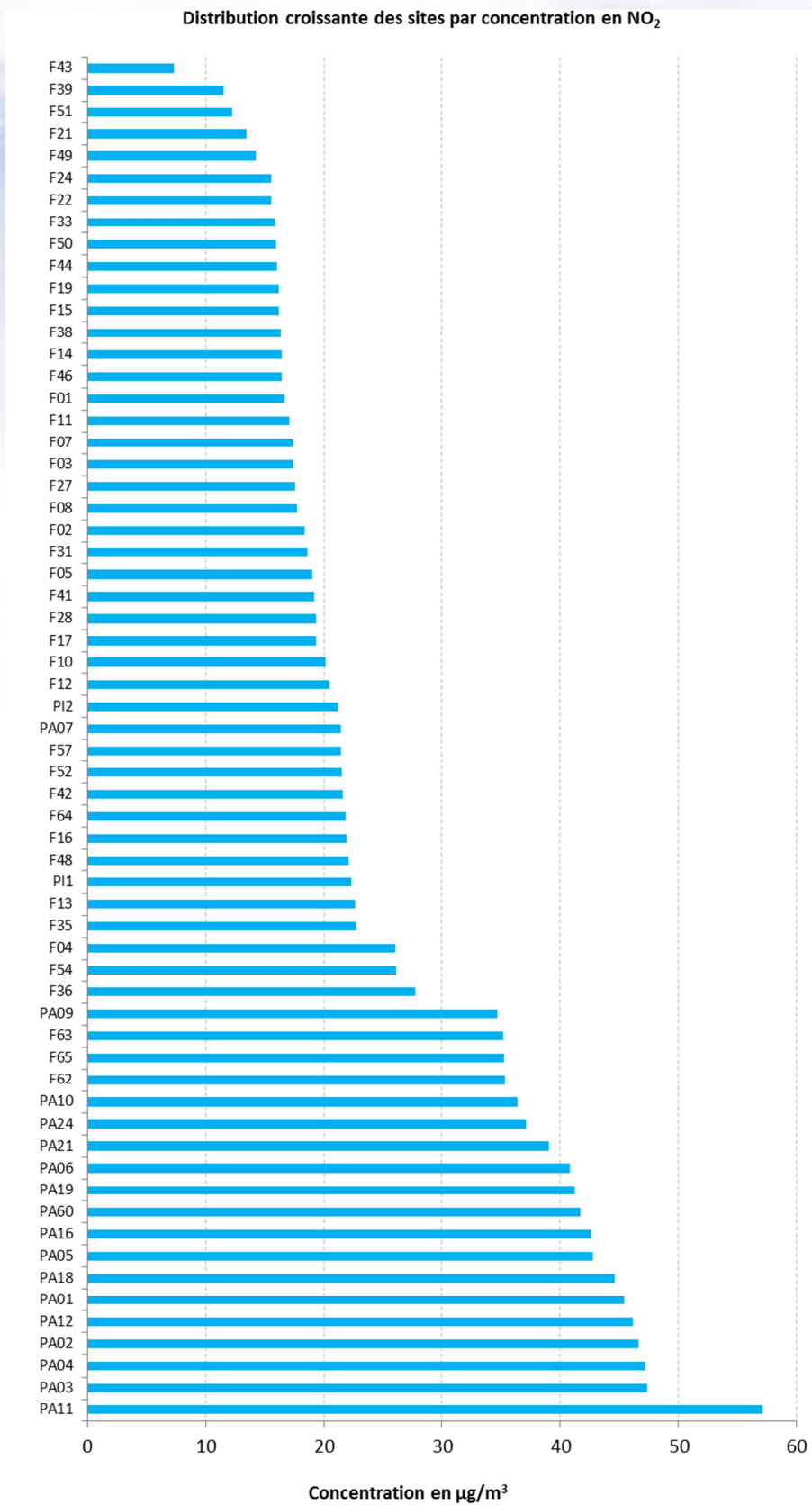


Figure 6 : Distribution croissante des sites par concentration en NO₂

III.1.4. Cartographie de la moyenne annuelle en dioxyde d'azote

À partir des estimations par tube passif, il est possible de cartographier les teneurs des polluants afin de visualiser et d'interpréter leurs principales tendances sur la zone d'étude. Ce principe repose sur l'interpolation des données collectées sur les différents sites de mesures afin d'estimer la concentration moyenne en polluant sur n'importe quel point de la zone considérée.

La cartographie réalisée prend en compte un certain nombre de paramètres :

- les résultats des mesures en polluant,
- des informations topographiques (relief, occupation du sol),
- une estimation de la pollution due au trafic routier sur les principaux axes de l'agglomération.

Les données de trafic routier proviennent des données de l'inventaire des émissions d'AIRAQ de l'année 2012 (Inventaire 2012 v1.0). Au total, environ 5 130 axes, représentant à peu près 410 km de voirie, ont été pris en compte. L'estimation des concentrations le long de ces axes a été réalisée avec le logiciel STREET, et a été calée sur les mesures réalisées. La méthodologie employée est décrite dans une publication d'AIRAQ².

Depuis la dernière cartographie réalisée en 2009, l'échelle de couleur a été revue et conformément aux recommandations nationales. Aussi, afin d'apprécier les variations de concentrations entre 2009 et 2014, la cartographie de 2009 est également présentée en III.1.6 avec la nouvelle échelle de couleur.

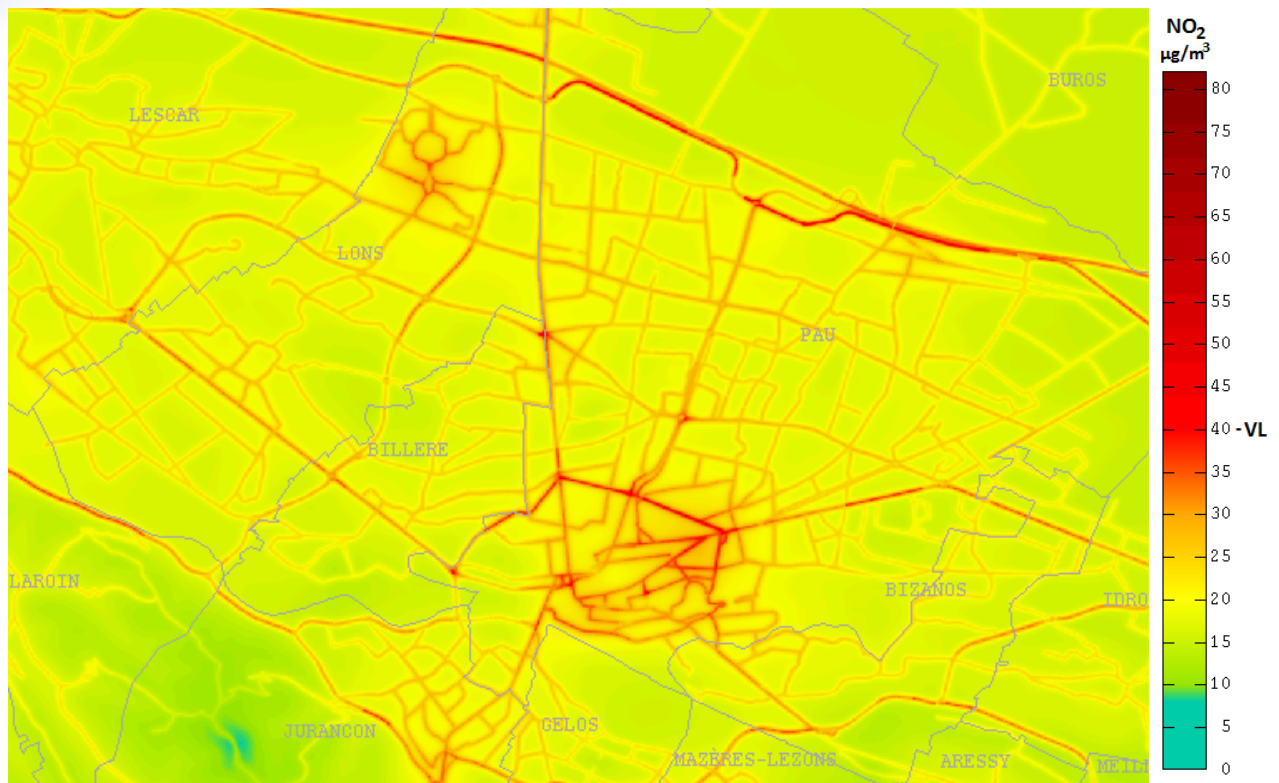


Figure 7 : Cartographie des concentrations moyennes en dioxyde d'azote en 2014

² Minisynthèse n°64 - « Prise en compte de la pollution de proximité automobile dans les cartographies urbaines - Application aux agglomérations d'Agen (2007), de Bayonne (2008) et de Bergerac (2008) » - AIRAQ, Novembre 2009

III.1.5. Discussion

III.1.5.a. Répartition des concentrations

La cartographie présentée sur la Figure 7 fait ressortir les éléments suivants :

- les concentrations les plus élevées (supérieures à $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se retrouvent en situation de proximité automobile sur la commune de Pau :
 - au niveau des boulevards Olof Palme et à l'avenue de l'Europe
 - au niveau du boulevard Alsace Lorraine
 - au niveau de la rue Corisande et la place Gramont en centre-ville
 - au niveau des rues Henri Faisans et Bonado
- les concentrations élevées (entre 25 et $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se retrouvent sur l'ensemble des axes du domaine, principalement le long des axes du centre-ville de Pau ainsi que les axes entrants de l'agglomération
- les concentrations moyennes (entre 15 et $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se retrouvent en situation de fond sur la majorité du domaine, excepté sur les hauteurs du domaine (communes de Jurançon et de Buros) où des concentrations faibles sont observées (entre 5 et $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

III.1.5.b. Comparaison avec la réglementation

La réglementation fixe la valeur limite pour le dioxyde d'azote à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

- Aucun site de fond ne dépasse la valeur limite
- 12 sites de proximité automobile dépassent cette valeur limite
 - PA11 - $57,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé au rond-point Combattant d'Afrique du Nord à Pau)
 - PA03 - $47,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé au rond-point de l'Av. J. Mermoz et l'Av. de Tassigny à Billère)
 - PA04 - $47,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé sur l'Avenue de l'Europe vers la sortie d'autoroute à Pau)
 - PA02 - $46,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé au croisement du boulevard A. Lorraine et l'Avenue Dufau à Pau)
 - PA12 - $46,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 2 rue du XIV Juillet à Pau)
 - PA01 - $45,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 125 boulevard Lorraine à Pau)
 - PA18 - $44,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 5 place Saint-Louis de Gonzague, à Pau)
 - PA05 - $42,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé au rond-point de l'Université à Pau)
 - PA16 - $42,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé place Gramont à Pau)
 - PA60 - $41,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 7 rue Corisande à Pau)
 - PA19 - $41,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé à l'angle de la rue Castetnau et de la rue René Cassin à Pau)
 - PA06 - $40,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé sur la route de Bayonne au niveau de la rue d'Etigny à Pau)

En se basant sur les résultats de la cartographie, certains axes présentent des niveaux plus élevés pouvant dépasser la valeur limite :

- Le boulevard Alsace Lorraine à Pau
- Le boulevard Olof Palme à Pau

III.1.6. Évolution des mesures entre 2009 et 2014

En confrontant directement les résultats de l'étude 2014 à ceux de l'étude 2009 sur la base des mêmes sites de mesures, nous pouvons donner une tendance sur l'évolution des concentrations en dioxyde d'azote au cours de ces 5 dernières années sur l'agglomération de Pau.

En ce qui concerne le dioxyde d'azote, l'analyse des résultats montre une diminution de l'ordre de 11,5 % sur les sites de fond (-13,7 %) et de proximité industrielle (-9,5 %) entre 2009 et 2014 et même de l'ordre de 17 à 18 % sur les sites de proximité automobile sur la même période. Malgré la baisse des niveaux observée en proximité automobile, des dépassements de la valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ subsistent toujours en 2014 sur certains sites de mesures.



Figure 8 : Cartographie des concentrations moyennes en dioxyde d'azote en 2009

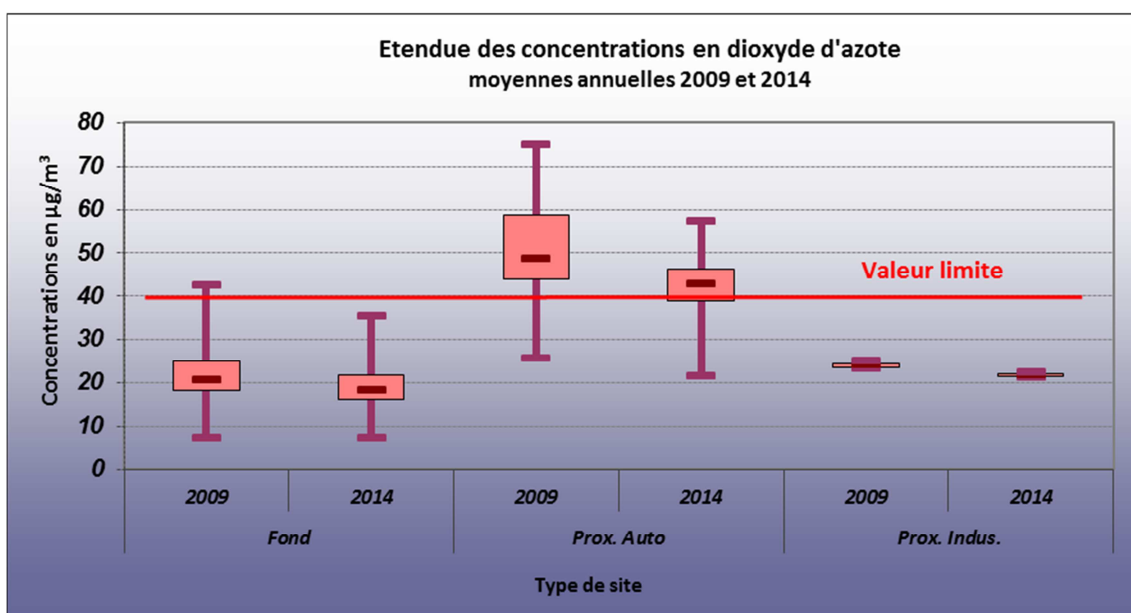


Figure 9 : Comparaison des concentrations en dioxyde d'azote pour 2009 et 2014 - box-plot

Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2009	2014	Évolution relative
Fond	22,6	19,5	- 13,7 %
Prox. Auto.	50,8	41,9	- 17,5 %
Prox. Indus.	24,1	21,8	- 9,5 %

Tableau 4 : Evolution relative des concentrations en dioxyde d'azote entre 2009 et 2014

III.1.7. Conclusion sur le dioxyde d'azote

Les résultats obtenus au niveau du dioxyde d'azote montrent que les concentrations rencontrées sont disparates en fonction des types de site sur l'agglomération. Ils sont les plus élevés en situation de proximité automobile (59 % des émissions d'oxydes d'azote en Aquitaine sont dues au secteur routier).

En situation de fond, les résultats sont les suivants :

- la réglementation est respectée
- les mesures évoluent de 7 à 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une moyenne à 19,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les niveaux les plus élevés se situant dans le centre-ville de Pau.
- la cartographie montre des niveaux variant de 10 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - les concentrations les plus élevées se situent dans le centre-ville de Pau
 - les concentrations moyennes se retrouvent en zone périurbaine (hors centre-ville de Pau)
 - les concentrations faibles se situent sur les bordures du domaine (Jurançon et Buros)

En situation de proximité automobile, les résultats sont les suivants :

- la réglementation n'est pas respectée sur plusieurs axes de l'agglomération. Douze points de mesures dépassent la valeur limite
- les mesures évoluent de 21 à 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une moyenne à 41,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux les plus élevés se situent au niveau des axes très fréquentés du centre-ville de Pau
- la cartographie montre des niveaux variant majoritairement de 10 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations les plus élevées se situent :
 - sur les axes principaux de l'agglomération, notamment les axes entrants/sortants mais également le long de l'autoroute
 - le boulevard Alsace Lorraine à Pau et la majorité des axes principaux situés à l'intérieur du centre-ville de Pau
 - une majorité des carrefours de l'agglomération, comme le rond-point de l'avenue J. Mermoz et l'avenue d'Attigny à Billère par exemple

La comparaison des résultats sur les sites de mesures entre 2009 et 2014 montre une diminution de 18 % des concentrations sur les sites de proximité automobile et de 11-12 % sur les sites de fond. La baisse des concentrations de proximité automobile apparaît assez nettement sur la cartographie pour les axes situés en dehors du centre-ville de Pau. Une baisse est également observée dans le centre-ville de Pau mais dans une moindre proportion. En 2014, il subsiste toujours certains sites de mesure de proximité automobile au-delà de la valeur limite.

Notons que cette baisse des niveaux en dioxyde d'azote entre 2009 et 2014 s'explique en grande partie par une diminution globale des émissions du secteur routier en lien avec le renouvellement du parc automobile (amélioration des performances des moteurs) mais peut aussi être en lien avec l'évolution du trafic sur la zone.

III.2. Mesures en benzène (C₆H₆), toluène, éthylbenzène et xylènes

III.2.1. Comparaison des concentrations des polluants

La figure suivante illustre le lien existant entre les concentrations en benzène, en toluène, en éthylbenzène et en xylènes.

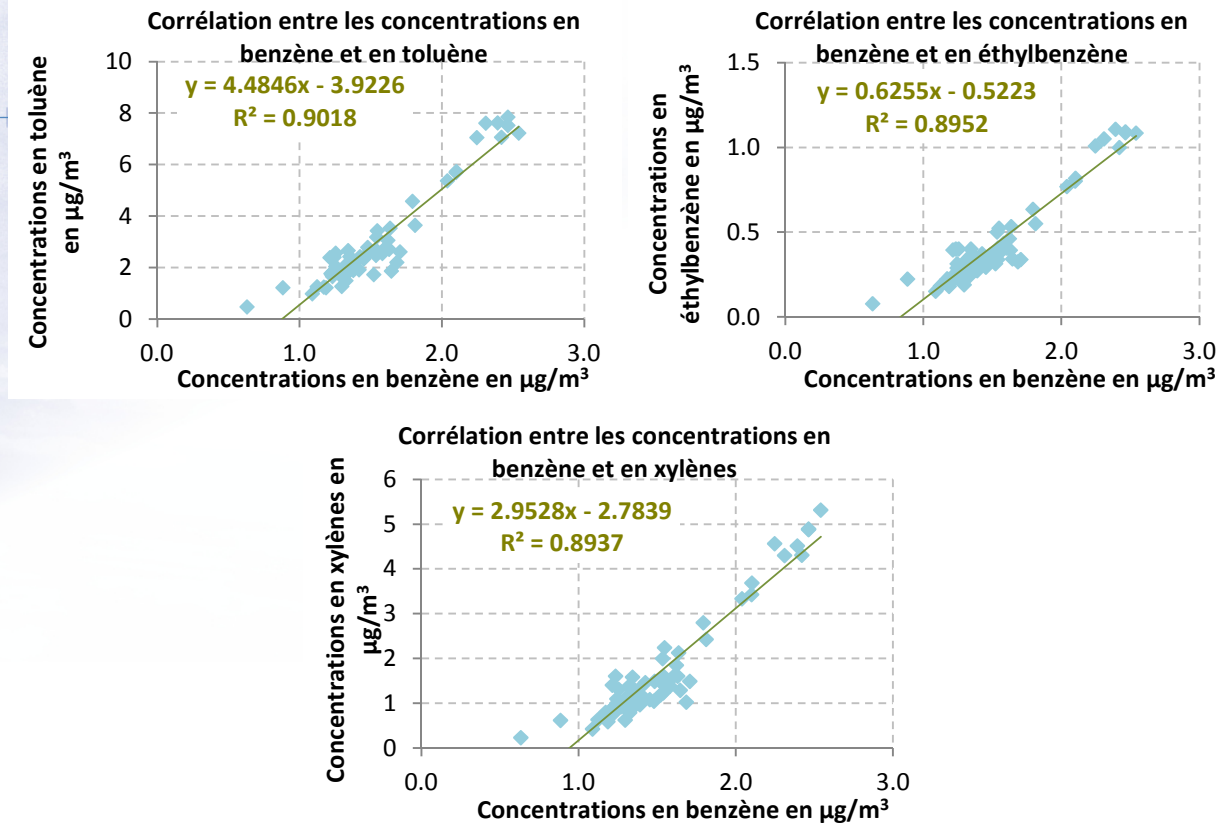


Figure 10 : Comparaison des teneurs en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes

Les graphiques précédents montrent que les concentrations de ces 4 polluants sont étroitement liées avec des coefficients de corrélation égaux à 0,9. Étant donné que seul le benzène est soumis à la réglementation, c'est ce polluant qui sera étudié. Pour les autres polluants, tous les résultats sont présentés en annexe 5.

III.2.2. Saisonnalité des mesures en benzène

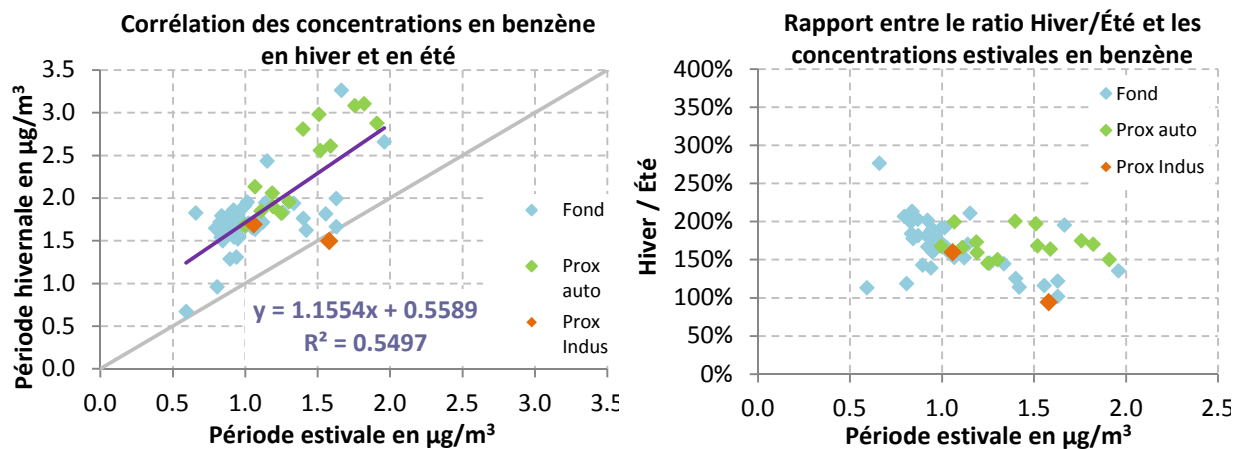


Figure 11 : Saisonnalité des mesures en benzène

La Figure 11 permet d'avoir une idée de la saisonnalité mesurée lors des deux campagnes. Tout comme le dioxyde d'azote, la saisonnalité des teneurs en benzène est également marquée mais en moindre importance.

Ainsi, les niveaux hivernaux sont 1,5 à 2 fois plus élevés que les niveaux estivaux. Comme pour le dioxyde d'azote, cet écart entre les deux périodes de mesures est moins important du fait que les campagnes aient été réalisées en juin et décembre.

III.2.3. Résultats des mesures

III.2.3.a. Données repères

C ₆ H ₆ (µg/m ³)	Situation de fond	Proximité automobile	Proximité industrielle
Nombre de sites	43	17	2
Moyenne	1,38	1,92	1,46
Médiane	1,35	2,04	1,46
Minimum	0,63 (site F43)	1,21 (site PA05)	1,37 (site PI2)
Maximum	2,46 (site F62)	2,54 (site PA18)	1,54 (site PI1)

Tableau 5 : Synthèse des concentrations mesurées en benzène

La figure suivante représente les graphiques en box-plot des concentrations mesurées en benzène sur les différents types de sites. Cette représentation permet de visualiser les étendues des concentrations observées.

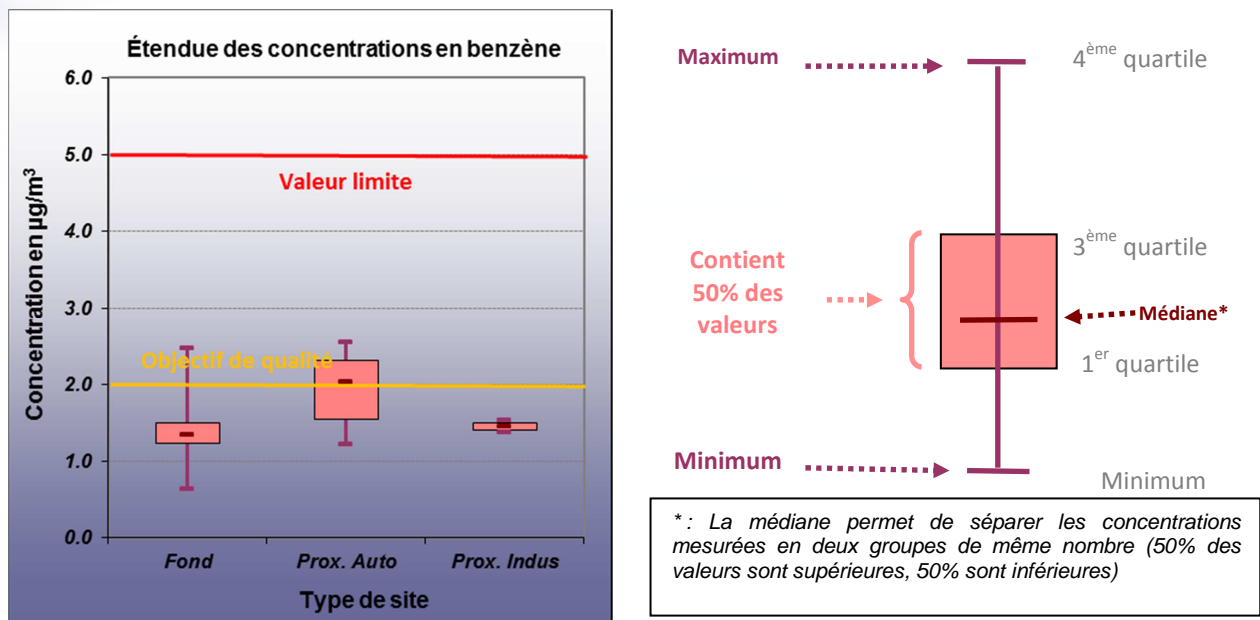


Figure 12 : Box-plot des concentrations en benzène

À l'instar du dioxyde d'azote, le graphique précédent montre un impact du trafic automobile sur les concentrations en benzène, mais moins prononcé que pour le polluant précédent. La moyenne des concentrations relevées sur les sites de proximité automobile est environ 39 % supérieure à celle relative aux sites de fond. A noter que 9 des 17 sites de proximité automobile dépasse l'objectif de qualité fixé à 2 µg/m³ en moyenne annuelle.

Il faut mettre en évidence que certains points de fond ont un comportement similaire aux points de proximité automobile. Ce sont des points généralement soumis à un niveau ambiant perturbé par le trafic routier.

III.2.3.b. Distribution des concentrations

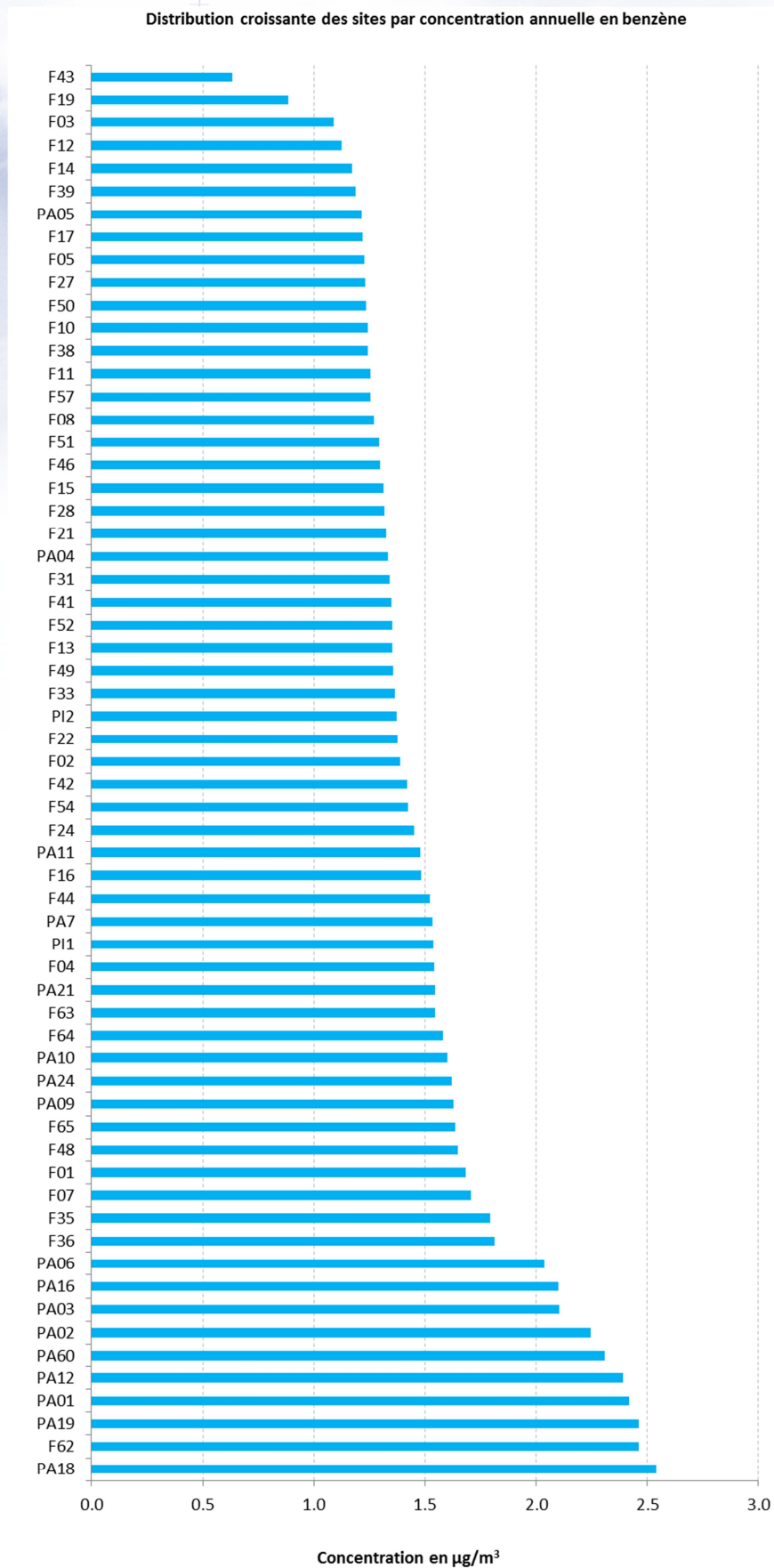


Figure 13 : Distribution croissante des concentrations en benzène

III.2.4. Cartographie de la moyenne annuelle en benzène

Comme dans le cas du dioxyde d'azote, une cartographie des concentrations en benzène a été réalisée. Celle-ci prend en compte les paramètres suivants :

- les résultats des mesures en polluant
- des informations topographiques (relief, occupation du sol)
- une estimation de la pollution due au trafic routier sur les principaux axes de l'agglomération

Les données de trafic routier proviennent des données de l'inventaire des émissions d'AIRAQ de l'année 2012 (Inventaire 2012 v1.0). Au total, environ 5 130 axes, représentant un peu plus de 410 km de voirie, ont été pris en compte. L'estimation des concentrations le long de ces axes a été réalisée avec le logiciel STREET, et a été calée sur les mesures réalisées. La méthodologie employée est décrite dans une publication d'AIRAQ³.

Depuis la dernière cartographie réalisée en 2009, l'échelle de couleur a été revue et modifiée conformément aux recommandations nationales. Aussi, afin d'apprécier les variations de concentrations entre 2009 et 2014, la cartographie de 2009 est également présentée en III.2.6 avec la nouvelle échelle de couleur.

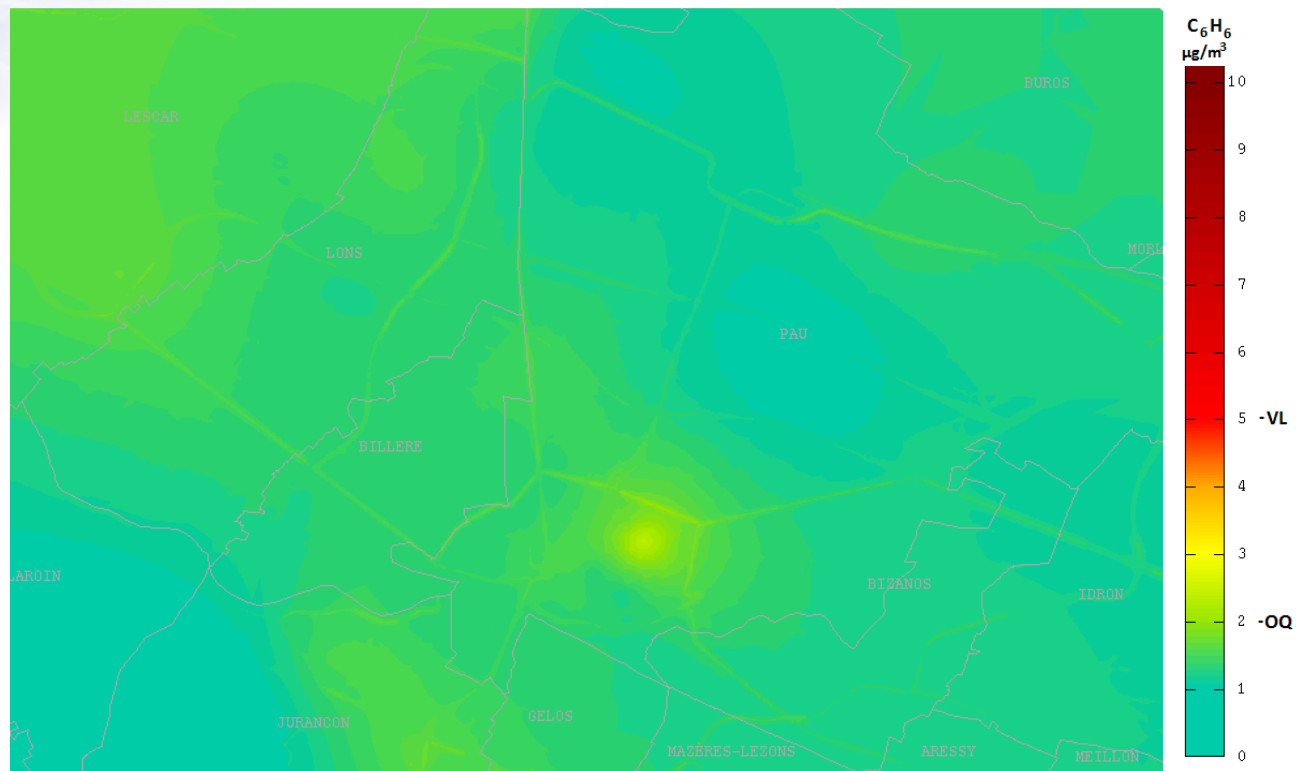


Figure 14 : Cartographie des concentrations moyennes en benzène en 2014

³ Minisynthèse n°64 – « Prise en compte de la pollution de proximité automobile dans les cartographies urbaines - Application aux agglomérations d'Agen (2007), de Bayonne (2008) et de Bergerac (2008) » - AIRAQ, Novembre 2009

III.2.5. Discussion

III.2.5.a. Répartition des concentrations

La cartographie présentée sur la Figure 14 fait ressortir les éléments suivants :

- les concentrations les plus élevées (supérieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se retrouvent en situation de fond urbain
 - au niveau de l'est du centre-ville de Pau
- les concentrations élevées (entre $1,5$ et $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se retrouvent en situation de fond urbain :
 - l'ensemble du centre-ville de Pau,
 - une partie de la commune de Jurançon
 - la majorité de la commune de Lescar
 - le boulevard C. de Gaulle à Lons, l'avenue de l'Europe à Pau
- les concentrations moyennes (inférieures à $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se retrouvent en situation de fond, dans les zones résidentielles, et de proximité automobile sur la majeure partie du domaine

III.2.5.b. Comparaison avec la réglementation

La réglementation fixe la valeur limite pour le benzène à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et l'objectif de qualité à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- aucun site n'atteint ou ne dépasse la valeur limite
- 9 sites de proximité automobile dépassent l'objectif de qualité
 - PA18 - $2,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 5 place Saint-Louis de Gonzague à Pau)
 - PA19 - $2,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé à l'angle de la rue Castetnau et de la rue René Cassin à Pau)
 - PA01 - $2,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 125 boulevard Lorraine à Pau)
 - PA12 - $2,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 2 rue du XIV Juillet à Pau)
 - PA60 - $2,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 7 rue Corisande à Pau)
 - PA02 - $2,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé au croisement du boulevard A. Lorraine et l'Avenue Dufau à Pau)
 - PA03 - $2,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé au rond-point de l'Av. J. Mermoz et l'Av. de Tassigny à Billère)
 - PA16 - $2,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé place Gramont à Pau)
 - PA06 - $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé sur la route de Bayonne au niveau de la rue Etigny à Pau)
- 1 site de fond dépasse l'objectif de qualité
 - F62 - $2,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (situé 14 rue Lespy à Pau)

III.2.6. Évolution des mesures entre 2009 et 2014

Comme pour le dioxyde d'azote, il est possible de confronter directement les résultats de l'étude 2014 à ceux de l'étude 2009 et évaluer l'évolution des concentrations en benzène au cours de ces 5 dernières années sur l'agglomération de Pau.

Concernant le benzène, l'analyse des résultats montre une augmentation relative d'environ 17 % sur les sites de fond entre 2009 et 2014. On observe également une augmentation plus importante encore sur les sites de proximité industrielle (67 % environ) sur la même période à nuancer par les faibles niveaux relevés. Par ailleurs, les niveaux relevés en situation de proximité industrielle sont du même ordre de grandeur que ceux relevés en situation de fond, indiquant que l'activité industrielle a peu d'influence sur le benzène au niveau de la zone d'étude. En revanche, une baisse de 5 % est constatée sur les sites de proximité automobile. Malgré cette baisse des niveaux, des dépassements de l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ subsistent toujours en 2014 sur la moitié des points de mesures de proximité automobile.

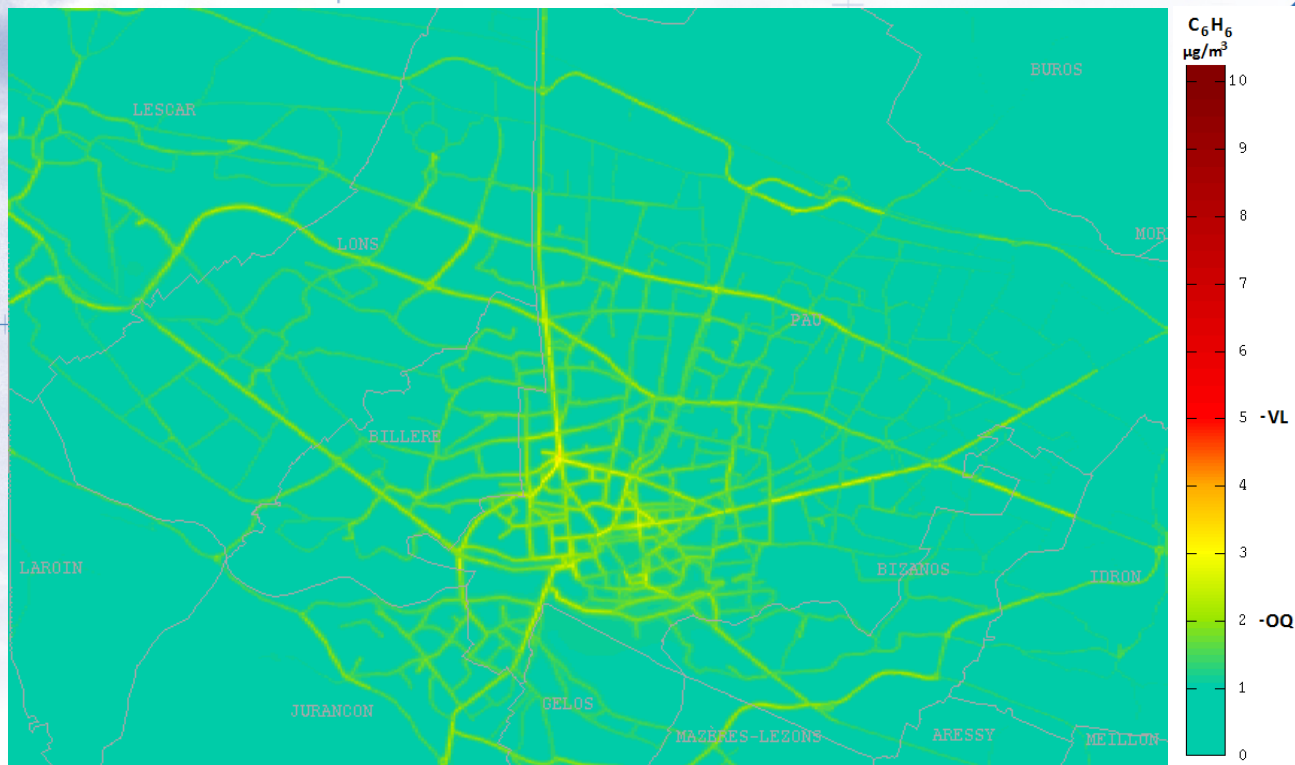


Figure 15 : Cartographie des concentrations moyennes en benzène en 2009

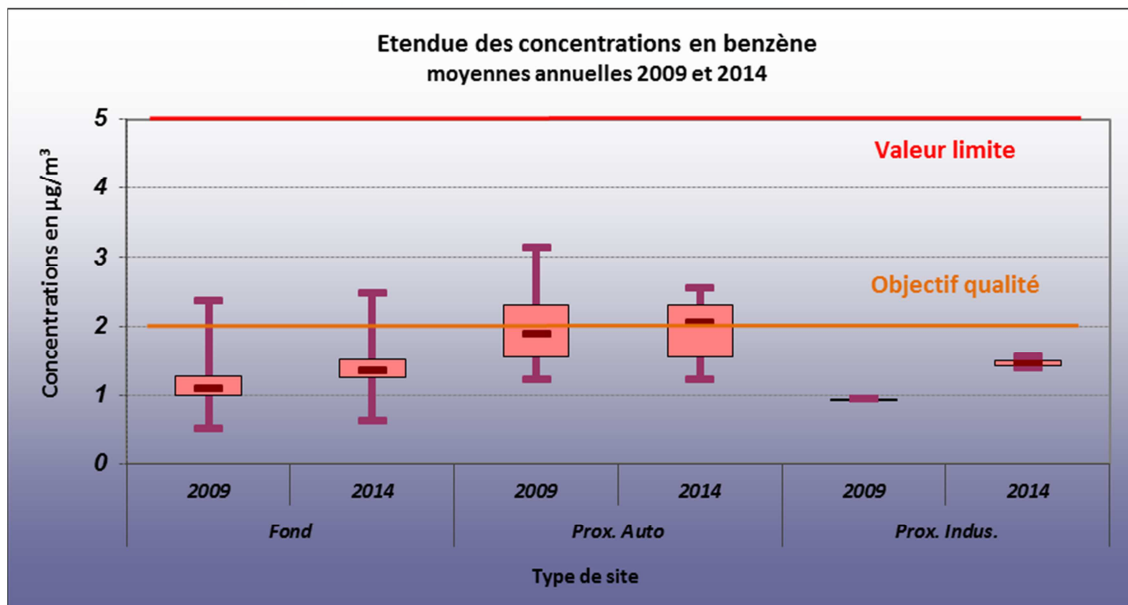


Figure 16 : Comparaison des concentrations en benzène pour 2009 et 2014 - box-plot

Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2009	2014	Évolution relative
Fond	1,2	1,4	+ 16,7 %
Prox. Auto.	2,0	1,9	- 5,0 %
Prox. Indus.	0,9	1,5	+ 66,7 %

Tableau 6 : Evolution relative des concentrations en benzène entre 2009 et 2014

III.2.7. Conclusion sur le benzène

Les résultats obtenus pour le benzène montrent que les niveaux rencontrés sont plus élevés en situation de proximité automobile comme pour le dioxyde d'azote. Néanmoins, c'est principalement le centre-ville de Pau qui concentre les plus fortes valeurs (88 % des émissions de benzène en Aquitaine sont dues au secteur résidentiel).

En situation de fond, les résultats sont les suivants :

- la réglementation n'est pas respectée sur 1 point de mesure où l'objectif de qualité est dépassé
- les mesures évoluent de $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $2,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une moyenne à $1,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux les plus élevés se situent dans le centre-ville de Pau
- la cartographie montre des niveaux globalement inférieurs à $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - les concentrations les plus élevées se retrouvent dans le centre-ville de Pau et dans les zones résidentielles en périphérie proche
 - les concentrations faibles se rencontrent dans les zones périurbaines ou rurales

En situation de proximité automobile, les résultats sont les suivants :

- la réglementation n'est pas respectée sur 9 points de mesure où l'objectif de qualité est dépassé
- les mesures évoluent de $1,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $2,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une moyenne à $1,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux les plus élevés se situent au niveau du centre-ville de Pau notamment au niveau de l'avenue Alsace Lorraine
- la cartographie montre des niveaux variant de $1,0$ à $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations les plus élevées se situent sur les communes de Lescar et de Jurançon en situation de fond et sur le boulevard C. de Gaulle à Lons et l'avenue de l'Europe à Pau en situation de proximité automobile

La comparaison des résultats sur les sites de mesures entre 2009 et 2014 montre une diminution de 5 % des concentrations sur les sites de proximité automobile. La baisse des concentrations de proximité automobile apparaît légèrement sur la cartographie notamment sur les axes du centre-ville. En 2014, il subsiste toujours 9 sites de mesure de proximité automobile au-delà de l'objectif de qualité. A l'inverse, une hausse relative est constatée sur les sites de fond, avec 17 % d'augmentation. Une hausse relative encore plus élevée est observée sur les sites de proximité industrielle (+67%) à nuancer avec les faibles niveaux relevés sur les 2 années d'étude.

Globalement, la baisse des niveaux en benzène entre 2009 et 2014 à proximité du trafic routier s'explique notamment par la baisse des émissions du benzène du secteur routier sur la période (amélioration technologique des moteurs). En revanche, l'augmentation relative des niveaux en situation de fond sur la période est à nuancer par des conditions météorologiques plus favorables en 2009 par rapport à 2014 en raison de période de mesures différentes sur les deux années.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude répondent aux objectifs initiaux, et apportent un certain nombre d'éléments. Les moyennes annuelles en situation de fond sur la zone d'étude varient entre $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote, et entre $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $2,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène avec des niveaux plus élevés dans le centre-ville de Pau.

En situation de proximité automobile, les concentrations sont sensiblement plus élevées. Les teneurs peuvent dépasser la valeur limite réglementaire relative au dioxyde d'azote ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle). Pour le benzène, si la valeur limite ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) n'est jamais approchée, l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) n'est pas toujours respecté.

Pour le dioxyde d'azote, aucun site de fond urbain ne dépasse la valeur limite fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. En revanche, en « proximité automobile », 12 sites de mesures sur 17, dépassent cette valeur limite :

- rond-point Combattant d'Afrique du Nord à Pau - $57,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- rond-point de l'Av. J. Mermoz et l'Av. de Tassigny à Billère - $47,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- avenue de l'Europe vers la sortie d'autoroute à Pau - $47,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- croisement du boulevard A. Lorraine et l'Avenue Dufau à Pau - $46,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2 rue du XIV Juillet à Pau - $46,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 125 boulevard Lorraine à Pau - $45,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 5 place Saint-Louis de Gonzague à Pau - $44,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- rond-point de l'Université à Pau - $42,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- place Gramont à Pau - $42,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 7 rue Corisande à Pau - $41,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- angle de la rue Castetnau et de la rue René Cassin à Pau - $41,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- route de Bayonne au niveau de la rue d'Etigny à Pau - $40,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Sur la base des résultats de la cartographie, certains axes présentent des niveaux élevés pouvant dépasser la valeur limite pour le dioxyde d'azote, à savoir :

- le boulevard Alsace Lorraine à Pau
- le boulevard Olof Palme à Pau

Pour le benzène, 1 point de mesure sur 43, situé en situation de fond urbain présente une concentration moyenne qui dépasse l'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle :

- 14 rue Lespy à Pau - $2,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$

En « proximité automobile », 9 points de mesures sur 17 dépassent cet objectif de qualité :

- 5 place Saint-Louis de Gonzague à Pau - $2,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- angle de la rue Castetnau et de la rue René Cassin à Pau - $2,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 125 boulevard Lorraine à Pau - $2,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2 rue du XIV Juillet à Pau - $2,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 7 rue Corisande à Pau - $2,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- croisement du boulevard A. Lorraine et l'Avenue Dufau à Pau - $2,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- rond-point de l'Av. J. Mermoz et l'Av. de Tassigny à Billère - $2,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- place Gramont à Pau - $2,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- route de Bayonne au niveau de la rue Etigny à Pau - $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$

En comparaison des résultats obtenus entre 2009 et 2014, il se dégage une diminution des concentrations en dioxyde d'azote en situation de fond et de proximité automobile. Ceci s'explique par une diminution globale des émissions en NOx du secteur routier en lien principalement avec le renouvellement du parc automobile, mais possiblement avec l'évolution du trafic sur la zone. Malgré cette baisse, plusieurs sites de mesures continuent à dépasser la valeur limite. Concernant le benzène, une augmentation des teneurs de fond est observée sur la période à nuancer par les conditions météorologiques plus favorables en 2009 par rapport à l'année 2014. Une baisse des concentrations est constatée sur les sites de proximité automobile liée à la diminution des émissions du benzène du secteur routier sur la période. Néanmoins, l'ensemble des sites respecte la valeur limite. Enfin, notons qu'aucune influence industrielle n'a été relevée pour les deux polluants malgré une hausse des niveaux pour le benzène.



ANNEXES

Annexe 1 : Polluants mesurés

Annexe 2 : Matériel et méthode

Annexe 3 : Conditions météorologiques

Annexe 4 : Localisation des sites de mesures

Annexe 5 : Résultats des mesures

Annexe 6 : Table des illustrations

ANNEXE 1 : POLLUANTS MESURES

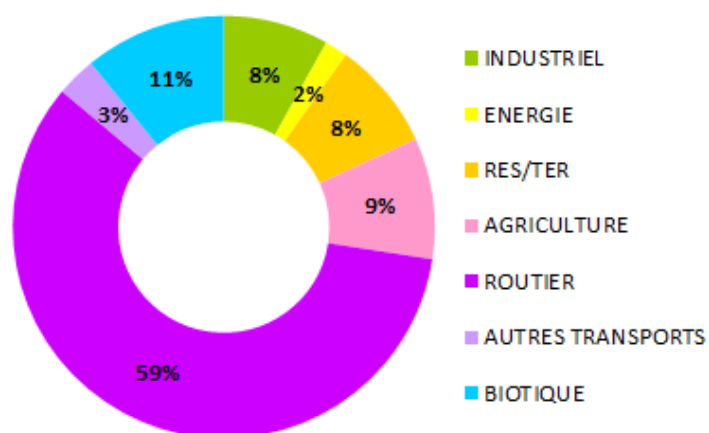
OXYDES D'AZOTE (NOx)

Sources

Le monoxyde d'azote (NO) anthropique est formé lors d'une combustion à haute température (moteurs thermiques ou chaudières). Plus la température de combustion est élevée et plus la quantité de NO générée est importante. Au contact de l'air, le NO est rapidement oxydé en dioxyde d'azote (NO₂). Toute combustion génère donc du NO et du NO₂, c'est pourquoi ils sont habituellement regroupés sous le terme de NOx.

En présence de certains constituants atmosphériques et sous l'effet du rayonnement solaire, les NOx sont également, en tant que précurseurs, une source importante de pollution photochimique. En 2010, les émissions d'oxydes d'azote ont été estimées en Aquitaine à 60 807 tonnes, avec la répartition suivante :

Répartition des émissions de NOx en Aquitaine



Répartition des émissions d'oxydes d'azote NOx en Aquitaine en 2010 (AIRAQ – Version 2.0)

Le secteur du transport routier est à l'origine de 59 % des émissions d'oxydes d'azote en Aquitaine en 2010.

Effets sur la santé

Le NO₂ est un **gaz irritant** qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut, dès 200 µg/m³, entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Effets sur l'environnement

Les NOx interviennent dans le processus de **formation d'ozone** dans la basse atmosphère. Ils contribuent également au phénomène des **pluies acides** ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 Dioxyde d'azote - NO ₂	
Seuil d'information et de recommandations	200 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Seuil d'alerte	400 µg/m³ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives (ou 200 µg/m ³ si le seuil d'information déclenché la veille et le jour même et si risque de dépassement pour le lendemain)
Valeurs limites	99,8 % des moyennes horaires doivent être inférieures à 200 µg/m³ (18 dépassements autorisés)
	40 µg/m³ pour la moyenne annuelle
Oxydes d'azote - NO _x	
Valeur limite	30 µg eq NO₂/m³ pour la moyenne annuelle (protection de la végétation)

Tableau 7 : Réglementation relative aux oxydes d'azote

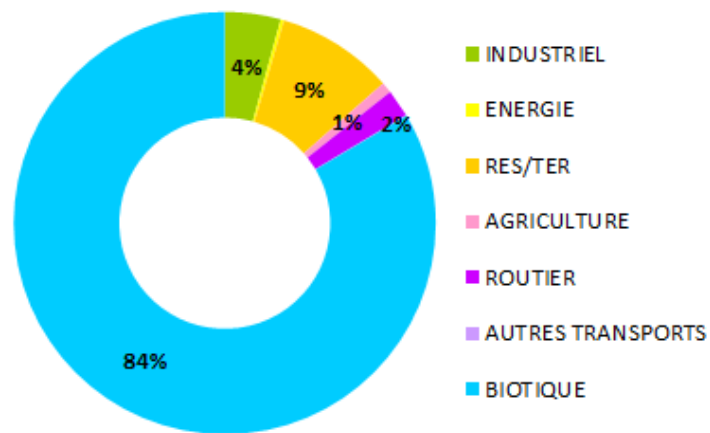
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS NON METHANIQUES (COVNM)

Sources

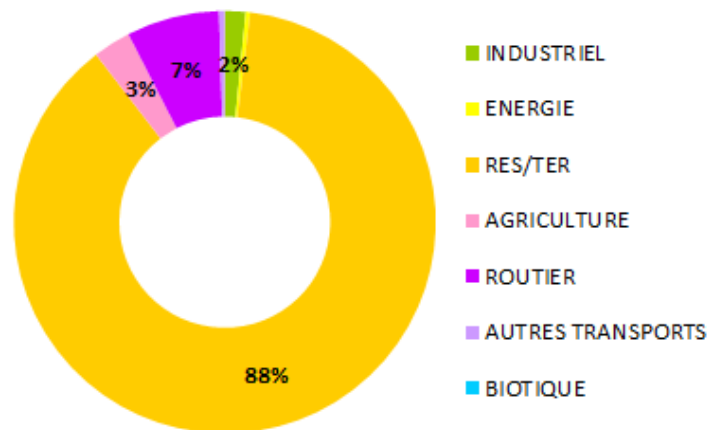
Ils sont multiples. Il s'agit d'**hydrocarbures** (émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers ou lors du remplissage des réservoirs automobiles), de **composés organiques** (provenant des procédés industriels, de la combustion incomplète des combustibles et carburants, des aires cultivées ou du milieu naturel), de **solvants** (émis lors de l'application de peintures et d'encres, lors du nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements). Le méthane est considéré à part car il ne participe pas à la pollution photochimique, contrairement aux autres COV. On parle alors de COVNM (COV Non Méthaniques). Parmi ces composés, seul le benzène est réglementé en air ambiant.

En 2010, les émissions de COVNM ont été estimées en Aquitaine à 272 187 tonnes, et les émissions de benzène à 2 682 tonnes avec les répartitions suivantes :

Répartition des émissions de COVNM en Aquitaine



Répartition des émissions de Benzène en Aquitaine



Répartition des émissions de COVNM et de benzène en Aquitaine en 2010 (AIRAQ – Version 2.0)

Le secteur biotique est prépondérant dans les émissions de COVNM en Aquitaine en 2010, avec 84 % des émissions. Pour le benzène, les émissions sont principalement dues au secteur résidentiel/tertiaire avec 88 % des émissions.

Effets sur la santé

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation (aldéhydes), une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets **mutagènes et cancérigènes** (le benzène est classé comme cancérigène).

Effets sur l'environnement

Ils jouent un rôle majeur dans le processus de **formation d'ozone** dans la basse atmosphère.

Normes

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 Benzène – C ₆ H ₆	
Valeur limite (protection de la santé)	5 µg/m ³ pour la moyenne annuelle
Objectif de qualité	2 µg/m ³ pour la moyenne annuelle

Tableau 8 : Réglementation relative au benzène

ANNEXE 2 : MATERIEL ET METHODE

PRINCIPE DE L'ÉCHANTILLONNAGE PASSIF

La méthode d'échantillonnage par diffusion passive retenue pour cette étude est complémentaire aux autres outils de surveillance utilisés, comme les stations fixes de mesures ou les laboratoires mobiles. Si ces derniers permettent de réaliser des mesures locales de la pollution en continu, l'utilisation des tubes passifs permet de réaliser des mesures sur des zones beaucoup plus vastes et de déterminer, avec un coût acceptable, la distribution spatiale des polluants à l'immission.

Les capteurs passifs collectent spécifiquement les polluants présents dans l'air ambiant. Les résultats obtenus permettent d'estimer une concentration moyenne sur une période de 1 à 3 semaines, selon la durée d'exposition.

Le principe de l'échantillonnage passif repose sur la collecte spécifique de polluants gazeux. La vitesse de captation sur le tube est contrôlée par diffusion à travers une membrane. La masse de composés collectés est liée mathématiquement au gradient de concentration dans la zone de diffusion (1^{ère} loi de Fick) :

$$\text{Loi de Fick : } \frac{dm}{dt} = D \times S \times \frac{dC}{dl}$$

C (en mol.cm⁻³) : concentration de l'espèce moléculaire dans l'air

M (en mol) : quantité de matière diffusant à travers la section

S (en cm²) : surface sur une longueur

l (en cm) : longueur durant un temps

t (en s) : temps quantité de matière captée

D (en cm².s⁻¹) : coefficient de diffusion moléculaire caractéristique du composé

Deux types de capteurs ont été utilisés pour cette étude :

- Des capteurs de type tube à diffusion de Palmes, pour lesquels le flux gazeux est transporté par diffusion gazeuse dans une colonne d'air, ont servi pour mesurer les concentrations en dioxyde d'azote
- Des capteurs à diffusion radiale (de type Radiello), pour lesquels le polluant échantillonné franchi une membrane solide, ont été utilisés pour mesurer les concentrations en benzène.

MESURE DU DIOXYDE D'AZOTE

Les mesures de dioxyde d'azote sont assurées par des tubes de Palmes fournis puis analysés par l'AASQA de Poitou-Charentes, ATMO PC.

Pour ce type de capteur, la diffusion s'exerce le long d'un tube contenant deux grilles en acier inoxydable positionnées à l'extrémité supérieure et enduites d'un produit absorbant : la triéthanolamine. En fin d'échantillonnage, le dosage chimique du dioxyde d'azote échantillonné sous forme de nitrites est réalisé par spectrophotométrie à 542 nm.

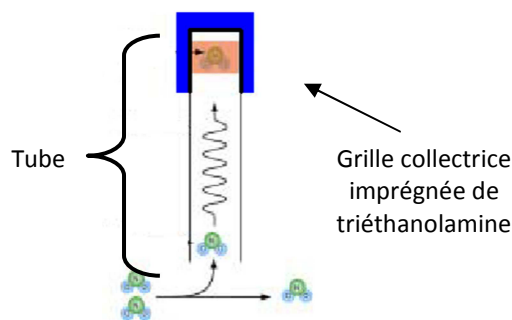


Figure 17 : Coupe d'un tube de Palmes

MESURE DU BENZENE

Les capteurs passifs destinés à la mesure du benzène sont des capteurs à diffusion radiale, ou tubes « Radiello ». L'analyse de ces tubes après exposition a été réalisée par AIRPARIF, (association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air en région Ile-de-France).

Les tubes à diffusion radiale permettent d'obtenir une surface de diffusion plus grande. Selon le fournisseur, cette technologie assure une meilleure sensibilité des mesures grâce à une augmentation de la masse captée. Ils sont constitués par 2 tubes cylindriques concentriques :

- Un tube externe en polyéthylène microporeux, appelé corps diffusif, au travers duquel diffusent les composés gazeux. Ce tube externe fait office de filtre en arrêtant les poussières et autres impuretés.
- Un tube interne (« cartouche ») réalisé avec un tamis cylindrique en acier inoxydable revêtu d'un support imprégné (absorption), ou rempli d'un adsorbant selon les caractéristiques du ou des composés à analyser.

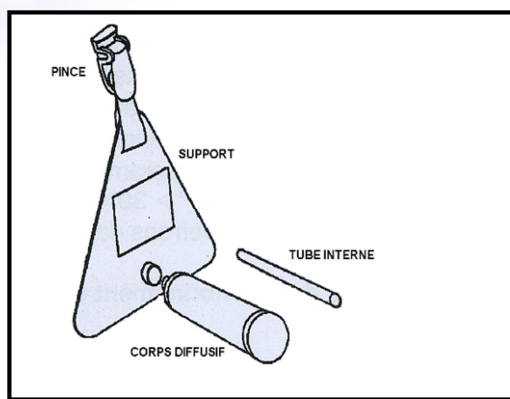


Figure 18 : Eléments d'un tube à diffusion radiale



Figure 19 : Echantillonneurs passifs placés sous leur abri de protection

ANNEXE 3 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES

PERIODE ESTIVALE DU 3 JUIN AU 4 JUILLET 2014

Températures et précipitations

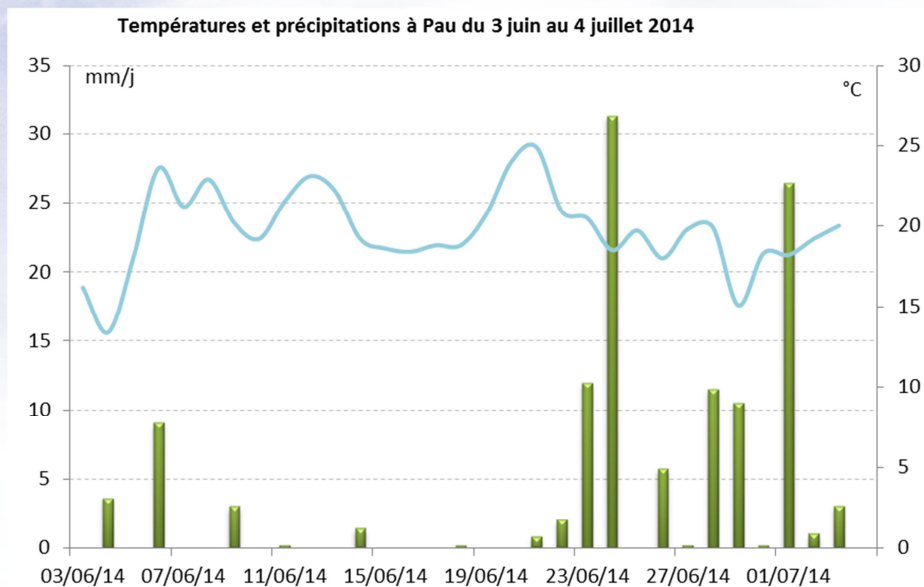


Figure 20 : Températures et précipitations à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées⁴ du 3 juin au 4 juillet 2014

Pendant la campagne, les températures ont été relativement chaudes pour la saison avec une moyenne à 20 °C. Un cumul d'environ 122 mm d'eau est tombé durant la campagne de mesures en lien avec les nombreux orages observés sur la période.

Vents

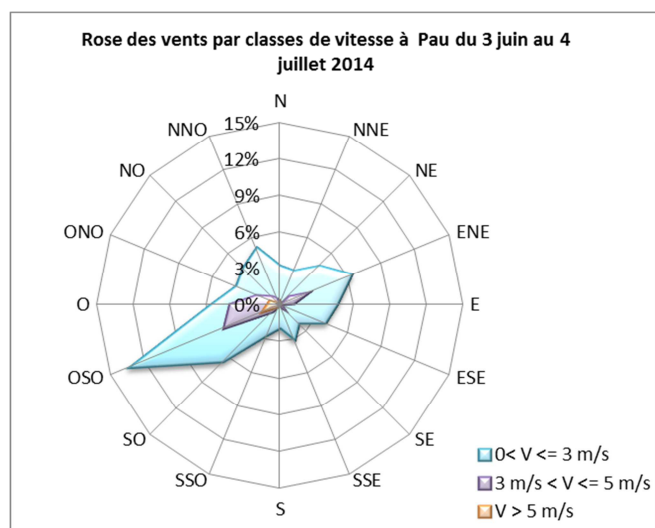


Figure 21 : Rose des vents à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées⁵ du 3 juin au 4 juillet 2014

Des vents faibles ont été enregistrés 75 % de la campagne de mesures. Les vents provenaient majoritairement du secteur Ouest.

⁴ Données mises à disposition par METEO-FRANCE

⁵ Données mises à disposition par METEO-FRANCE

PERIODE HIVERNALE DU 18 NOVEMBRE AU 17 DECEMBRE 2014

Températures et précipitations

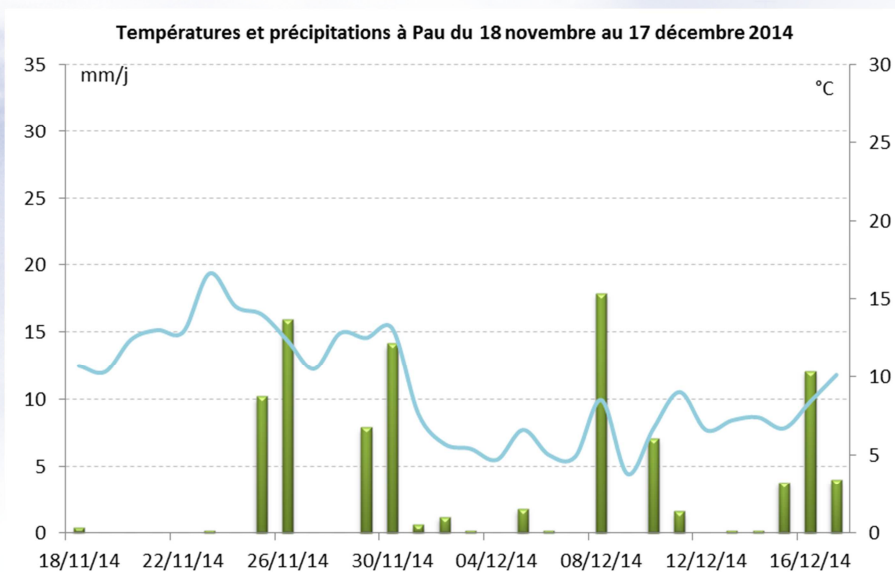


Figure 22 : Températures et précipitations à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées du 18 novembre au 17 décembre 2014

Pendant la campagne, les températures ont été chaudes pour la saison avec une moyenne à 10°C sur la période de campagne. Un cumul d'environ 100 mm d'eau est tombé durant la campagne de mesures.

Vents

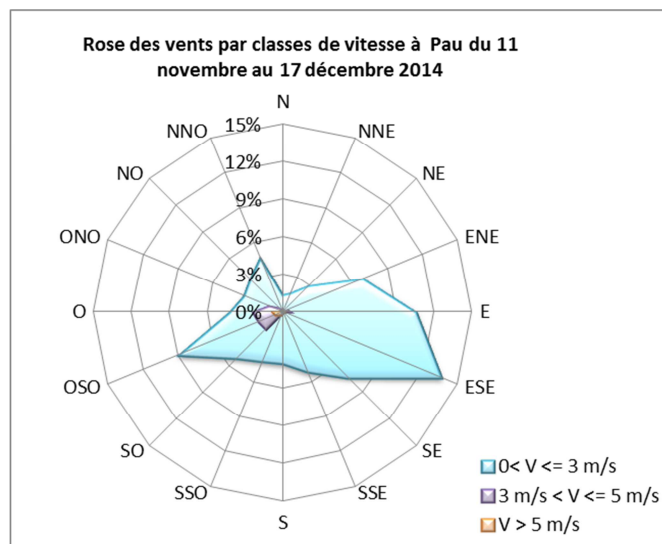


Figure 23 : Rose des vents à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées⁶ du 18 novembre au 17 décembre 2014

Des vents faibles ont été enregistrés 87 % de la campagne de mesures. Les vents provenaient majoritairement du secteur Est.

⁶ Données mises à disposition par METEO-FRANCE

ANNEXE 4 : LOCALISATION DES SITES DE MESURES

SITES DE FOND

Site	Latitude	Longitude	Localisation	
F01	43.333886 N	0.434653 W	LESCAR	Rue du pont Louis
F02	43.332269 N	0.407681 W	LESCAR	1 Avenue des Écureuils
F03	43.344064 N	0.373933 W	PAU	Allée Bouffon
F04	43.331314 N	0.392433 W	LONS	17 boulevard Blériot
F05	43.334342 N	0.381572 W	LONS	22 rue du Val d'Or
F07	43.321369 N	0.4248 W	LESCAR	Chemin de la Plaine - Proche du n°16
F08	43.320953 N	0.400225 W	LONS	15 allée de la Passée
F10	43.3254 N	0.375619 W	PAU	13 rue Victor Ducla
F11	43.324161 N	0.366722 W	PAU	10 rue Gavarnie
F12	43.327936 N	0.353561 W	PAU	25 avenue de l'Europe
F13	43.326648 N	0.336853 W	PAU	11 rue des tourterelles
F14	43.3078 N	0.32287 W	BIZANOS	Chemin de Bernadou - station AIRAQ
F15	43.3175 N	0.38636 W	LONS	Allée des Eglantines, Parc Mirassour
F16	43.315689 N	0.377027 W	PAU	15 rue Beverly
F17	43.3155 N	0.36412 W	PAU	Université, devant la bibliothèque universitaire
F19	43.316 N	0.34619 W	PAU	Sur parking, Au bout de la rue Berlioz
F21	43.296933 N	0.400767 W	BILLERE	19 rue du Tourmalet
F22	43.310795 N	0.391537 W	BILLERE	Rue du Lacaou - station AIRAQ
F24	43.3112 N	0.37299 W	PAU	5 rue Stanislas Lavigne
F27	43.3088 N	0.33301 W	PAU	18 Rue Jules Supervielle
F28	43.3044 N	0.3748 W	PAU	Parc Lawrence
F31	43.3058 N	0.35514 W	PAU	Au bout de la rue Garcia Lorca
F33	43.2988 N	0.38201 W	PAU	2 rue de la Fontaine aux Fées

F35	43.3015 N	0.36578 W	PAU	20 rue des Anglais
F36	43.29977 N	0.360188 W	PAU	11 avenue des Etats-Unis
F38	43.29861 N	0.340227 W	PAU	Rue Lagardère
F39	43.288811 N	0.304761 W	IDRON	Chemin de la plaine, après rue Saint-Louis
F41	43.297095 N	0.369607 W	PAU	Rue Alexandre Taylor
F42	43.2942 N	0.36129 W	PAU	Devant le palais Beaumont
F43	43.28133 N	0.41089 W	JURANCON	519 avenue des Frères Barthelemy
F44	43.2883 N	0.39906 W	JURANCON	Avenue Pierre Auguste Renoir, devant le parc
F46	43.2914 N	0.38114 W	PAU	17 rue Colonel Glauxin
F48	43.2801 N	0.38881 W	JURANCON	10 avenue Bagnell
F49	43.281082 N	0.37055 W	GELOS	15 avenue du Maquis
F50	43.2886 N	0.36095 W	BIZANOS	43 avenue Léon Held
F51	43.281173 N	0.339972 W	BIZANOS	Avenue des Pyrénées
F52	43.293536 N	0.367908 W	PAU	Croisement des boulevards d'Aragon et des Pyrénées
F54	43.294435 N	0.370793 W	PAU	Place de l'Hôtel de Ville
F57	43.2952 N	0.366028 W	PAU	2 rue des orphelines
F62	43.299789 N	0.364041 W	PAU	14 rue de Lespy
F63	43.299209 N	0.372156 W	PAU	1 rue d'Orléans
F64	43,297758 N	0,371852 W	PAU	Place de la Libération
F65	43,29411 N	0,375887 W	PAU	Place de la Monnaie

Tableau 9 : Localisation des sites de fond

SITES DE PROXIMITE AUTOMOBILE

Site	Latitude	Longitude	Localisation	
PA01	43.305698 N	0.376007 W	PAU	125 boulevard Lorraine
PA02	43.304704 N	0.368214 W	PAU	Croisement du boulevard A. Lorraine et l'avenue Dufau
PA03	43.317956 N	0.378757 W	BILLERE	Rond-point Avenue J. mermoz / Av. d'Attigny
PA04	43.330391 N	0.355385 W	PAU	Avenue de l'Europe (sortie autoroute)
PA05	43.3111 N	0.36243 W	PAU	Rond-Point de l'université
PA06	43.297061 N	0.387458 W	PAU	Route de Bayonne/Rue Etigny
PA07	43.29596 N	0.368395 W	PAU	Place Clémenceau, en face de la rue Serviez
PA09	43.3063 N	0.33294 W	PAU	Rond-point vers boulevard du commandant René Bouchotte
PA10	43.318772 N	0.424519 W	LESCAR	Avenue Santos Dumont, rond-point
PA11	43.338775 N	0.379557 W	PAU	Rond-point Combattant d'Afrique du Nord
PA12	43.2928 N	0.377686 W	PAU	2 rue du XIV juillet
PA16	43.296427 N	0.374112 W	PAU	Place Gramont
PA18	43.295984 N	0.365972 W	PAU	5 place Saint-Louis de Gonzague
PA19	43.300296 N	0.366947 W	PAU	Angle de la rue Castetnau / Rue René Cassin
PA21	43.299808 N	0.307669 W	IDRON	Rond-point D839 / RN117, en direction D817
PA24	43.304747 N	0.401494 W	BILLERE	Carrefour route de Bayonne/Rue Piémont
PA60	43.296919 N	0.375322 W	PAU	7 rue Corisande

Tableau 10 : Localisation des sites de proximité automobile

SITES DE PROXIMITE INDUSTRIELLE

Site	Latitude	Longitude	Localisation	
PI1	43.3461 N	0.38086 W	LONS	1 avenue Normandie Niemen
PI2	43.3125 N	0.433939 W	LONS	59 av. Frédéric et Irène Joliot Curie

Tableau 11 : Localisation des sites de proximité industrielle

ANNEXE 5 : RESULTATS DES MESURES

MESURES EN DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

NO ₂ (µg/m ³)	Campagne estivale	Campagne hivernale	Moyenne
F01	10,2	23,1	16,7
F02	7,7	29,0	18,4
F03	12,1	22,8	17,4
F04	18,8	33,4	26,1
F05	10,2	27,8	19,0
F07	8,8	25,9	17,4
F08	9,6	25,8	17,7
F10	11,9	28,3	20,1
F11	8,0	26,1	17,1
F12	12,7	28,2	20,5
F13	16,1	29,2	22,7
F14	11,1	21,8	16,4
F15	8,4	24,1	16,2
F16	13,1	30,8	22,0
F17	9,2	29,5	19,4
F19	9,4	23,0	16,2
F21	6,6	20,4	13,5
F22	9,2	21,9	15,6
F24	9,7	21,4	15,5
F27	10,2	24,9	17,5
F28	10,4	28,2	19,3
F31	10,5	26,7	18,6
F33	7,2	24,6	15,9
F35	14,1	31,4	22,8
F36	18,7	36,8	27,7
F38	9,9	22,8	16,4
F39	7,3	15,7	11,5
F41	10,8	27,6	19,2
F42	13,8	29,5	21,6
F43	4,1	10,5	7,3
F44	9,3	22,8	16,0
F46	8,4	24,4	16,4
F48	15,4	28,7	22,1
F49	6,5	21,9	14,2
F50	9,7	22,2	16,0
F51	7,0	17,5	12,3
F52	15,4	27,7	21,5

NO ₂ (µg/m ³)	Campagne estivale	Campagne hivernale	Moyenne
F54	19,5	32,7	26,1
F57	21,5	-	21,5
F62	33,5	37,2	35,4
F63	30,5	39,8	35,2
F64	14,1	29,5	21,8
F65	38,0	32,6	35,3
PA01	45,4	45,4	45,4
PA02	44,9	48,3	46,6
PA03	41,4	53,4	47,4
PA04	43,1	51,4	47,2
PA05	37,0	48,5	42,8
PA06	40,7	41,0	40,9
PA07	12,4	30,4	21,4
PA09	32,4	37,0	34,7
PA10	31,5	41,3	36,4
PA11	51,1	63,2	57,1
PA12	42,5	49,8	46,2
PA16	37,7	47,5	42,6
PA18	42,0	47,2	44,6
PA19	41,0	41,5	41,2
PA21	42,0	36,1	39,0
PA24	33,7	40,5	37,1
PA60	38,8	44,6	41,7
PI1	15,8	28,8	22,3
PI2	15,6	26,8	21,2

Tableau 12 : Détail des mesures en dioxyde d'azote

MESURES EN BENZENE (C₆H₆), TOLUENE, ETHYLBENZENE ET XYLENES

Site	C ₆ H ₆ (µg/m ³)			Toluène (µg/m ³)			Ethylbenzène (µg/m ³)			Xylènes (µg/m ³)		
	Eté	Hiver	Moy.	Eté	Hiver	Moy.	Eté	Hiver	Moy.	Eté	Hiver	Moy.
F01	1,56	1,81	1,68	1,63	2,77	2,20	0,34	0,31	0,33	0,81	1,24	1,03
F02	0,92	1,86	1,39	1,22	2,71	1,96	0,21	0,34	0,27	0,58	1,35	0,96
F03	0,90	1,28	1,09	0,82	1,15	0,99	0,16	0,14	0,15	0,39	0,47	0,43
F04	1,14	1,94	1,54	2,41	3,96	3,18	0,37	0,45	0,41	1,19	2,01	1,60
F05	0,87	1,58	1,23	1,24	2,19	1,72	0,21	0,24	0,22	0,58	0,99	0,79
F07	-	1,71	1,71	-	2,61	2,61	-	0,34	0,34	-	1,49	1,49
F08	0,83	1,72	1,27	1,29	2,34	1,81	0,24	0,28	0,26	0,69	1,16	0,92
F10	0,66	1,83	1,24	1,60	3,22	2,41	0,24	0,39	0,31	0,35	1,65	1,00
F11	0,95	1,55	1,25	1,25	2,83	2,04	0,23	0,32	0,27	0,59	1,38	0,99
F12	0,94	1,31	1,12	0,97	1,55	1,26	0,19	0,18	0,18	0,54	0,73	0,64
F13	0,98	1,73	1,35	1,64	3,22	2,43	0,25	0,36	0,31	0,87	1,64	1,26
F14	0,84	1,50	1,17	0,74	1,75	1,25	0,19	0,26	0,22	0,52	1,07	0,79
F15	0,84	1,79	1,31	1,04	2,62	1,83	0,20	0,34	0,27	0,53	1,52	1,03
F16	1,01	1,95	1,48	1,54	3,65	2,60	0,27	0,46	0,37	0,82	2,16	1,49
F17	0,79	1,65	1,22	0,99	2,55	1,77	0,19	0,30	0,24	0,54	1,26	0,90
F19	0,81	0,96	0,88	1,20	1,24	1,22	0,22	0,23	0,22	0,67	0,56	0,62
F21	0,97	1,68	1,33	1,08	1,91	1,50	0,20	0,27	0,23	0,52	1,06	0,79
F22	0,95	1,81	1,38	1,12	2,67	1,90	0,22	0,33	0,28	0,60	1,46	1,03
F24	1,00	1,91	1,45	1,59	3,09	2,34	0,27	0,32	0,29	0,82	1,34	1,08
F27	0,92	1,54	1,23	1,24	2,09	1,66	0,24	0,28	0,26	0,63	1,25	0,94
F28	0,87	1,77	1,32	1,18	2,94	2,06	0,28	0,40	0,34	0,86	1,88	1,37
F31	1,01	1,68	1,34	2,28	3,05	2,67	0,38	0,42	0,40	1,23	1,94	1,59
F33	1,02	1,71	1,37	1,59	2,44	2,01	0,27	0,38	0,32	0,77	1,58	1,17
F35	1,15	2,43	1,79	3,41	5,76	4,58	0,51	0,76	0,64	1,88	3,72	2,80
F36	1,63	1,99	1,81	2,48	4,82	3,65	0,45	0,66	0,55	1,71	3,15	2,43
F38	0,83	1,66	1,24	1,20	2,54	1,87	0,22	0,36	0,29	0,61	1,57	1,09
F39	0,83	1,54	1,19	0,96	1,49	1,23	0,18	0,18	0,18	0,49	0,69	0,59
F41	1,05	1,65	1,35	1,61	2,58	2,09	0,31	0,39	0,35	0,93	1,69	1,31
F42	1,12	1,72	1,42	1,65	2,18	1,92	0,31	0,31	0,31	0,89	1,33	1,11
F43	0,59	0,67	0,63	0,45	0,49	0,47	0,10	0,06	0,08	0,27	0,20	0,23
F44	1,42	1,62	1,52	1,24	2,22	1,73	0,31	0,32	0,31	1,03	1,35	1,19

Site	C ₆ H ₆ (µg/m ³)			Toluène (µg/m ³)			Éthylbenzène (µg/m ³)			Xylènes (µg/m ³)		
	Été	Hiver	Moy.	Été	Hiver	Moy.	Été	Hiver	Moy.	Été	Hiver	Moy.
F46	0,93	1,66	1,30	0,89	2,41	1,65	0,18	0,38	0,28	0,56	1,63	1,10
F48	1,63	1,66	1,65	1,48	2,26	1,87	0,39	0,30	0,34	1,37	1,21	1,29
F49	0,94	1,77	1,36	1,27	2,94	2,10	0,24	0,44	0,34	0,66	1,92	1,29
F50	0,95	1,52	1,24	1,06	2,63	1,84	0,24	0,56	0,40	0,63	2,58	1,61
F51	0,92	1,67	1,30	0,91	1,64	1,27	0,17	0,21	0,19	0,51	0,75	0,63
F52	1,07	1,64	1,35	1,70	2,23	1,96	0,31	0,31	0,31	0,88	1,30	1,09
F54	1,09	1,76	1,43	2,07	2,78	2,43	0,34	0,41	0,37	1,11	1,81	1,46
F57	1,26	-	1,26	2,56	-	2,56	0,40	-	0,40	1,31	-	1,31
F62	1,67	3,26	2,46	4,68	10,36	7,52	0,74	1,44	1,09	2,45	7,31	4,88
F63	1,26	1,83	1,55	2,55	4,31	3,43	0,43	0,62	0,52	1,45	3,03	2,24
F64	1,40	1,76	1,58	1,84	3,26	2,55	0,40	0,47	0,44	0,52	2,24	1,38
F65	1,34	1,94	1,64	3,46	3,61	3,53	0,52	0,55	0,53	1,78	2,47	2,13
PA01	1,76	3,08	2,42	4,97	9,17	7,07	0,74	1,26	1,00	2,61	6,00	4,31
PA02	1,51	2,98	2,25	4,87	9,24	7,06	0,73	1,29	1,01	2,57	6,57	4,57
PA03	1,40	2,81	2,10	3,61	7,86	5,73	0,54	1,10	0,82	1,77	5,61	3,69
PA04	1,00	1,67	1,34	1,61	1,95	1,78	0,28	0,22	0,25	0,84	0,90	0,87
PA05	1,21	-	1,21	2,40	-	2,40	0,40	-	0,40	1,40	-	1,40
PA06	1,52	2,56	2,04	4,07	6,69	5,38	0,60	0,94	0,77	2,09	4,58	3,33
PA07	1,25	1,82	1,53	1,87	3,50	2,69	0,33	0,68	0,50	0,99	3,01	2,00
PA09	1,30	1,96	1,63	1,93	3,49	2,71	0,32	0,47	0,39	1,04	2,17	1,60
PA10	1,07	2,13	1,60	1,97	3,53	2,75	0,33	0,48	0,41	1,10	2,08	1,59
PA11	1,11	1,85	1,48	2,41	3,17	2,79	0,30	0,36	0,33	0,46	1,63	1,05
PA12	1,91	2,88	2,39	5,87	9,37	7,62	0,91	1,31	1,11	3,02	6,01	4,52
PA16	1,59	2,61	2,10	4,27	7,14	5,70	0,64	0,96	0,80	2,10	4,75	3,42
PA18	-	2,54	2,54	-	7,22	7,22	-	1,08	1,08	-	5,32	5,32
PA19	1,82	3,11	2,46	5,79	9,91	7,85	0,86	1,33	1,09	2,96	6,83	4,89
PA21	1,19	1,90	1,55	2,34	2,94	2,64	0,39	0,35	0,37	1,29	1,50	1,40
PA24	1,19	2,06	1,62	2,33	3,79	3,06	0,39	0,53	0,46	1,26	2,43	1,85
PA60	1,96	2,66	2,31	7,86	7,36	7,61	1,21	0,89	1,05	4,29	4,31	4,30
PI1	1,58	1,50	1,54	2,10	2,85	2,47	0,32	0,36	0,34	0,91	1,55	1,23
PI2	1,06	1,69	1,37	1,41	3,11	2,26	0,30	0,41	0,36	0,85	1,73	1,29

Tableau 13 : Détail des mesures en benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

ANNEXE 6 : TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Zone d'étude.....	6
Figure 2 : Implantation des tubes à diffusion sur la zone d'étude.....	7
Figure 3 : Saisonnalité des mesures en dioxyde d'azote	9
Figure 4 : Evolution des teneurs journalières en NO ₂ du 2014 – moyennes des stations fixes de fond (Billère et Le Hameau) et de proximité automobile (Tourasse) sur Pau.....	10
Figure 5 : Box-plot des concentrations en dioxyde d'azote	11
Figure 6 : Distribution croissante des sites par concentration en NO ₂	12
Figure 7 : Cartographie des concentrations moyennes en dioxyde d'azote en 2014	13
Figure 8 : Cartographie des concentrations moyennes en dioxyde d'azote en 2009	15
Figure 9 : Comparaison des concentrations en dioxyde d'azote pour 2009 et 2014 - box-plot.....	15
Figure 10 : Comparaison des teneurs en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes.....	17
Figure 11 : Saisonnalité des mesures en benzène	17
Figure 12 : Box-plot des concentrations en benzène.....	18
Figure 13 : Distribution croissante des concentrations en benzène	19
Figure 14 : Cartographie des concentrations moyennes en benzène en 2014	20
Figure 15 : Cartographie des concentrations moyennes en benzène en 2009	22
Figure 16 : Comparaison des concentrations en benzène pour 2009 et 2014 - box-plot	22
Figure 17 : Coupe d'un tube de Palmes	30
Figure 18 : Eléments d'un tube à diffusion radiale	31
Figure 19 : Echantillonneurs passifs placés sous leur abri de protection	31
Figure 20 : Températures et précipitations à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées du 3 juin au 4 juillet 2014	32
Figure 21 : Rose des vents à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées du 3 juin au 4 juillet 2014.....	32
Figure 22 : Températures et précipitations à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées du 18 novembre au 17 décembre 2014	33
Figure 23 : Rose des vents à l'aéroport Uzein - Pau Pyrénées du 18 novembre au 17 décembre 2014	33

TABLEAUX

Tableau 1 : Communes situées sur la zone d'étude.....	6
Tableau 2 : Qualité de l'estimation de la moyenne annuelle en NO ₂ à partir des mesures pendant les 8 semaines de campagne au niveau des stations fixes de fond et de proximité automobile sur Pau en 2014.....	10
Tableau 3 : Synthèse des concentrations mesurées en dioxyde d'azote	11
Tableau 4 : Evolution relative des concentrations en dioxyde d'azote entre 2009 et 2014	15
Tableau 5 : Synthèse des concentrations mesurées en benzène	18
Tableau 6 : Evolution relative des concentrations en benzène entre 2009 et 2014	22
Tableau 7 : Réglementation relative aux oxydes d'azote.....	27
Tableau 8 : Réglementation relative au benzène.....	29
Tableau 9 : Localisation des sites de fond	35
Tableau 10 : Localisation des sites de proximité automobile.....	36
Tableau 11 : Localisation des sites de proximité industrielle	36
Tableau 12 : Détail des mesures en dioxyde d'azote.....	38
Tableau 13 : Détail des mesures en benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes	40