

qualité

protection

informer

évaluation

particules

ozone

SO₂

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



A I R A Q
Atmo Aquitaine

Rapport n° ET/MM/16/03

Campagne de mesures :

Évaluation de la qualité de l'air en milieu urbain et rural
Bordeaux, Le Temple et Origne (33)

Campagne du 02/02/16 au 05/04/16



Evaluation de la qualité de l'air en milieu urbain et rural
Bordeaux, Le Temple et Origne (33)
Campagne du 02/02 au 05/04/16

Rédaction	Pierre-Yves GUERNION, Responsable Etudes Rafaël BUNALES, responsable Etudes/ORECCA
Vérification	Sarah LE BAIL, Ingénieur d'Etudes
Approbation	Patrick BOURQUIN, Directeur
Date	29/07/2016
Référence	Rapport n° ET/MM/16/04
Nombres de pages	33



SOMMAIRE

GLOSSAIRE	3
AVANT PROPOS.....	4
INTRODUCTION.....	5
I. ZONE D'ÉTUDE	6
II. ÉQUIPEMENTS DE MESURES	8
II.1. LABORATOIRE MOBILE	8
II.2. MESURES D'AMMONIAC PAR TUBES PASSIFS	8
II.2.1. Principe de l'échantillonnage passif.....	9
II.2.2. Mesure de l'ammoniac	9
III. RÉSULTATS DES MESURES.....	11
III.1. L'OZONE.....	11
III.1.1. Évolution horaire.....	11
III.1.2. Maximum journalier	12
III.2. LES PARTICULES EN SUSPENSION PM10.....	14
III.3. LES OXYDES D'AZOTE.....	15
III.3.1. Évolution horaire.....	15
III.3.2. Maximum journalier	16
III.4. L'AMMONIAC	17
III.4.1. Sites et périodes de mesures	17
III.4.2. Résultat des mesures	17
IV. L'INDICE DE LA QUALITE DE L'AIR.....	19
V. RÉCAPITULATIF DES MESURES	20
CONCLUSION.....	21
ANNEXES.....	22

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/airaq/dispositif-national-et-regional/55-national.html>

MEEM : Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.

NH_3 : formule chimique de l'ammoniac.

NO : formule chimique du monoxyde d'azote.

NO_2 : formule chimique du dioxyde d'azote.

NOx : terme désignant les oxydes d'azote ($\text{NO} + \text{NO}_2$).

O_3 : formule chimique de l'ozone.

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.

PM10 : particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à $10\ \mu\text{m}$.

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.

Seuil d'information et de recommandations (SIR) : seuil au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Station périurbaine : Situées dans des zones urbaines majoritairement bâties, dans des quartiers peu densément peuplés ($< 1\ 000\ \text{habitants}/\text{km}^2$) et à distance de sources de pollution directes, l'objectif de ces stations est le suivi du niveau d'exposition moyen de la population à la périphérie des centres urbains denses, ou dans des centres urbains peu denses.

Station rurale : L'objectif de ces stations est de surveiller l'exposition de la végétation, des écosystèmes naturels et de la population à la pollution atmosphérique de « fond » dans les zones rurales. Pour une bonne représentativité, ces sites doivent être éloignés au minimum de cinq kilomètres de toute agglomération ou installation industrielle

Station urbaine de fond : Situées dans des quartiers densément peuplés (entre $3\ 000$ et $4\ 000\ \text{habitants}/\text{km}^2$) 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.

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

En charge de la surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine, AIRAQ dispose d'un réseau de stations fixes implantées sur l'ensemble de la région afin de suivre en continu l'évolution des polluants réglementés. Sur le département de la Gironde, des stations de mesures sont implantées à la fois sur l'agglomération bordelaise, mais aussi en milieu rural, sur la commune du Temple.

Parmi les polluants mesurés, les particules en suspension (PM10) ont un intérêt particulier du fait des enjeux sanitaires, réglementaires et scientifiques associés. Une fraction de ces particules peut être issue de recombinaison chimique de composés gazeux (particules dites secondaires). Ces particules secondaires sont principalement présentes au printemps, et comprennent une fraction importante de nitrate d'ammonium, issue de réactions chimiques entre l'ammoniac et les oxydes d'azote. Ainsi, AIRAQ a participé à une étude interrégionale visant à mieux connaître les teneurs en ammoniac dans l'air ambiant. Des mesures ont à ce titre été réalisées sur l'agglomération bordelaise à Mérignac, et en sud-Gironde à Origne. Sur ce site, un laboratoire mobile a également été installé, afin de disposer de mesures comparatives en PM10, entre Bordeaux et le milieu rural girondin. Des mesures d'ozone et de dioxyde d'azote sont également venues compléter le dispositif.

Ce rapport présente donc les résultats obtenus pour les polluants réglementés (PM10, NOx et O₃), ainsi que pour l'ammoniac sur Origne, Bordeaux, et également sur la station du Temple (NOx et O₃ uniquement).

I. ZONE D'ÉTUDE

La campagne de mesures s'est déroulée du 02 février au 05 avril 2016 pour les mesures par tubes passifs d'ammoniac et du 27 février au 05 avril 2016 pour les mesures par laboratoire mobile. Le laboratoire a été installé sur le parking de la Mairie d'Origne, à environ 40 km au sud de Bordeaux.



Figure 1 : vues aériennes de la zone d'étude



Le choix de ce site de mesures a été réalisé de façon à respecter au mieux les recommandations décrites dans le document de référence du LCSQA¹ pour les stations rurales. Ces stations devant être représentatives de la pollution dite « de fond », elles doivent être situées hors de l'influence d'une source ponctuelle de pollution, contrairement aux stations dites « de proximité ».

Aussi, le site de mesures :

- Ne doit pas être sous l'influence directe d'un axe routier important (distance minimale à l'axe fonction du trafic supporté par l'axe en question)
- Ne doit pas être sous influence industrielle, ou sous l'influence d'une autre source ponctuelle (station-service, tunnel routier...)
- Ne doit pas être sous l'influence d'une zone urbaine importante (entre 10 et 50 km d'une zone urbaine dense).

¹ Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air (avril 2015)

II. ÉQUIPEMENTS DE MESURES

II.1. Laboratoire mobile

Le laboratoire mobile est équipé d'analyseurs permettant la mesure des principaux polluants réglementés à savoir : l'ozone (O_3), les particules en suspension (PM10) et les oxydes d'azote (NO et NO_2). Chaque polluant est mesuré par un analyseur unique selon une technique spécifique.

La station mobile est une remorque laboratoire dont les dimensions sont les suivantes :

Longueur : 4,70 mètres

Largeur : 2 mètres

Hauteur : 3,20 mètres

Le poids de la remorque est de 2,5 tonnes.

L'emplacement de la remorque répond à des contraintes techniques et demande ainsi d'être située au maximum à 40 mètres d'un compteur électrique. Pour le raccordement électrique de la remorque, la puissance minimale nécessaire est de 3,5 kWh, soit une intensité de 16 ampères en 220 volts monophasé. Son implantation nécessite un sol dur, le plus horizontal possible. De même, étant équipée d'une tête de prélèvement d'air située environ à 4 mètres du sol, la remorque ne doit pas être placée à côté d'une haie ou d'un mur supérieur à 4 mètres.



Figure 2 : laboratoire mobile – Mairie d'Origne

II.2. Mesures d'ammoniac par tubes passifs

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.

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.

II.2.1. Principe de l'échantillonnage passif

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).

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

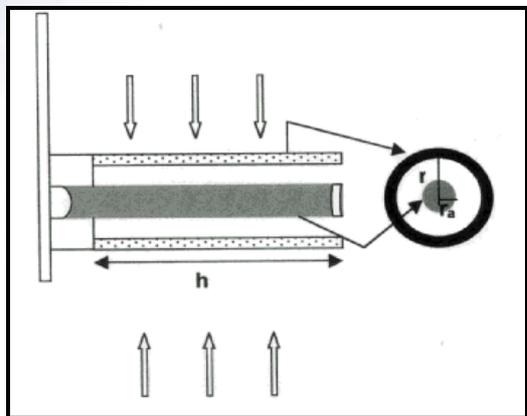
C : concentration de l'espèce moléculaire dans l'air (en mol.cm⁻³)

m : quantité de matière (en mol) diffusant à travers la section **S** (en cm²) sur une longueur **l** (en cm) durant un temps **t** (en s), soit la quantité de matière captée

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

II.2.2. Mesure de l'ammoniac

Les capteurs passifs destinés à la mesure de l'ammoniac sont des capteurs « Radiello », fournis par la Fondation Salvatore MAUGERI. L'analyse des tubes est réalisée par AIRPARIF, AASQA de la région Ile-de-France.



Les tubes « Radiello » sont des tubes à diffusion radiale, ce qui permet d'obtenir une surface de diffusion plus grande. Selon Radiello, cette technologie assure une meilleure sensibilité des mesures grâce à une augmentation de la masse captée.

Figure 3 : coupe d'un tube « Radiello »

Les tubes Radiello sont ainsi 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.

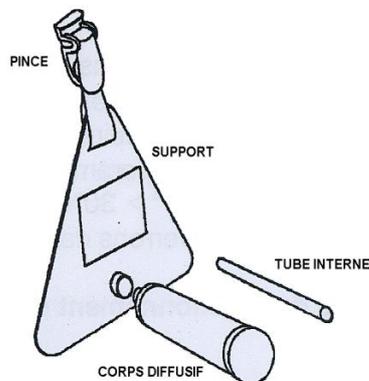


Figure 4 : éléments d'un tube « Radiello »



Figure 5 :Echantillonneurs passifs placés sous leurabri de protection - Origne

Lors de cette campagne, des capteurs passifs ont été installés :

- A Origne, au niveau de la salle polyvalente (site rural)
- A Mérignac, au niveau du parking d'AIRAQ (site urbain)
- Sur la zone industrielle de Lacq, au niveau de la station fixe de Lacq (site industriel)

Des prélèvements hebdomadaires ont été réalisés du 02/02 au 05/04/16, soit 9 semaines de mesures, conformément au protocole interrégional de l'étude pilotée par Airparif, sur les sites d'Origne et d'AIRAQ. Sur le site de Lacq, le protocole de mesures était sensiblement différent (4 séries de mesures de 14 jours : 02-17/02, 17/03-01/03, 01-15/03 et 05-19/04).

III. RÉSULTATS DES MESURES

Pour les mesures de polluants réglementés, les résultats de cette campagne de mesures sont comparés à ceux des stations urbaines et périurbaines de l'agglomération bordelaise, ainsi qu'à ceux de la station rurale du Temple. Pour les mesures d'ammoniac, aucune mesure de référence n'étant disponible, les mesures sont comparées entre elles, et remises en perspectives des niveaux rencontrés dans les autres régions françaises dans le cadre de cette étude interrégionale.

III.1. L'ozone

III.1.1. Évolution horaire

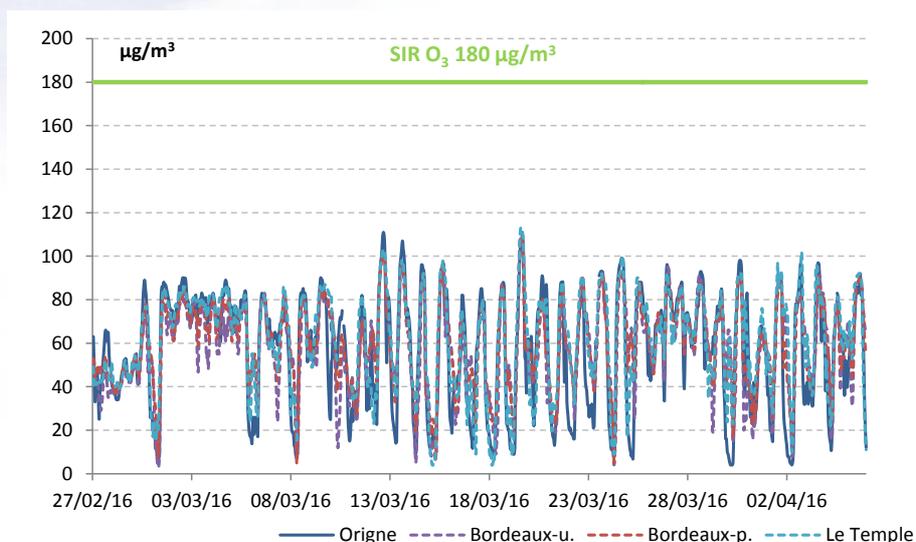


Figure 6 : évolution horaire de l'ozone (O_3)

En termes de tendance, l'évolution de l'ozone entre les différents sites est cohérente. Les niveaux moyens observés sont du même ordre de grandeur sur les quatre sites, avec en moyenne, des niveaux légèrement plus faibles sur Origne ($57 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux autres sites, compris entre $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les profils moyens journaliers, présentés en Figure 7, confirment les similarités entre les sites. La moyenne légèrement plus faible observée sur Origne est principalement liée à des niveaux nocturnes légèrement plus faibles, alors que les niveaux en journée sont similaires. Aucune valeur n'atteint le seuil d'information et de recommandations, soit $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec des valeurs maximales relevées de $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur Origne (le 12/03), de 110 et $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites urbains et périurbains de Bordeaux (le 19/03) et de $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur Le Temple (le 19/03).

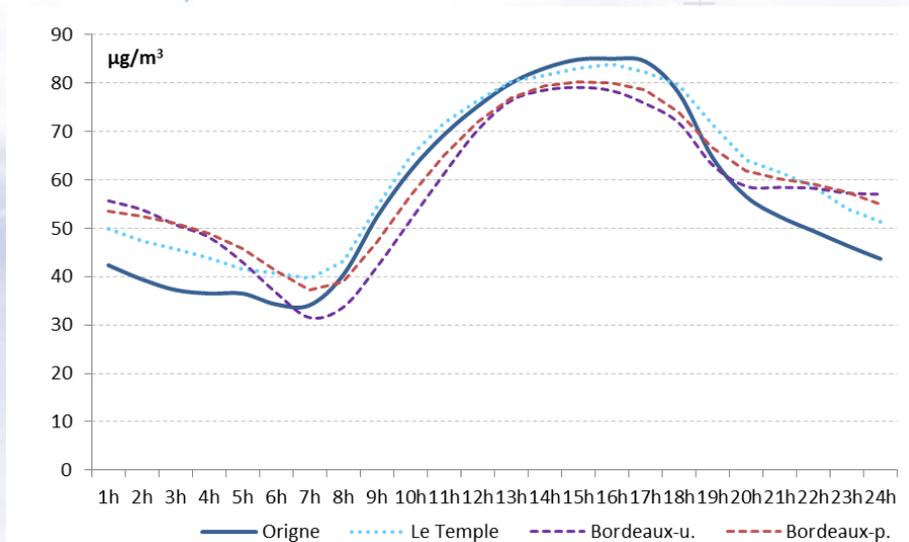


Figure 7 : profils moyens journaliers de l'ozone (O_3)

III.1.2. Maximum journalier

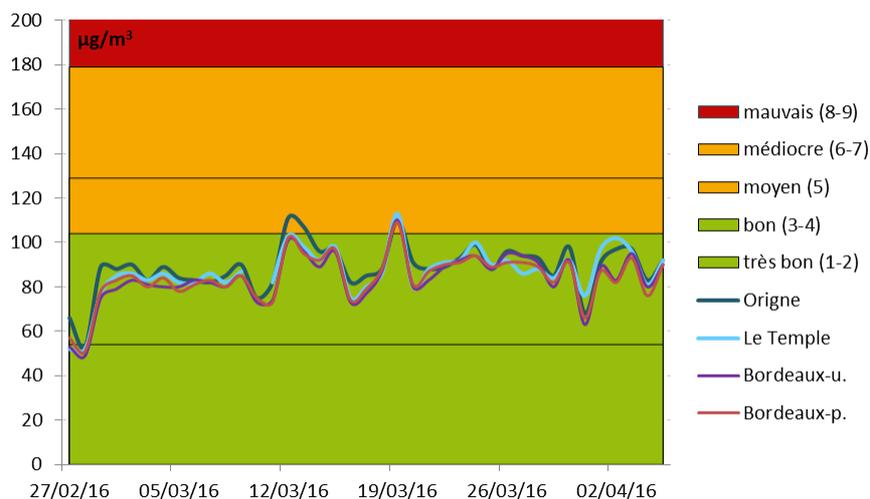


Figure 8 : évolution des maxima journaliers de l'ozone (O_3)

La Figure 8 reprend les valeurs maximales observées de façon journalière sur les quatre sites. Il apparaît clairement sur cette figure que les courbes se suivent, avec des niveaux équivalents, quoique légèrement supérieurs sur Origne. Les données mesurées en ozone sont représentatives d'une qualité de l'air « très bonne » à « bonne » 92 % du temps sur Origne, contre 97 % sur les autres sites. La différence est liée à des niveaux tout juste « moyens » les 12 et 13/03 sur Origne, contre des niveaux « bons » sur les autres sites. A noter que sur ces quatre sites, aucun niveau « médiocre » à « mauvais » n'est atteint sur la période de mesures (ce qui est logique compte tenu de la période de mesures, les teneurs en ozone atteignant leur maximum durant la période estivale).

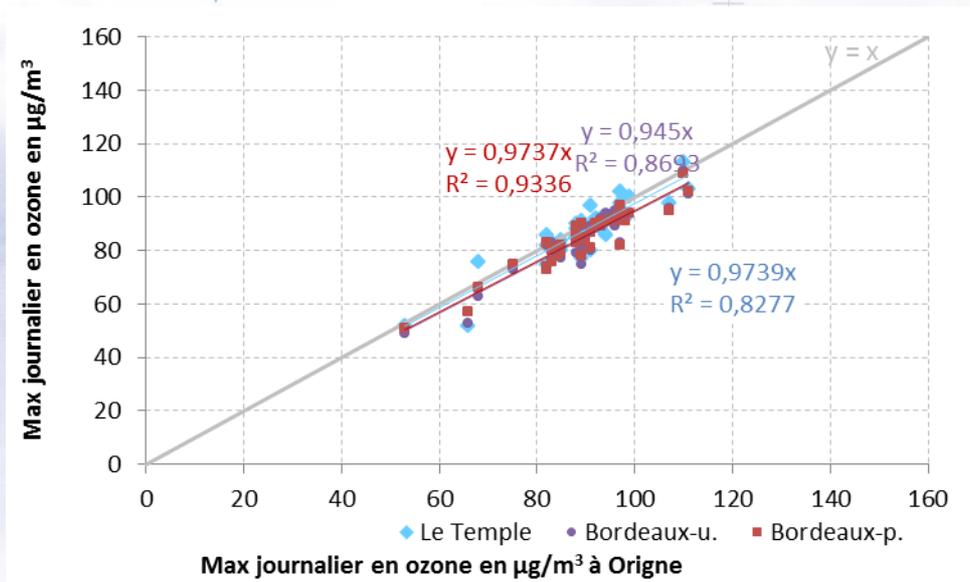


Figure 9 : corrélation des maxima journaliers de l'ozone (O_3)

Les comparaisons entre les maxima journaliers montrent des corrélations satisfaisantes, avec des écarts maximaux de l'ordre de 5 %.

III.2. Les particules en suspension PM10

Pour les particules en suspension, les normes sont basées sur des moyennes journalières. Aussi, ce sont ces données qui sont présentées.

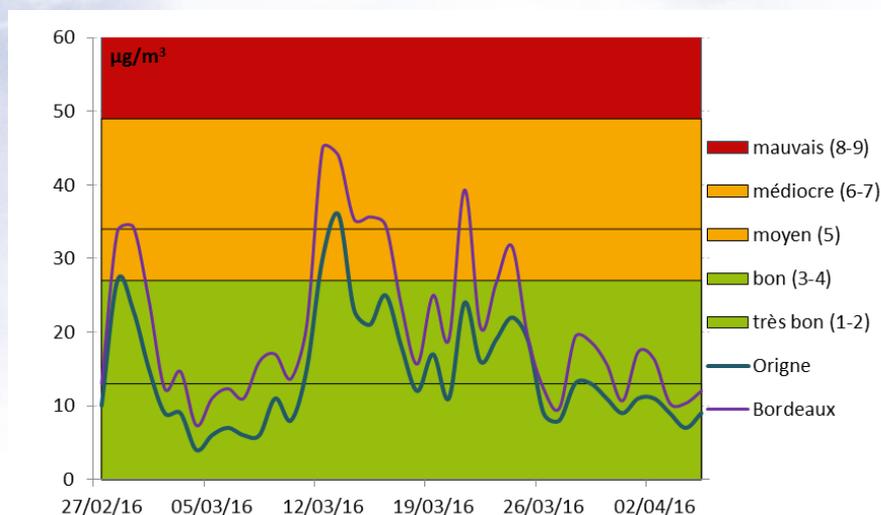


Figure 10 : évolution des moyennes journalières des particules en suspension (PM10)

Pour les particules en suspension, les niveaux sont significativement plus faibles sur Origne ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport à Bordeaux ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cet écart est systématique avec des niveaux au jour le jour toujours plus faibles sur Origne. Cela permet de confirmer que le site d'Origne représente bien le fond « régional » sur la campagne de mesures, et que la différence entre les deux permet d'estimer la contribution locale directe de l'agglomération bordelaise, de l'ordre de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La période de mi-mars a été la période où les niveaux en particules secondaires ont été les plus élevés sur la région, entraînant le déclenchement d'une procédure d'information et de recommandations sur prévision le 13/03/16.

Les concentrations sont bien corrélées entre Origne et Bordeaux, comme indiqué Figure 11. Des niveaux « très bons » à « bons » en PM10 sont relevés 95 % du temps sur Origne, contre 77 % du temps sur Bordeaux. Des niveaux « moyens » sont relevés 1 journée sur Origne, contre 3 sur Bordeaux, et des niveaux « médiocres » également 1 journée sur Origne, contre 6 à Bordeaux, expliquant cette différence.

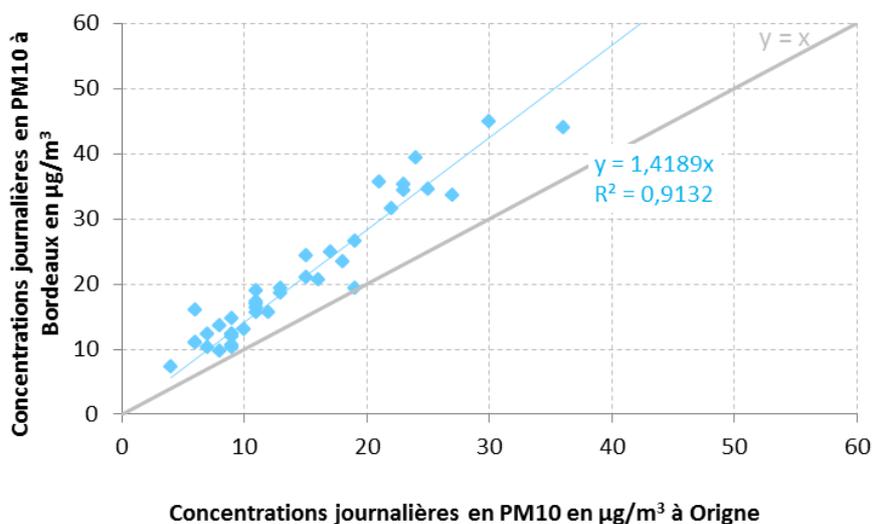


Figure 11 : corrélation des moyennes journalières en particules en suspension (PM10)

III.3. Les oxydes d'azote

Le terme NO_x regroupe le NO et le NO₂. Ce sont des polluants primaires très bons indicateurs de la pollution automobile. Leur comportement est plutôt local. Seul le dioxyde d'azote, pour lequel il existe des normes basées sur des moyennes horaires et annuelles, sera présenté.

III.3.1. Évolution horaire

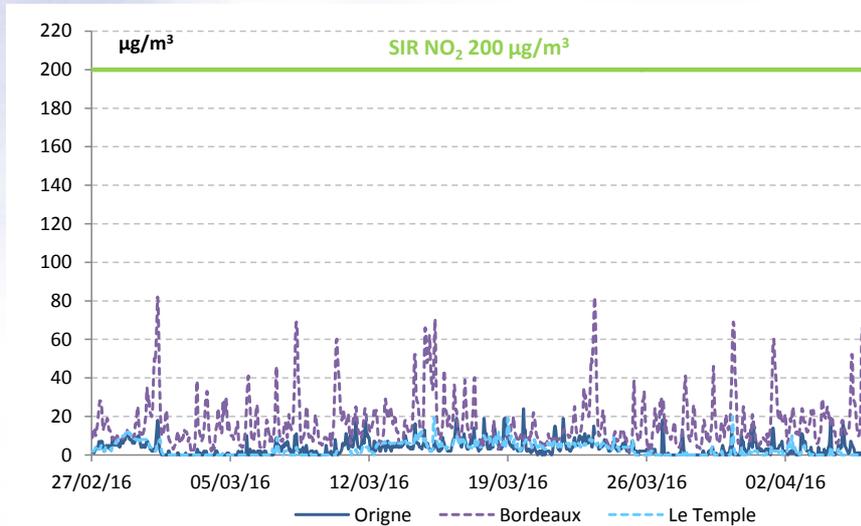


Figure 12 : évolution horaire du dioxyde d'azote (NO₂)

Les niveaux en dioxyde d'azote sur Origne sont très faibles (3,7 µg/m³), tout comme au Temple (3,0 µg/m³), alors qu'ils sont beaucoup plus élevés sur Bordeaux (16,5 µg/m³). Les niveaux relevés sont très faibles par rapport au seuil d'information et de recommandations, soit 200 µg/m³. Ce polluant, au caractère très local, ne persiste qu'à proximité des sources, d'où cette différence très importante de niveau entre les sites ruraux et Bordeaux.

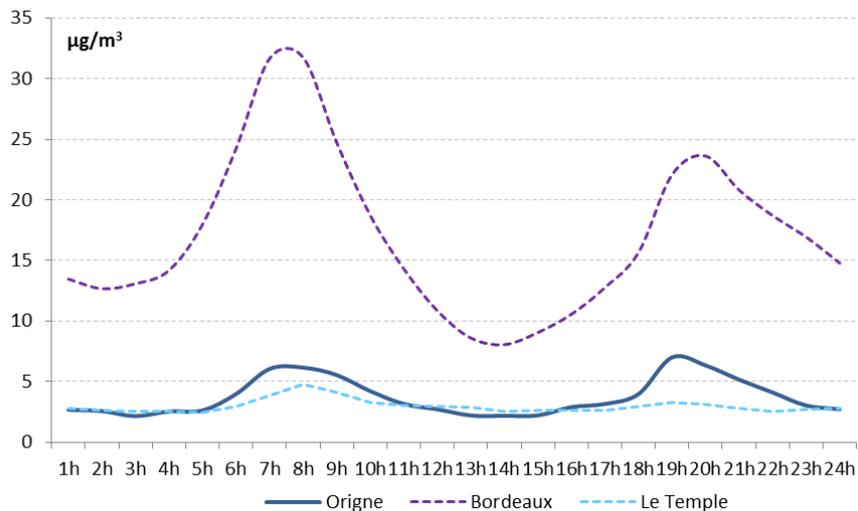


Figure 13 : profils moyens journaliers du dioxyde d'azote (NO₂)

En étudiant le profil moyen journalier présenté en Figure 13, on peut observer malgré tout sur Origne la présence des pics trafic domicile/travail du matin et du soir, de manière toutefois beaucoup plus atténuée qu'à Bordeaux.

III.3.2. Maximum journalier

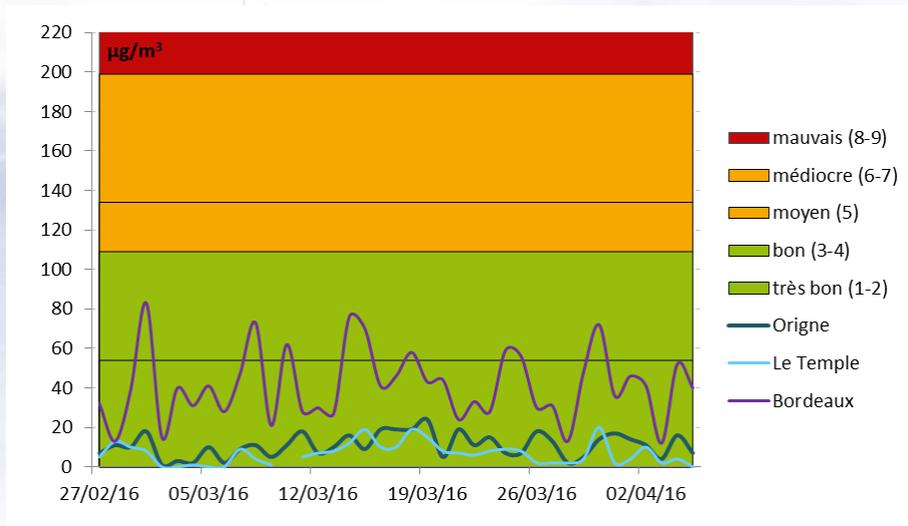


Figure 14 : évolution des maxima journaliers du dioxyde d'azote (NO₂)

La Figure 14 reprend les valeurs maximales observées de façon journalière sur les trois sites. Comme indiqué dans le paragraphe précédent, les niveaux sont faibles et considérés comme « très bons » à « bons » sur l'ensemble de la campagne de mesures sur les trois sites. Les niveaux relevés sont « très bons » 100 % du temps à Origne et au Temple, contre 77 % du temps à Bordeaux.

III.4. L'ammoniac

L'ammoniac n'est pas un polluant réglementé dans l'air ambiant. Toutefois, il contribue à la formation de particules dites secondaires, comme, par exemple des particules de nitrate ou de sulfate d'ammonium. Les émissions d'ammoniac peuvent ainsi être à l'origine d'épisodes de pollution aux particules. Ce polluant est quasi-exclusivement issu du secteur agricole.

III.4.1. Sites et périodes de mesures

Le tableau suivant présente les différentes périodes de mesures de NH₃ sur les 3 sites instrumentés : Origne (site rural), AIRAQ (site urbain) et Lacq (site industriel). Les mesures réalisées à Origne et à AIRAQ ont été réalisées dans le cadre d'une campagne interrégionale, tandis que les mesures réalisées à Lacq ont suivi un protocole sensiblement différent (mesures de 14 jours, périodes de mesures différentes).

Site	Typologie	Périodes de mesures	Durée moyenne de chaque série de mesure
Origne	Rurale	Du 02/02 au 09/02 Du 09/02 au 16/02 Du 16/02 au 23/02 Du 23/02 au 01/03 Du 01/03 au 08/03 Du 08/03 au 15/03 Du 15/03 au 23/03 Du 23/03 au 30/03 Du 30/03 au 05/04	7 jours
Site AIRAQ	Urbaine	Du 02/02 au 09/02 Du 09/02 au 16/02 Du 16/02 au 23/02 Du 23/02 au 01/03 Du 01/03 au 08/03 Du 08/03 au 15/03 Du 15/03 au 23/03 Du 23/03 au 29/03 Du 29/03 au 05/04	7 jours
Lacq	Industrielle	Du 02/02 au 17/02 Du 17/02 au 01/03 Du 01/03 au 15/03 Du 05/04 au 19/04	14 jours

Tableau 1 : Récapitulatif des périodes de mesure en NH₃ par site

III.4.2. Résultat des mesures

[NH ₃] - µg/m ³	Origne	AIRAQ	Lacq
Moyenne	0,4	0,9	0,9
Minimum	0,0	0,1	0,7
Maximum	1,1	2,0	1,1

Tableau 2 : Récapitulatif des mesures en NH₃

Les résultats des mesures montrent que les concentrations moyennes sont plus élevées au niveau du site d'AIRAQ (urbain) que sur Origne (rural). Les mesures sur le site de Lacq (industriel) sont intermédiaires, mais ce résultat doit être relativisé car les périodes de mesures sont en partie décalées.

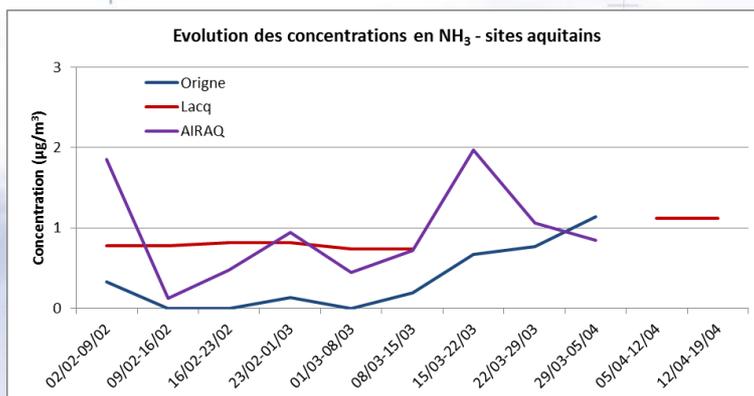


Figure 15 : Evolution des concentrations en NH_3 sur les sites aquitains

L'évolution des mesures hebdomadaires confirme que les teneurs en ammoniac sont plus élevées sur le site d'AIRAQ que sur Origne : sur les 9 semaines de mesures, la moyenne hebdomadaire d'Origne n'est supérieure à celle d'AIRAQ qu'à une seule reprise, lors de la dernière série. Il aurait été intéressant de poursuivre ces mesures plusieurs semaines afin de voir si cette tendance se confirmait, mais les périodes de mesures de l'étude interrégionale étaient définies à l'avance, et le délai d'attente avant d'obtenir les résultats (récupération et envoi des tubes, analyses, ...) ne permettait pas de suivre cette évolution en temps réel.

Afin de mieux apprécier les niveaux mesurés, les graphiques suivants montrent les niveaux hebdomadaires mesurés durant l'étude interrégionale sur l'ensemble des sites urbains et ruraux. A titre informatif, cette étude a porté sur 39 sites (18 sites urbains, 19 sites ruraux, 1 site périurbain, 1 site industriel).

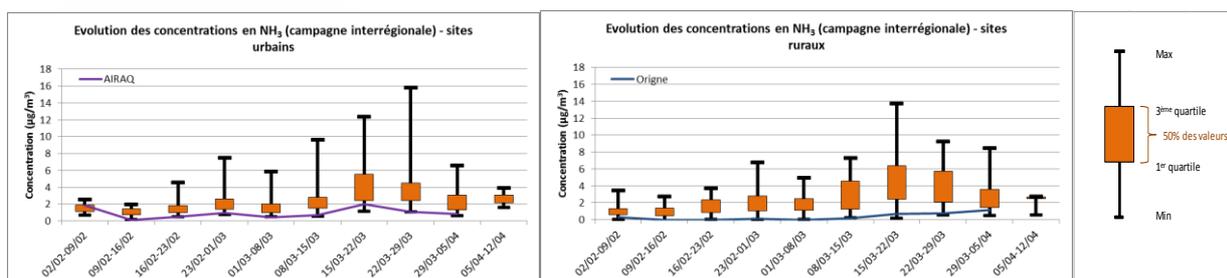


Figure 16 : Evolution des concentrations en NH_3 de l'ensemble des sites urbains (18 sites, à gauche) et ruraux (19 sites, à droite) instrumentés dans le cadre de l'étude interrégionale

Si l'on met en parallèle les résultats des mesures en ammoniac réalisées sur Origne et sur le site d'AIRAQ avec l'ensemble des mesures réalisées lors de la campagne interrégionale, les résultats des sites aquitains sont très faibles : quasiment toutes les mesures hebdomadaires de ces 2 sites font partie du premier quartile (25% des mesures les plus faibles).

A titre indicatif, la concentration moyenne sur l'ensemble des sites ayant participé à la campagne interrégionale est de $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Au final, il ressort que, durant la période de mesures, la concentration moyenne en ammoniac sur Origne est environ deux fois plus faible que sur le site urbain d'AIRAQ ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et que ces valeurs sont elles-mêmes basses au regard des résultats de la campagne interrégionale (concentration sur l'ensemble des 39 sites moyenne de $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

IV. L'INDICE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

A titre informatif, un indicateur de la qualité de l'air (IQA) a été estimé quotidiennement sur Origne, et comparé à l'indice ATMO de Bordeaux. Cet indicateur de qualité de l'air caractérise chaque jour, la qualité de l'air sur une échelle de 1 (indice très bon) à 10 (indice très mauvais). Il tient compte des niveaux en dioxyde d'azote, en ozone et en particules en suspension. Pour une agglomération de plus de 100 000 habitants on parle d'indice ATMO, sinon il s'agit d'un indice de la qualité de l'air simplifié IQA.

Cet indicateur ne met pas en évidence des phénomènes localisés de pollution mais renseigne sur la situation générale de la qualité de l'air.

Cet indice est, comme indiqué en annexe 2, le sous-indice maximal des sous-indices calculés pour chacun des polluants. Les évolutions comparatives de cet indice sur Origne et Bordeaux sont présentées Figure 17.

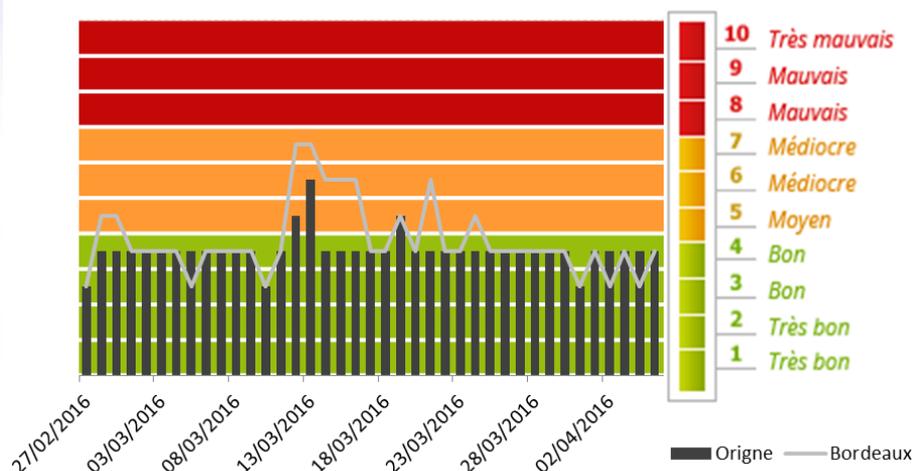


Figure 17 : évolution de l'indice de qualité de l'air sur la période de mesures

La Figure 18 présente la fréquence d'occurrence des indices sur les deux villes. Les indices relevés sont « très bons » à « bons » 92 % du temps à Origne, contre 74 % sur Bordeaux. Des indices « moyens » ont été relevés 5 % du temps sur Origne, contre 10 % sur Bordeaux, et des indices « médiocres » 3 % du temps (soit 1 journée), contre 15 % du temps sur Bordeaux. Aucun indice « mauvais » à « très mauvais » n'est relevé sur les deux sites pendant la période d'étude.

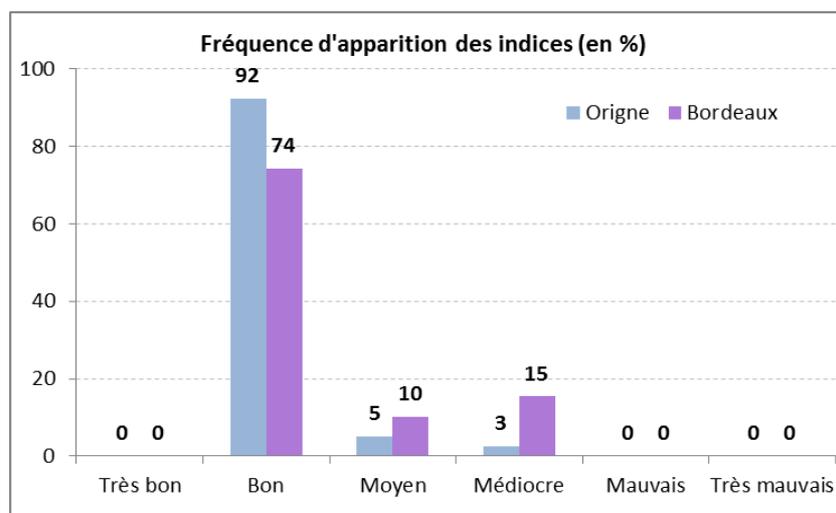


Figure 18 : répartition des indices de qualité de l'air

Sur la période d'études, en comparant les indices d'Origne et Bordeaux, on observe qu'il est :

- Identique 7 jours sur 10,
- Moins bon d'une unité 1 jour sur 12 sur Origne,
- Meilleur d'une unité, voire deux unités 1 jour sur 4 sur Origne

V. RÉCAPITULATIF DES MESURES

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Origne	Bordeaux-urbain	Bordeaux-périurbain	Le Temple	Lacq
Moyenne O ₃	57	58	60	61	
Max horaire O ₃	111	110	109	113	
Date du max horaire O ₃	12/03	19/03	19/03	19/03	
Moyenne PM10	14	21			
Max journalier PM10	36	45			
Date du max journalier PM10	13/03	12/03			
Moyenne NO ₂	3,7	16,5		3,0	
Max horaire NO ₂	24	83		20	
Date du max horaire NO ₂	19/03	01/03		30/03	
Moyenne en NH ₃	0,4	0,9 (site AIRAQ)			0,7

Tableau 3 : récapitulatif des mesures

CONCLUSION

Cette étude a été réalisée en vue de comparer la qualité de l'air en milieux urbain et rural, pour un certain nombre de polluants (ozone, particules en suspension, dioxyde d'azote, ammoniac).

Il ressort en les éléments suivants :

- En ce qui concerne l'ozone, l'évolution des mesures entre les différents sites est cohérente. Les niveaux moyens observés sont du même ordre de grandeur sur les quatre sites, avec, en moyenne, des niveaux légèrement plus faibles sur Origne ($57 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux autres sites, compris entre $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cet écart est principalement lié à des niveaux nocturnes légèrement plus faibles, alors que les niveaux en journée sont similaires. Aucune valeur n'atteint le seuil d'information et de recommandations (ce qui est logique compte tenu de la période de mesures, les teneurs en ozone atteignant leur maximum durant la période estivale).
- Les niveaux de PM10 sont significativement plus faibles sur Origne ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport à Bordeaux ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cet écart est systématique, il permet de confirmer que le site d'Origne représente bien le fond « régional » sur la campagne de mesures, et que la différence entre les deux permet d'estimer la contribution locale directe de l'agglomération bordelaise, de l'ordre de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La période de mî-mars a été la période où les niveaux en particules secondaires ont été les plus élevés sur la région, entraînant le déclenchement d'une procédure d'information et de recommandations sur prévision le 13/03/16.
- Les niveaux mesurés en dioxyde d'azote sur Origne sont très faibles ($3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tout comme au Temple ($3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), alors qu'ils sont beaucoup plus élevés sur Bordeaux ($16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces valeurs sont très faibles par rapport au seuil d'information et de recommandations, soit $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce polluant, au caractère très local, ne persiste qu'à proximité des sources, d'où cette différence très importante de niveau entre les sites ruraux et Bordeaux. A noter que la présence des pics trafic domicile/travail du matin et du soir peut être relevée sur Origne, de manière toutefois beaucoup plus atténuée qu'à Bordeaux.
- Les résultats des mesures en ammoniac montrent que, durant la période de mesures, la concentration moyenne en ammoniac sur Origne ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est environ deux fois plus faible que sur le site urbain d'AIRAQ ($0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et que ces valeurs sont elles-mêmes basses au regard des résultats de la campagne interrégionale (concentration sur l'ensemble des 39 sites moyenne de $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les indices relevés sont « très bons » à « bons » 92 % du temps à Origne, contre 74 % sur Bordeaux. Des indices « moyens » ont été relevés 5 % du temps sur Origne, contre 10 % sur Bordeaux, et des indices « médiocres » 3 % du temps (soit 1 journée), contre 15 % du temps sur Bordeaux. Aucun indice « mauvais » à « très mauvais » n'est relevé sur les deux sites pendant la période d'étude.



ANNEXES

Annexe 1 : Les polluants mesurés

Annexe 2 : L'indice ATMO

Annexe 3 : Conditions météorologiques

Annexe 4 : Table des illustrations

ANNEXE 1 : LES POLLUANTS MESURES

L'OZONE (O₃)

Sources

Contrairement aux polluants dits primaires, l'ozone, **polluant** secondaire, résulte généralement de la transformation photochimique de certains polluants dans l'atmosphère (en particulier NO_x et COV) sous l'effet des rayonnements ultra-violet. La pollution par l'ozone augmente régulièrement depuis le début du siècle et les pointes sont de plus en plus fréquentes en été, notamment en zones urbaine et périurbaine. Le NO₂ rejeté par les véhicules, sous l'action du soleil, se transforme en partie en ozone.

Effets sur la santé

L'ozone pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque de la **toux et une altération**, surtout chez les enfants et les asthmatiques ainsi que des **irritations oculaires**. Les effets sont amplifiés par l'exercice physique.

Végétation et matériaux

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (tabac, blé) et sur les matériaux (caoutchouc).

Normes

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 Ozone – O ₃	
Seuil d'information et de recommandations	180 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Seuil d'alerte pour la protection sanitaire pour toute la population	240 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Seuil d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence	Seuil 1 : 240 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure pendant 3 heures consécutives Seuil 2 : 300 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure pendant 3 heures consécutives Seuil 3 : 360 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Objectif de qualité (protection de la santé)	120 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 8 heures
Valeur cible (protection de la santé)	120 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 8 heures en moyenne sur 3 ans à ne pas dépasser plus de 25 fois
Objectif de qualité (protection de la végétation)	AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m³ par heure
Valeur cible (protection de la végétation)	AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m³ par heure en moyenne sur 5 ans

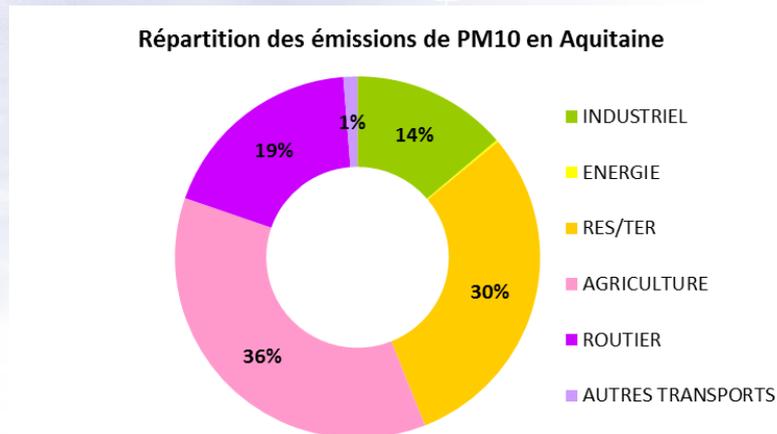
* : AOT 40 (exprimé en µg/m³ par heure) signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ (= 40 ppb ou partie par milliard) et 80 µg/m³ durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs sur 1 heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures.

LES PARTICULES-EN SUSPENSION (PM10)

Sources

D'origine naturelle (érosion des sols, pollens, feux de biomasse, etc.) ou anthropique, les particules en suspension ont une gamme de taille qui varie de quelques microns à quelques dixièmes de millimètres. Les particules d'origine anthropique sont principalement libérées par la combustion incomplète des combustibles fossiles (carburants, chaudières ou procédés industriels). Elles peuvent être associées à d'autres polluants comme le SO₂, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les métaux, les pollens, etc.

En 2012, les émissions de PM10 ont été estimées en Aquitaine à 20 626 tonnes avec la répartition suivante :



Répartition des émissions de particules en suspension PM10 en Aquitaine en 2012 (AIRAQ – Inventaire 2012 v1.1)

Les secteurs de l'agriculture et du résidentiel/tertiaire contribuent pour la majeure partie aux émissions de PM10 avec une contribution respective de 36 % et 30 %. Les secteurs du transport routier et industriel, dans une moindre mesure avec 19 % et 14 % respectivement sont également à l'origine d'émissions de PM10 en Aquitaine en 2012.

Effets sur la santé

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines, à des concentrations relativement basses, peuvent, surtout chez l'enfant, **irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire** dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes : c'est le cas de celles qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Des recherches sont actuellement développées en Europe, au Japon, aux Etats-Unis pour évaluer l'impact des émissions des véhicules diesel.

Effets sur l'environnement

Les effets de **salissure** sont les plus évidents.

Normes

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 Particules en suspension – PM10	
Seuil d'information et de recommandations	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à 8h ou 14h locale
Seuil d'alerte	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à 8h ou 14h locale
Valeurs limites	90,4 % des moyennes journalières doivent être inférieures à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 dépassements autorisés par an)
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle
Objectif de qualité	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle

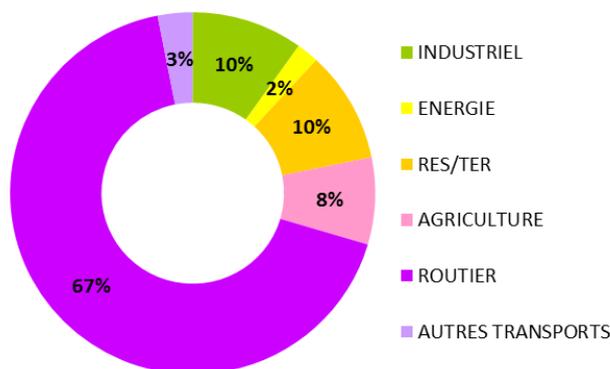
LES OXYDES D'AZOTE (NOx)

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 2012, les émissions d'oxydes d'azote ont été estimées en Aquitaine à 50 495 tonnes, avec la répartition suivante :

Répartition des émissions de NOx en Aquitaine



Répartition des émissions d'oxydes d'azote NOx en Aquitaine en 2012 (AIRAQ – Inventaire 2012 v1.1)

Le secteur du transport routier est à l'origine de 67 % des émissions d'oxydes d'azote en Aquitaine en 2012.

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.

Normes

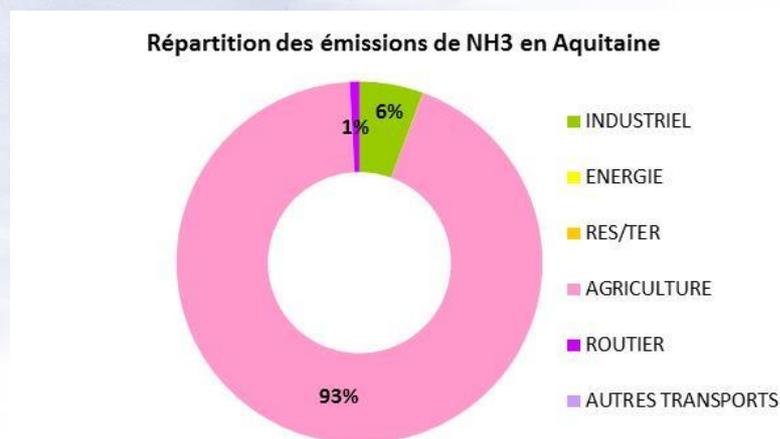
Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 Dioxyde d'azote - NO ₂	
Seuil d'information et de recommandations	200 µg/m³ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Seuil d'alerte	400 µg/m³ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives (ou 200 µg/m ³ si le seuil d'information déclenché la veille et le jour même et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

L'AMMONIAC (NH₃)

Sources

L'ammoniac est un composé gazeux, émis principalement par le secteur agricole, en particulier via la décomposition des déjections animales (lisiers...), mais aussi via la production d'engrais azotés et leur décomposition.

En 2012, les émissions de NH₃ ont été estimées en Aquitaine à 46 364 tonnes avec la répartition suivante :



Répartition des émissions d'ammoniac NH₃ en Aquitaine en 2012 (AIRAQ – Inventaire 2012 v1.1)

Le secteur de l'agriculture contribue à la quasi-totalité des émissions de ce polluant (93 % des émissions en Aquitaine en 2012). Le secteur industriel contribue également de manière plus limitée aux émissions de NH₃.

Effets sur la santé

L'ammoniac est un gaz provoquant des irritations sévères voire des brûlures au niveau des muqueuses en raison de sa forte solubilité dans l'eau. Ces irritations sévères sont également observées au niveau oculaire. A noter toutefois que ces effets sur la santé sont, d'après la littérature, perceptibles dans des gammes de concentration de l'ordre de quelques centaines de µg/m³, soit bien au-delà de ce qu'il est usuel de retrouver dans l'air ambiant extérieur.

Effets sur l'environnement

L'ammoniac est l'un des polluants favorisant l'acidification de l'eau et des sols. Il s'agit du principal responsable de l'eutrophisation des milieux aquatiques.

Une fois présent dans l'atmosphère, l'ammoniac peut réagir avec des gaz acides présents (H₂SO₄, HNO₃, HCl) et former des aérosols d'ammonium qui peuvent être lessivés de l'atmosphère par dépôt sec ou humide (particules secondaires). L'ammoniac gazeux peut aussi être absorbé par les eaux de surface et le système foliaire des végétaux lorsque les concentrations atmosphériques sont élevées localement. Il peut aussi être rapidement adsorbé par les sols à des concentrations relativement faibles. Le temps de séjour dans l'atmosphère de l'ammoniac gazeux au-dessus des sols varie de 2,8 heures à 4 jours et est inférieur au temps de séjour des aérosols d'ammonium (7 à 19 jours)².

Normes

L'ammoniac ne fait l'objet d'aucune réglementation dans l'air ambiant.

² Source INERIS « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques » - Ammoniac – Mise à jour du 10/05/2012

ANNEXE 2 : L'INDICE ATMO

Afin de mieux informer quotidiennement la population, le dispositif national de surveillance a développé un outil simple d'information sur la qualité de l'air, l'indice ATMO, qui est calculé chaque jour par tous les réseaux de surveillance sur les principales agglomérations.

- L'indice ATMO caractérise la qualité de l'air moyenne, à l'échelle d'une agglomération de plus de 100 000 habitants, pour une journée donnée. Il s'exprime sous forme d'une échelle à 10 paliers, chacun associé à un qualificatif. L'échelle croît de 1 (qualité de l'air très bonne) à 10 (qualité de l'air très mauvaise). Pour une zone de moins de 100 000 habitants, on parlera d'indicateur de la qualité de l'air (ou IQA).

➔ Cf. l'échelle ci-après.

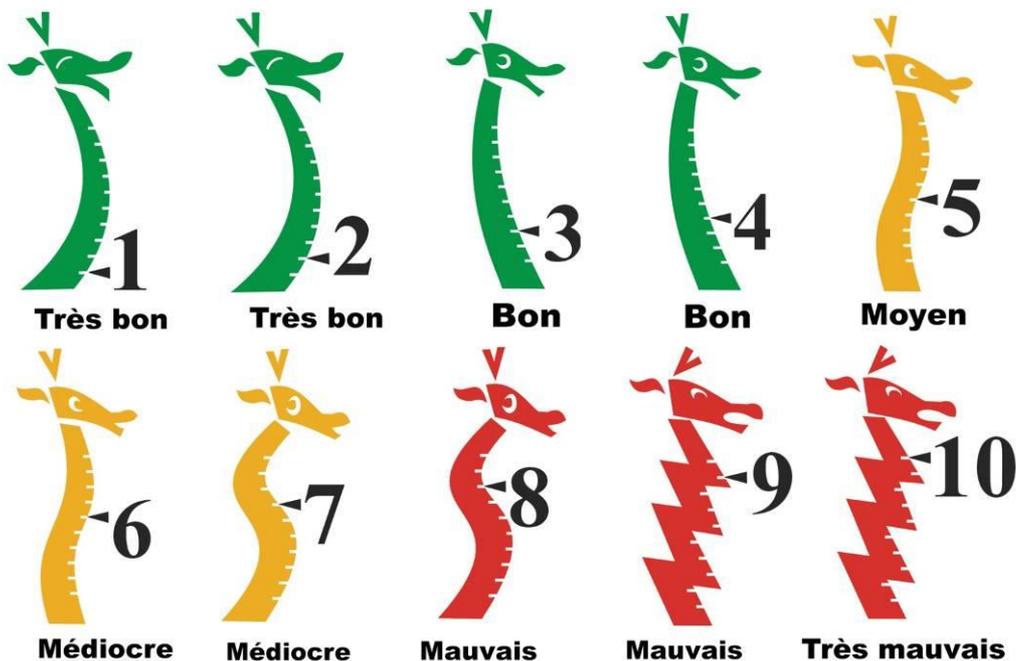
- L'indice ATMO est calculé à partir de quatre polluants : SO₂, NO₂, O₃ et PM10. Les sites de mesure retenus pour entrer dans le calcul de l'indice doivent répondre à certaines contraintes de densité minimale de population et d'éloignement des axes urbains :
 - ✓ pour le SO₂, la densité de population doit être supérieure à 4000 habitants par kilomètre carré dans un cercle de rayon de 1 km autour du site.
 - ✓ pour le NO₂, l'O₃ et les PM10, la densité de population doit répondre aux mêmes critères, de plus le rapport annuel [NO]/[NO₂] du site doit être inférieur ou égal à 1.

Pour mesurer chaque polluant, deux sites types sont requis au minimum.

- L'indice ATMO prend la plus grande valeur des quatre sous-indices, chacun d'entre eux étant représentatif d'un des polluants mesurés. Les données de base pour le calcul quotidien de chaque sous-indice sont :
 - ✓ pour les PM10, la concentration moyenne journalière sur chaque site.
 - ✓ pour le SO₂, le NO₂ et l'O₃, la concentration maximale horaire du jour sur chaque site.

Pour chaque polluant, la moyenne des concentrations sur les différents sites est calculée. Elle est ensuite comparée à la grille correspondante afin de déterminer la valeur du sous-indice (cf. les 4 grilles ci-après).

Indices Atmo



Sous-indice SO ₂	Seuil mini. (en µg/m ³)	Seuil maxi. (en µg/m ³)
1	0	39
2	40	79
3	80	119
4	120	159
5	160	199
6	200	249
7	250	299
8	300	399
9	400	499
10	500	∞

Sous-indice NO ₂	Seuil mini. (en µg/m ³)	Seuil maxi. (en µg/m ³)
1	0	29
2	30	54
3	55	84
4	85	109
5	110	134
6	135	164
7	165	199
8	200	274
9	275	399
10	400	∞

Sous-indice O ₃	Seuil mini. (en µg/m ³)	Seuil maxi. (en µg/m ³)
1	0	29
2	30	54
3	55	79
4	80	104
5	105	129
6	130	149
7	150	179
8	180	209
9	210	239
10	240	∞

Sous-indice PM10	Seuil mini. (en µg/m ³)	Seuil maxi. (en µg/m ³)
1	0	6
2	7	13
3	14	20
4	21	27
5	28	34
6	35	41
7	42	49
8	50	64
9	65	79
10	80	∞

ANNEXE 3 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les teneurs des polluants mesurées dans l'atmosphère dépendent essentiellement de deux facteurs, les émissions au sol (sources de pollution) et les conditions météorologiques. Afin de mieux interpréter les résultats des mesures, plusieurs paramètres météorologiques relevés pendant la campagne sont présentés ci-après : les températures, les précipitations, les vitesses et directions des vents.

LES TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS

La température est un paramètre très influent sur les teneurs en polluants atmosphériques. Un important écart thermique entre la nuit et le jour associé à des températures froides favorisera les phénomènes d'inversion thermique qui contribuent à l'accumulation des polluants. De plus, les températures élevées sont souvent associées à des niveaux d'ozone plus importants.

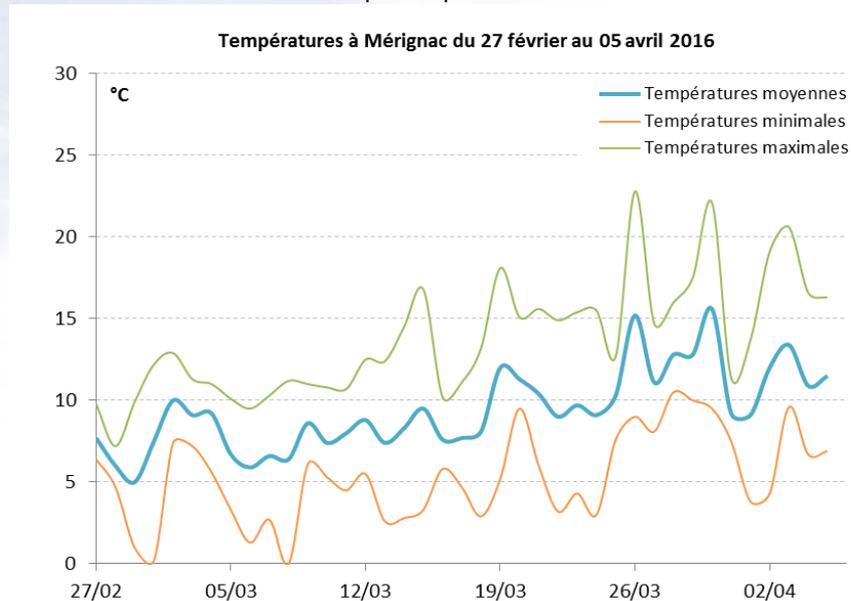


Figure 19 : évolution journalière des températures³ à Bordeaux durant la campagne de mesures

La température moyenne lors de la campagne de mesures est de 9,4°C variant de 0°C (le 08/03) à 22,8°C (le 26/03). Les températures ont globalement été dans la normale par rapport à la saison, quoique légèrement plus faibles, en particulier pour les températures maximales.

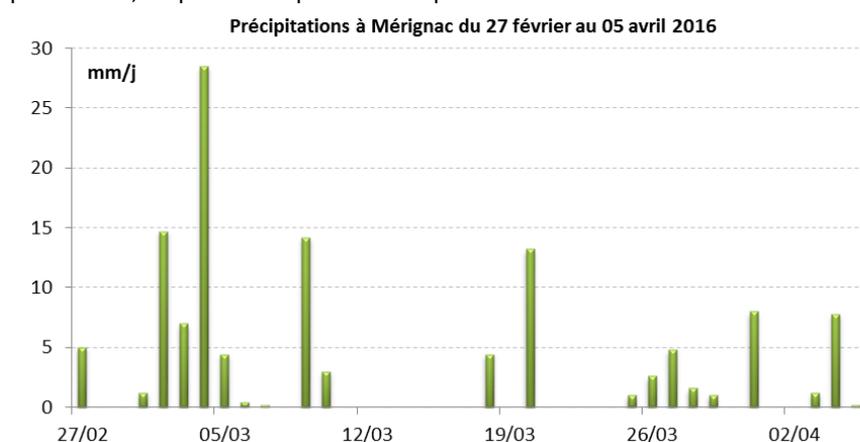


Figure 20 : précipitations à Bordeaux³ durant la campagne de mesures

La campagne de mesures a été environ 2 fois plus pluvieuse que la normale, avec plus de 120 mm de pluie sur la campagne de mesures, dont la ½ sur la première semaine de la campagne.

³ relevées au niveau de la station Météo France de Bordeaux-Mérignac

Rose des vents générale à Mérignac du 27 février au 5 avril 2016

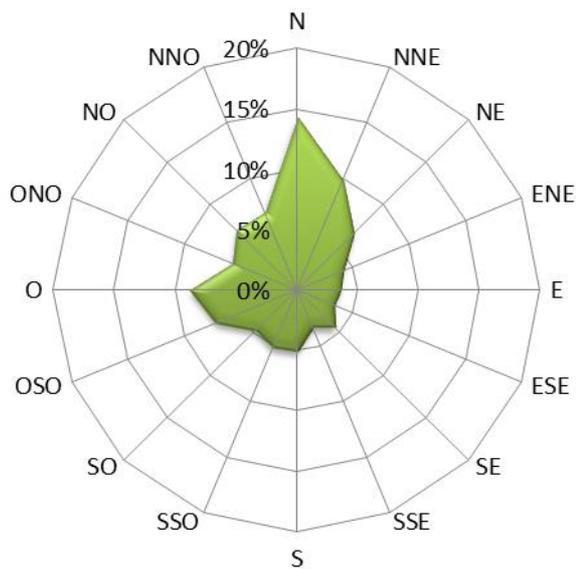


Figure 21 : rose des vents à Bordeaux⁴ durant la campagne de mesure

Le vent est un paramètre déterminant pour comprendre l'état de la pollution atmosphérique sur une zone. Il peut, selon sa force et sa direction, modifier la façon dont les polluants se répartissent sur l'ensemble de la zone étudiée.

Des vents faibles ou nuls (<3 m/s) et des vents moyens ($3 < v < 5$ m/s) ont été observés environ les 2/3 du temps alors que de vents forts (>5 m/s) ont été observés 1/3 du temps, ce qui est révélateur de flux d'air assez mouvementés. Le flux de Nord est majoritaire sur la campagne de mesures, avec environ 45 % des vents provenant du secteur allant de Nord-Ouest à Nord-Est.

⁴ relevées au niveau de la station Météo France de Bordeaux-Mérignac

ANNEXE 4 : TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : vues aériennes de la zone d'étude	6
Figure 2 : laboratoire mobile – Mairie d'Origne	8
Figure 3 : coupe d'un tube « Radiello »	9
Figure 4 : éléments d'un tube « Radiello »	9
Figure 5 : Echantillonneurs passifs placés sous leur abri de protection - Origne	10
Figure 6 : évolution horaire de l'ozone (O ₃).....	11
Figure 7 : profils moyens journaliers de l'ozone (O ₃).....	12
Figure 8 : évolution des maxima journaliers de l'ozone (O ₃).....	12
Figure 9 : corrélation des maxima journaliers de l'ozone (O ₃)	13
Figure 10 : évolution des moyennes journalières des particules en suspension (PM10)	14
Figure 11 : corrélation des moyennes journalières en particules en suspension (PM10).....	14
Figure 12 : évolution horaire du dioxyde d'azote (NO ₂)	15
Figure 13 : profils moyens journaliers du dioxyde d'azote (NO ₂).....	15
Figure 14 : évolution des maxima journaliers du dioxyde d'azote (NO ₂)	16
Figure 15 : Evolution des concentrations en NH ₃ sur les sites aquitains.....	18
Figure 16 : Evolution des concentrations en NH ₃ de l'ensemble des sites urbains (18 sites, à gauche) et ruraux (19 sites, à droite) instrumentés dans le cadre de l'étude interrégionale	18
Figure 17 : évolution de l'indice de qualité de l'air sur la période de mesures	19
Figure 18 : répartition des indices de qualité de l'air.....	19
Figure 19 : évolution journalière des températures à Bordeaux durant la campagne de mesures	31
Figure 20 : précipitations à Bordeaux ³ durant la campagne de mesures	31
Figure 21 : rose des vents à Bordeaux durant la campagne de mesure	32

TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif des périodes de mesure en NH ₃ par site	17
Tableau 2 : Récapitulatif des mesures en NH ₃	17
Tableau 3 : récapitulatif des mesures	20