

“L'air est **essentiel à chacun**
et mérite l'**attention de tous.**”

ETUDE

Caractérisation de la qualité de l'air à proximité de la rocade de Rennes (35)

Campagne de mesures (février/mars 2018)

Rapport final



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

**Etude réalisée par Air Breizh à la demande de
La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL)
Bretagne
Et Rennes Métropole**



Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant et un lieu donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} aout 2016 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Breizh est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats de mesures et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet, résumé dans ses publications, ...

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh. Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

Organisation interne – contrôle qualité

Service Etudes (rédacteur)	Validation	Date
O. CESBRON <i>(Ingénieur d'études)</i>	G. LEFEUVRE <i>(Directeur)</i>	03/12/18

Relecture externe

Relecteurs	Date
D. DAMBRE <i>(Chargé de mission Air-Energie DREAL Bretagne)</i> R. GICQUEL <i>(Chargé de mission Transition énergétique et écologique)</i>	

Sommaire

I. Contexte de l'étude	7
II. Recherche sur les facteurs d'influences.....	8
III. Le secteur d'étude	9
III.1. La rocade de Rennes	9
III.2. Choix du secteur d'étude.....	9
III.3. Description détaillée du secteur d'étude.....	10
IV. Matériels et méthodes - campagne de mesures.....	15
IV.1. Les paramètres mesurés, méthodes d'interprétation et valeurs repères	15
IV.1.1 Les oxydes d'azote	15
IV.1.2 Le benzène.....	17
IV.1.3 Réglementation	18
IV.2. Protocole de l'étude.....	19
IV.2.1 Technique de mesures.....	19
IV.2.2 Qualité de la mesure	20
IV.2.3 Résultats des tests qualité des mesures.....	21
IV.3. Les sites de mesure.....	24
IV.3.1 Emplacements des sites de mesures par diffusion passive.....	24
IV.3.2 Emplacements des moyens de mesure automatique	26
IV.3.3 Emplacement des points de prélèvements passifs le long de la rocade	27
IV.3.4 Description des transects – dispersion horizontale.....	27
IV.3.5 Points complémentaires – dispersion verticale	36
IV.4. Période de mesures.....	38
V. Conditions durant la campagne de mesures.....	39
V.1. Contexte météorologique.....	39
V.1.1 La température et la pluviométrie.....	39
V.1.2 Direction et vitesse des vents durant les périodes de mesure	41
V.2. Conditions de circulation	44
V.2.1 Variabilité spatiale du trafic.....	44
V.2.2 Variabilité suivant le sens de circulation.....	45
V.2.3 Variabilité temporelle du trafic	46
V.2.4 Conclusion sur l'analyse des conditions de trafic sur le secteur d'étude	48
V.3. Episode de pollution régionale	48
VI. Interprétation des résultats.....	50
VI.1. Résultats des analyseurs automatiques : monoxyde et dioxyde d'azote.....	50
VI.1.1 Qualification des niveaux moyens mesurés	50
VI.1.2 Evolution temporelle des niveaux de dioxyde d'azote	52
VI.1.3 Impacts selon les secteurs de vent	54
VI.1.4 Synthèse des interprétations des mesures automatiques	56
VI.2. Résultats des mesures par tube à diffusion	57
VI.2.1 Résultats du dioxyde d'azote par tube à diffusion.....	57
VI.2.2 Résultats du benzène par tube à diffusion	58
VI.3. Variabilité spatiale des niveaux de pollution	59
VI.3.1 Variabilité des niveaux de pollution le long de la rocade	60

VI.3.2	Variabilité des niveaux au fur et à mesure de l'éloignement de la rocade	64
VI.3.3	Variabilité des niveaux en fonction de la hauteur d'un immeuble et son exposition à la voie	79
VI.4.	Estimation du respect des normes de la qualité de l'air	82
VI.4.1	Estimation des concentrations moyennes annuelles	82
VI.4.2	Respect des normes horaires pour le dioxyde d'azote	85
VII.	Conclusion.....	87
VIII.	Limites de l'étude.....	92
Annexe I :	Air Breizh.....	94
Annexe II :	Résultats des mesures de Dioxyde d'azote par tube à diffusion et estimation de la moyenne annuelle (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	97
Annexe III :	Résultats des mesures de Benzène par tube à diffusion (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	99

Liste des figures

Figure 1 :	Vue aérienne de la rocade de Rennes [Googlearth]	9
Figure 2 :	Secteur d'étude retenu - Porte de Bréquigny à la porte de St Nazaire [Google maps]... ..	10
Figure 3 :	Représentation graphique du secteur d'études (distance en m).....	11
Figure 4 :	Illustration des différences de niveaux topographiques entre la rocade et son environnement.....	11
Figure 5 :	Illustration de la topographie et de l'environnement du domaine d'étude – sens EXTERIEUR.....	12
Figure 6 :	Environnement de la rocade – sens EXTERIEUR.....	12
Figure 7 :	Illustration de la topographie et de l'environnement du domaine d'étude – sens INTERIEUR	12
Figure 8 :	Environnement de la rocade – sens INTERIEUR.....	13
Figure 9 :	Données de trafic – TMJA dans les deux sens de circulation [source : Modèle Rennes Métropole année 2015]	13
Figure 10 :	Etablissements recevant du public dans le secteur d'étude [source : Géoportail]	14
Figure 11 :	Evolution des niveaux moyens annuels du dioxyde d'azote (NO_2) en situation de fond et à proximité du trafic routier [mesures Air Breizh]	16
Figure 12 :	Evolution des concentrations journalières en dioxyde d'azote (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le site « Rennes les Halles » pour l'année 2017 [données Air Breizh].....	16
Figure 13 :	Evolution des niveaux moyens annuels du Benzène [données Air Breizh].....	17
Figure 14 :	Prélèvement par diffusion passive aux abords de la rocade de rennes.....	19
Figure 15 :	Mesures automatiques aux abords de la rocade.....	20
Figure 16 :	Plan d'échantillonnage – Etude caractérisation de la qualité de l'air à proximité de la rocade – campagne février/mars 2018	25
Figure 17 :	Localisation des points de mesures automatiques P7, P37 et P20.....	26
Figure 18 :	Coupe topographique présentant la localisation des points de prélèvements passifs le long de l'axe routier (topographie et distance en m).....	27
Figure 19 :	Vue du transect 1 'La courrouze'	28
Figure 20 :	Profil topographique (en m) – transect 1	28
Figure 21 :	Transect 2 'Rue du Temple du Blossne – côté Est'	29
Figure 22 :	Profil topographique (en m) – transect 2	29
Figure 23 :	Transect 3 'Rue du Temple du Blossne – côté Ouest'	30
Figure 24 :	Profil topographique (en m) – transect 3	30
Figure 25 :	Transect 4 'immeubles du Haut Blossne'	31
Figure 26 :	Profil topographique (en m) – transect 4	31
Figure 27 :	Transect 5 'Parcelles agricoles Bois Harel'	32
Figure 28 :	Profil topographique (en m) – transect 5	32
Figure 29 :	Transect 6 'Bréquigny – rue de la tamise'	33

Figure 30 : Profil topographique (en m) – transect 6	33
Figure 31 : Transect 7 ‘Bréquigny – rue d’Angleterre’	34
Figure 32 : Profil topographique (en m) – transect 7	34
Figure 33 : Transect 8 ‘Coquelande’	35
Figure 34 : Profil topographique (en m) – transect 8	35
Figure 35 : Localisation des immeubles 20 et 9 dans le quartier du haut Blosne	37
Figure 36 : façade opposée à la rocade – exemple de l’immeuble 20	37
Figure 37 : façade côté rocade - exemple de l’immeuble 20	37
Figure 38 : Localisation des points de prélèvements à différentes hauteurs	37
Figure 39: Température moyenne et précipitations cumulées durant la campagne de mesure – comparaison aux normales [source : Station Météo France de Saint-Jacques-de-la-Lande (35)] .	39
Figure 40 : Evolution des températures moyennes journalières durant la campagne [Données station météo France St Jacques de la Lande].....	40
Figure 41 : Evolution des précipitations journalières durant la campagne [Données station météo France St Jacques de la Lande]	41
Figure 42: Roses des vents durant la campagne de mesures [source : données Météo France Saint-Jacques de la Lande].....	42
Figure 43: Normales des roses des vents relevées en février de 1981 et 2010 [source : données Météo France Saint-Jacques de la Lande]	42
Figure 44 : Roses des vents durant la campagne de mesures [source : données Météo France Saint-Jacques de la Lande].....	43
Figure 45 : Trafic journalier moyen sur la période du 08/02 au 08/03/18 [Dir Ouest].....	45
Figure 46 : Evolution du trafic suivant le sens de circulation [Dir Ouest].....	45
Figure 47 : Evolution hebdomadaire du trafic [Dir Ouest].....	46
Figure 48 : Profils journaliers [Données DIR Ouest] en nombre de véhicules /heure	46
Figure 49 : Profils moyens journaliers par sens de circulation [données DIR Ouest].....	47
Figure 50 : Evolution de l’indice de congestion moyen horaire par secteur [calcul d’après les données DIR Ouest].....	48
Figure 51 : Carte de prévision des concentrations pour le 22/02/18 (Prév’air).....	49
Figure 52 : Evolution mensuelle des niveaux de dioxyde d’azote à ST Yves – Rennes (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49
Figure 53 (ci-contre) : Localisation des mesures automatiques	50
Figure 54 : Concentrations moyennes en monoxyde d’azote (NO – à gauche) et dioxyde d’azote (NO ₂ – à droite) pendant la campagne (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	51
Figure 55 : Ratio moyen NO/NO ₂ sur la période de mesures	52
Figure 56 (ci-contre) : Profils temporels journaliers en NO ₂ (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) – heure TU	53
Figure 57 (ci-contre) : Profils temporels journaliers en NO ₂ (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) – heure TU	53
Figure 58 (ci-contre) : Profils temporels journaliers en NO ₂ (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) – heure TU	53
Figure 59 : Rose des pollutions en dioxyde d’azote sans prise en compte des teneurs de fond (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	54
Figure 60 : Rose des pollutions en dioxyde d’azote pour le point P7 (surcroît de pollution)	55
Figure 61 : Rose des pollutions en dioxyde d’azote pour le point P37 (surcroît de pollution)	55
Figure 62 : Rose des pollutions en dioxyde d’azote pour le point P20 (surcroît de pollution)	55
Figure 63 : Résultats des mesures NO ₂ par tubes à diffusion – concentration moyenne du 08/02 au 08/03 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	57
Figure 64 : Corrélation des niveaux de dioxyde d’azote (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) avec la distance des points (en m) par rapport à la rocade (centre des voies).....	58
Figure 65 : Résultats des mesures de Benzène par tubes à diffusion – concentration moyenne du 08/02 au 08/03 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58
Figure 66 : Corrélation des niveaux de benzène (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) avec la distance des points (en m) par rapport à la rocade (centre des voies)	59
Figure 67 : Concentrations moyennes en dioxyde d’azote au bord de la rocade (axe de gauche, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et topographie (axe de droite, en m)	60
Figure 68 : Localisation des points de prélèvements dans la section en tranchée de la rocade (P1 et P2) puis en surélévation (P8).....	61
Figure 69 (ci-contre) : mur antibruit au niveau du point P9.....	61
Figure 70 : Concentrations moyennes en benzène au bord de la rocade (axe de gauche, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et topographie (axe de droite, en m).....	62
Figure 71 :Evolutions des concentrations en dioxyde d’azote et benzène aux abords de la rocade sur la zone d’étude (P1 pris comme référence).....	63

Figure 72 : Transects SANS obstacles - Evolution des rapports « concentrations dioxyde d'azote/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m).....	75
Figure 73 : Transects AVEC mur antibruit - Evolution des rapports « concentrations dioxyde d'azote/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m).....	76
Figure 74 : Comparaison des profils de décroissances des rapports « concentrations dioxyde d'azote/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m).....	77
Figure 75 : Evolution des rapports « concentrations benzène/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m).....	77
Figure 76 : Ecart calculés entre les concentrations en dioxyde d'azote sur l'ensemble de la campagne.....	80
Figure 77 : Roses des vents lors de la campagne de mesure en comparaison de la normale des roses des vents 1981-2010 [Météo France]	82
Figure 78 : Estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote (axe de gauche en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et indication des distances par rapport à la voie de circulation (axe de droite en m)	83
Figure 79 : Corrélation entre les niveaux annuels estimés en dioxyde d'azote (en ordonnée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la distance des points (en abscisse, en m)	84
Figure 80 : Moyennes annuelles estimées et mesurées en dioxyde d'azote (du 01/11/17 au 30/10/18)	84
Figure 81 : Résultats des concentrations en benzène mesurées par tube passif sur le site urbain de fond Rennes Pays-Bas (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	85
Figure 82 : Concentrations horaires maximales de dioxyde d'azote mesurées lors de la campagne et sur les site de mesure réglementaire (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	86
Figure 83 : Carte du réseau de surveillance de la qualité de l'air [ATMO France]	95

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs de référence réglementaires pour les polluants mesurés.....	18
Tableau 2 : Caractéristiques principales des analyseurs NOx utilisés	20
Tableau 3 : Récapitulatif des contrôles qualité sur les analyseurs d'oxydes d'azote	21
Tableau 4 : Taux de couverture temporelle des analyseurs oxydes d'azote (en %) sur les 3 points du 08/02 au 08/03/18	21
Tableau 5 : Résultats des blancs de transport.....	22
Tableau 6 : Résultats des tests de répétabilité pour les mesures par tube passif	22
Tableau 7 : Ecart relatifs tubes/analyseur pour le dioxyde d'azote.....	23
Tableau 8 : Caractéristiques principales des transects	36
Tableau 9 : Période de mesures des quatre séries de prélèvement par tube diffusif	38
Tableau 10: Niveaux de congestion utilisés en France ¹⁰	47
Tableau 11 : Synthèse des observations des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène par rapport au niveau de fond réalisées sur les transects.....	74

I. Contexte de l'étude

L'agglomération rennaise dispose depuis mai 2015 d'un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) qui comprend un état des lieux de la qualité de l'air sur le territoire et qui fixe les principales actions à réaliser sur la période 2015-2020 en vue de réduire les émissions de polluants atmosphériques.

L'agglomération est doublement concernée par la mise en place de ce plan puisqu'elle dépasse le seuil minimal de 250 000 habitants, et que des dépassements de la valeur limite réglementaire en dioxyde d'azote ont été constatés dans le cœur de l'agglomération et aux abords de la rocade.

Dans ce contexte et du fait du manque de connaissances sur les niveaux de concentrations rencontrés aux abords de la rocade, la DREAL Bretagne et Rennes Métropole ont souhaité qu'une caractérisation fine de la pollution atmosphérique soit réalisée.

Air Breizh a été sollicité courant 2017 pour la réalisation de ces investigations.

L'objet de cette campagne est de caractériser l'évolution spatiale des concentrations à proximité de la rocade rennaise et évaluer les paramètres qui influencent les niveaux rencontrés.

Le secteur d'étude retenu sur la rocade rennaise concerne le tronçon allant des portes de St Nazaire à Bréquigny, soit une portion proche de trois kilomètres.

Les mesures réalisées concernent le dioxyde d'azote et le benzène qui sont des polluants traceurs des émissions du trafic routier.

La campagne a été réalisée en février/mars 2018. Les concentrations maximales sont souvent rencontrées à cette période de l'année en raison des conditions météorologiques peu dispersives.

Le dispositif déployé, les résultats et leurs interprétations sont détaillés dans le présent rapport.

II. Recherche sur les facteurs d'influences

D'autres études ont déjà été menées dans des contextes parfois différents mais afin de répondre au même objectif d'amélioration des connaissances sur la qualité de l'air aux abords des axes routiers.

Ces études ont principalement été menées par les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). On peut citer notamment :

- Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grandes circulation : 1^{er} volet campagne de mesure portant sur le boulevard périphérique, au niveau de la porte de Gentilly [Air Paris – février 2008],
- Cartographie fine des niveaux de dioxyde d'azote dans le cœur dense de l'agglomération parisienne [Air Paris – Janvier 2012],
- Etude d'une zone surexposée aux nuisances environnementales sur l'agglomération grenobloise [Air Rhône Alpes – mars 2016],
- Suivi de l'évolution de la qualité de l'air après fermeture des voies sur berges rive droite [Air Paris – Octobre 2017].

Ces études ont permis de dégager des facteurs influençant les niveaux de pollution atmosphérique à proximité d'une voie de circulation. Ils sont repris ci-après :

- La **distance** par rapport à la voie de circulation : les teneurs les plus élevées sont mesurés au plus près des émissions routières avec une décroissance plus ou moins rapide selon le polluant ;
- La **hauteur de prélèvement** : au plus près des voies de circulation, l'influence de la hauteur de prélèvement est très importante. Au contraire, en s'éloignant des sources d'émissions (immeuble limitrophe par exemple), l'importance de la hauteur devient plus minime ;
- Le **trafic routier** : le nombre de voie et la fluidité de la circulation influencent les niveaux de pollution ;
- L'**urbanisme** : il joue un rôle important dans la distance d'influence de l'axe de circulation et la dispersion des polluants suivant qu'il soit non occupé (champs, parc), peu dense (quartier pavillonnaire) ou dense (zone d'immeubles) ;
- La **topographie** de l'axe de circulation par rapport au terrain naturel influence également la dispersion des polluants ;
- Les **conditions météorologiques** et notamment la direction et la vitesse du vent qui place ou non un site sous l'influence de l'axe de circulation.

Ces facteurs ont permis de guider notre choix de secteur d'étude. Ce point est détaillé dans le chapitre suivant.

III. Le secteur d'étude

III.1. La rocade de Rennes

La rocade de Rennes forme un anneau autour de la ville de Rennes, auquel se greffent 9 voies express en étoile reliant Rennes aux principales villes de la région et du Grand Ouest. Cette rocade mesure 31 km et sa section la plus chargée voit transiter près de 100 000 véhicules par jour.

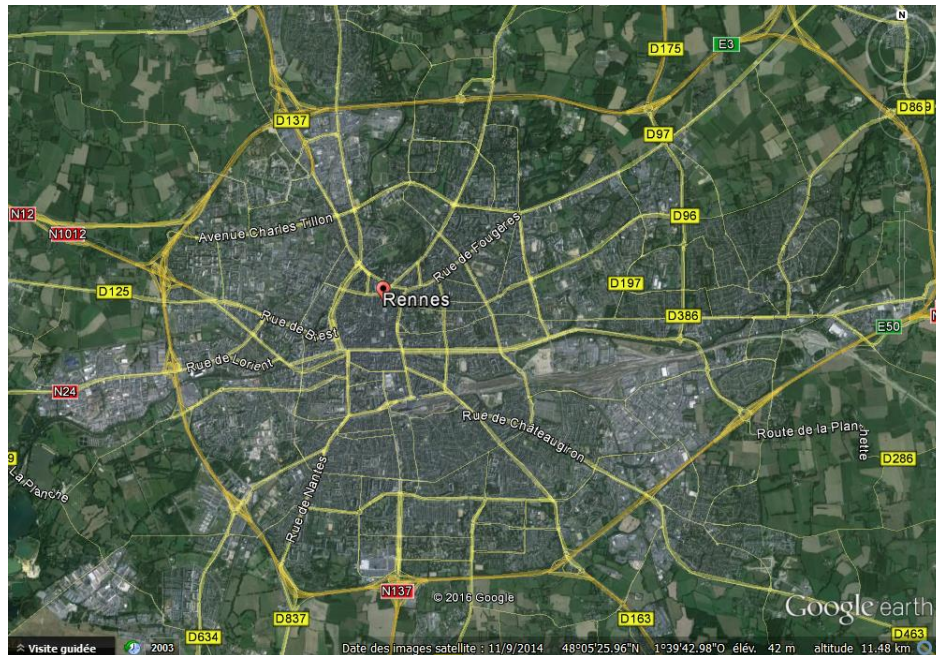


Figure 1 : Vue aérienne de la rocade de Rennes [Googleearth]

Contrairement à certaines grandes villes Françaises, la rocade de Rennes ne présente pas de configurations topographiques réellement différentes à savoir que celle-ci se trouve généralement plan par rapport au sol. Toutefois, de légères différences peuvent être observées sur certains secteurs et notamment celui que nous avons retenu.

En termes de voies de circulation, le nombre de voies est compris entre 4 et 6 voies selon le trafic routier. C'est le cas notamment de la partie Ouest de la rocade qui comprend 6 voies de circulation.

L'environnement proche de la rocade est le plus urbanisé dans sa partie Sud-Ouest, là où le trafic est également le plus dense.

III.2. Choix du secteur d'étude

Afin d'évaluer de la manière la plus complète possible l'influence des paramètres pré-identifiés sur les évolutions des concentrations atmosphériques, nous avons privilégié une portion de la rocade la plus hétérogène.

Au vu de nos connaissances du secteur, notre choix s'est porté sur le tronçon de la rocade débutant entre les portes de Cleunay et St Nazaire, jusqu'au-delà de la porte de Bréquigny (soit 2,8 kilomètres) comme précisé sur la figure de la page suivante.

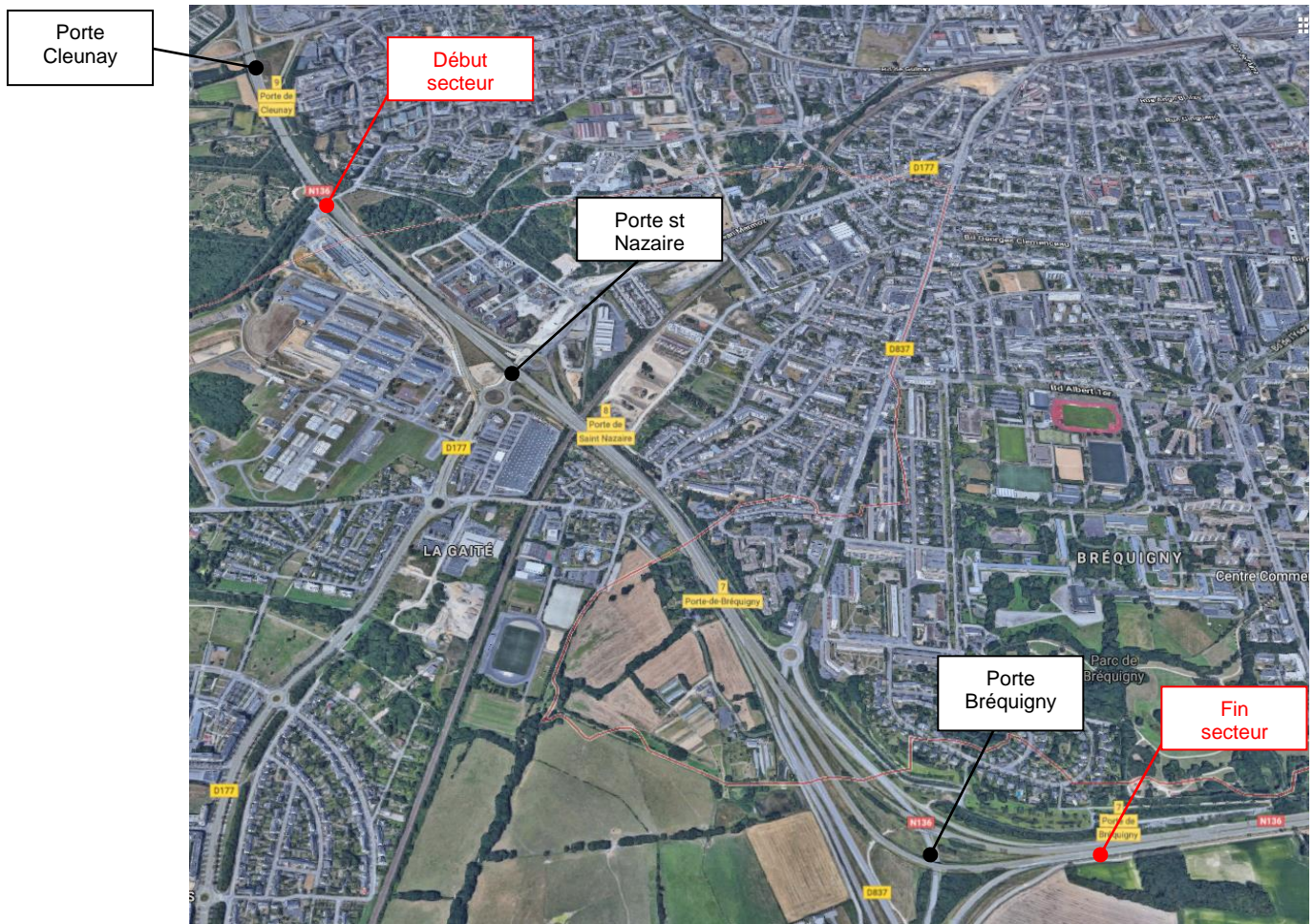


Figure 2 : Secteur d'étude retenu - Porte de Bréquigny à la porte de St Nazaire [Google maps]

Cette section présente l'avantage de rassembler des configurations variées que ce soit sur le plan de la topographique, de l'environnement limitrophe et de la circulation (nombre de voies).

Ce secteur présente également l'un des niveaux de trafic le plus élevé de la rocade de Rennes.

L'urbanisation proche de l'axe routier associée à un niveau de trafic des plus importants, engendre une sensibilité importante pour ce secteur, ce qui a motivé notre choix.

Une description détaillée du tronçon retenu est réalisée dans le chapitre suivant.

III.3. Description détaillée du secteur d'étude

Ce chapitre présente en détail les caractéristiques du tronçon de rocade retenue ainsi que son environnement.

Le secteur d'étude compte de nombreuses entrées/sorties du fait de la présence de deux échangeurs au niveau des portes de St Nazaire et Bréquigny. D'autres voies de circulation passent sous la rocade, comme illustré sur la figure ci-après : Rue du Temple du Blosne et Avenue Roger Dodin.

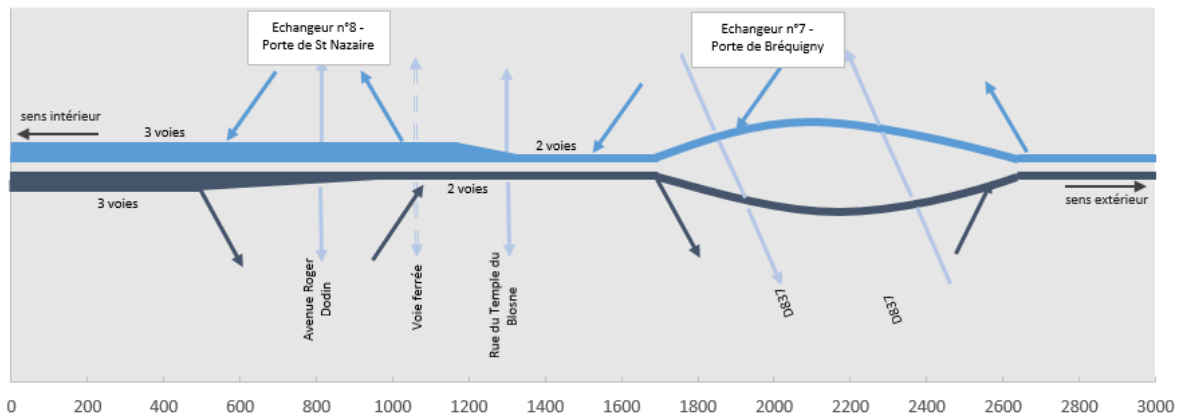


Figure 3 : Représentation graphique du secteur d'études (distance en m)

Le nombre de voies sur ce tronçon de rocade est variable : il compte deux voies dans les deux sens de circulation sur 70% du secteur et 3 voies dans les deux sens sur la portion restante. La zone de transition (dans le sens d'un rétrécissement) génère fréquemment des congestions du trafic).

La topographie de la rocade par rapport à son environnement limitrophe est relativement variée : l'axe routier se trouve en contre-bas de quelques mètres entre la porte de Cleunay et la porte de St Nazaire, puis en hauteur par rapport aux urbanisations proches au niveau de St Jacques (passage au-dessus de la voie ferrée et de la rue du Temple du Blosne) et enfin plan par rapport au sol dans le virage de Bréquigny.



Axe routier en contrebas par rapport au terrain naturel



Axe routier en hauteur par rapport à son environnement



Axe routier au même niveau que son environnement

Figure 4 : Illustration des différences de niveaux topographiques entre la rocade et son environnement

Les figures suivantes illustrent ces différences de niveaux topographiques ainsi que l'environnement urbain également très hétérogène de part et d'autres des voies de circulation.

L'environnement est présenté successivement pour la partie extérieure puis intérieure de la rocade.

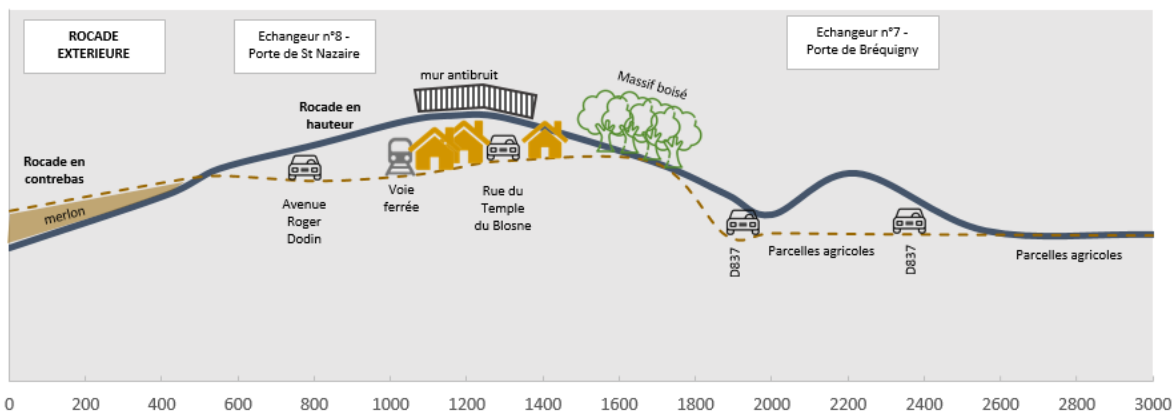


Figure 5 : Illustration de la topographie et de l'environnement du domaine d'étude – sens EXTERIEUR

L'axe – sens extérieur – de la rocade, est bordé par un environnement peu habité excepté sur le tronçon compris entre la voie ferrée et la rue du temple du Blosne. 40% du tronçon est bordé de terrains agricoles qui sont des milieux ouverts, favorables à la dispersion des émissions. Notons la présence de mur antibruit sur la portion bordée par des habitations individuelles.



Parcelles agricoles à proximité de la rocade



Mur antibruit séparant la voie des habitations

Figure 6 : Environnement de la rocade – sens EXTERIEUR

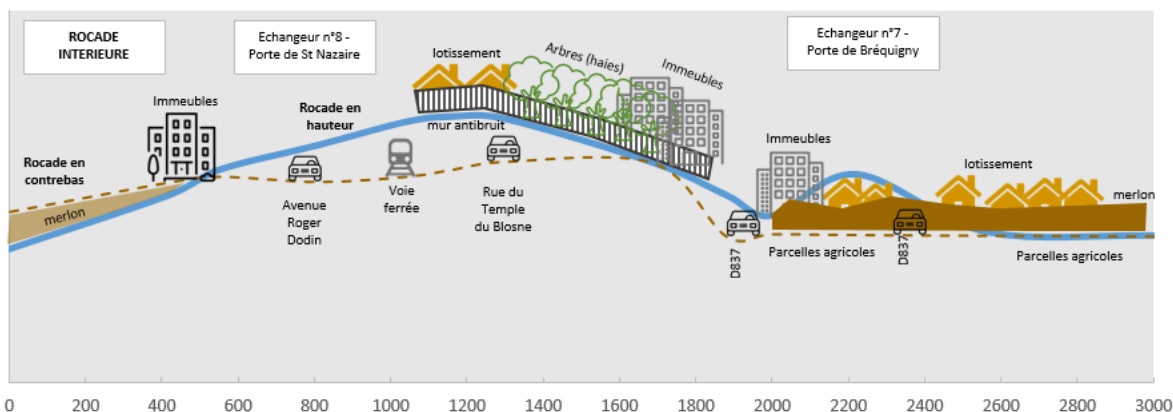


Figure 7 : Illustration de la topographie et de l'environnement du domaine d'étude – sens INTERIEUR

Dans le sens intérieur, l'environnement est logiquement plus urbanisé. On distingue une zone d'immeubles tertiaires (quartier de la Courrouze) puis une zone mixte alliant habitations individuelles puis immeubles d'hauteur modérée (R+3) dans le secteur du Haut Blosne. Ce secteur est séparé de l'axe routier par un mur antibruit, doublé par endroit d'une haie assez dense.

La dernière partie du secteur est composée d'habitations individuelles assez distantes de l'axe routier, et séparées de ce dernier par un merlon (surmonté de végétation par endroit), ainsi qu'un espace vert.



Immeubles résidentiels (Haut Blosne)



Zone d'habitations pavillonnaires (en arrière-plan) séparée d'un espace vert par rapport à l'axe routier

Figure 8 : Environnement de la rocade – sens INTERIEUR

Concernant le niveau de trafic routier, la figure suivante présente les données de TMJA¹ (en rouge) issues du modèle de trafic de Rennes Métropole pour l'année 2015. Il s'agit du trafic cumulé dans les deux sens de circulation.

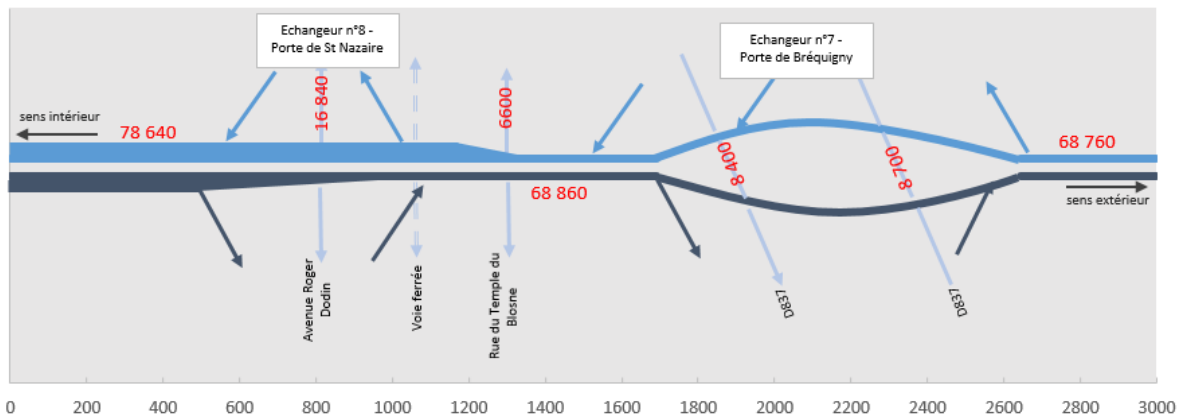


Figure 9 : Données de trafic – TMJA dans les deux sens de circulation [source : Modèle Rennes Métropole année 2015]

Du fait du changement du nombre de voies de circulation, le trafic enregistré une hausse de près de 15%. Il est compris entre 70 000 et 80 000 sur ce secteur.

Parmi les axes croisant la rocade, l'avenue Roger Dodin enregistre le trafic le plus important avec une évolution significative ces dernières années (près de 17 000 véhicules/jour en 2015 et 27 500 en 2017²). Le secteur de la porte de St Nazaire cumulant les émissions de cette avenue ainsi que de la rocade paraît donc le plus sensible.

Enfin, une dizaine d'établissements recevant du public ont été recensés sur le secteur. Ils sont localisés sur la figure de la page suivante.

¹ Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)

² Comptage Rennes Métropole 2017

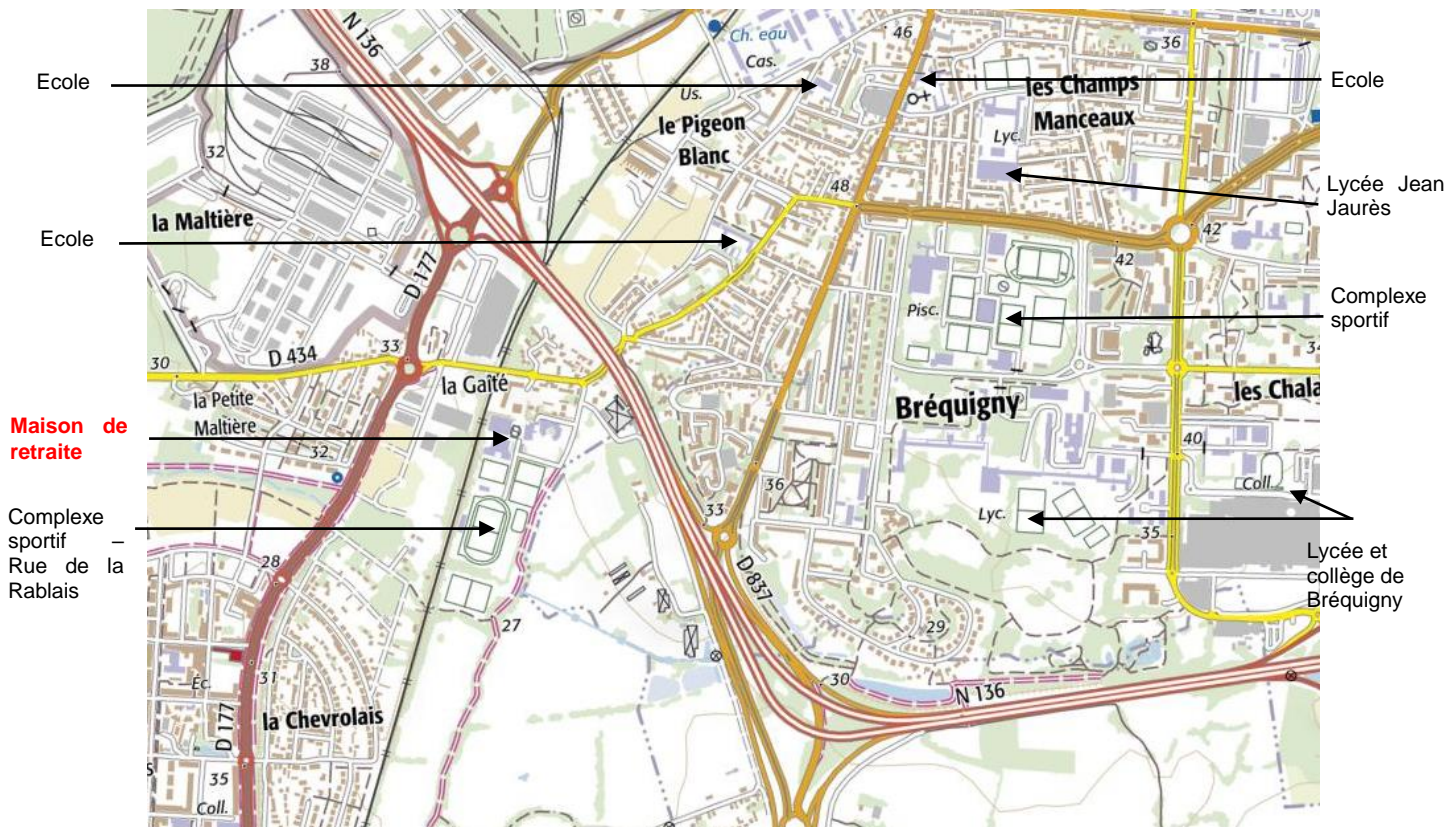


Figure 10 : Etablissements recevant du public dans le secteur d'étude [source : Géoportail]

La maison de Retraite, située à moins de 200 mètres de la rocade, est l'établissement recevant du public le plus proche. Il s'agit de la Résidence privée médicalisée de la Rablais, à St Jacques de la Lande.

On comprend à la lecture de ce chapitre ce qui a motivé notre choix pour le secteur d'étude :

- son caractère sensible du fait de l'urbanisation proche des voies, associée à des niveaux de trafic important.
- son hétérogénéité tant sur le plan du trafic (nombre de voies) que de son environnement proche.

Le choix de ce secteur a été validé par les services de Rennes Métropole et de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

Le chapitre suivant présente le protocole de la campagne de mesures.

IV. Matériels et méthodes - campagne de mesures

Ce chapitre est réservé à la présentation du protocole et des moyens déployés dans le cadre de cette étude. Les éléments suivants sont notamment présentés successivement :

- Les paramètres mesurés et les valeurs repères ;
- Le protocole de mesure ;
- Les techniques de mesure ;
- Les sites de mesure ;
- La période de mesure.

IV.1. Les paramètres mesurés, méthodes d'interprétation et valeurs repères

Les paramètres mesurés dans le cadre de cette étude ont été retenus sur la base de nos connaissances en matière de pollution atmosphérique, notamment au travers des données de concentrations acquises via notre réseau de station de mesures mais également des travaux d'inventaires des émissions atmosphériques.

Deux paramètres ont fait l'objet de mesures.

IV.1.1 Les oxydes d'azote

a) Sources d'émissions et évolution

Le trafic routier est la principale source d'émissions des oxydes d'azote (74%) au niveau de l'agglomération rennaise³. Les oxydes d'azote sont des traceurs reconnus du trafic routier. Leurs mesures permettent donc d'en identifier l'impact.

Parmi les oxydes d'azote, seul le dioxyde d'azote est réglementé dans l'air ambiant du fait de ses effets reconnus sur la santé.

Les émissions d'oxydes d'azote sont en baisse en Bretagne (comme au niveau national) : -24% entre 2008 et 2014 selon l'inventaire des émissions d'Air Breizh.

Le secteur des transports routiers contribue particulièrement à cette baisse qui s'explique par le renouvellement du parc de véhicules, par l'équipement progressif des véhicules particuliers en pots catalytiques depuis une vingtaine d'années et par le développement d'autres technologies de réduction des émissions. Ces différentes avancées ont permis de contrebalancer l'intensification du trafic et l'accroissement du parc.

b) Conditions de formation

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 ces deux polluants sont habituellement regroupés sous le terme de NO_x.

En présence de certains constituants atmosphériques et sous l'effet du rayonnement solaire, les NO_x sont également, en tant que précurseurs, une source importante de pollution photochimique.

³ Source : cadastre des émissions Air Breizh – année de référence 2014

c) Evolution des mesures au niveau de l'agglomération rennaise

Les mesures d'oxydes d'azote dans l'air ambiant ont démarré en 1998 sur l'agglomération rennaise. Celles-ci sont réalisées sur des sites de configurations différentes à savoir :

- Site urbain trafic : à proximité des axes de circulation très fréquentés afin de mesurer les concentrations maximales auxquelles la population peut être exposée ;
- Site urbain de fond : à une distance suffisante des sources d'émissions afin de mesurer la pollution dite de fond à savoir les niveaux auxquels la majeure partie de la population est exposée.

L'évolution des mesures à Rennes montre qu'en situation trafic, les niveaux enregistrent une baisse depuis quelques années. Ils sont inférieurs à la valeur limite réglementaire depuis 2015 mais restent bien supérieurs aux mesures réalisées en situation de fond : la station trafic des Halles enregistre un niveau 40% plus élevé que celui de la station de fond St Yves.

A contrario, les mesures en situation de fond ne marquent pas de baisse significative. Les évolutions interannuelles sont essentiellement liées aux différences de conditions météorologiques suivant les années.

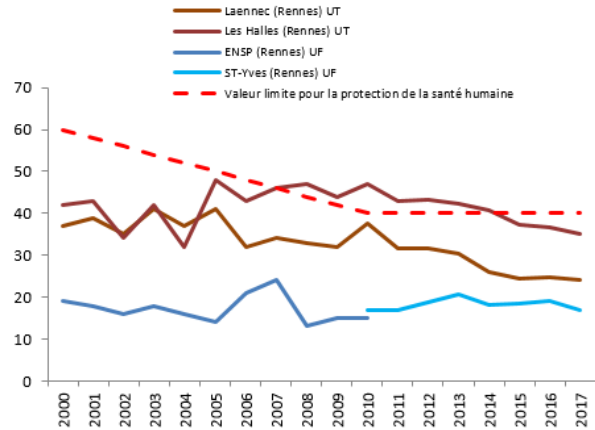


Figure 11 : Evolution des niveaux moyens annuels du dioxyde d'azote (NO_2) en situation de fond et à proximité du trafic routier [mesures Air Breizh]

Ce polluant présente une variation saisonnière importante des niveaux qui s'expliquent notamment par les conditions météorologiques qui limitent dans certains cas sa dispersion (température froide et faible épaisseur de la couche limite⁴). A titre d'exemple, le graphique suivant présente l'évolution des concentrations journalières en dioxyde d'azote relevées sur le site trafic des Halles à Rennes en 2017.

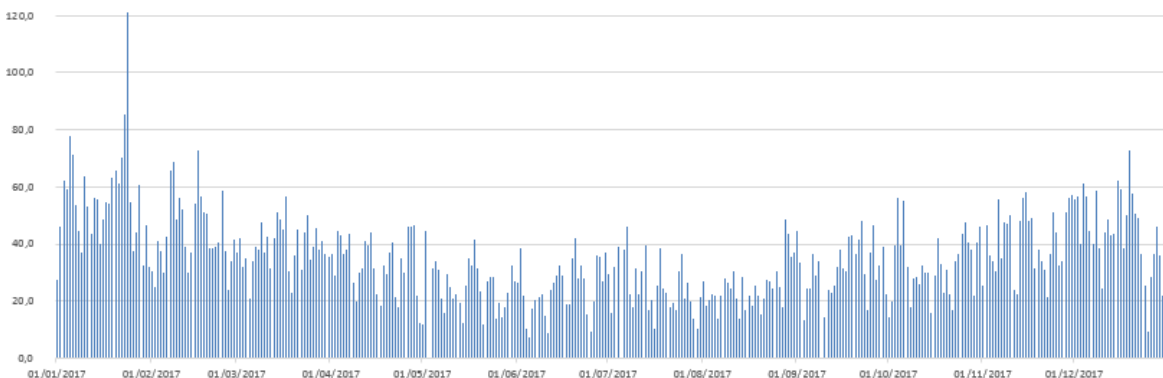


Figure 12 : Evolution des concentrations journalières en dioxyde d'azote (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le site « Rennes les Halles » pour l'année 2017 [données Air Breizh]

Les concentrations les plus élevées ont été rencontrées durant le premier et dernier trimestre de l'année 2017, soit lors des conditions hivernales.

⁴ couche de l'atmosphère en contact direct avec la surface terrestre et dont l'épaisseur varie entre une centaine de mètres et quelques kilomètres

d) Les effets sanitaires et environnementaux des oxydes d'azote

Les NO_x participent à la formation de l'ozone sous l'effet du rayonnement solaire et contribuent à la formation des particules de diamètre inférieur à 10 µm et inférieur à 2,5 µm. Ils concourent également au phénomène des pluies acides ainsi qu'à l'eutrophisation des eaux.

Parmi les NO_x, le NO₂ est la substance la plus nocive pour la santé humaine et ses niveaux sont réglementés dans l'air ambiant. Le NO₂ est une substance fortement irritante pour les voies respiratoires. Les personnes atteintes de maladies respiratoires, les enfants et les adultes de plus de 65 ans semblent y être plus sensibles.

Le dioxyde d'azote a fait l'objet de mesures dans le cadre de cette étude en raison de sa qualité de traceur des émissions du trafic routier, de la différence des niveaux mesurés en situation trafic par rapport aux mesures en niveau de fond et enfin du fait des risques sanitaires associés à son exposition.

IV.1.2 Le benzène

a) Sources d'émissions et évolution

Le benzène est également un traceur reconnu de la pollution atmosphérique liée au trafic routier. Le caractère primaire de ce polluant engendre des niveaux en proximité immédiate du trafic routier plus importants que ceux rencontrés en situation de fond.

Les émissions françaises de C₆H₆ ont diminué de 71 % de 2000 à 2015⁵. En 2015, le principal secteur émetteur était le résidentiel-tertiaire (58 %) en particulier du fait de la combustion du bois, suivi des transports (28 %). Même s'il n'est pas majoritaire, le transport contribue significativement aux émissions de benzène.

b) Evolution des mesures au niveau de l'agglomération rennaise

Les concentrations en benzène sont suivies à Rennes depuis 2010.

Le graphique suivant présente les résultats des moyennes annuelles relevées sur les sites proches des axes routiers et en situation de fond.

Même si l'objectif qualité est respecté quelles que soient les configurations des mesures, un facteur 2 à 2.5 est observé entre les deux typologies de site.

Une décroissance des niveaux est observée sur les sites trafic depuis quelques années : 30% par rapport à 2011.

Cette diminution, également observée au niveau d'autres agglomérations, s'explique en partie par la limitation du taux de ce polluant dans l'essence à la suite de la mise en application de la réglementation européenne au 1^{er} janvier 2000 (directive 98/70/CE du 13 octobre 1998).

La diminution importante du nombre de véhicule essence dans le parc roulant français a pu aussi jouer un rôle (la part des véhicules essence dans le parc roulant français est passée de 63 % en 1990 à 21 % en 2015). La tendance s'inverse peu à peu depuis quelques années.

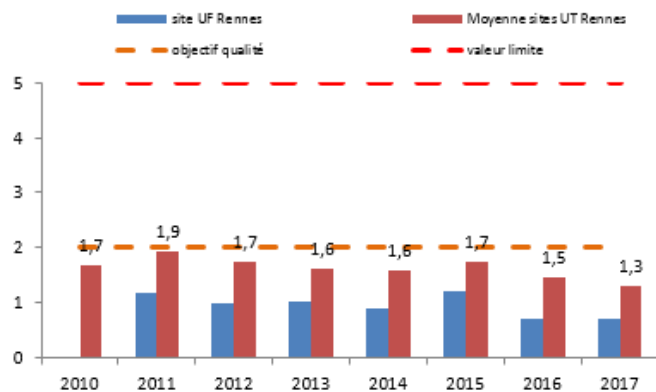


Figure 13 : Evolution des niveaux moyens annuels du Benzène [données Air Breizh]

⁵ CITEPA – mise à jour avril 2017

c) Les effets sanitaires et environnementaux du benzène

Le benzène est l'un des composés les plus nocifs de la famille des composés organiques volatils (COV). Une exposition aiguë ou chronique au C₆H₆ (benzène) est susceptible d'entraîner des effets critiques de natures hématologiques. Le C₆H₆ est classé comme agent cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le Circ depuis 1987.

Les COV contribuent également, au travers de réactions faisant intervenir les oxydes d'azote (NO_x) et le rayonnement solaire, à la formation de polluants photochimiques tels que l'ozone, nocifs pour la santé. Ils contribuent enfin à la formation de particules fines secondaires.

Un tiers des émissions de benzène est émis par le secteur du transport. Ce constat, associé aux risques sanitaires engendrés par l'exposition à ce polluant et au peu de données en termes de spatialisation autour d'axes routiers, nous a conduit à mesurer ce polluant dans le cadre de cette étude.

IV.1.3 Réglementation

Ces deux polluants disposent de seuils réglementaires à savoir les objectifs de qualité de l'air, les valeurs limites et les niveaux de recommandation et d'alerte. Ils sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Valeurs de référence réglementaires⁶ pour les polluants mesurés

Composés	Valeurs limites	Objectifs qualité	Seuil de recommandations et d'informations	Seuil d'alerte
Dioxyde d'azote (NO ₂)	<p>En moyenne annuelle : 40 µg/m³.</p> <p>En moyenne horaire : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.</p>	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 200 µg/m ³ .	<p>En moyenne horaire : 400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives.</p> <p>200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.</p>
Particules fines de diamètre médian 10 micromètres (PM10)	<p>En moyenne annuelle : 40 µg/m³.</p> <p>En moyenne journalière : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.</p>	En moyenne annuelle : 30 µg/m ³ .	En moyenne journalière : 50 µg/m ³ .	En moyenne journalière : 80 µg/m ³ .

⁶ Article R221-1 du code de l'environnement qui transpose la directive 2008/50/CE

IV.2. Protocole de l'étude

IV.2.1 Technique de mesures

Deux techniques de mesures complémentaires ont été retenues dans le cadre de cette étude : les mesures par diffusion passive (tube passif) qui permettent d'obtenir des concentrations moyennes sur un pas de temps d'une semaine, et qui ont été multipliés sur une cinquantaine de points pour spatialiser les niveaux de concentrations ; les mesures en continu (pour le dioxyde d'azote), effectuées sur trois points de mesures, afin de suivre en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations.

a) Les tubes à diffusion passive : dioxyde d'azote et benzène

Le dioxyde d'azote et le benzène ont été mesurés au moyen de **tubes à diffusion passive**. L'échantillonnage passif est une technique de mesure courante dans la surveillance de la qualité de l'air. Sa facilité de mise en œuvre et son faible coût permettent la réalisation de campagnes de mesure simultanées sur plusieurs sites ce qui répond totalement à la problématique.

Cette technique est basée sur le transfert de matière d'une zone à une autre (diffusion moléculaire, sans mouvement actif de l'air), sous l'effet d'un gradient de concentration. Le polluant est piégé sur un support imprégné d'une substance chimique adaptée à l'absorption des polluants recherchés.



Figure 14 : Prélèvement par diffusion passive aux abords de la rocade de Rennes

Les échantillonneurs passifs ont été exposés dans l'air ambiant pendant une période de sept jours, puis analysés ultérieurement par un laboratoire sous-traitant (laboratoire Air Paris).

La concentration atmosphérique moyenne sur la période d'échantillonnage est calculée à partir de la masse piégée, à un débit d'échantillonnage et une durée d'exposition connus.

Remarque : L'échantillonnage par tube à diffusion ne fournit pas de données en temps réel, mais fait état d'une situation moyenne sur la durée d'exposition des tubes (1 semaine). Les élévations ponctuelles de concentrations ne sont donc pas observées.

b) Les mesures automatiques : analyseur d'oxydes d'azote

Trois analyseurs ont été mis en place dans des cabines de mesures dans le cadre de cette étude. Le fonctionnement de ces analyseurs est identique à ceux intégrés au dispositif de surveillance régionale de la qualité de l'air et répondent ainsi aux normes en vigueur.

Contrairement aux mesures par diffusion passive, les analyseurs automatiques fournissent une donnée horaire, ce qui permet de suivre l'évolution temporelle des niveaux, et leurs corrélations avec d'autres facteurs comme la circulation ou les conditions météorologiques.

L'analyseur utilisé pour mesurer les concentrations en oxydes d'azote est basé sur la chimiluminescence, norme NF EN 14211.

Lors de cette réaction, le NO réagit avec de l'ozone (O₃) pour former du NO₂ à l'état excité (NO₂^{*}). Le NO₂^{*} instable revient à son état fondamental en perdant de l'énergie par l'émission d'un photon 'hv' : c'est le phénomène de chimiluminescence.

Son intensité est proportionnelle à la quantité de NOx présent dans l'air prélevé.

A partir de ce principe de base, un fonctionnement cyclique de l'analyseur permet d'accéder à deux modes de fonctionnement : le mode NOx et le mode NO.



Figure 15: Mesures automatiques aux abords de la rocade

Les caractéristiques des trois analyseurs utilisés sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Caractéristiques principales des analyseurs NOx utilisés

Modèles	200E
Gamme de mesure NOx	0-1000 ppb
Limite de détection NOx	0,4 ppb
NO ₂ : 1ppb=1,91µg/m ³	

IV.2.2 Qualité de la mesure

Toute méthode de mesure, comme les mesures automatiques ou les échantillonneurs passifs, est associée à une certaine précision appelée incertitude. Dans le domaine de la qualité de l'air, des directives européennes fixent les seuils relatifs à l'incertitude maximale acceptable associée à la mesure des différents polluants réglementés pour ces deux techniques.

Pour les **analyseurs automatiques**, l'**incertitude acceptée pour la mesure horaire est de 15%** pour les oxydes d'azote⁷.

Dans le cas des **échantillonneurs passifs**, l'incertitude de mesure est liée à la méthode de mesure et à l'analyse du support. Selon la réglementation, l'**incertitude globale est limitée à 30%** pour le dioxyde d'azote et le benzène.

Par ailleurs, des contrôles de la qualité des mesures ont été réalisées lors de cette campagne afin de garantir la bonne fiabilité des données.

Les trois analyseurs automatiques ont fait l'objet d'opérations de vérifications et d'étalonnage conformément à nos procédures internes établies pour le suivi du dispositif de surveillance réglementaire.

En ce qui concerne les prélèvements par tube passif, la qualité de la mesure a été contrôlée par la pose d'un doublon de prélèvement sur l'un des points de mesure et l'analyse d'un échantillon témoin non exposé (blanc transport) qui permet de détecter une éventuelle contamination liée au transport, à la préparation ou au stockage

Les résultats de ces tests sont présentés dans le chapitre suivant.

⁷ Directive européenne 2008/50/CE

IV.2.3 Résultats des tests qualité des mesures

a) Contrôle de la qualité des mesures automatiques

Les analyseurs en continu ont fait l'objet d'opérations de maintenance, vérification et étalonnage à fréquence régulière durant la campagne, afin de garantir la qualité des mesures effectuées.

Les principales interventions du service technique d'Air Breizh durant la campagne sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Récapitulatif des contrôles qualité sur les analyseurs d'oxydes d'azote

Date	Nature contrôle
31/01	Installation et raccordement (étalonnage si nécessaire) des 3 analyseurs
01/03	Contrôle des paramètres de mesure
12/03	Raccordement (étalonnage si nécessaire) et désinstallation des 3 analyseurs

Les taux de couverture temporelle des appareils du 08/02 au 08/03/18 sont repris dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Taux de couverture temporelle des analyseurs oxydes d'azote (en %) sur les 3 points du 08/02 au 08/03/18

Point P7 - Porte St Nazaire	99.7%
Point P20 - Hexagone	97.0%
Point P37 - Bréquigny	100%

La Directive 2008/50/CE impose un taux de couverture minimale de 85% sur une période donnée afin d'assurer une représentativité suffisante des mesures sur la période retenue.

Dans le cas de cette campagne, les taux de couverture sont supérieurs à 97% ce qui garantit une bonne représentativité des mesures sur la période du 08/02 au 08/03/18.

b) Contrôle de la qualité des mesures par prélèvement passif

Pour les prélèvements par tube passif, des doublons de prélèvement et un blanc de transport ont été réalisés afin de vérifier la qualité des mesures réalisées. Les résultats sont présentés ci-après.

❖ Vérification des blancs

Deux types de blancs ont été réalisés.

Les blancs de transport sont des tubes passifs qui suivent les mêmes manipulations que les échantillons (stockage, transport sur le site puis envoi au laboratoire), sans par contre être exposés.

Ils permettent de vérifier que les tubes ne sont pas contaminés pendant ces différentes étapes.

Pour le benzène, la mesure est réalisée à l'aide de tubes régénérables. Pour vérifier la conformité de cette étape de régénération, le laboratoire d'analyse réalise un test, appelé blanc analytique, sur l'une des cartouches du même lot et veille à ce que le résultat soit inférieur à 25 ng⁸, ce qui justifie qu'il n'y a pas de teneur résiduelle dans le support.

Pour le dioxyde d'azote, les tubes sont utilisables qu'une seule fois. Il n'y a donc pas de blanc analytique pour ce paramètre.

Les résultats sont présentés ci-après par paramètre analysé.

⁸ Guide méthodologique pour la Surveillance du benzène dans l'air ambiant (LCSQA 2014)

Tableau 5 : Résultats des blancs de transport

BENZENE	08/02_15/02	15/02_22/02	22/02_01/03	01/03_08/03
blanc transport (en ng)	<20	<20	<20	<20
Blanc analytique (en ng)	<20	<20	<20	<20
DIOXYDE D'AZOTE	08/02_15/02	15/02_22/02	22/02_01/03	01/03_08/03
blanc transport (en ng)	<27	<27	<27	<27

Pour l'ensemble des paramètres présentés ci-dessus, les résultats des blancs transport et analytique sont inférieurs aux limites de quantification du laboratoire.

Pour le benzène, le guide méthodologique pour la Surveillance du benzène dans l'air ambiant (LCSQA 2014) demande de soustraire la valeur du blanc transport si le résultat est supérieur à 40 ng ce qui n'est pas le cas pour chacune des séries.

Pour le dioxyde d'azote, il n'y a pas de préconisation mais le résultat est inférieur à la limite de quantification du laboratoire.

Ces résultats révèlent l'absence de contamination des supports lors des différentes manipulations, à la fois avant la campagne pour la régénération des tubes BTEX, et pendant la campagne.

❖ Vérification de la répétabilité

Lors de chaque série, les mesures de benzène et de dioxyde d'azote par tube ont été dupliquées sur l'un des sites : le site n°20.

La précision de ces mesures est définie par la moyenne des écart-relatifs (IERI) calculés pour chaque mesure dupliquée.

L'écart-relatif, en valeur absolue, pour chaque couple exposé est calculé d'après la formule suivante [source : synthèse de l'expérience acquise par les réseaux sur l'échantillonnage passif du NO₂ – Ecole des Mines de Douai mai 2000] :

$$\text{IERI (\%)} = ((M-mi)/M) \times 100$$

Avec :

M : la concentration moyenne de la série (en µg/m³)

mi : la concentration d'un tube (en µg/m³)

Les résultats sont présentés sur le tableau suivant.

Tableau 6 : Résultats des tests de répétabilité pour les mesures par tube passif

BENZENE	08/02_15/02	15/02_22/02	22/02_01/03	01/03_08/03
concentration site 20 (en µg/m ³)	0,5	1,0	0,9	0,9
ER (%)	1%	0%	2%	0%
concentration site doublon site 20 (en µg/m ³)	0,6	1,0	1,0	0,9
ER (%)	-1%	0%	-2%	0%
moy	0,6	1,0	0,9	0,9
moyenne IERI	1,1%	0,0%	2,3%	0,1%
DIOXYDE D'AZOTE	08/02_15/02	15/02_22/02	22/02_01/03	01/03_08/03
concentration site 20 (en µg/m ³)	29,4	24,0	10,5	25,5
ER (%)	1%	2%	3%	-2%
concentration site doublon site 20 (en µg/m ³)	30,2	25,0	11,2	24,6
ER (%)	-1%	-2%	-3%	2%
moy	29,8	24,5	10,9	25,1
moyenne IERI	1,4%	1,9%	2,9%	1,7%

Les résultats des calculs des écarts relatifs sont tous inférieurs à ±3% pour chacune des séries de mesure sur les deux périodes.

Pour le dioxyde d'azote, un critère maximum de 5% pour la reproductibilité est fixé dans la norme NF EN 16339. **La répétabilité pour l'ensemble des séries de mesures est donc très satisfaisante.**

Le guide méthodologique pour la Surveillance du benzène dans l'air ambiant (LCSQA 2014) prescrit un écart relatif inférieur à 15% ce qui a donc largement été respecté.

L'objectif de ces tests de reproductibilité était de vérifier la compatibilité de la méthode utilisée dans l'environnement de cette étude même si celle-ci a déjà été très largement utilisée dans un contexte similaire.

❖ Comparaison avec les mesures automatiques de dioxyde d'azote

Des tubes à diffusion ont été installés sur les points de mesures automatiques pour le dioxyde d'azote. Les résultats de ces tubes et des moyennes calculées sur les mêmes périodes d'après les relevées automatiques sont présentés ci-après avec le calcul de l'écart relatif entre ces mesures (l'analyseur est considéré comme la méthode de référence).

Tableau 7 : Ecarts relatifs tubes/analyseur pour le dioxyde d'azote

DIOXYDE D'AZOTE	Point P7				Point P37				Point P20			
	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
concentration tube (en µg/m3)	22,1	35,7	45,8	22,9	40,0	41,5	30,3	37,0	29,4	24,0	10,5	25,5
concentration analyseur (en µg/m3)	40,5	71,1	54,5	30,6	41,4	43,2	32,7	38,1	34,1	27,9	13,0	23,6
ER (%) par série	-45%	-50%	-16%	-25%	-3%	-4%	-7%	-3%	-14%	-14%	-19%	8%
ER (%) moyen sur campagne	-36%				-4%				-9%			

Pour les points P20 et P37, les écarts relatifs entre les deux méthodes sont inférieurs à 10% ce qui est largement conforme aux attentes de cette méthode à diffusion.

Pour le point P7, l'écart moyen sur la campagne est plus élevé (-36%) ce qui s'explique par des écarts plus importants lors des deux premières séries.

D'après la bibliographie, la comparaison de ces deux méthodes révèle souvent des écarts relatifs positifs à savoir une surestimation des tubes passifs, d'un ordre de grandeur souvent de l'ordre de 10 à 20%. Des écarts supérieurs, même négatifs, ont toutefois été observés dans des études similaires.

Au vu de ces éléments, nous avons décidé de ne pas corriger les résultats obtenus par tube à diffusion. Une légère sous-estimation est possible par rapport à la méthode de référence.

❖ Autres commentaires sur la réalisation des prélèvements passifs (dégradation, perte de tubes, ...)

Lors des 4 séries de mesures, 5 tubes n'ont pas fait l'objet d'analyses pour le benzène et 3 tubes pour le dioxyde d'azote.

Ces pertes de tubes, inhérentes à ce type de campagne de prélèvement en lieux publics, ont été relativement faibles au regard du nombre de tubes posés à savoir 228 tubes par paramètre (taux de perte : 1.75%).

IV.3. Les sites de mesure

IV.3.1 Emplacements des sites de mesures par diffusion passive

Sur la zone d'étude, **une cinquantaine de points a été implantée** afin de répondre à deux objectifs :

- Mesures des niveaux de concentrations le long de la rocade afin d'étudier les variations des niveaux selon le nombre de voies, la fluidité du trafic et l'environnement immédiat ;
- Mesures des niveaux de concentrations au fur et à mesure de l'éloignement de la rocade selon des transects disposés perpendiculairement à l'axe routier afin d'étudier l'évolution des concentrations en fonction de l'occupation des sols.

→ Mesures le long de la rocade :

Douze points de mesures ont été positionnés à proximité immédiate des voies de circulation (distance < à 5 mètres par rapport à la voirie) en situation dite de 'proximité trafic'⁹ ce qui représente un prélèvement tous les 250-300 mètres environ sur le tronçon étudié.

Les panneaux de signalisation, mur antibruit ont souvent été utilisés pour positionner ces points au plus près des voies.

→ Mesures selon un transect – dispersion horizontale :

Au total 8 transects ont été positionnés sur le secteur d'étude. Chaque transect, disposé perpendiculairement à l'axe routier, comprend 5 points de prélèvement, dont l'un situé à proximité immédiate de la rocade, puis 4 points distants d'une cinquantaine de mètres de l'un à l'autre.

L'objectif est de caractériser la dispersion horizontale des concentrations sur une distance de l'ordre de 200 mètres de part et d'autre de la rocade et de préciser la distance d'influence des émissions de la rocade. Au-delà de 200 mètres, nous avons considéré que l'impact de la rocade était peu significatif.

Une description détaillée de chacun des transects est réalisée dans la suite du rapport.

Cette distance 'd'impact maximal' a été fixée sur la base d'autres études réalisées notamment l'étude d'Air Paris en 2008 citée plus en amont dans le rapport, mais également par Air Breizh notamment au niveau du quartier Beauregard (campagnes de mesures 2017).

Les critères de classification des stations de surveillance de la qualité de l'air, définis par le LCSQA⁷, confortent également cette distance.

Parmi l'ensemble des typologies de stations existantes, l'une d'entre-elle permet de caractériser l'exposition de la population aux concentrations de fond dans les agglomérations. Il s'agit des stations 'urbaines de fond' qui présentent des niveaux non influencés par une source à proximité immédiate mais par la contribution de plusieurs sources.

Pour répondre à cette classification, l'un des critères concerne l'éloignement du point de mesure par rapport aux axes de circulation.

Ainsi pour un niveau de trafic supérieur à 70 000 véhicules/jour comme c'est le cas pour la rocade, une distance minimale de 200 mètres doit être respectée pour une station urbaine de fond.

→ Mesures en hauteur – dispersion verticale :

En complément de l'étude de la dispersion horizontale des niveaux de concentrations, des prélèvements ont également été réalisés à différentes hauteurs sur des immeubles ainsi que sur des façades côté rocade et côté opposé aux voies de circulation.

L'objectif de ces prélèvements est d'étudier la dispersion verticale des concentrations et l'exposition des habitants d'immeubles selon le niveau occupé.

Le plan d'échantillonnage est présenté sur la figure de la page suivante.

⁹ Guide de conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air - Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) – 2017

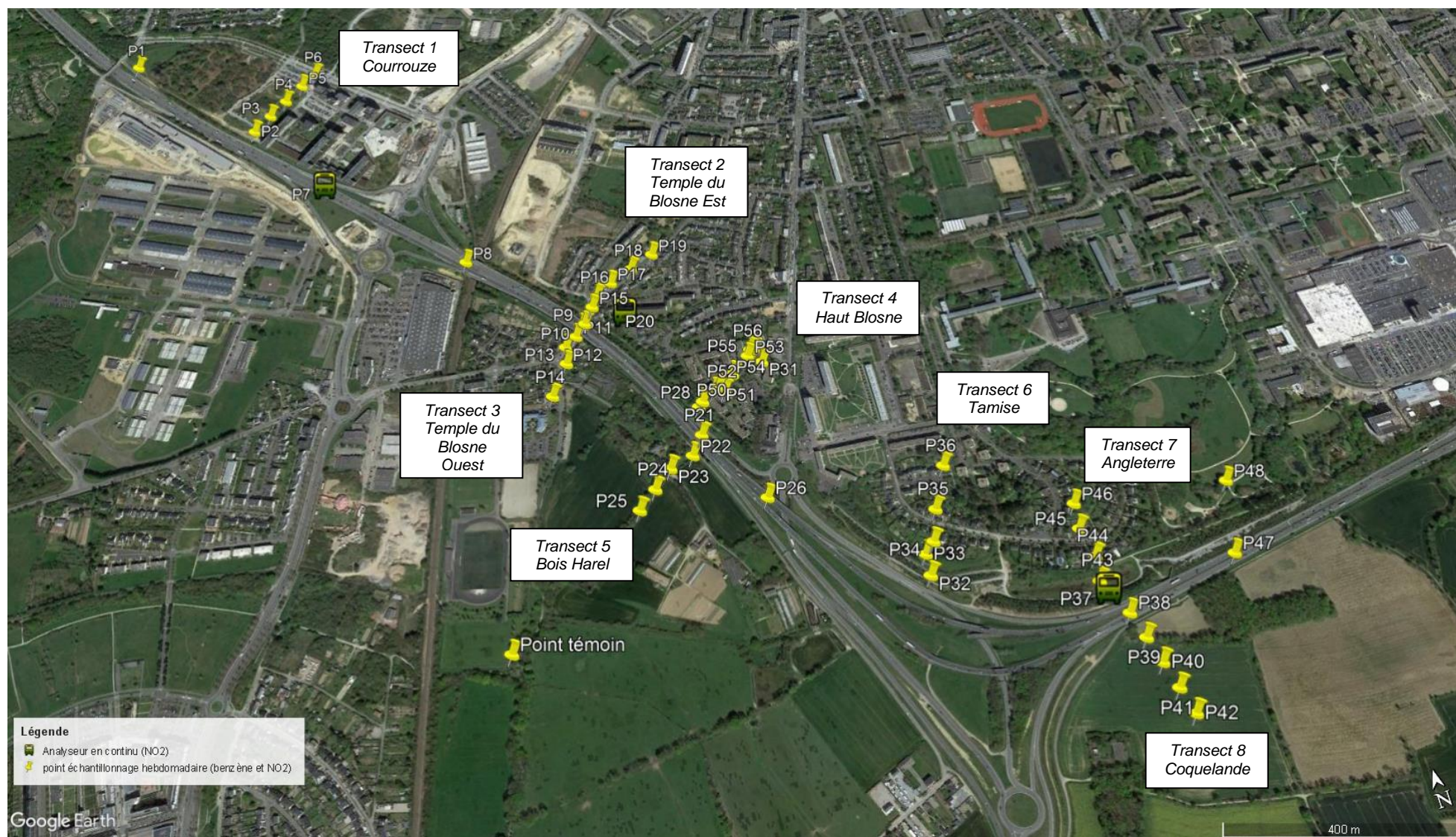


Figure 16 : Plan d'échantillonnage – Etude caractérisation de la qualité de l'air à proximité de la rocade – campagne février/mars 2018

IV.3.2 Emplacements des moyens de mesure automatique

Simultanément aux mesures par tubes à diffusion, des mesures automatiques d'oxydes d'azote ont été réalisées sur trois points de mesures.

Deux ont été disposés à proximité immédiate de la rocade sur deux secteurs présentant des niveaux de trafic et un nombre de voies différents :

- L'un dans le secteur de Bréquigny (P37),
- L'autre au niveau de la porte de St Nazaire (P7).

Un autre point de mesures automatiques a été disposé à une quarantaine de mètres de l'axe routier (P20) pour quantifier l'influence des émissions du trafic routier à cette distance.

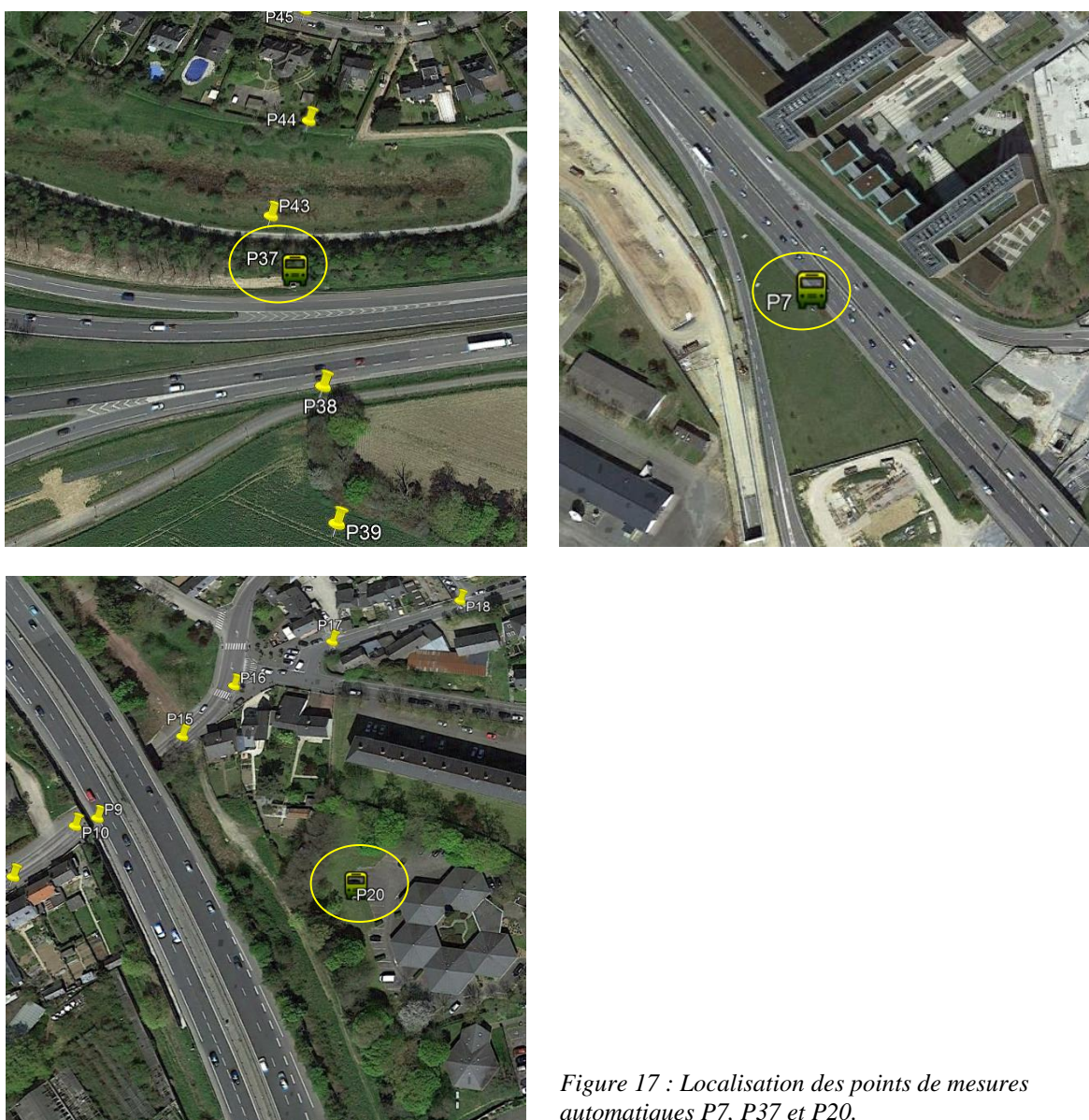


Figure 17 : Localisation des points de mesures automatiques P7, P37 et P20.

IV.3.3 Emplacement des points de prélèvements passifs le long de la rocade

Au total, 12 points de prélèvements passifs ont été placés le long de la rocade dont 7 au démarrage de transects perpendiculaires à la rocade (cf. chapitre suivant IV.3.4).

Les figures suivantes représentent les emplacements de ces points ainsi que l'environnement dans lesquels ils ont été implantés sur la rocade sens extérieur et intérieur.

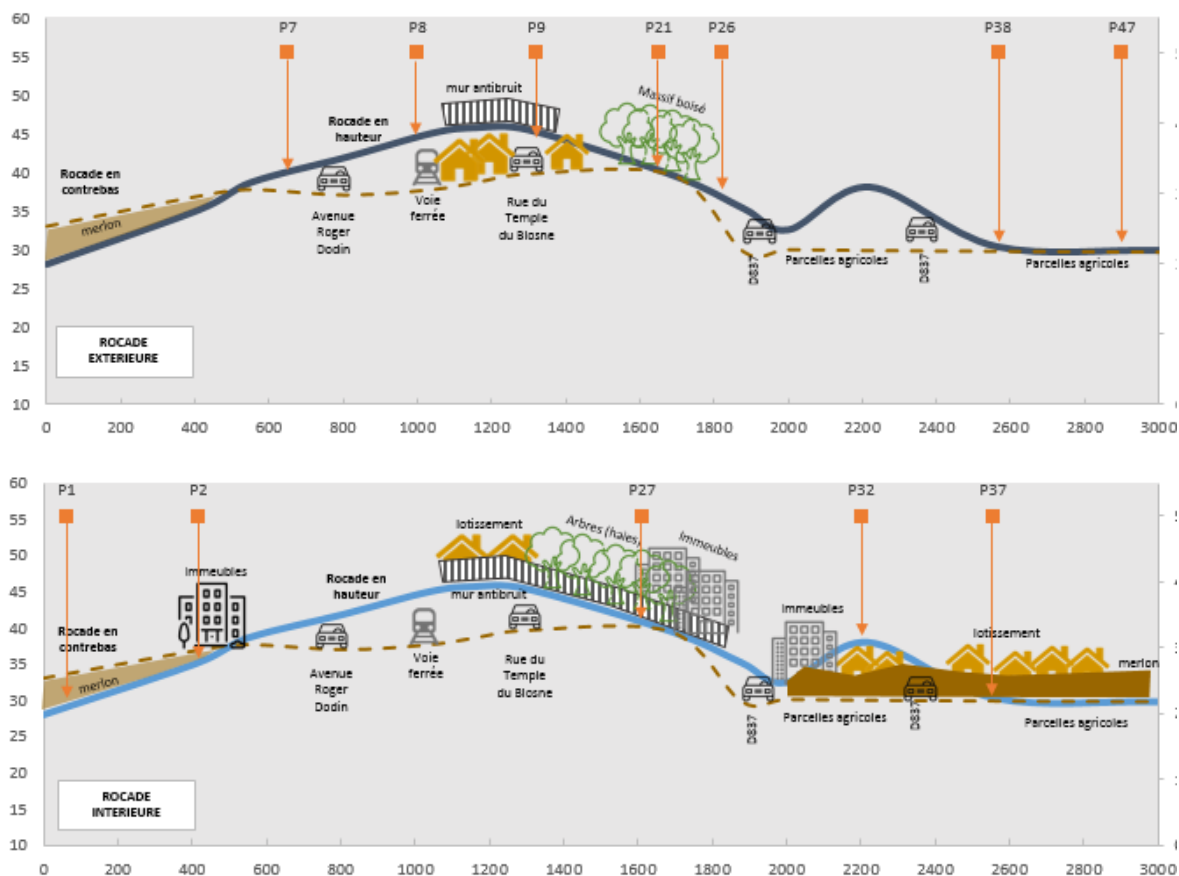


Figure 18 : Coupe topographique présentant la localisation des points de prélèvements passifs le long de l'axe routier (topographie et distance en m)

IV.3.4 Description des transects – dispersion horizontale

Comme présenté plus en amont du rapport, 8 transects ont été positionnés perpendiculairement à l'axe routier de manière à appréhender la dispersion des concentrations en dioxyde d'azote et benzène de part et d'autre de la rocade en fonction de son environnement.

Une présentation détaillée de ces transects est réalisée ci-après.

a) Transect 1 'Courrouze'

Ce transect comprend 5 points : le premier situé à proximité de l'axe routier (20 mètres¹⁰) qui est à ce niveau en contrebas de 3 à 4 mètres par rapport à son environnement.

Les 4 autres points (situés à la même côte topographique) sont distants de 70, 120, 175 et 220 m (soit tous les 50 m).

Cette zone est composée d'immeubles résidentiels et tertiaires de grande hauteur (R+6 à R+8).

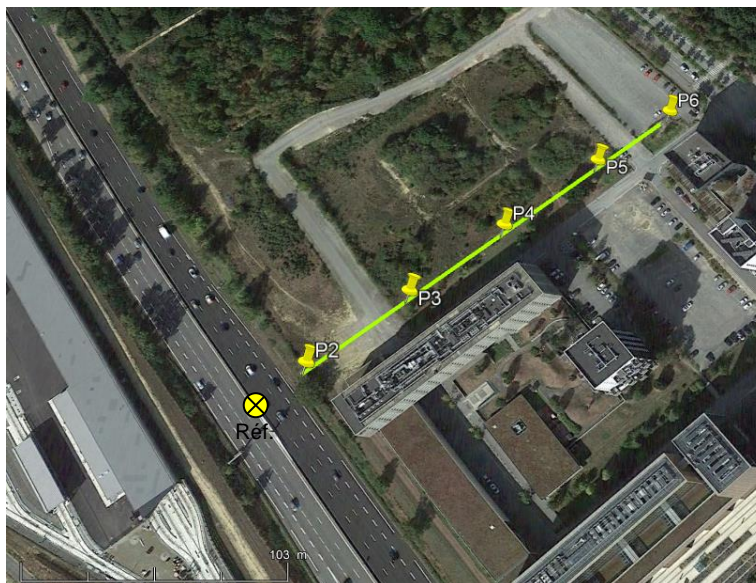


Figure 19 : Vue du transect 1 'La courrouze'

Le transect a été positionné au niveau d'une zone végétalisée, le long de la voie desservant les immeubles.

L'objectif de ce transect est d'étudier l'évolution des concentrations au niveau d'une portion de la rocade en contrebas et à 3 voies dans les deux sens de circulation et avec un environnement relativement dégagé.

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

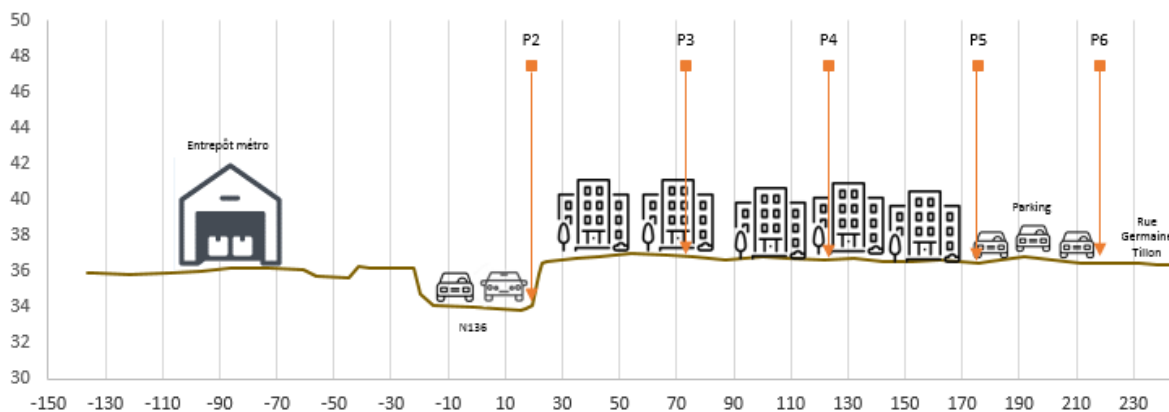


Figure 20 : Profil topographique (en m) – transect 1

¹⁰ Dans le cadre de cette étude, les distances des points ont été calculées par rapport au centre de la voie de la rocade qui représente une largeur de 25 m environ (« pt réf. » sur les vues aériennes).

b) Transect 2 'Temple du Blossne – côté Est'

Ce transect est composé de 5 points : le premier se trouve à 25 mètres du bord de la voirie, qui se trouve à ce niveau en hauteur et est bordé d'un mur antibruit. La rue du temple du Blossne passant sous la rocade à ce niveau.

Les autres points se trouvent à 50m, 90m, 140m et 190 mètres du centre de la rocade.

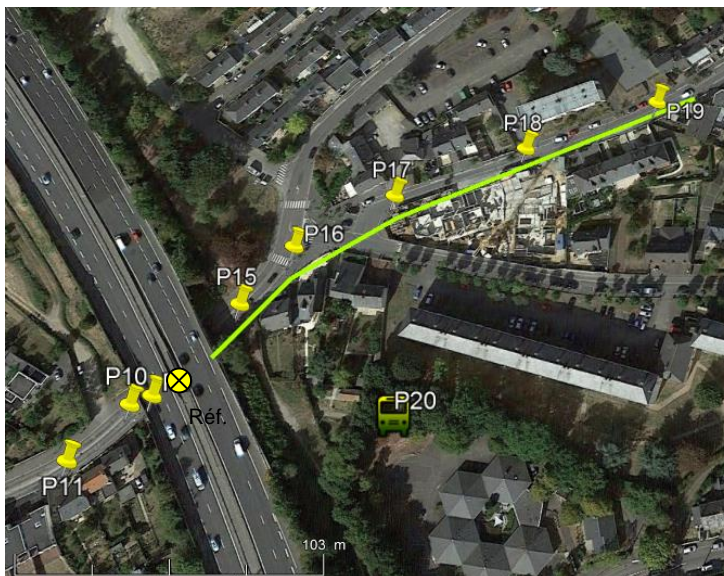


Figure 21 : Transect 2 'Rue du Temple du Blossne – côté Est'

Ce transect est positionné dans un quartier résidentiel, avec de l'habitat type pavillonnaire. La rue du temple du Blossne présente une fréquentation significative (6 600 véhicules/jr) au regard de sa configuration. Les émissions sur cet axe s'ajoutent à celles de la rocade.

Il s'agit de l'un des deux transects (avec le transect 3) présentant des habitations à proximité immédiate de la rocade (une dizaine de mètres).

L'objectif de ce transect est d'étudier l'évolution des concentrations sur une portion de la rocade bordée d'un mur antibruit et en hauteur de 5 à 6 mètres par rapport à son environnement. L'ajout des émissions liées à la circulation sur la rue du temple du Blossne à celles de la rocade sera également étudié.

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

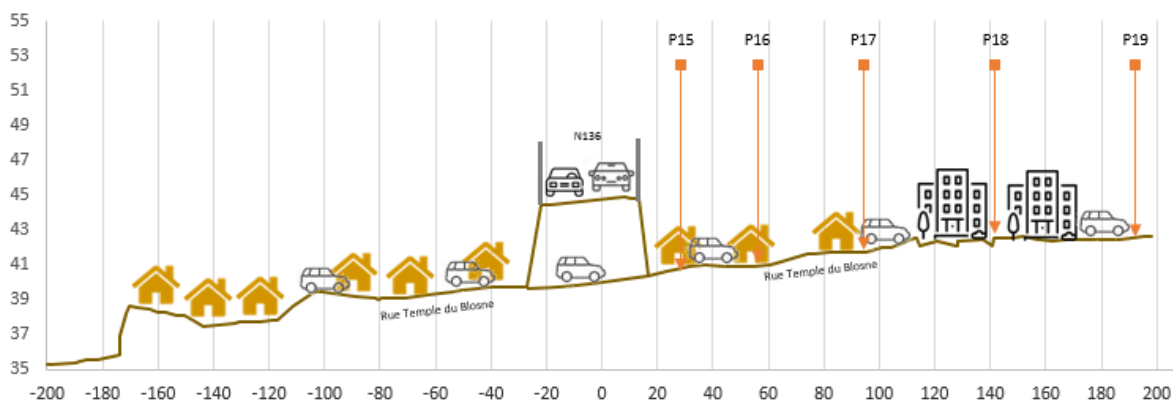


Figure 22 : Profil topographique (en m) – transect 2

c) Transect 3 'Rue du temple du Blosne – côté Ouest'

Ce transect, se trouvant à l'Ouest de la rocade, a été positionné dans la continuité du précédent.

Il est composé de 5 points : le premier se trouve au bord des voies, sur le mur antibruit pour quantifier les concentrations maximales et l'influence de cet obstacle.

Les autres points ont été disposés le long de la rue du temple du Blosne (à 20m, 45m et 80 m du centre de la voirie) puis le long de l'avenue de la Rablais (110m et 185m).

Le dernier point se trouve au niveau de la maison de retraite (Etablissement sensible le plus proche de la rocade dans ce secteur).

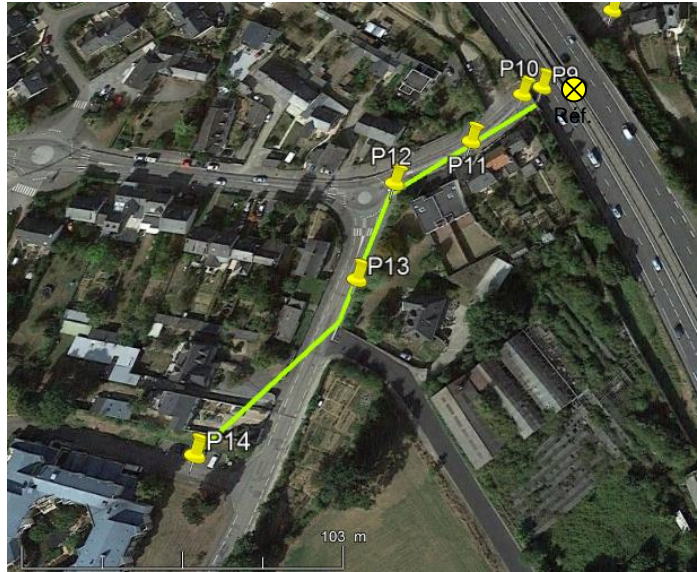


Figure 23 : Transect 3 'Rue du Temple du Blosne – côté Ouest'

Ce transect se trouve également en zone pavillonnaire. La circulation routière Rue du Temple du Blosne est plus importante que celle de la Rue de la Rablais. Les concentrations attendues sur les points 10, 11 et 12 seront probablement plus élevées du fait de ces émissions additionnelles.

A l'image du transect 2, il s'agit de la portion de la rocade qui présente les habitations les plus proches de la rocade (quelques mètres).

L'objectif de ce transect est identique au précédent, disposé dans la continuité. Ajoutons toutefois la présence d'un point de prélèvement à proximité de l'établissement sensible le plus proche de la rocade sur le secteur.

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

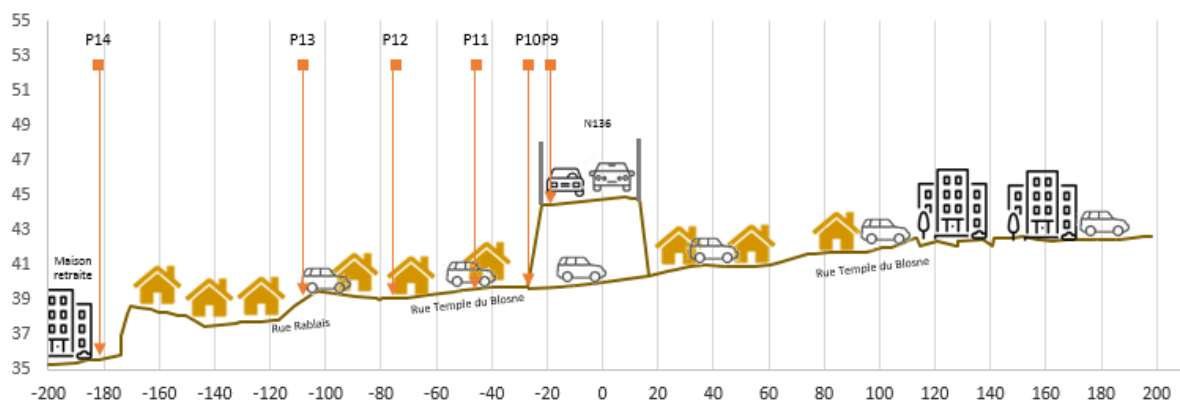


Figure 24 : Profil topographique (en m) – transect 3

d) *Transect 4 'Immeubles haut Blossne'*

Ce transect se trouve dans un quartier résidentiel composé d'immeubles de moyenne hauteur (R+3).

Il comprend 6 points dont le plus proche est situé en bordure d'une voie d'insertion (19 mètres du centre de la voie de la rocade).

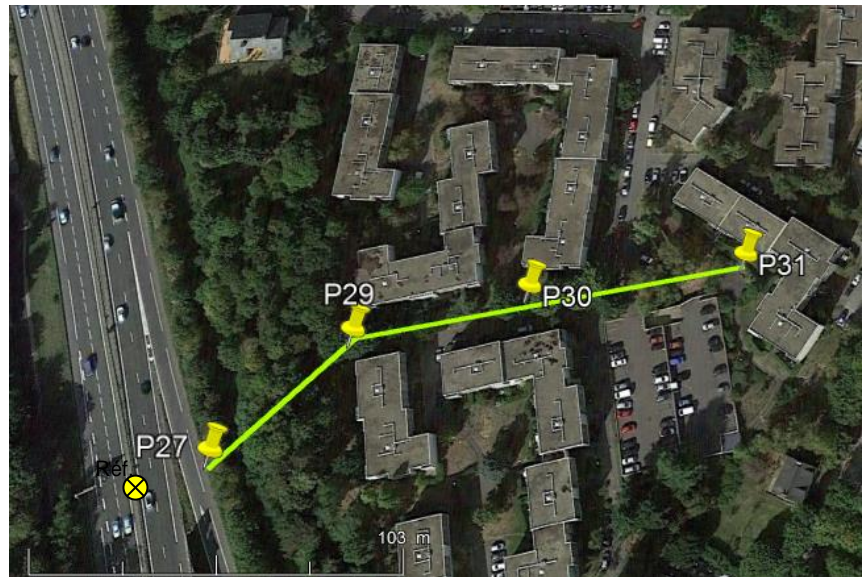


Figure 25 : Transect 4 'immeubles du Haut Blossne'

Celle-ci présente une pente ascendante dans le sens de la circulation ce qui peut avoir un impact sur les émissions des véhicules.

La voirie est bordée d'un mur antibruit, devancé par de la végétation, puis par un chemin et un second écran de végétation avant des espaces verts. Pour étudier l'influence du mur antibruit sur les niveaux de concentrations, nous avons placé le 2nd point juste de l'autre côté de cet obstacle (32 mètres du centre de la voie).

Les autres points ont été placés respectivement à 70m, 115m et 180 m de la voirie.

Notons que des prélèvements complémentaires ont été réalisés dans ce quartier résidentiel sur deux immeubles afin d'étudier la dispersion verticale des niveaux de concentrations (cf. chapitre IV.4.4).

L'objectif de ce transect est d'étudier les influences respectives de la voie d'insertion (séparant le point de prélèvement le plus proche des voies de la rocade) et du mur antibruit, ainsi que la dispersion des concentrations dans un environnement urbanisé (immeubles).

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

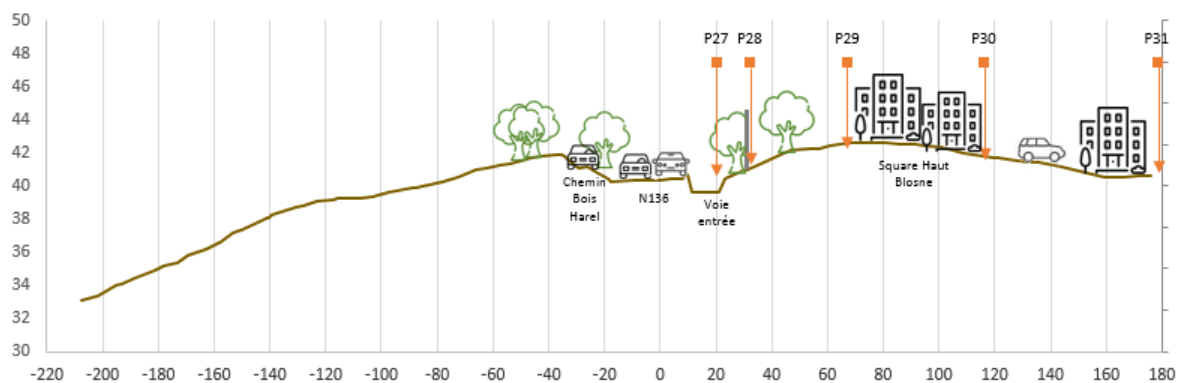


Figure 26 : Profil topographique (en m) – transect 4

e) Transect 5 'parcelles agricoles Bois Harel'

Ce transect, composé de 5 points, se trouve au niveau d'une parcelle agricole offrant une importante zone de dispersion.

Le 1^{er} point se trouve en bordure de voirie (15m) puis à des distances respectives de 60m, 105m, 155m et 200 mètres de la voirie.

La voirie se trouve au même niveau que son environnement et n'est pas séparé de ce dernier.



Figure 27 : Transect 5 'Parcelles agricoles Bois Harel'

L'objectif de ce transect est d'étudier la dispersion des émissions dans une zone non urbanisée (parcelle agricole) et dépourvue d'obstacle naturel et/ou artificiel la séparant de la voirie.

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

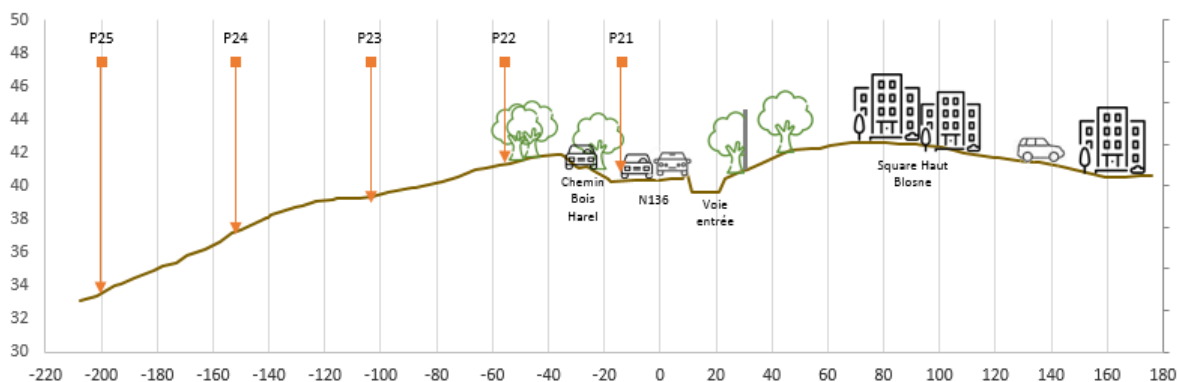


Figure 28 : Profil topographique (en m) – transect 5

f) Transect 6 'Bréquigny – rue de la tamise'

Au niveau de cette portion de la rocade, les voies sens intérieur et extérieur sont séparées d'un espace vert d'une largeur maximale de 70 mètres.

D'autre part, sur la partie Nord de ce tronçon, une voie de sortie sépare le sens intérieur de la rocade de son environnement.

De ce fait, le lotissement voisin, situé au Nord de la rocade, se trouve très éloigné des voies de circulation de la rocade.

Ce transect comprend 5 points : le plus proche se trouve aux abords de la voie de sortie.

Pour le calcul des distances, le bord de la voie de sortie a été retenu comme référence.

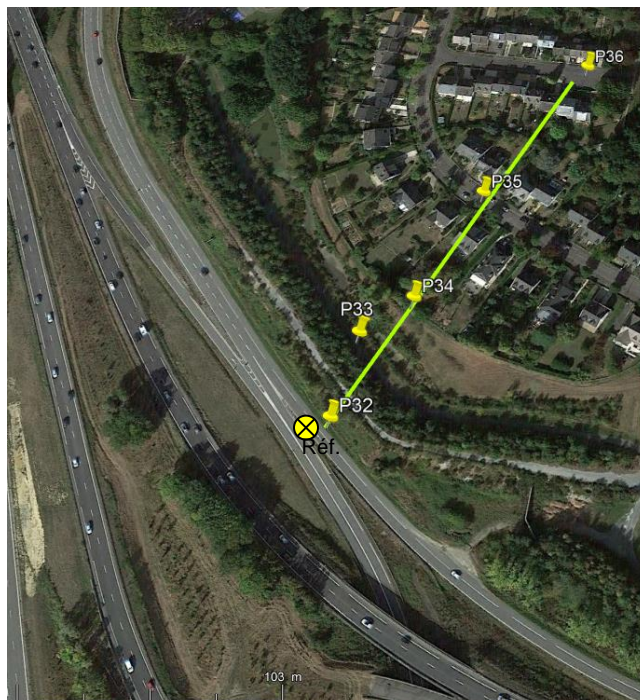


Figure 29 : Transect 6 'Bréquigny – rue de la tamise'

Les autres points se trouvent respectivement à 50m, 70m, 135m et 230 mètres de la voie de sortie. La particularité de ce transect est lié au niveau de trafic plus faible sur la voie de la plus proche (voie de sortie) par rapport aux autres transects implantés au bord des voies de la rocade.

Les voies de circulation sont bordées d'un talus végétalisé de quelques mètres de hauteur au niveau de cette portion de rocade, suivi d'un espace vert d'une largeur d'une trentaine de mètres puis d'un quartier résidentiel composé d'habitations de type pavillonnaire.

L'objectif de ce transect est d'étudier l'évolution des concentrations dans cette zone de la rocade bordée d'un talus de grande hauteur, et en direction du quartier résidentiel situé entre 180-200 mètres de la rocade.

A la différence des transects 2 et 3, les 1^{ères} habitations sont plus éloignées des voies de circulation (une dizaine de mètres seulement pour les transects 2 et 3).

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

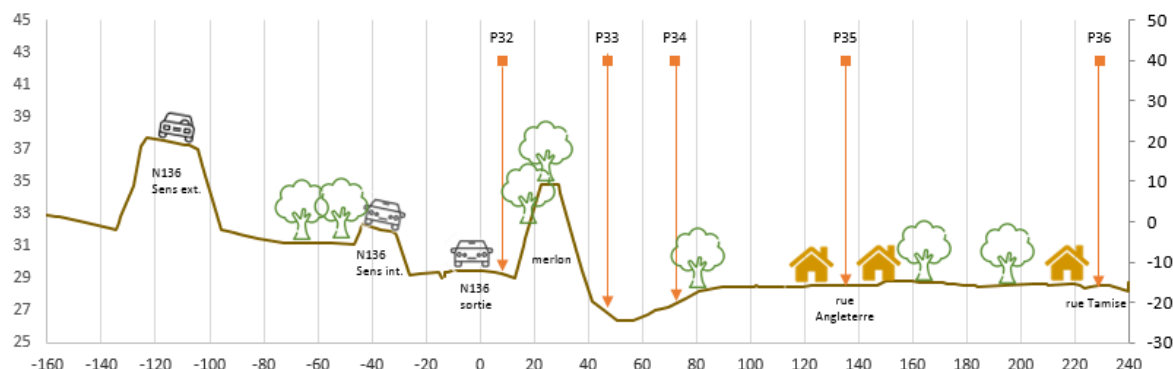


Figure 30 : Profil topographique (en m) – transect 6

g) Transect 7 'Bréquigny rue d'Angleterre'

Ce transect se trouve dans une configuration très proche du précédent à savoir un quartier résidentiel séparé des voies de circulation par un talus végétalisé et un espace vert.

La différence ici porte sur l'éloignement des 1^{ères} habitations par rapport aux voies de circulation (85m).

Contrairement au transect précédent, les voies de circulation sens intérieur et extérieur se rejoignent à ce stade.

Ce transect est composé de 5 points dont le plus proche se trouve en bordure de la voie de sortie de la rocade.

Le second se trouve de l'autre côté du talus végétalisé (40m) puis les autres à des distances de 85m, 140m et 190 mètres.

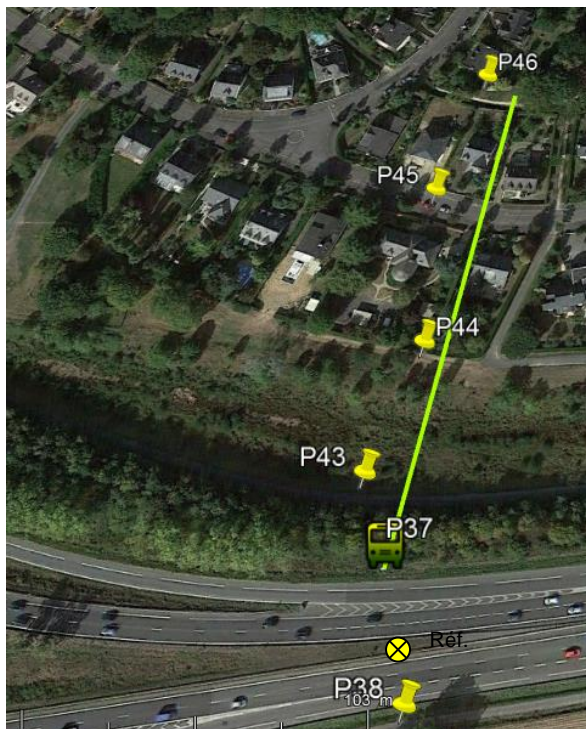


Figure 31 : Transect 7 'Bréquigny – rue d'Angleterre'

Notons que le point proche de la rocade (P37) a été équipé d'un tube passif ainsi que d'un analyseur automatique.

L'objectif de ce transect est proche du précédent à savoir étudier l'évolution des concentrations dans cette zone de la rocade bordée d'un talus de grande hauteur, et en direction du quartier résidentiel situé à 85 mètres des voies. La différence avec le transect 6 porte toutefois sur la proximité de la rocade (réunifiée à ce stade) par rapport au lotissement.

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

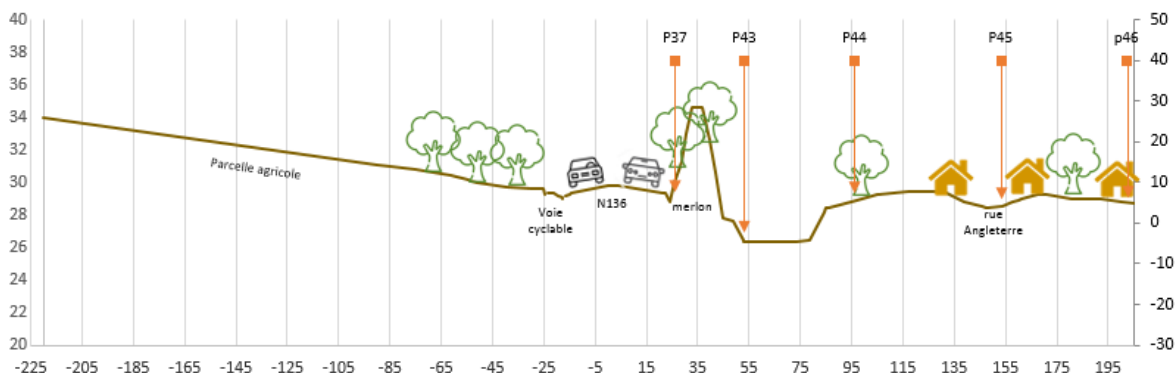


Figure 32 : Profil topographique (en m) – transect 7

h) Transect 8 'parcelles agricoles – Coquelande'

Il s'agit du 2nd transect réalisé dans des parcelles agricoles (cf. transect 5).

Les voies de circulation et leur environnement proche sont similaires sur ces deux transects : 4 voies de circulation et un environnement au même niveau topographique que les voies de circulation.

Légère différence toutefois en ce qui concerne la présence d'une voie d'insertion à ce niveau.

Ce transect est composé de 5 points de mesures : l'un proche de la voie de circulation (20m), et les autres distants de 70m, 120m, 170m et 220 mètres.

L'objectif de ce transect est d'étudier la dispersion des émissions dans une zone non urbanisée (parcelle agricole) et dépourvue d'obstacle naturel et/ou artificiel la séparant de la voirie.



Figure 33 : Transect 8 'Coquelande'

Le profil topographique de ce transect est présenté ci-après.

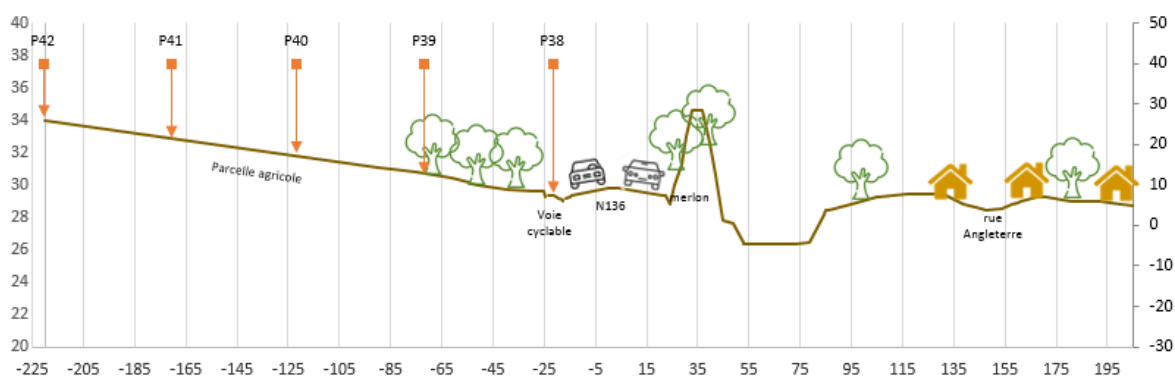


Figure 34 : Profil topographique (en m) – transect 8

i) Synthèse des caractéristiques des transects

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de chaque transect étudié. L'objectif pour chacun d'eux est d'étudier la dispersion des concentrations en fonction de ses particularités.

Tableau 8 : Caractéristiques principales des transects

Transects	Caractéristiques
Transect 1	Rocade en contrebas de quelques mètres 3 voies de circulation dans les deux sens Environnement dégagé
Transect 2	Rocade en hauteur de quelques mètres Zone de transition nombre de voies : extérieur 2 voies, intérieur passage en 3 voies Présence d'un mur antibruit Environnement pavillonnaire (maison très proche de la rocade 25m) Ajout des émissions liées à la circulation rue du Temple du Blosne
Transect 3	Rocade en hauteur de quelques mètres 2 voies de circulation dans les deux sens Présence d'un mur antibruit Environnement pavillonnaire (maison très proche de la rocade 25m) Ajout des émissions liées à la circulation rue du Temple du Blosne Présence d'un établissement sensible (maison de retraite)
Transect 4	Proche d'une voie d'insertion 2 voies de circulation dans les deux sens Présence d'un mur antibruit + végétation Environnement immeubles résidentiels
Transect 5	Pas d'obstacle entre les voies et l'environnement 2 voies de circulation dans les deux sens Zone non urbanisée (activité agricole)
Transect 6	Sens intérieur et extérieur de la rocade séparée - 2 voies de circulation dans les deux sens Merlon végétalisé Trafic faible sur la voirie la plus proche (voie de sortie) Quartier résidentiel à 180 m de la voirie
Transect 7	2 voies de circulation dans les deux sens Merlon végétalisé Quartier résidentiel à 80 m de la voirie
Transect 8	Pas d'obstacle entre les voies et l'environnement 2 voies de circulation dans les deux sens Zone non urbanisée (activité agricole)

IV.3.5 Points complémentaires – dispersion verticale

Des points de prélèvements complémentaires ont été réalisés sur deux immeubles de moyenne hauteur (R+3) dans le quartier résidentiel du Haut Blosne.

Ceux-ci ont été effectués à deux hauteurs différentes sur les immeubles à savoir au rez de chaussée et au 3^{ème} étage ou toit de l'immeuble (environ 15 mètres de hauteur) et sur les deux façades : l'une face à la rocade et l'autre côté opposé.

Les immeubles investigués n°20 et 9, se trouvent respectivement à 70 mètres et 170 mètres de la rocade.



Figure 35 : Localisation des immeubles 20 et 9 dans le quartier du haut Blossne

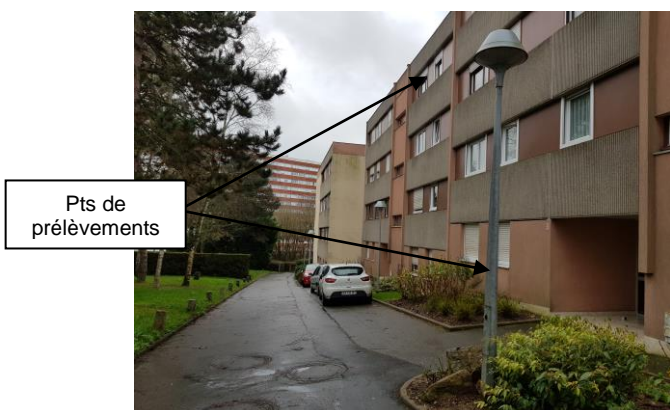


Figure 36 : façade opposée à la rocade – exemple de l'immeuble 20



Figure 37 : façade côté rocade - exemple de l'immeuble 20

La figure suivante présente la localisation des différents prélèvements réalisés à 1.5m et environ 15 mètres de hauteur.

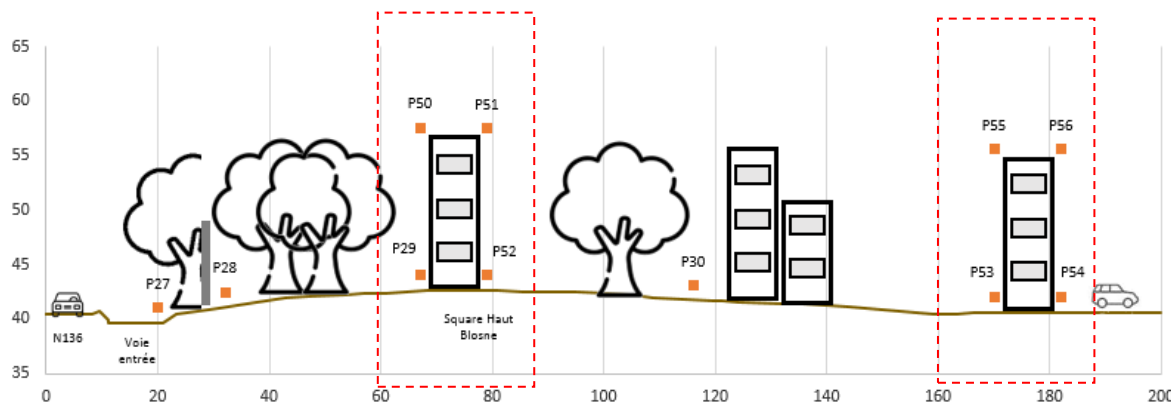


Figure 38 : Localisation des points de prélèvements à différentes hauteurs

L'objectif de ces prélèvements est d'étudier la dispersion verticale des émissions liées au trafic sur la rocade et l'exposition des habitants des immeubles selon le côté occupé.

IV.4. Période de mesures

Les mesures ont été réalisées durant la période hivernale durant 4 semaines du 8/02 au 08/03/18.

Pour assurer la bonne couverture de cette période, les analyseurs automatiques ont été installés sur une période légèrement plus importante soit du 31/01 au 12/03/18.

Cette campagne de 4 semaines a permis le suivi horaire du dioxyde d'azote à l'aide des moyens automatiques et la mesure hebdomadaire du benzène et du dioxyde d'azote par échantillonnage passif sur 4 semaines consécutives comme indiqué dans le tableau ci-après.

Tableau 9 : Période de mesures des quatre séries de prélèvement par tube diffusif

N° Série	Période de mesures par tube à diffusion
Série 1	Jeudi 8/02 au jeudi 15/02/18
Série 2	Jeudi 15/02 au 22/02/18
Série 3	Jeudi 22/08 au jeudi 01/03/18
Série 4	Jeudi 01/03 au jeudi 08/03

La période de mesure hivernale a été retenue sachant que les conditions météorologiques observées durant cette saison sont souvent plus favorables à l'accumulation de la pollution atmosphérique que durant la saison estivale. Nous étudierons ce point dans le chapitre suivant.

Les tubes ont été installés le premier jour et désinstallés le dernier jour de chaque série et selon un parcours identique ce qui permet de garantir un temps d'exposition proche pour l'ensemble des points.

Après analyse en laboratoire, les concentrations moyennes en benzène et en dioxyde d'azote ont été obtenues sur une période d'exposition d'une semaine.

V. Conditions durant la campagne de mesures

En préalable de l'interprétation des résultats (chapitre VI), les conditions météorologiques et de circulation durant les campagnes sont analysées dans le présent chapitre

V.1. Contexte météorologique

Le contexte météorologique peut avoir un impact sur les conditions de dispersion de la pollution atmosphérique. Certains paramètres favorisent la dispersion et/ou leur lessivage (par exemple la pluie), d'autres au contraire vont favoriser une accumulation des polluants (comme les hautes pressions), ou leur formation (comme l'ensoleillement).

Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est donc important d'étudier les conditions météorologiques dans lesquelles les mesures des polluants ont été effectuées.

Afin de mieux interpréter les résultats des mesures, différents paramètres météorologiques ont fait l'objet d'un suivi pendant la campagne. Ils sont issus de la station Météo France la plus proche des points de mesures, qui se trouve à Saint-Jacques de la Lande (35).

V.1.1 *La température et la pluviométrie*

La température est un paramètre influent sur les teneurs en polluants atmosphériques. Un important écart thermique entre la nuit et le jour, associé à des températures froides, favorise les phénomènes d'inversion thermique qui contribuent à l'accumulation des polluants (phénomène couramment rencontré au printemps).

Quant aux précipitations, elles sont favorables à un lessivage de l'atmosphère, permettant une diminution des concentrations en polluants.

a) *Comparaison des conditions pendant les mesures aux normales saisonnières*

Le graphique ci-après présente le cumul des précipitations et les températures moyennes durant le mois de mesure en comparaison aux normales sur la même station Météo France à savoir celle de Saint-Jacques de la Lande.

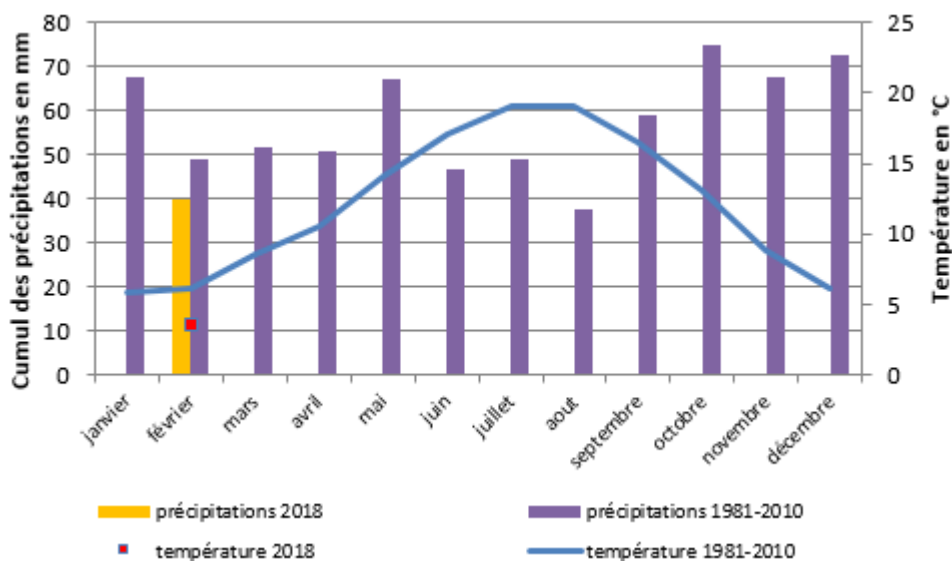


Figure 39: Température moyenne et précipitations cumulées durant la campagne de mesure – comparaison aux normales [source : Station Météo France de Saint-Jacques-de-la-Lande (35)]

Les mesures ont été réalisées du 8/02 au 8/03/18 soit majoritairement sur le mois de février. Ce dernier a présenté des températures nettement plus faibles que la normale saisonnière à savoir 3.6°C en 2018 contre 6°C en moyenne sur les années 1981-2010.

Le cumul de précipitations durant le mois de mesures est légèrement plus faible que les normales de Météo France (cumul de 40 mm en 2018 contre 49 mm en normale).

Au regard de ces données, les conditions durant la campagne de mesures ont été plutôt pénalisantes car favorables à l'accumulation des polluants.

Une analyse plus fine de l'évolution de ces conditions météorologiques suivants les semaines de prélèvements est réalisée ci-après.

b) Evolution hebdomadaire de la température et des précipitations durant la campagne

Le graphique ci-après présente l'évolution des températures moyennes journalières.

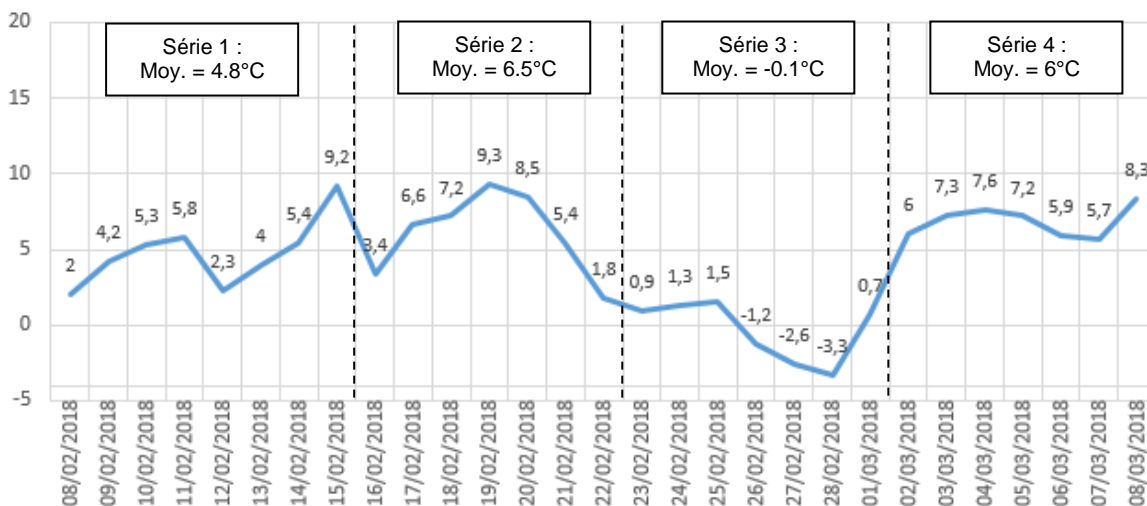


Figure 40 : Evolution des températures moyennes journalières durant la campagne [Données station météo France St Jacques de la Lande]

Les températures moyennes des séries 1, 2 et 4 sont proches, aux alentours de 5 à 6°C avec toutefois de fortes amplitudes entre les journées pour les séries 1 et 2.

La série 3 a été réalisée lors de conditions particulières à savoir le passage d'une vague de froid touchant une bonne partie de la France. La température minimale a été mesurée le mardi 27/02 à savoir -3.3°C. Cette baisse marquée des températures était liée à une masse d'air polaire provenant des régions sibériennes. Son passage à travers le continent est rendu possible par deux éléments qui agissent comme des tenailles météorologiques : une vaste cellule anticyclonique (des hautes pressions atmosphériques), qui s'installe sur le nord de l'Europe, et des basses pressions en Méditerranée.

Ces conditions anticycloniques associées à des températures faibles sont favorables à l'accumulation des polluants. Au contraire, la présence de vents marqués lors de cette période a contribué à disperser les polluants (cf. chapitre V.1.2).

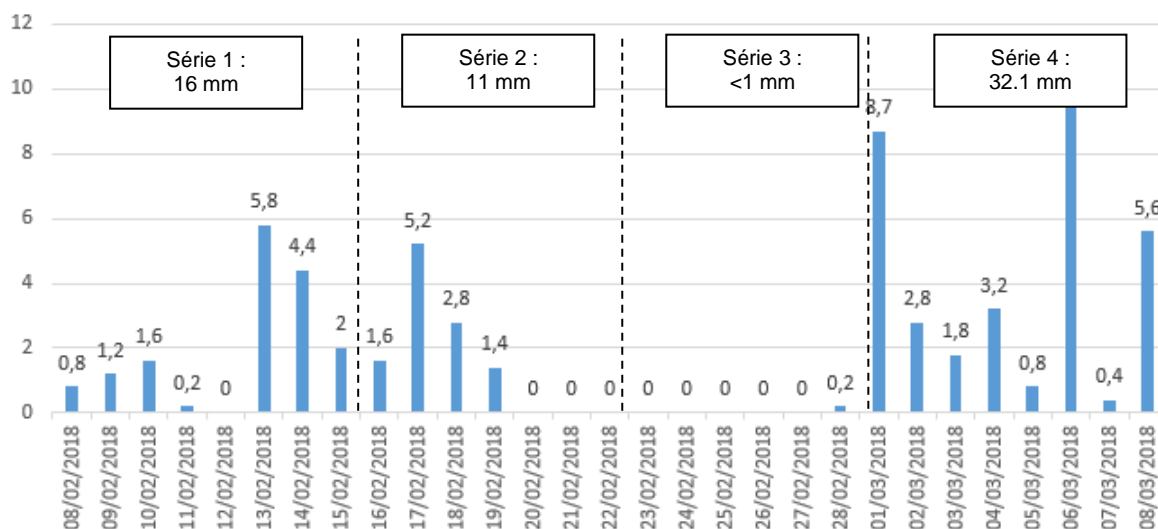


Figure 41 : Evolution des précipitations journalières durant la campagne [Données station météo France St Jacques de la Lande]

La campagne a été marquée par des précipitations peu abondantes mais régulières en début de période (séries 1 et 2), puis une absence de précipitations lors de la période anticyclonique (série 3), et enfin par une période pluvieuse avec un cumul de 32 mm lors de la dernière semaine (série 4).

V.1.2 Direction et vitesse des vents durant les périodes de mesure

Les conditions de direction et vitesse du vent pendant une période sont souvent représentées par des roses des vents. Celles-ci permettent de visualiser sur une période donnée :

- le pourcentage de vent pour chaque direction : ainsi plus la pâle est de grande taille plus les vents venant de cette direction ont été nombreux pendant la période ;
- les vitesses des vents venant de chaque direction et leur occurrence : la couleur de chaque pâle indique la classe de vitesse et sa grandeur, le pourcentage de vent avec cette vitesse.

Ainsi par exemple, plus la pâle sera grande, plus les vents en provenance de cette direction seront fréquents (direction majoritaire) et au sein de cette pâle, plus les couleurs bleues seront foncées (ou orange pour la rose des vents Météo France), plus les vents seront forts.

a) Comparaison des conditions pendant les mesures aux normales saisonnières

La rose des vents réalisée sur la période de mesures est comparée ci-après à celle relevée entre 1981 et 2010 sur les mêmes périodes (dites normales des roses des vents). Les données sont issues de la station Météo France de Saint-Jacques de la Lande (35).

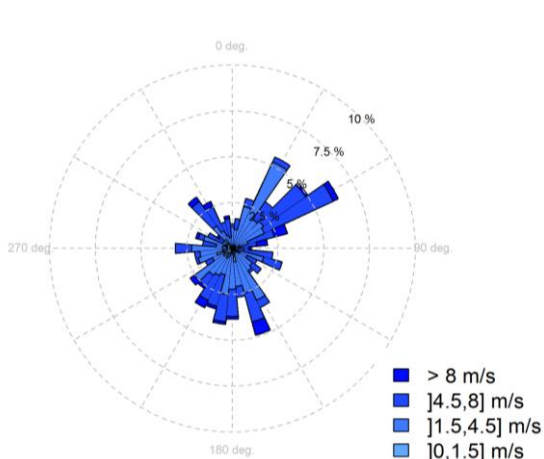


Figure 42: Roses des vents durant la campagne de mesures [source : données Météo France Saint-Jacques de la Lande]

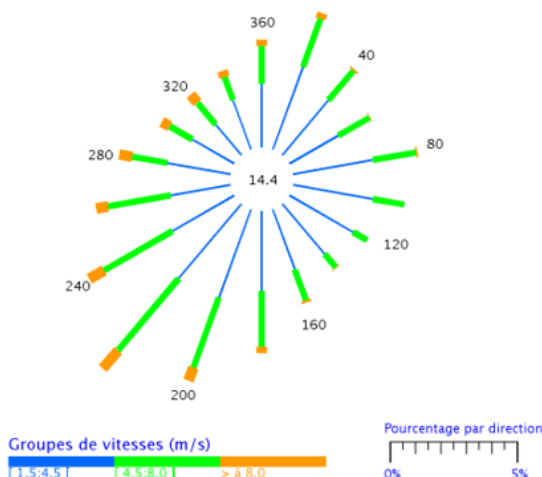


Figure 43: Normales des roses des vents relevées en février de 1981 et 2010 [source : données Météo France Saint-Jacques de la Lande]

Les conditions de vents rencontrées durant la période de mesures mettent en évidence des vents majoritairement issus du Nord-Est puis de façon moins récurrente du Sud-Ouest.

La normale des roses de vents concernant le mois de février, présente en majorité des vents issus du Sud-Ouest et dans une moindre mesure du Nord-Est.

Les vents de Nord-Est ont été plus fréquents lors de cette campagne par comparaison aux normales ce qui justifie également les faibles températures rencontrées (cf. chapitre précédent).

Notons également la présence de vents avec des vitesses soutenues durant cette campagne, notamment en provenance du Nord-Est.

b) [Analyse des conditions de vents par semaine de mesures](#)

La figure suivante présente les conditions de vents suivant les semaines de mesures.

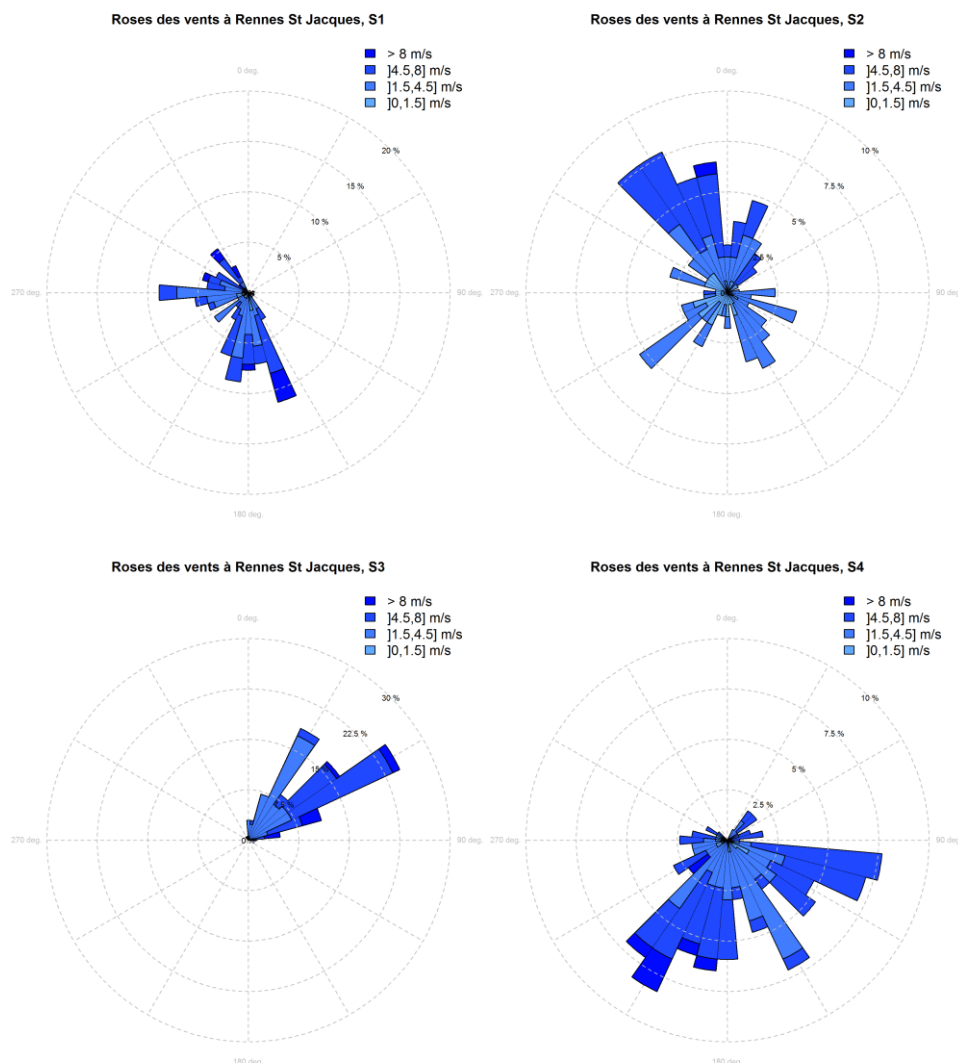


Figure 44 : Roses des vents durant la campagne de mesures [source : données Météo France Saint-Jacques de la Lande]

Des différences importantes sont observées suivantes les semaines :

- La semaine 1 présente des vents majoritairement issus des directions Sud à Ouest ;
- La semaine 2 présente des vents soutenus de Nord-Ouest ; conditions assez peu représentées sur le reste de la période ;
- La semaine 3 est marquée par des vents exclusivement en provenance du Nord-Est alors que cette direction n'est pas ou peu représentée sur les autres semaines ;
- La semaine 4 présente des vents en provenance des directions Sud-Ouest à Sud-Est.

Synthèse des conditions météorologiques :

Durant cette campagne, des différences ont été observées entre les conditions et les normales saisonnières qui ont pu avoir une incidence favorable à la dispersion (vent plus soutenus) ou défavorables (précipitation moins abondantes, températures plus faibles).

De grandes variabilités des conditions ont été constatées en les semaines en termes de direction de vent et de précipitation qui pourront être mises en relation avec les niveaux mesurés.

V.2. Conditions de circulation

Les données présentées dans ce chapitre sont issues des postes de comptage de la DIR Ouest disposés le long de la rocade. Sur le tronçon étudié, 4 postes ont été identifiés à savoir :

- Bréquigny ind (PR9+700) au niveau du point de prélèvement P37 ;
- St Jacques (PR11+495) ;
- St Nazaire (PR12+193) au niveau du point de prélèvement P7 ;
- Cleunay ind (PR13+146).

Ils sont localisés sur la figure suivante.



Figure : Localisation des stations de comptage routier prises en compte

L'objectif de ce chapitre est de caractériser les variabilités des niveaux de trafic sur le tronçon mais également pour chacun des points durant la campagne d'un mois.

V.2.1 Variabilité spatiale du trafic

Le graphique suivant présente les niveaux de trafic moyen journalier comptabilisés pour chacune des stations de comptage.

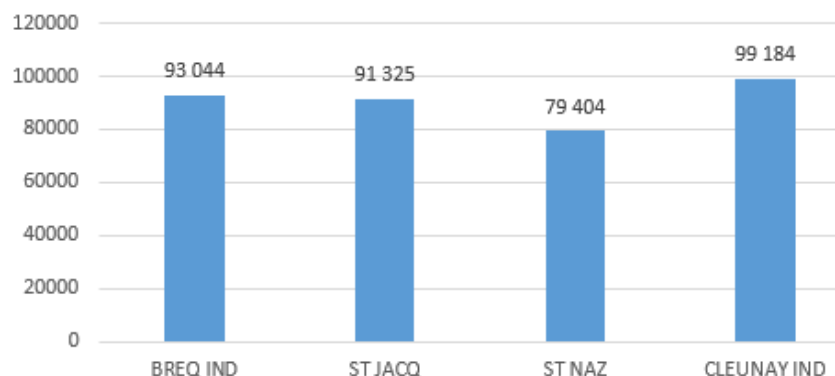


Figure 45 : Trafic journalier moyen sur la période du 08/02 au 08/03/18 [Dir Ouest]

Le niveau de trafic journalier varie de 93 000 v/jr à Bréquigny jusqu'à 99 000 v/jr à Cleunay. Il y a peu de différence entre les stations de Bréquigny et St Jacques (-2%) soit sur 50 % du tronçon étudié (1400m).

Sur l'autre partie du tronçon, du fait de la présence de l'échangeur Porte de St Nazaire, on observe une baisse du trafic journalier de -17% au niveau du poste St Nazaire (qui se trouve entre les deux entrée/sortie).

Après cet échangeur en direction de Cleunay, le trafic augmente nettement du fait d'un nombre de voie supérieur à savoir 6 voies dans les deux sens au lieu de 4. Le trafic augmente de 6% par rapport à Bréquigny.

Cette analyse du trafic révèle 3 portions différentes de trafic sur le tronçon étudié :

- **Partie Sud Bréquigny-St Jacques de 1400 m avec un trafic de l'ordre de 92 000 v/jr ;**
- **Partie intermédiaire au niveau de la porte de St Nazaire (400 m) avec un trafic de l'ordre de 80 000 v/jr**
- **Partie supérieure du tronçon de 1000 m avec un trafic de l'ordre de 99 000 v/jr.**

V.2.2 Variabilité suivant le sens de circulation

Une analyse complémentaire a été réalisée suivant le sens de circulation à savoir sens intérieur et sens extérieur suivant les points de comptage.

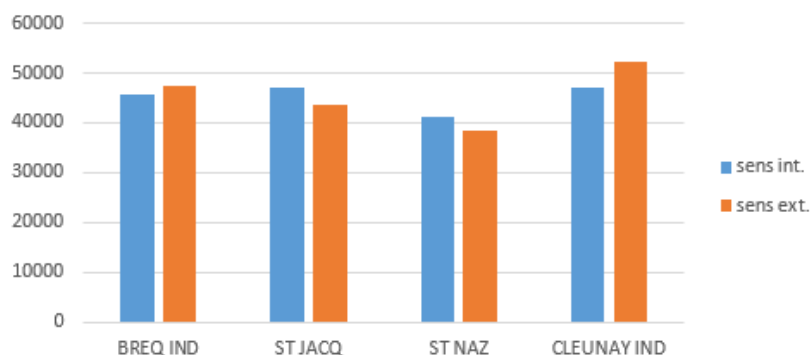


Figure 46 : Evolution du trafic suivant le sens de circulation [Dir Ouest]

Sur l'ensemble de la campagne, pour le point Bréquigny, la variation du trafic suivant le sens de circulation est négligeable (3%).

Pour les points St Jacques et ST Nazaire, les niveaux de trafic dans le sens extérieur sont plus faibles que dans le sens intérieur (de l'ordre de -7 à -8%).

Enfin sur le point Cleunay, le sens extérieur présente un niveau de trafic plus important (+10%) que celui du sens intérieur.

Ces variations pourraient permettre d'expliquer d'éventuelles variations dans les résultats en fonction de la voie la plus proche du point de mesures (sens intérieur ou extérieur).

V.2.3 Variabilité temporelle du trafic

Le graphique suivante présente l'évolution du trafic moyen journalier sur les postes de comptage pour chacune des séries de prélèvements d'une semaine durant la campagne.

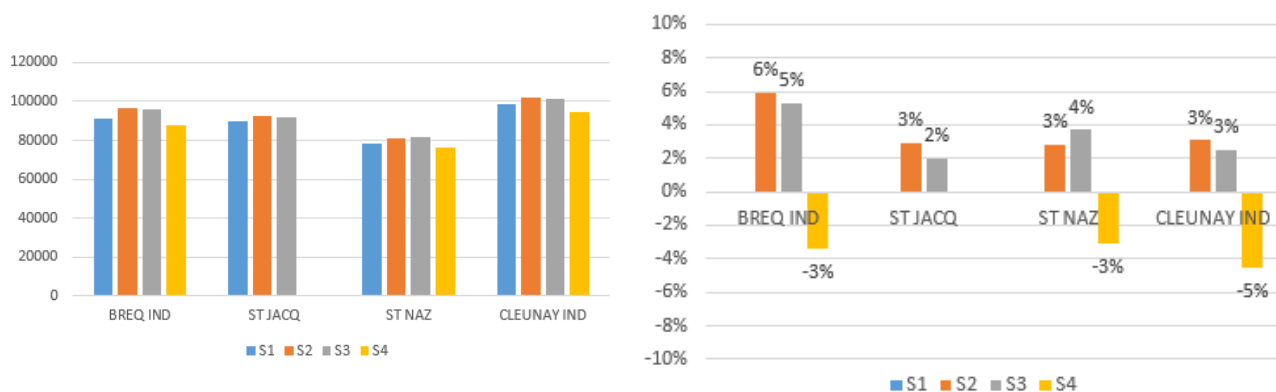


Figure 47 : Evolution hebdomadaire du trafic [Dir Ouest]

Les évolutions du trafic par point de prélèvement et suivant les séries sont assez peu significatives.

Le graphique de droite présente l'évolution en pourcentage du trafic par rapport à la 1^{ère} série de prélèvement (prise comme référence). Sur l'ensemble des points du tronçon, les séries 2 et 3 présentent des niveaux de trafic plus élevés que la 1^{ère} (+2 à 6%).

La série 4 présente des niveaux de trafic plus faible que les autres séries sur chacun des points (-3 à -5%). Cette série du 01/03 au 08/03 coïncidait avec la période des vacances scolaires.

Les variations temporelles des niveaux de trafic suivant les séries sont jugées peu significatives ce qui permettra de comparer les séries entres-elles pour chacun des points.

A l'échelle de la journée, le graphique suivant présente l'évolution moyenne horaire du trafic pour les 4 points.

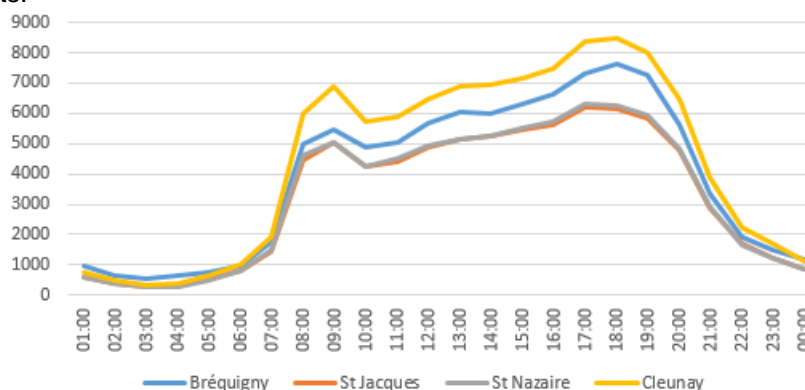


Figure 48 : Profils journaliers [Données DIR Ouest] en nombre de véhicules /heure

Le profil moyen journalier est assez proche sur les 4 points de mesures. Les sections Bréquigny et Cleunay présentent des augmentations du trafic légèrement supérieures à celles des autres points entre 8 et 9h le matin, ainsi qu'en fin de journée entre 17 et 18h.

Si on analyse de manière plus fine ces profils en fonction des sens de circulation, des différences sont perceptibles à certaines heures de la journée pour trois des quatre points de mesures de trafic.

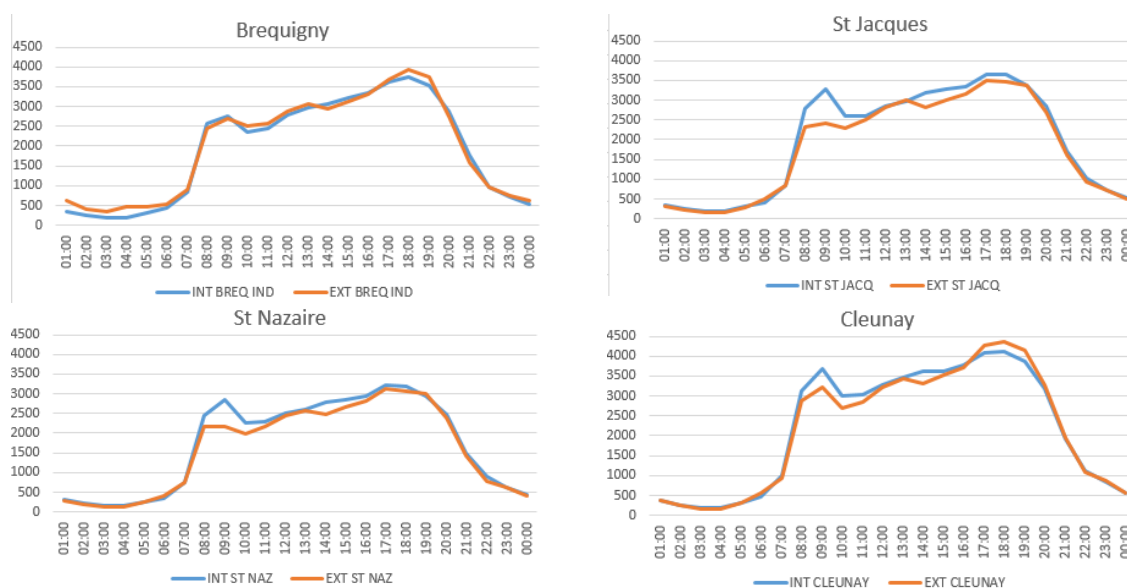


Figure 49 : Profils moyens journaliers par sens de circulation [données DIR Ouest]

Si pour Bréquigny, les profils moyens horaires sont très proches quel que soit le sens de circulation, les trois autres points présentent des profils différents à certaines heures de la journée :

- Pour les points de mesures St Jacques (4 voies) et St Nazaire (6 voies), le trafic est plus important dans le sens intérieur que dans le sens extérieur le matin entre 8 et 10h ; le reste de la journée, les profils sont assez proches.
- Pour le point de mesures Cleunay (6 voies), le trafic est légèrement plus important le matin dans le sens intérieur (entre 8 et 10h) et inversement en fin de journée (entre 17 et 19h).

Cette analyse permet d'appréhender les variabilités de niveaux de trafic sur chacune des voies. Or celles-ci ne tiennent pas compte de la capacité des voies de circulation qui influence la fluidité du trafic qui influence les niveaux de concentrations dans l'air des polluants traceurs du trafic routier.

Pour étudier ce point, on peut calculer l'**indice de congestion** qui correspond au débit de véhicule sur la capacité des voies. Dans cette étude, nous avons considéré l'indice de congestion (ou « *Roadway Congestion Index* ») défini dans l'étude Ademe¹¹, par le rapport du débit total sur la capacité de la voie.

Ce calcul a été réalisé sur un pas de temps horaire (échelle de temps des données trafic). L'échelle considérée pour l'interprétation des résultats est la suivante :

Tableau 10: Niveaux de congestion utilisés en France ¹⁰

Indices de congestion	
≥ 1	trafic saturé
>0,9 - <1	trafic dense
≤ 0,9	trafic fluide à dense

D'après la DIR Ouest, les capacités théoriques des voies sont de 3600 v/h pour 2 voies et 5400 v/h pour 3 voies de circulation.

Les graphiques suivants présentent les variations de l'indice de congestion pour chacun des secteurs et par voie de circulation.

¹¹ Source : Impact des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit – ADEME Février 2014

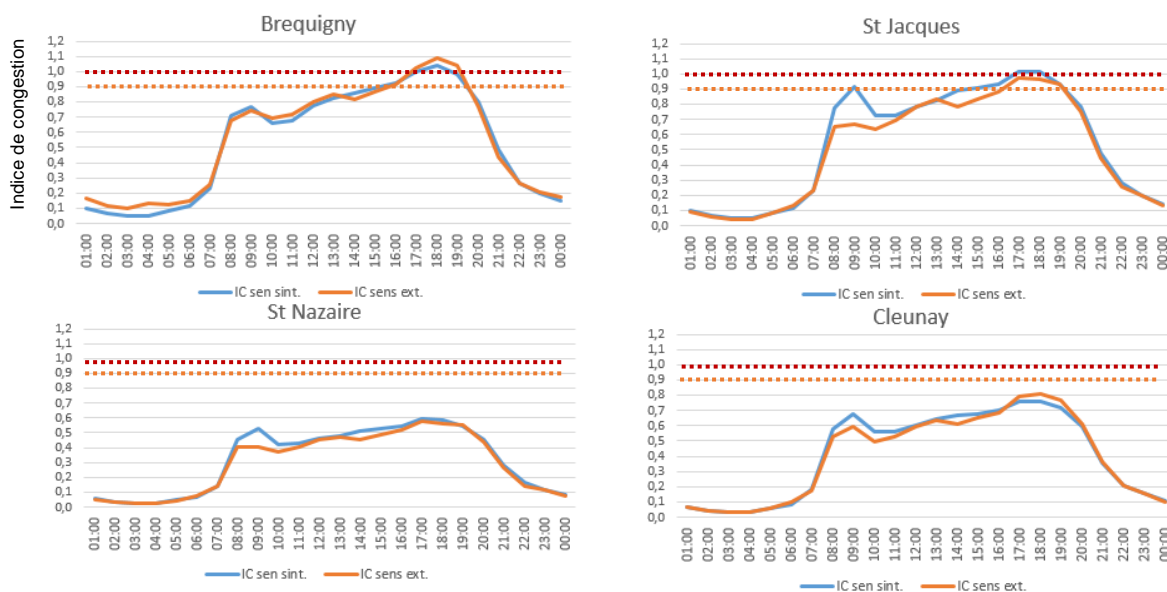


Figure 50 : Evolution de l'indice de congestion moyen horaire par secteur [calcul d'après les données DIR Ouest]

Les secteurs de Bréquigny et St Jacques présentent des indices moyens de congestion supérieurs à 1, représentatifs d'un trafic saturé, essentiellement en fin de journée et sur les deux sens de circulation.

Le sens intérieur au niveau du point St Jacques présente également un indice de congestion proche de 1 le matin (9h).

Pour les deux autres secteurs, les indices moyens horaires de congestion sont plus faibles ce qui signifierait que le trafic est plus fluide. Il s'agit d'une situation moyenne sur la période de la campagne.

V.2.4 Conclusion sur l'analyse des conditions de trafic sur le secteur d'étude

Les points suivants sont tirés de cette analyse sur le trafic :

- Des régimes de trafic différents sur le tronçon étudié variant de 93 000 à 99 000 v/jr ;
- De légères variations du trafic en fonction du sens de circulation suivant les secteurs. Cette différence est la plus marquée à Cleunay : +10% de trafic dans le sens extérieur par rapport au sens intérieur ;
- Des variations temporelles du trafic en fonction des séries hebdomadaires peu significatives ;
- Des secteurs plus sensibles à la congestion de trafic comme Bréquigny et St Jacques et ce surtout en fin de journée (17-19h).

Ces éléments seront utilisés dans le cadre de l'interprétation des résultats.

V.3. Episode de pollution régionale

Aucun épisode de pollution en dioxyde d'azote n'a été enregistré sur la période de mesures que ce soit au niveau de l'agglomération comme plus largement au niveau régional.

Toutefois, un dépassement du seuil d'informations pour les particules fines PM10 a été constaté le 22/02/18 comme illustré sur la carte de prévision du modèle Prév'air ci-après. Cet épisode a concerné le quart Nord-Ouest de la métropole.

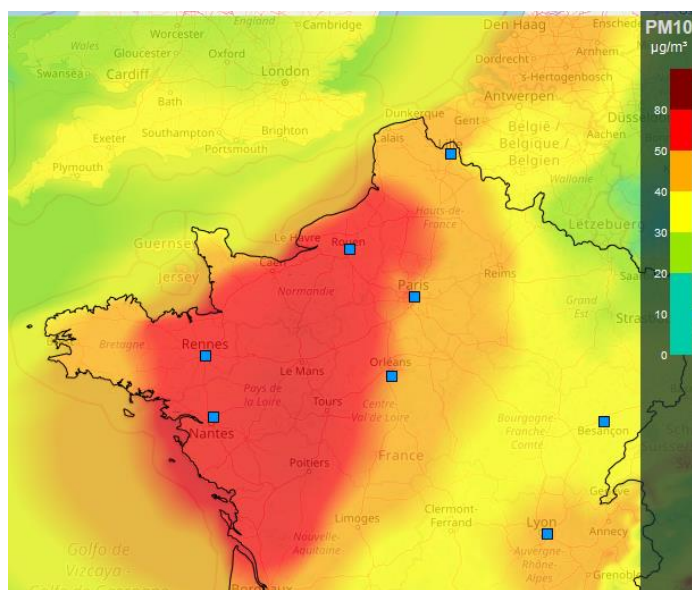


Figure 51 : Carte de prévision des concentrations pour le 22/02/18 (Prév'air)

La période d'étude a donc été plutôt favorable à l'accumulation des polluants atmosphériques comme le montre le graphique suivant qui présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles en dioxyde d'azote relevées sur la station urbaine de fond ST Yves, située dans le centre historique de Rennes.

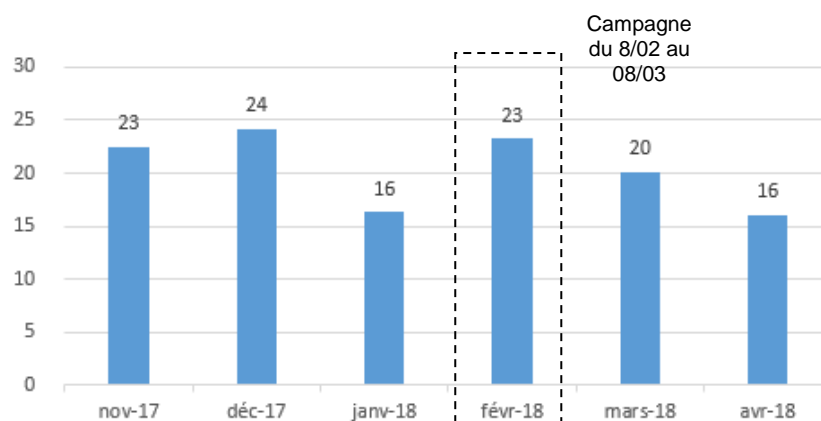


Figure 52 : Evolution mensuelle des niveaux de dioxyde d'azote à ST Yves – Rennes (en µg/m³)

VI. Interprétation des résultats

Ce chapitre traite successivement les résultats des mesures en continu et leur situation par rapport aux autres stations du réseau de mesures d'Air Breizh, les évolutions spatiales des niveaux d'après les échantillonnages par tube passif, et enfin la comparaison des résultats par rapport aux seuils réglementaires.

VI.1. Résultats des analyseurs automatiques : monoxyde et dioxyde d'azote

Trois points ont fait l'objet de mesures automatiques à l'aide d'analyseur d'oxydes d'azote :

- P7 : situé à environ 5 mètres du bord de la voie sens extérieur de la rocade, au niveau de la porte St Nazaire ;
- P37 : situé à 5 mètres d'une sortie de la rocade (sens intérieur) et à 13 mètres du bord de la voie sens intérieur avant le virage Bréquigny ;
- P20 : il s'agit du point de mesure automatique le plus éloigné des voies (50 mètres du bord de la voie sens intérieur). Il est situé entre la porte de St Nazaire et la porte de Bréquigny.

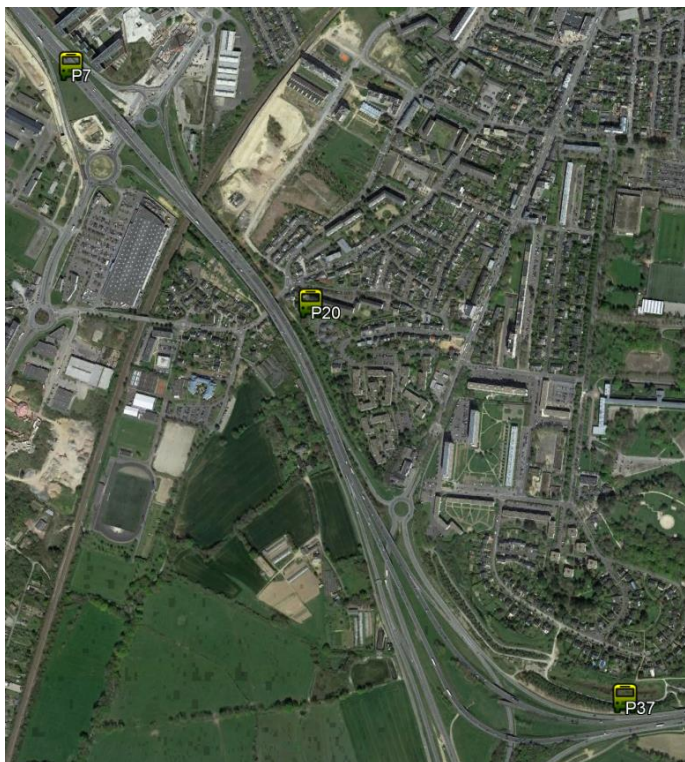


Figure 53 (ci-contre) : Localisation des mesures automatiques

Fonction de la classification des sites de surveillance de la qualité de l'air¹², il s'agit soit de sites implantés en proximité au trafic routier - P7 et P37 - (distance inférieure à 10 m), soit de sites en « zone d'influence » du trafic - P20 (site compris entre des implantations de proximité et de fond).

VI.1.1 Qualification des niveaux moyens mesurés

Pour positionner les niveaux mesurés durant la campagne, les mesures automatiques relevées sont comparées à celles des stations du réseau de mesures d'Air Breizh, situées à Rennes.

Trois autres stations mesurent les concentrations en dioxyde d'azote à Rennes :

- Rennes Laënnec : station urbaine trafic (9 442 v/jr – données 2011) ;
- Rennes Les Halles : station urbaine trafic (23 500 v/jr – données 2011) ;
- Rennes St Yves : station urbaine de fond, située dans le centre historique de Rennes.

La figure suivante présente les concentrations moyennes observées durant la campagne par site de mesure pour le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote.

¹² Guide de conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA février 2017)

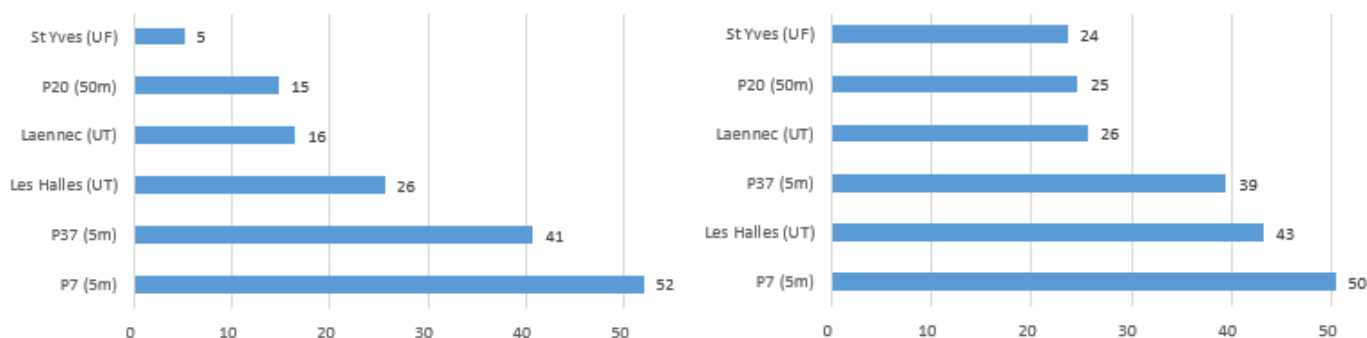


Figure 54 : Concentrations moyennes en monoxyde d'azote (NO – à gauche) et dioxyde d'azote (NO₂ – à droite) pendant la campagne (en µg/m³)

Pour les stations rennaises, les niveaux relevés en dioxyde d'azote durant la période sont proches sur les sites de ST Yves et Laënnec. La station des Halles présente un niveau en NO₂ 1.6 fois supérieur. Rappelons que le trafic au niveau du Boulevard de la Liberté (station des Halles) est 2.5 fois plus élevé qu'au niveau du boulevard Laënnec, ce qui peut expliquer ces variations.

La différence entre les stations Laënnec et ST Yves porte sur les niveaux de monoxyde d'azote, émis directement par les véhicules. Ils sont en effet 3 fois moins élevés à St Yves du fait de l'éloignement de la station aux axes de circulation.

Rappelons que le monoxyde d'azote (NO) est un indicateur d'une pollution automobile de proximité alors que le dioxyde d'azote (NO₂) - produit de la transformation de NO quand celui-ci entre dans l'atmosphère - est d'avantage lié à une pollution de fond et donc sujet à un transport dans l'atmosphère.

Le point P20, le plus éloigné de la rocade (50 m), présente une concentration moyenne en dioxyde d'azote pendant la campagne proche de celles des stations St Yves (fond) et Laënnec (trafic). La concentration relevée en monoxyde d'azote sur ce point P20 est toutefois trois fois supérieurs à celle relevée à ST Yves à la même période ce qui signifie que ce point est influencé par le trafic sur la rocade à cette distance.

Le point P37 (proche rocade) présente une concentration en dioxyde d'azote légèrement inférieure à celle de la station des Halles. La concentration en monoxyde d'azote est par contre bien supérieure.

Le Point P7 (proche rocade), présente les concentrations en monoxyde et dioxyde d'azote les plus élevées parmi l'ensemble de ces points.

Le rapport NO/NO₂ peut être utilisé pour caractériser l'influence des émissions d'un axe routier à proximité.

Le monoxyde d'azote a une durée de vie très courte dans l'atmosphère et se transforme rapidement en dioxyde d'azote. En conséquence, plus le rapport NO/NO₂ est faible, plus la source routière est éloignée du point de mesures.

Le graphique suivant présente les ratios moyens NO/NO₂ sur la période d'étude par site de mesures.

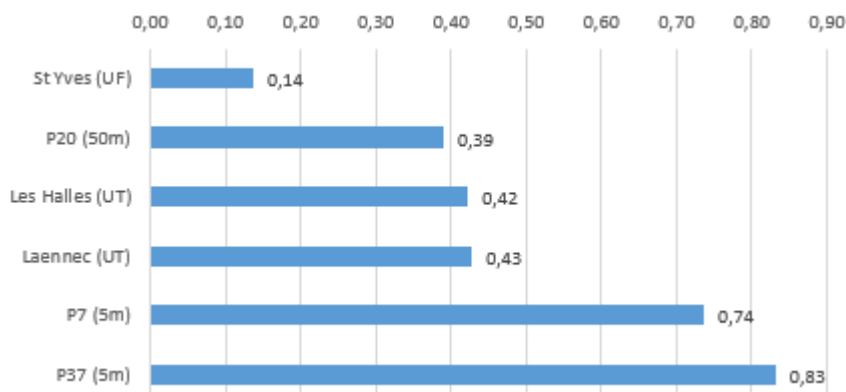


Figure 55 : Ratio moyen NO/NO₂ sur la période de mesures

Ce ratio permet de différencier les stations en trois groupes :

- La station St Yves qui présente le ratio le plus faible ce qui s'explique par les faibles niveaux en monoxyde d'azote mesurés du fait de l'éloignement des axes de circulation. L'influence des sources d'émissions automobiles est donc réduite sur ce point.
- Les stations trafic des Halles, de Laennec et le point P20 (à 50 m de la rocade) qui présentent des ratios très proches de l'ordre de 0,4. Malgré son éloignement de la rocade, le point P20 présente le même ratio que les deux autres stations trafic de Rennes ce qui met en évidence l'influence des émissions automobiles sur ce point.
- Les points P7 et P37, à proximité immédiate des voies de la rocade, qui se détachent nettement avec des ratios supérieurs à 0,7.

Cette analyse des niveaux moyens durant la campagne permet de situer les trois points de mesures par rapport aux autres stations rennaises.

Les points P7 et P37, situés à moins de 5 mètres de la rocade, présentent les concentrations en dioxyde d'azote les plus élevées : de l'ordre de celles de la station des Halles pour P37 (Bréquigny) et bien supérieures pour P7 (St Jacques).

Le point P20, éloigné de 50 m de la rocade, présente des niveaux intermédiaires entre la station de fond St Yves et les stations trafic. Les niveaux de monoxyde d'azote mesurés sur ce point montrent que ce point est influencé par les émissions de la rocade.

Une analyse des profils temporels par station est réalisée ci-après pour compléter ces observations.

VI.1.2 Evolution temporelle des niveaux de dioxyde d'azote

Les profils journaliers des concentrations enregistrées lors de cette campagne à l'aide des moyens automatiques permettent d'illustrer les variations de la qualité de l'air au cours du temps. La comparaison de ces profils avec ceux réalisés à partir des mesures sur les stations du réseau d'Air Breizh permet de situer les points de mesures par rapport aux stations de typologie connue et éventuellement de mettre en évidence des singularités le long du tronçon étudié.

Les profils temporels présentés ci-après ont été réalisés sur la base des données de mesures du 08/02 au 08/03 à l'aide du logiciel de traitement statistique R.

Il s'agit des profils moyens sur la période à l'échelle de la journée.

Cette figure représente les profils journaliers réalisés à partir des 6 sites de mesures dont 3 aux abords de la rocade et les 3 stations rennaises du réseau Air Breizh. On distingue nettement pour l'ensemble des sites les deux pics journaliers caractéristiques pour ce polluant. Ils sont plus ou moins élevés en fonction de l'influence des émissions automobiles sur les niveaux mesurés. Cela permet en premier approche de distinguer deux groupes de stations de profils journaliers proches. Il s'agit des stations :

- P20, St Yves et Laënnec
- P7, P37 et Les Halles

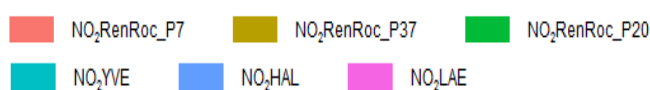
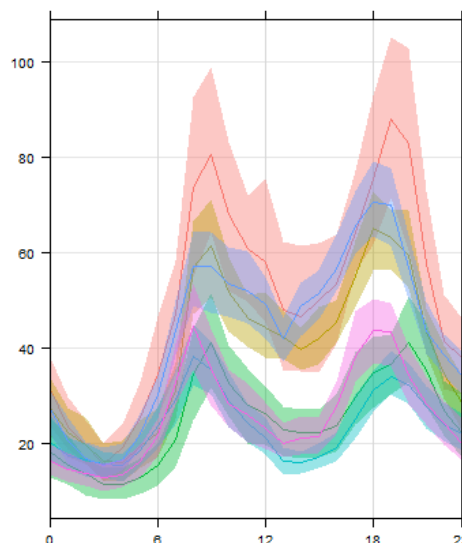


Figure 56 (ci-contre) : Profils temporels journaliers en NO₂ (en µg/m³) – heure TU



Les profils moyens journaliers du dioxyde d'azote sont présentés ci-après pour ces deux groupes de stations.

Les échelles de concentrations pour ces deux graphiques sont différentes. La ligne en continu représente le profil temporaire réalisé à partir de 95% des données de mesures. Les surfaces colorées représentent la répartition des données restantes.

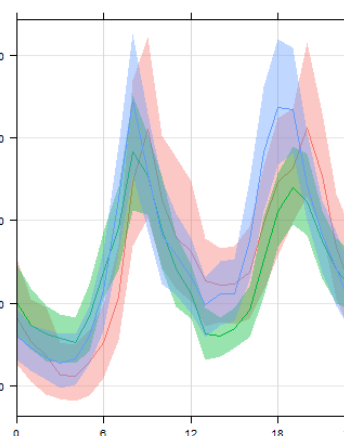
Pour les stations de ST Yves, Laënnec et P20 (éloigné de 50 m de la rocade), les profils sont assez proches en termes de comportement et niveau de concentrations.

Notons toutefois que les deux sites Laënnec et P20, présentent une plus grande étendue des données contrairement à St Yves.

Cela s'explique par la proximité des axes routiers et l'influence des émissions et de leurs variabilités suivant les jours.



Figure 57 (ci-contre) : Profils temporels journaliers en NO₂ (en µg/m³) – heure TU



Les stations P37 (Bréquigny) et des Halles présentent un comportement proche contrairement au point P7 (St Jacques) pour lequel les niveaux mesurés sont beaucoup plus étendus sur l'ensemble des journées et de manière marquée aux moments des deux pics de fortes affluences. Le point P7 semble plus influencé par les émissions automobiles que le point P37.

Pour les 3 sites, les niveaux de fond en journée restent supérieurs à 40 µg/m³ contre deux fois moins pour les autres points de mesures (ci-dessus).

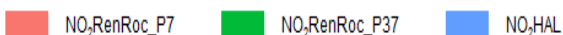
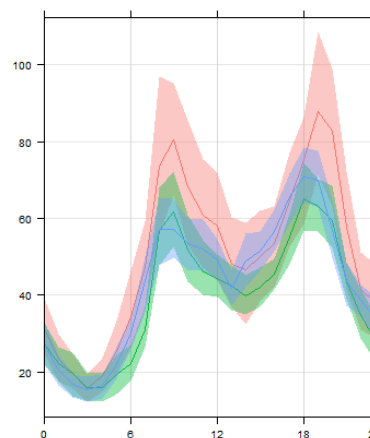


Figure 58 (ci-contre) : Profils temporels journaliers en NO₂ (en µg/m³) – heure TU



Pour compléter ces analyses, nous étudions ci-après l'influence des vents sur les niveaux mesurés au niveau des trois points de mesures automatiques ce qui permettra de préciser les sources de pollution impactant les niveaux de concentrations.

VI.1.3 Impacts selon les secteurs de vent

Pour identifier l'impact des émissions sur la rocade sur chacun des points de mesures, nous avons analysé chaque niveau horaire en dioxyde d'azote selon la provenance des vents. En outre, nous avons calculé la différence pour chaque heure entre les concentrations des sites de mesures automatiques et celles issues du niveau de fond moyen de la station fixe St Yves.

Ces résultats ont été représentés sous forme de roses des pollutions, qui permettent de visualiser le surcroît de pollution fonction de la provenance des vents. Chaque pâle d'une rose des pollutions représente la concentration moyenne mesurée en dioxyde d'azote lorsque les vents proviennent de cette direction. Plus la pâle est grande, plus la concentration est élevée. Les échelles des trois roses sont identiques (de 0 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Un point de vigilance toutefois puisqu'il n'y a pas de représentation de fréquence.

La figure ci-après représente une vue aérienne de la zone d'étude ainsi que les trois roses des pollutions réalisées d'après les données de l'ensemble de la période.

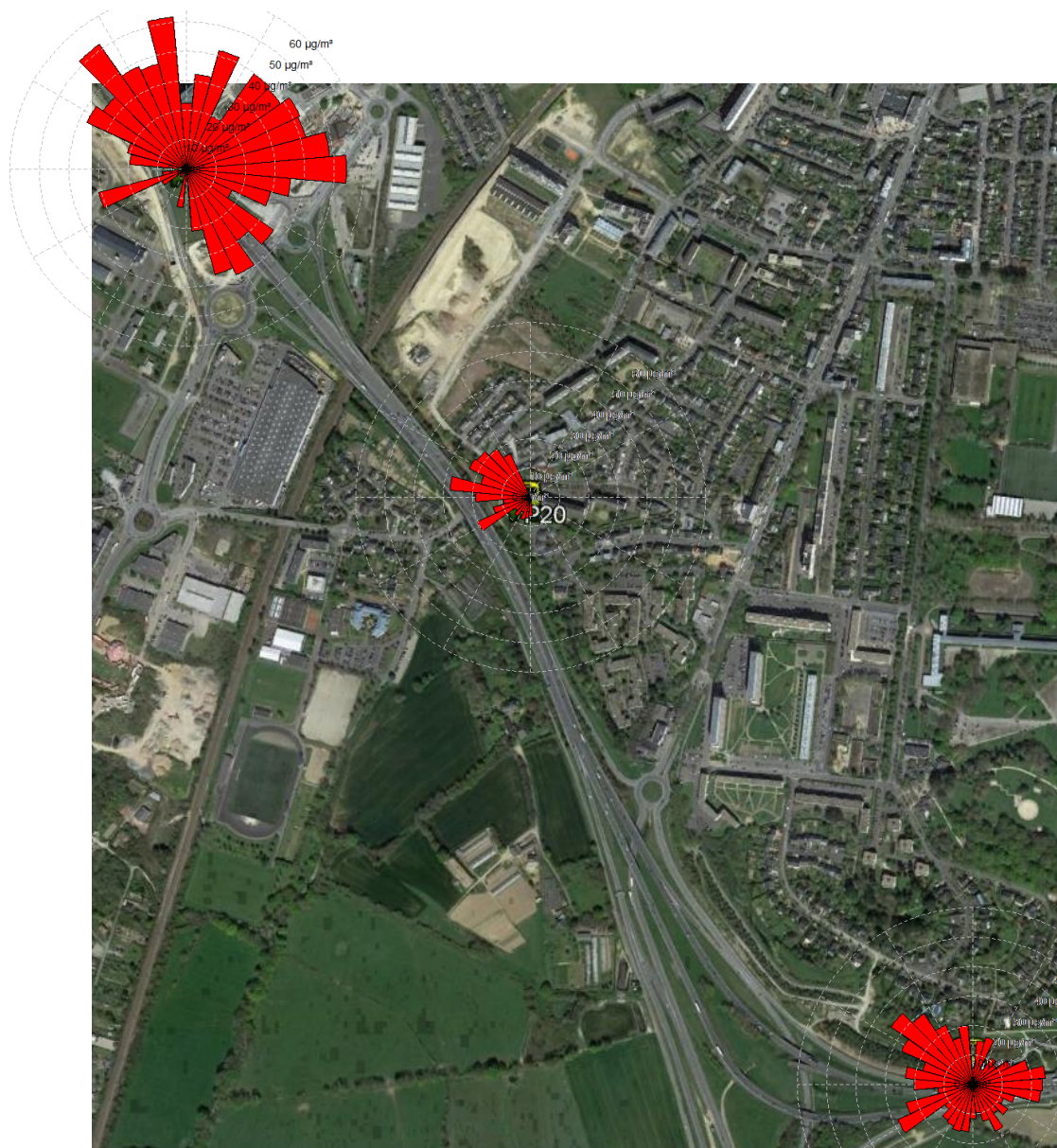


Figure 59 : Rose des pollutions en dioxyde d'azote sans prise en compte des teneurs de fond (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les roses sont reprises ci-après pour faciliter la lecture des niveaux de concentrations.

Pour ce point P7 situé à moins de 5 mètres de la voie principale de la rocade (sens extérieur), le surcroît de dioxyde d'azote est mesuré par vent des secteurs Nord-Ouest à Sud-Est soit lorsque le laboratoire mobile est sous l'influence du trafic routier de la rocade et sur l'échangeur de St Nazaire.

Dans ces conditions, les niveaux mesurés (en moyenne par direction) sont entre 40 et 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ supérieurs à ceux du niveau de fond ce qui est très significatif.

Lorsque les vents proviennent du Sud-Ouest, plaçant le point de mesure hors influence rocade, les teneurs sont voisines de celles de la station de fond.

La pâle isolée par vent de Ouest/Sud-Ouest est à exclure puisqu'il s'agit uniquement de deux concentrations horaires élevées relevées dans cette direction mais non représentatives de l'ensemble de la période.

Le point P37 se trouve à moins de 5 mètres de la voie de sortie de la rocade et à 15 mètres de la voie sens intérieur de la rocade.

Les surcroîts de pollution par rapport au niveau de fond sont plus faibles sur ce point par rapport au précédent. Ils sont les plus élevés par vents de Nord-Ouest (+30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne), puis par vents d'Est et enfin de Sud-Ouest (+20 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pour ces trois configurations, le point se trouve sous l'influence de la rocade.

Les concentrations sont plus dispersées que sur le point précédent ce qui s'explique probablement par le microenvironnement du point et par la configuration de la rocade dans ce secteur.

Pour ce point éloigné de 50 mètres de la rocade - P20, les surcroîts de concentrations en dioxyde d'azote sont mesurés par vent de Nord-Ouest à Ouest soit lorsque le point de mesures est sous les vents de la moitié Nord du tronçon de la rocade. A cette distance, les concentrations en dioxyde d'azote augmentent de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport au niveau de fond.

Lorsque les vents proviennent de la moitié Sud du tronçon (vent de Sud à Sud-Ouest), les augmentations sont peu sensibles de l'ordre de 5 à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Lorsque les vents proviennent du secteur Nord-Est, le point de mesures n'est plus sous l'influence de la rocade, alors les concentrations sont assimilables à celles du niveau de fond à St Yves.

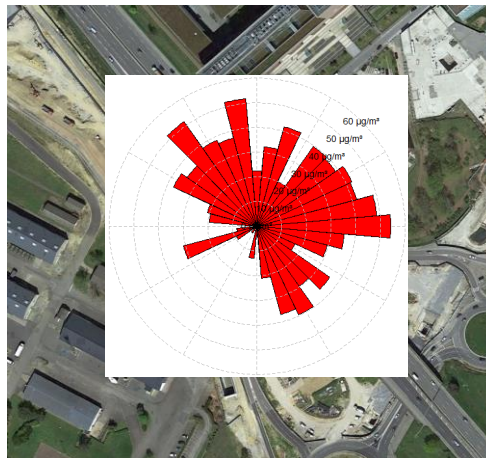


Figure 60 : Rose des pollutions en dioxyde d'azote pour le point P7 (surcroît de pollution)

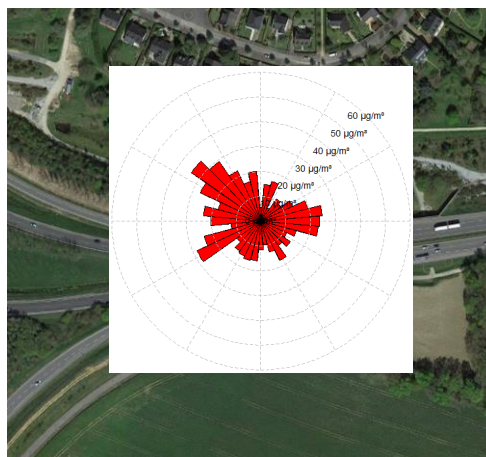


Figure 61 : Rose des pollutions en dioxyde d'azote pour le point P37 (surcroît de pollution)

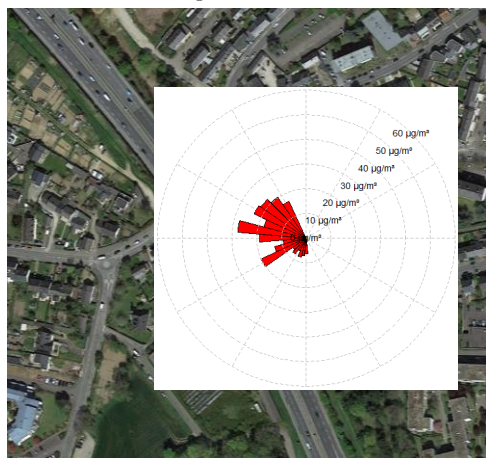


Figure 62 : Rose des pollutions en dioxyde d'azote pour le point P20 (surcroît de pollution)

Cette analyse des niveaux de concentrations en dioxyde d'azote en fonction des vents via les roses des pollutions met en évidence le rôle des conditions météorologiques, en particulier la direction du vent, dans l'impact spatial des émissions de la rocade.

VI.1.4 Synthèse des interprétations des mesures automatiques

Nos interprétations sont les suivantes :

- Analyse des niveaux moyens :

Les niveaux moyens mesurés en dioxyde d'azote sur la campagne à proximité immédiate de la rocade sont équivalents (P37) voir supérieurs (P7) à ceux relevés sur la station trafic des Halles à Rennes.

Les configurations différentes des deux points de mesures et notamment l'éloignement des voies de circulations principales de la rocade, ainsi que les conditions météorologiques (vents majoritaires de Nord-Est) peuvent expliquer les variations des niveaux observés entre les point P7 et P37.

Le point P20, se trouvant à 50 mètres de la rocade, présente une concentration, moyenne intermédiaire entre la station de fond St Yves et la station trafic Laënnec. L'analyse complémentaire du monoxyde d'azote, directement émis par les véhicules, a toutefois permis de différencier ce point P20 avec la station de fond puisque le niveau moyen y est trois fois supérieurs ce qui montre que ce dernier est influencé par les émissions du trafic routier à proximité.

- Profils temporels des concentrations :

Les trois points présentent des profils très caractéristiques pour le dioxyde d'azote à savoir un mode bimodal laissait apparaître deux pics des concentrations le matin et le soir aux horaires de fortes affluences.

Les différences entre les profils des points se trouvent dans les niveaux atteints : les points P7 et P37 présentent les niveaux horaires les plus élevées. Les niveaux de fond en journée restent supérieurs à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.

Le point P20, plus éloigné, présente un profil plus proche de la station trafic Laënnec avec des niveaux moyens plus faibles mais des élévations aigües aux périodes de grandes affluences. Les niveaux de fond en journée à cette distance de la rocade sont légèrement supérieurs à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire (contre entre 15 et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à St Yves). A cette distance de 50 m, l'influence des émissions de la rocade est donc bien perceptible.

- Impact suivant la direction des vents :

Une analyse des surcroits de pollution en dioxyde d'azote par rapport au niveau de fond a été réalisée sur chacun des points via l'approche des roses des pollutions qui permet d'associer aux concentrations les directions des vents.

Cette représentation a permis de constater que l'élévation des concentrations par rapport au niveau de fond était rencontrée lorsque le point de mesures se trouvait dans des conditions particulières de direction de vents le plaçant sous l'influence de la rocade. Ensuite en fonction de l'éloignement du point de mesures à la rocade et de sa configuration, le surcroit de pollution par rapport au niveau de fond est plus ou moins élevé.

Pour le point P7, l'élévation des concentrations par rapport au niveau de fond est la plus élevée atteignant 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne par direction de vent lorsque le point se trouve sous l'influence de la rocade. Pour le point P37, cette élévation chute à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne.

Pour le point P20, situé à 50 m de la rocade, le surcroit de pollution est de l'ordre de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui reste significatif à cette distance.

Cette analyse révèle l'importance de la direction des vents dans les distances d'influence des émissions sur la rocade. La vitesse des vents, non étudiée ici, influence également la dispersion des émissions.

Ces points seront à prendre en compte dans l'analyse des variations spatiales des concentrations en dioxyde d'azote réalisée dans le chapitre suivant.

VI.2. Résultats des mesures par tube à diffusion

L'objectif de ce chapitre est de porter un regard global sur les résultats des mesures de dioxyde d'azote et benzène prélevés par tubes à diffusion. Une analyse plus fine par secteur sera réalisée dans le chapitre suivant.

Les résultats ne sont pas comparés à des seuils réglementaires qui sont définis à l'échelle annuelle. Une estimation des teneurs annuelles à partir des mesures réalisées lors de cette campagne sera faite dans un autre chapitre.

Les tableaux des résultats des concentrations en dioxyde d'azote et benzène figurent respectivement en annexe II et III.

VI.2.1 Résultats du dioxyde d'azote par tube à diffusion

La figure suivante synthétise les résultats des concentrations en dioxyde d'azote relevées pendant la période d'un mois de mesures du 08/02 au 08/03.

Les points situés aux bords des voies de circulation sont colorés en orange.

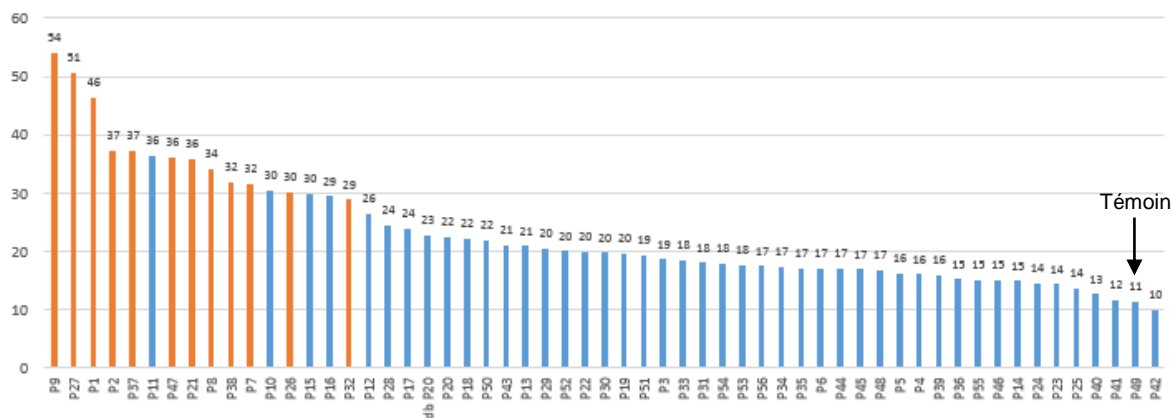


Figure 63 : Résultats des mesures NO₂ par tubes à diffusion – concentration moyenne du 08/02 au 08/03 (en µg/m³)

Les résultats sont compris entre 10 et 54 µg/m³ sur la période. La médiane est de 20 µg/m³.

Les deux valeurs les plus faibles (10 et 11 µg/m³) ont été observées sur les points les plus éloignés des axes de circulation de la rocade côté extra-rocade.

En intra-rocade, les points les plus éloignés présentent des concentrations de l'ordre de 15 à 20 µg/m³ ce qui s'explique par des sources additionnelles en milieu urbanisé.

Les concentrations les plus élevées ont été observées au bord des voies de circulation de la rocade : 12 des 16 concentrations les plus fortes concernent ces points (teneurs comprises entre 29 et 54 µg/m³).

Trois points présentent des concentrations nettement supérieures aux autres points : P9, P27 et P1. Situés au bord de la rocade, ils font l'objet d'une analyse détaillée dans le chapitre suivant.

On observe logiquement une décroissance des niveaux en fonction de l'éloignement des voies de circulation de la rocade comme présenté sur la figure suivante.

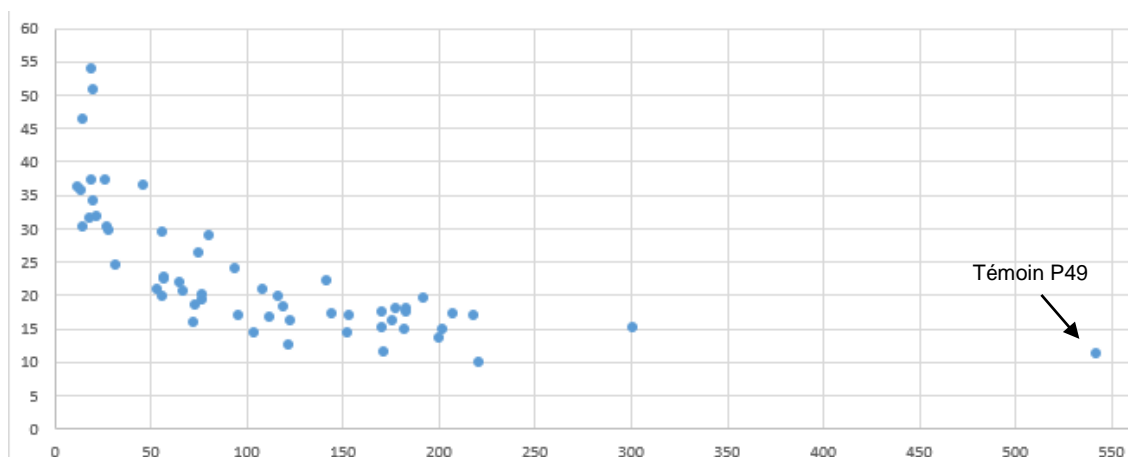


Figure 64 : Corrélation des niveaux de dioxyde d'azote (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) avec la distance des points (en m) par rapport à la rocade (centre des voies)

Les concentrations en NO_2 supérieures à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées à des distances inférieures à 50 mètres de la rocade. La décroissance des niveaux est rapide dans ces premières dizaines de mètres.

Au-delà de 50 mètres, la décroissance des concentrations est plus lente. Les concentrations passent sous la barre des $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au-delà de 150 mètres des voies.

On s'aperçoit via cette représentation que la décroissance des concentrations en fonction de la distance n'est pas linéaire.

Les points les plus éloignés (P49 - témoin - à 540 m situé en extra-rocade et P36 à 300m, situé en intra-rocade) présentent respectivement des teneurs comprises entre 11 et $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cela permet de distinguer des teneurs de fond légèrement différentes suivant le positionnement du point par rapport à la rocade et la ville de Rennes.

VI.2.2 Résultats du benzène par tube à diffusion

La figure suivante présente les résultats des mesures de benzène sur l'ensemble des points. Ceux situés au bord de la rocade sont colorés en orange.

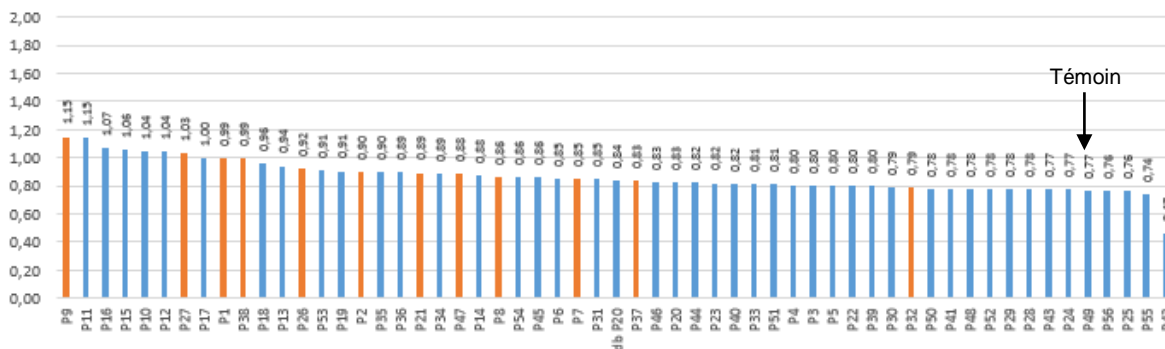


Figure 65 : Résultats des mesures de Benzène par tubes à diffusion – concentration moyenne du 08/02 au 08/03 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Excepté un point, les résultats sont compris entre 0.74 et $1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit un écart de $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ malgré des points distants de plus de 300 m de la rocade.

Il y a peu de différence entre les points situés au bord de la rocade et d'autres plus distants.

Le résultat le plus faible, $0.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été obtenu sur le point P42, qui se trouve au sud de la zone d'étude dans une parcelle agricole.

Contrairement au dioxyde d'azote pour lequel on a observé précédemment une bonne corrélation entre les teneurs et l'éloignement de la rocade, le benzène présente peu de variabilité quel que soit l'éloignement des points ce qui signifie que ses émissions par le trafic sont en baisse et que d'autres sources contribuent à sa présence.

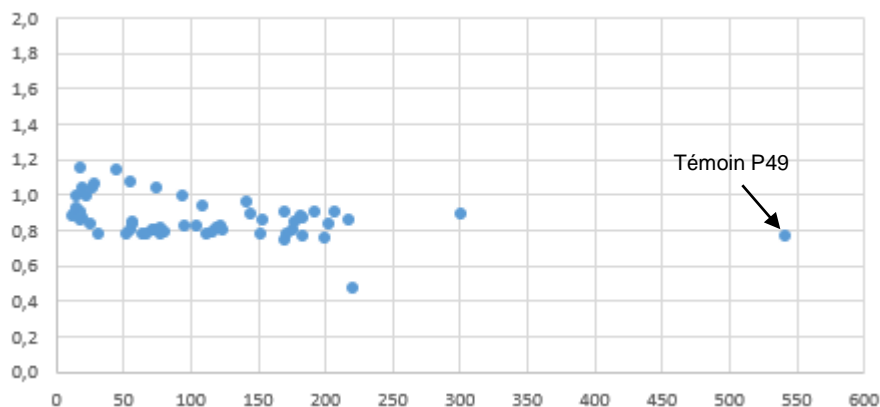


Figure 66 : Corrélation des niveaux de benzène (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) avec la distance des points (en m) par rapport à la rocade (centre des voies)

Les concentrations en benzène à moins de 50 mètres de la rocade sont comprises entre 0.8 et 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Entre 50 et 150m, les concentrations oscillent entre 0.8 et 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Au-delà de 150m, les concentrations sont comprises entre 0.8 et 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (excepté l'un des points).

Les points les plus éloignés par rapport aux axes de circulation présentent des teneurs comprises entre 0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (P49 - 540 m extra-rocade), et 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (P36 - 300 m intra-rocade). Ces deux points constituent des points représentatifs du bruit de fond de part et d'autre de la rocade.

Ce chapitre a permis d'analyser la dispersion des résultats pour le dioxyde d'azote et le benzène.

Pour le dioxyde d'azote, les valeurs mesurées au bord de la rocade sont comprises entre 3 et 5 fois la valeur mesurée en situation de fond. Ce dernier varie de 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en milieu péri-urbain contre 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en milieu urbain.

Une bonne corrélation a été observée entre les niveaux et l'éloignement de la rocade, ce qui justifie l'influence des émissions du trafic sur la rocade sur les niveaux.

Pour le benzène, les valeurs mesurées au bord de la rocade représentent entre 1 et 1.5 fois le bruit de fond. Ce dernier oscille entre 0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en milieu péri-urbain et 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en milieu urbain.

La corrélation des niveaux avec l'éloignement de la rocade est modérée ce qui signifie que les teneurs pour ce composé dépendent également d'autres sources d'émissions.

VI.3. Variabilité spatiale des niveaux de pollution

Trois approches successives sont traitées dans ce chapitre : les variabilités des niveaux le long de la rocade, puis au fur et à mesure de son éloignement et enfin en fonction de la hauteur.

Cette étude de la variabilité spatiale est basée sur les résultats des prélèvements hebdomadaires effectués par tube passif sur une cinquantaine de points.

VI.3.1 Variabilité des niveaux de pollution le long de la rocade

Les résultats des 12 points de prélèvements implantés le long de la rocade sont présentés ci-après pour le dioxyde d'azote et le benzène. Les concentrations sont des moyennes sur l'ensemble de la période de mesures. La topographie de la rocade est également indiquée.

a) Le dioxyde d'azote

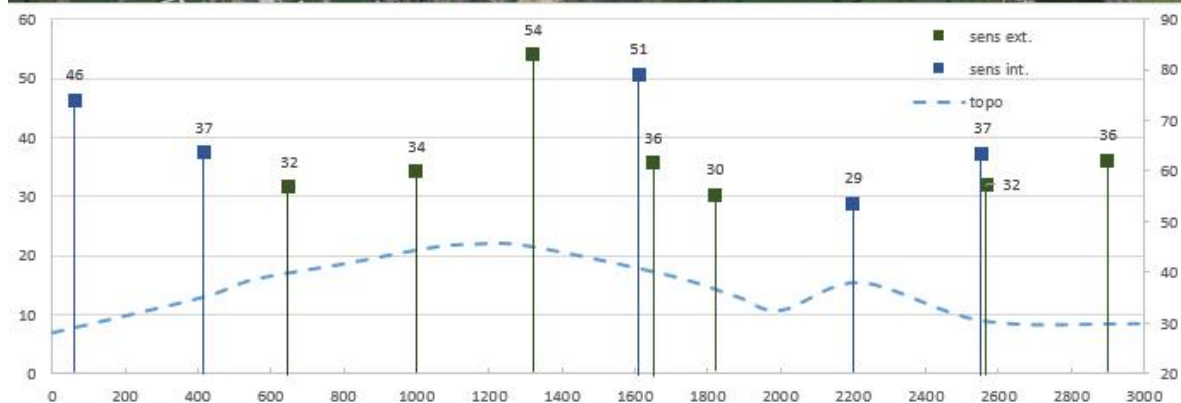


Figure 67 : Concentrations moyennes en dioxyde d'azote au bord de la rocade (axe de gauche, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et topographie (axe de droite, en m)

Les niveaux moyens en dioxyde d'azote sur l'ensemble du tronçon sont compris entre 29 et 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A titre de comparaison, les niveaux de fond observés de part et d'autre de la rocade sont compris entre 11 et 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la période.

Une interprétation des niveaux est réalisée ci-après du Nord-Ouest au Sud-Est du tronçon :

- Le **point P1**, au bord de la rocade intérieure en dénivelé négatif, présente une des teneurs les plus élevées (46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) qui pourrait être liée à la configuration en tranchée de la rocade à cet endroit qui limite la dispersion des émissions atmosphériques. C'est également un secteur très fréquenté (TMJA le plus élevé du secteur).
- Le **point P2**, dans les mêmes configurations (sens intérieure et dénivelé négatif) présente une concentration moins élevée (37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La rocade à cet endroit est moins encaissée que pour le point précédent ce qui pourrait expliquer cette variation.
- Les **point P7 et P8**, au bord de la rocade extérieure en dénivellation positive à cet endroit, présentent respectivement des concentrations de 32 et 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ soit en très légère hausse entre les deux points. Ces concentrations sont toutefois plus faibles que les deux points précédents ce que l'on peut associer à une voirie en surélévation par rapport à son environnement et donc à une meilleure dispersion par rapport à la configuration en tranchée.



Figure 68 : Localisation des points de prélèvements dans la section en tranchée de la rocade (P1 et P2) puis en surélévation (P8)

- Le point suivant **P9** présente la concentration maximale relevée sur le tronçon ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il s'agit d'un point situé au bord de la rocade extérieure au niveau d'un secteur bordé de panneaux antibruit qui limitent la dispersion des polluants.



Figure 69 (ci-contre) : mur antibruit au niveau du point P9

- Les deux points suivants présentent des concentrations nettement différentes entre eux (facteur 1.4) bien que situés à une 40^{aine} de mètres d'écart l'un sur la voie d'entrée à la rocade intérieure (**P27**) et l'autre au bord de la rocade extérieure (**P21**). Cette différence pourrait être liée à la dénivellation du secteur, à la typologie de la voie proche du point et à son environnement. Ainsi le point 27 se trouve sur une section à dénivellation positive, sur une voie d'entrée bordée d'un écran végétal doublé d'un mur antibruit. Ces facteurs contribuent à une augmentation des émissions des véhicules en régime d'accélération et à une moins bonne dispersion. Le point 21 se trouve sur une portion descendante, avec un environnement dégagé qui facilite la dispersion des émissions.
- Les **points P26 et P32** se trouvent respectivement sur les sens extérieur et intérieur de la rocade sur une section de l'ordre de 300 m au niveau du virage Bréquigny. Dans cette section, les rocades extérieures et intérieures se séparent. L'environnement est très dégagé de part et d'autre des voies. Il s'agit des concentrations les plus faibles relevées sur la zone d'étude (29 et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Les **points P37 et P38** se trouvent de part et d'autre de la rocade en aval du virage de Bréquigny. Le point P37 (sens intérieur) présente une concentration légèrement plus élevée (+15%) par rapport au point P38 de l'autre côté, ce qui peut s'expliquer par le microenvironnement de chacun des points (l'un est bordé par un écran végétal P37, et l'autre dans un environnement dégagé P38).

La majorité des points de mesures présente des concentrations moyennes en dioxyde d'azote sur la période de mesure de l'ordre de $30-35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aux abords de la rocade soit environ 3 fois le niveau de fond observé dans le secteur.

Quelques points présentent des concentrations supérieures d'un facteur 4 à 5 par rapport à ce niveau de fond, atteignant $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Certains facteurs pouvant influencer la dispersion des émissions ont été identifiés à savoir :

- Niveau de trafic plus élevé ;
- Secteur en tranchée en amont du secteur ;
- Secteur bordé d'un mur antibruit ;
- Voie d'accélération en dénivelé positif.

Il est toutefois difficile d'apprécier distinctement l'impact de ces facteurs sur les niveaux de dioxyde d'azote puisque les influences sont souvent combinées.

Les interprétations des résultats au niveau des transects permettront de préciser ces observations.

b) Le benzène

Les résultats des 12 prélèvements réalisés au bord de la rocade sont les suivants.

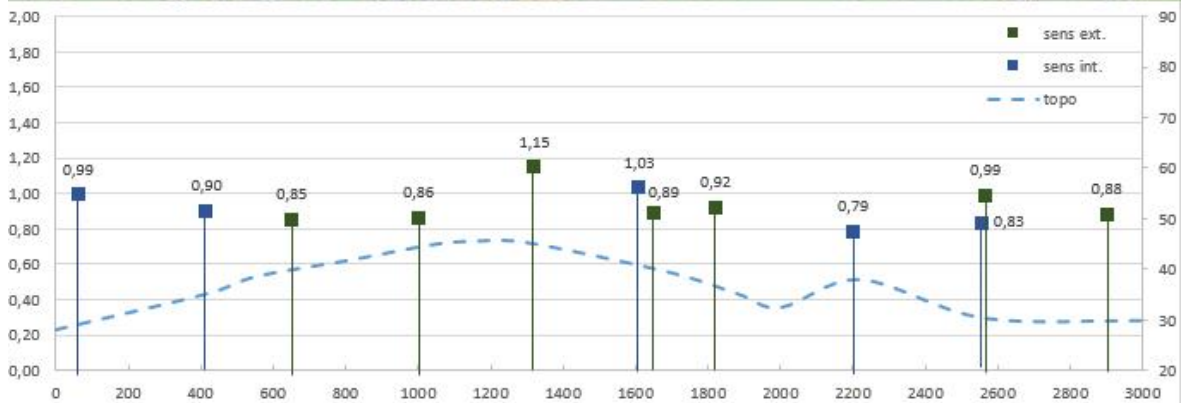


Figure 70 : Concentrations moyennes en benzène au bord de la rocade (axe de gauche, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et topographie (axe de droite, en m)

Il y a très peu de variabilité dans les niveaux mesurés. Ceux-ci sont compris entre 0,79 et 1,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A titre de comparaison, le point témoin présente une concentration de 0,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'augmentation des concentrations en benzène observée aux abords de la rocade est de l'ordre de quelques dixièmes de microgrammes par rapport au point témoin ce qui reste peu significatif au regard des incertitudes liées à la méthode de mesures.

Les points présentant les concentrations les plus élevées en benzène (facteur 1.3 à 1.5 par rapport au témoin) sont ceux qui présentaient également les concentrations les plus élevées en dioxyde d'azote.

Des conditions moins dispersives de ces sections pourraient justifier ces légères augmentations.

c) Comparaison des évolutions du benzène et du dioxyde d'azote le long de la rocade

Selon la bibliographie, les émissions en benzène sont plus importantes lors de période de congestion de trafic. De distributions différentes pourraient donc être observées sur le secteur.

Le graphique suivant présente les évolutions des teneurs en dioxyde d'azote et benzène selon une base 100 affectée à la concentration mesurée sur le 1^{er} point du secteur (du Nord-Ouest au Sud-Est).

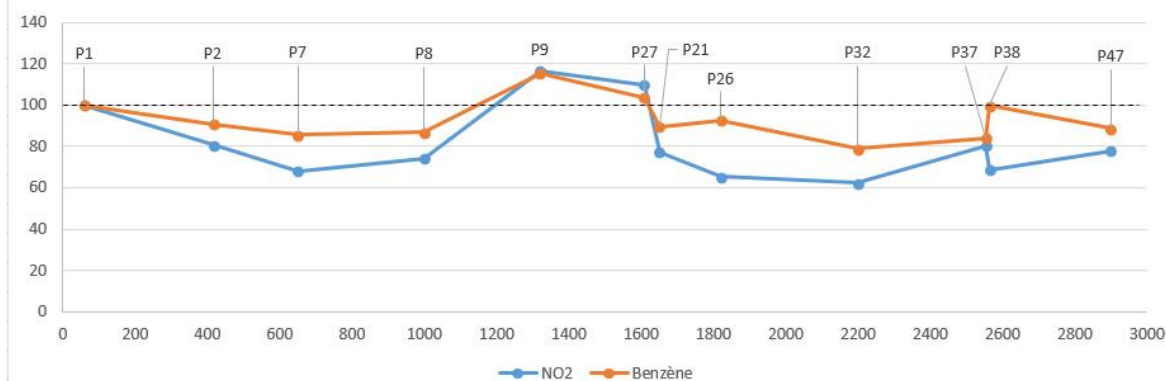
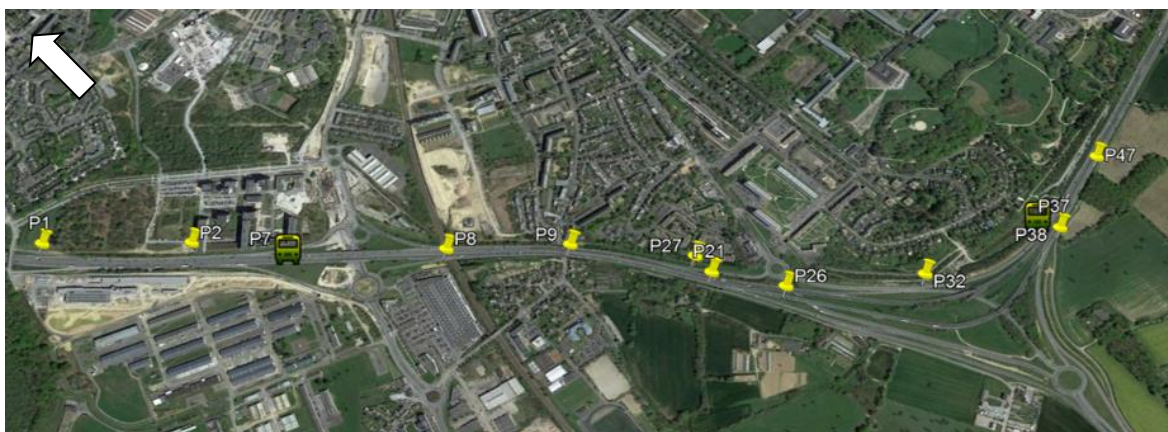


Figure 71 : Evolutions des concentrations en dioxyde d'azote et benzène aux abords de la rocade sur la zone d'étude (P1 pris comme référence)

Les évolutions des deux polluants sont très proches sur le domaine d'étude. Les concentrations maximales sont atteintes sur les mêmes tronçons : point 9 (mur antibruit) et point 27 (voie d'entrée en pente positive).

Les décroissances des niveaux dans les zones plus dispersives sont moins marquées pour le benzène.

D'après notre analyse du trafic sur le secteur d'études, les sections de St Jacques (sens int.) et Bréquigny (sens ext.) seraient plus sensibles aux congestions. Les concentrations relevées ne sont pas nettement différentes aux autres sections.

A noter toutefois, une hausse du niveau de benzène entre les points P37 et P38 (+20%) bien que situé de part et d'autre de la rocade. Les conditions différentes de trafic et notamment de congestion, pourraient expliquer ces variations pour ce paramètre.

Cette analyse des concentrations en benzène et dioxyde d'azote le long de la rocade a permis d'identifier quelques facteurs en relation avec les variations observées.

Il semblerait que les évolutions de dioxyde d'azote soient très liées aux conditions de dispersion des émissions autour des points de mesures. Le benzène, présentant peu de variations entre les points, semble également sensible aux conditions de dispersion mais

également aux variations de la fluidité du trafic comme le montre l'exemple des points situés au niveau de l'échangeur de Bréquigny.

Contrairement au benzène, des variations importantes des niveaux ont été observées pour le dioxyde d'azote le long de la rocade. Cette fluctuation est comprise entre 3 et 5 fois le niveau de fond pour le dioxyde d'azote, contre 1 à 1.5 pour le benzène.

Il s'agit des niveaux mesurés à proximité immédiate des axes qui ne sont pas représentatifs de ceux auxquels la population voisine peut être exposée.

C'est l'objet du chapitre suivant qui traite de la décroissance des concentrations sur quelques centaines de mètres à partir des voies.

VI.3.2 Variabilité des niveaux au fur et à mesure de l'éloignement de la rocade

Au total 8 transects ont été réalisés avec 5 points de prélèvements par tube passif par transect soit un total de 40 points de prélèvements.

Chaque point de prélèvement a fait l'objet de mesure de benzène et de dioxyde d'azote sur un pas de temps d'une semaine soit 4 répétitions durant la période de la campagne.

Les résultats sont présentés sous la forme de graphique indiquant **l'évolution du rapport entre la concentration sur le point de prélèvement et celle de la pollution de fond (point témoin) par rapport à la distance à l'axe de la rocade.**

Pour cette concentration de fond, au vu des résultats présentés dans les chapitres précédents, nous avons retenu des niveaux différents en fonction de l'urbanisation des transects à savoir :

- Référence de « fond urbain » : pour les transects réalisés en zone urbaine. Le point P36 a été choisi comme référence étant le plus éloigné de la rocade.
- Référence de « fond péri-urbain » : pour les transects réalisés en zone agricole. Le point P49 (témoin) a été choisi comme référence.

Un rapport de 1 signifie donc que la concentration relevée en ce point est égale à celle du bruit de fond local.

Les concentrations mesurées sont reprises dans un tableau.

Le pourcentage des vents balayant le transect durant la période est également précisé. Il a été calculé à partir des données météo France de la station de ST Jacques de la Lande (35).

Pour chaque transect, sont présentés :

- Un graphique en partie supérieure représentant les résultats sur l'ensemble de la période de mesures. Les concentrations moyennes sont précisées dans un tableau joint à ce graphique ;
- 4 graphiques présentant les résultats pour chacune des séries de prélèvements.

Les distances indiquées (en mètres) ont été prises avec comme référence le centre des voies de circulation de la rocade.

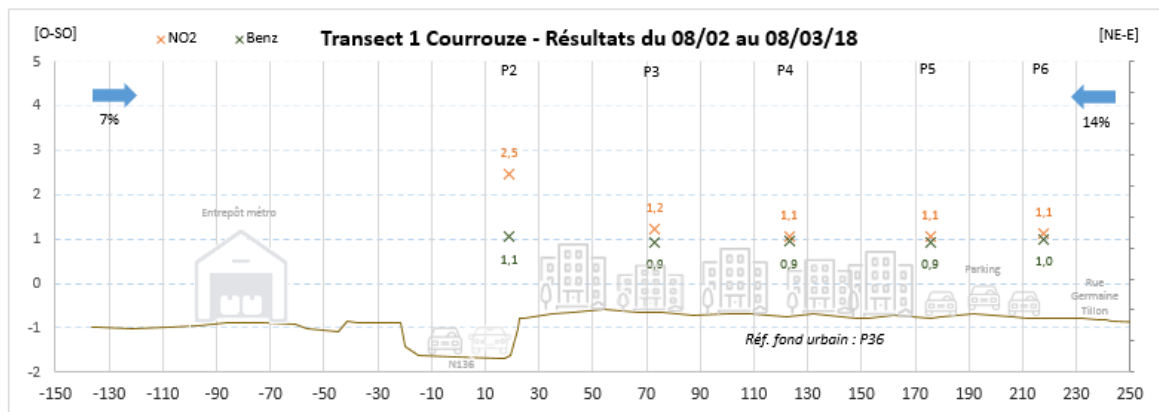
Nous nous intéressons principalement dans ce chapitre à la décroissance des niveaux au fur et à mesure de l'éloignement des voies et en fonction de l'environnement de la rocade.

Concernant les niveaux de concentrations, ils doivent être considérés ici à titre indicatif car représentatifs de cette campagne réalisée en période hivernale. Une estimation des concentrations annuelles sera réalisée plus tard dans le rapport, accompagnée d'une interprétation par rapport aux valeurs de références.

❖ Transect 1 – Courrouze

Conc. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	NO2	Benz.
P2	37	0,90
P3	19	0,80
P4	16	0,80
P5	16	0,80
P6	17	0,85
fd (P36)	15	0,89



La rocade se trouve en tranchée au niveau de ce transect (de l'ordre de 3 mètres). L'environnement, côté NE-E, est composé d'immeubles résidentiels et tertiaires.

Durant la campagne, le vent a été plus présent en provenance du secteur NE-E plaçant plus souvent les points de mesures hors influence des émissions de la rocade.

En moyenne sur la campagne, les concentrations en dioxyde d'azote chutent rapidement dans les 70 premiers mètres atteignant 1.2 fois le bruit de fond urbain contre 2.5 au bord de la voie : pente de -35%. Les concentrations passent de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au bord de la rocade à $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à cette distance.

Au delà de cette distance, les concentrations se stabilisent (pente $< \pm 5\%$) et rejoignent le bruit de fond urbain : $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La très légère augmentation des teneurs à l'extrémité du transect pourrait être liée au trafic sur la rue Germaine Tillon.

Pour le benzène, les variabilités sont peu sensibles passant de $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au bord de la rocade (soit 1.1 fois le bruit de fond urbain) à $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à partir de 70 m. Les concentrations à cette distance sont assimilables au bruit de fond urbain. Au delà, elles restent stables.

Conc. NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	S1	S2	S3	S4
P2	47	44	28	30
P3	22	21	12	19
P4	19	20	12	14
P5	18	20	12	14
P6	19	21	12	16
fd (P36)	17	18	11	15

Conc. Benz. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	S1	S2	S3	S4
P2	0,75	1,00	0,93	0,94
P3	0,57	0,90	0,90	0,83
P4	0,61	0,83	0,85	0,92
P5	0,65	0,89	0,85	0,81
P6	0,67	1,00	0,92	0,83
fd (P36)	0,67	1,00	0,92	0,83



L'analyse des résultats sur chacune des séries de prélèvements hebdomadaires permet d'identifier des variations à la fois des niveaux mesurés à proximité de la rocade et également de la décroissance le long du transect. Ces variations sont très liées aux directions des vents.

Ainsi durant les séries 1 et 4, les vents en provenance du secteur O-SO ont été majoritaires plaçant les points de prélèvement sous l'influence de la rocade. Dans ces conditions, on observe que les niveaux en dioxyde d'azote au bord de la rocade sont plus élevés (surtout durant la série 1, $47\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la décroissance des niveaux plus faibles : à 70 m, les niveaux représentent 1.3 fois le bruit de fond urbain contre 1.1 à 1.2 pour les autres séries.

Au contraire, la série 3, marquée par un vent dominant du secteur NE-E, présente le niveau le plus faible au bord de la rocade ($28\mu\text{g}/\text{m}^3$) et des concentrations en NO_2 conformant au niveau de fond sur le reste du transect.

Suivant les cas, la stabilisation des niveaux de concentrations en dioxyde d'azote au voisinage du niveau de fond urbain intervient entre 70 et 120 m du centre des voies de la rocade.

Pour le benzène, les décroissances des concentrations sont peu significatives quelles que soient les conditions. Les concentrations sont de l'ordre de +/-10% du niveau de fond urbain sur tous les points.

On constate sur ce transect une bonne dispersion des concentrations en dioxyde d'azote qui sont de l'ordre de 1.1 fois le bruit de fond urbain entre 70 et 120 m du centre des voies de la rocade contre 2.5 à proximité immédiate.

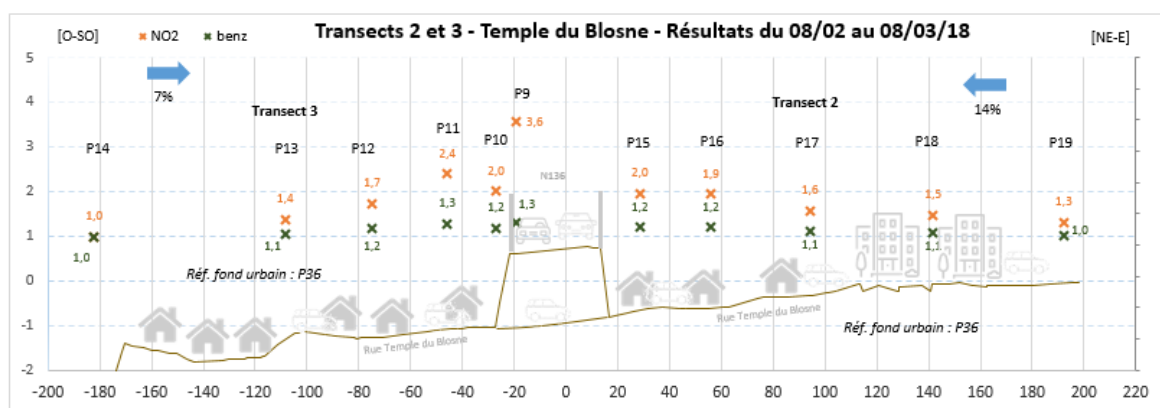
Pour le benzène, les concentrations restent au voisinage du bruit de fond quelle que soit la distance.

Ces observations sont à rapprocher de la configuration des lieux à cet endroit à savoir un environnement peu urbanisé et la rocade en tranchée.

❖ Transect 2 et 3 Temple du Blossne

→ Résultats sur l'ensemble de la campagne :

	Conc. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	NO2	Benz.
p14	15	0,88
P13	21	0,94
P12	26	1,04
P11	36	1,15
P10	30	1,04
P9	54	1,15
P15	30	1,06
P16	29	1,07
P17	24	1,00
P18	22	0,96
P19	20	0,91
fond (P36)	15	0,89



Ce transect a été implanté dans un environnement urbanisé constitué de maisons pavillonnaires situées le long de la rue du Temple du Blossne qui présente un trafic significatif (6600 v/jr). Le point P14 a été implanté à proximité de la maison de retraite (établissement sensible).

La rocade est en surélévation au niveau de ce transect, et bordée d'un mur antibruit. Le vent de secteur NE-E a été plus présent sur la période.

Un point a été implanté le long de voies, sur le panneau antibruit (P9). Ce dernier présente les concentrations maximales relevées sur l'ensemble du secteur d'étude pour le benzène ($1.15\mu\text{g}/\text{m}^3$) et le dioxyde d'azote ($54\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cela représente respectivement 1.3 et 3.6 fois le bruit de fond.

Du côté O-SO (transect3), la décroissance du dioxyde d'azote est très rapide entre les points P9 et P10 (pente de -3) situés de part et d'autre du mur antibruit, avant d'augmenter légèrement entre P10 et P11. Le point P10, situé à 10 mètres du mur antibruit et 5 mètres en contrebas par rapport au niveau de la rocade, est moins exposé aux émissions de la rocade que le point P11 situé 20 mètres plus loin. Les mouvements de masse d'air sont probablement influencés par l'obstacle que constitue le panneau antibruit.

La décroissance moyenne entre P9 et P12 (+75m) est de -50% (pente -0.5) pour le NO₂ ; le niveau reste encore 1.7 fois supérieurs au bruit de fond urbain à cette distance (26 µg/m³). Au delà, la diminution est progressive. Le niveau de bruit de fond est atteint entre 110 et 180 du centre des voies de la rocade.

Le point P14, situé au niveau de la maison de retraite, présente une concentration assimilable au bruit de fond urbain.

De l'autre côté du transect (NE-E), les concentrations en NO₂ dans les 30 premiers mètres sont identiques à celles relevées de l'autre côté de la rocade à la même distance. La décroissance par rapport au point de référence au bord de la rocade est donc identique : -50%.

Les niveaux sont stables entre P15 et P16, du fait de sources additionnelles (présence d'un feu tricolore au niveau de la rue du temple du Blosne) puis diminuent progressivement pour atteindre un niveau correspondant à 1.3 fois le bruit de fond urbain à près de 200 m.

La décroissance des niveaux en dioxyde d'azote est moins importante pour ce transect que pour celui situé côté O-SO ce qui s'explique probablement par les différences de fréquentation routière des rues en fin de transect.

Pour le benzène et pour les deux transects, les niveaux sont de l'ordre de 1.3 fois le bruit de fond à proximité immédiate de la rocade. Le niveau de fond est rétabli à partir de 100 m environ.

→ Résultats par série hebdomadaire

L'analyse de chacune des séries permet de mettre en évidence des variations des niveaux en dioxyde d'azote suivant les semaines.

Par exemple pour le point 9, situé au bord de la rocade sur le mur antibruit, les teneurs en dioxyde d'azote varient de 60 µg/m³ (lors des séries 1, 2 et 4) à 33 µg/m³ pour la série 3. Lors de cette série, les vents provenaient majoritairement du secteur NE-E plaçant ce point sous les vents de la rocade ce qui peut paraître étonnant au vu du niveau de concentration rencontré. La présence de mur antibruit de part et d'autre de la rocade sur ce secteur a peu influencé le mouvement des masses d'air.

Pour les autres points, les profils de décroissance observés côté O-SO sont proches pour les séries 1 et 4 d'une part et 2 et 3 d'autre part du fait de direction de vents proches.

Dans le premier cas, lorsque le transect se trouve en amont de la rocade selon les vents, les niveaux, de l'ordre de 4 fois le bruit de fond au bord de la rocade, rejoignent la teneur de fond entre 75 et 110 m du centre des voies.

Dans le second cas, lorsque le transect se trouve sous les vents de la rocade, la décroissance des niveaux est bien moins rapide. A l'extrême dans le cas de la série 3, le point le plus éloigné correspondant à la maison de retraite (180 m), présente une concentration représentant encore 1.6 fois le bruit de fond urbain (16 µg/m³ contre 11 µg/m³).

Côté NE-N, de la même manière, la direction des vents influence les teneurs en dioxyde d'azote essentiellement dans les 50 premiers mètres : ainsi lorsque ce transect se trouve plus souvent sous l'influence de la rocade (série 1 et 4), les concentrations sont de l'ordre de 2 à 2.5 fois le bruit de fond, contre 1.5 à 1.8 pour les autres séries pour lesquelles les vents placent le transect en amont de la rocade.

Au delà de cette distance, les rapports au bruit de fond sont assez proches, de l'ordre de 1.2 à 1.5 même à 200 m de la rocade, ce qui est probablement lié aux sources d'émissions complémentaires rue du Temple du Blosne.

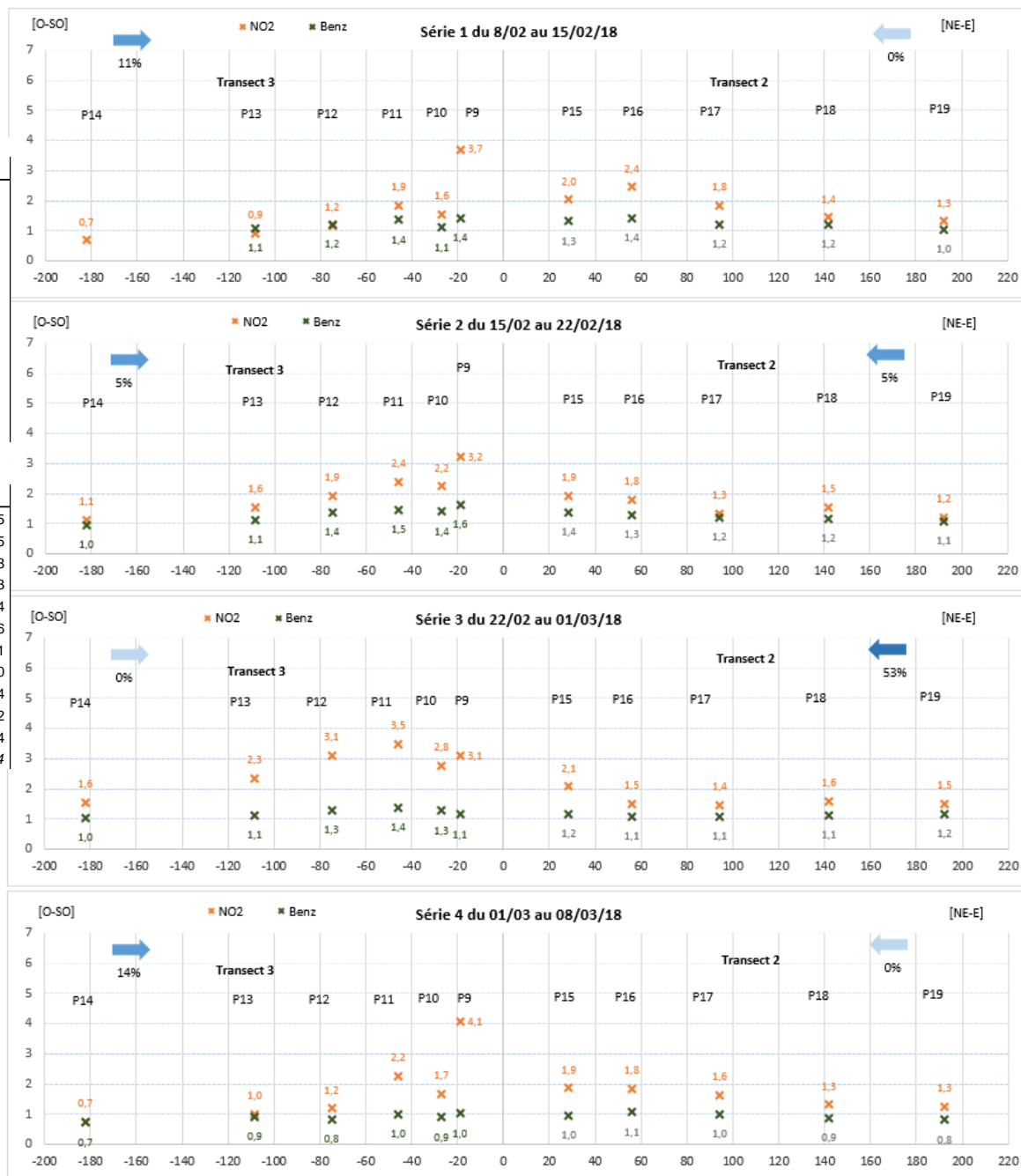
Dans le cas du benzène, les niveaux sont de l'ordre du bruit de fond entre 75 et 110 m de la rocade côté O-SO. De l'autre côté, la décroissance est parfois moins rapide (série 1) du fait de sources complémentaires.

Conc. NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	S1	S2	S3	S4
p14	12	20	16	11
P13	16	28	25	15
P12	20	35	33	18
P11	32	43	37	34
P10	27	40	29	25
P9	64	58	33	61
P15	35	34	22	28
P16	42	32	16	28
P17	32	24	15	24
P18	25	28	17	20
P19	23	21	16	19
fond (P36)	17	18	11	15

Conc. Benz. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	S1	S2	S3	S4
p14	nm	0,90	0,98	0,75
P13	0,71	1,05	1,06	0,95
P12	0,78	1,30	1,21	0,88
P11	0,89	1,38	1,28	1,03
P10	0,72	1,32	1,19	0,94
P9	0,94	1,53	1,07	1,06
P15	0,86	1,29	1,10	1,01
P16	0,93	1,22	1,02	1,10
P17	0,79	1,15	1,00	1,04
P18	0,79	1,09	1,06	0,92
P19	0,68	1,01	1,09	0,84
fond (P36)	0,65	0,94	0,94	1,04



Contrairement au précédent, ces deux transects 2 et 3 ont été réalisés dans une zone urbanisée et le long d'un axe routier ce qui représente des sources complémentaires de dioxyde d'azote et de benzène qui s'ajoutent aux émissions du trafic de la rocade.

Comparativement au transect précédent, la décroissance des niveaux jusqu'au bruit de fond est moins rapide au fur et à mesure de l'éloignement à la rocade ; dans le cas du transect 2, le niveau de fond en dioxyde d'azote n'est pas atteint à l'extrémité du transect (200 m).

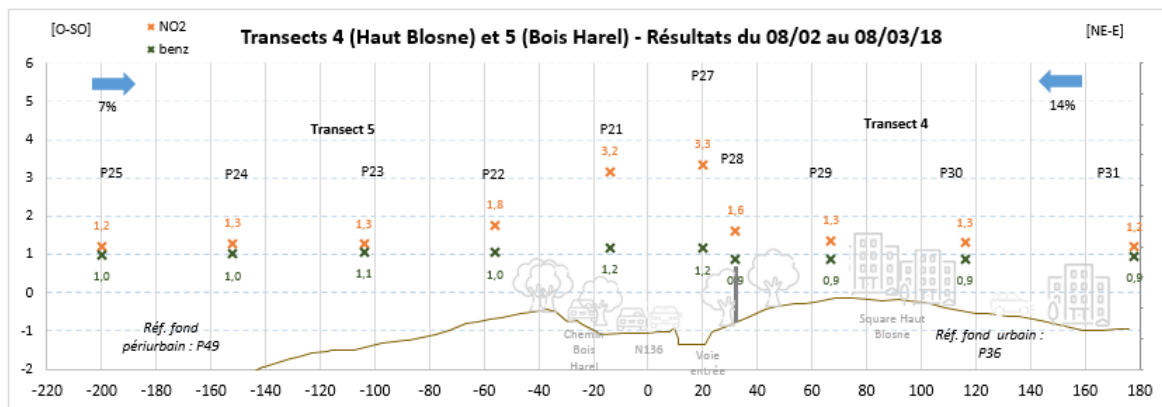
L'impact du mur antibruit sur les niveaux a également été analysé. Les niveaux en dioxyde d'azote sont plus importants au bord de la rocade (entre 3 et 4 fois le bruit de fond en NO₂) ce qui pourrait s'expliquer par le cloisonnement. La décroissance est très rapide dans les 1^{ères} dizaines de mètres.

❖ Transect 4 (Haut Blosne) et 5 (Bois Harel)

Conc. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

→ Résultats sur l'ensemble de la campagne :

	NO2	Benz.
P25	14	0,76
P24	14	0,77
P23	14	0,82
P22	20	0,80
P21	36	0,89
fond (P49)	11	0,77
P27	51	1,03
P28	24	0,78
P29	20	0,78
P30	20	0,79
P31	18	0,85
fond (P36)	15	0,89



Les transects 4 et 5 sont très différents en termes d'occupation des sols : dans le cas du transect 4, les voies de circulation sont bordées de végétation et d'un mur antibruit, et l'environnement est occupé par des immeubles résidentiels de moyenne hauteur. Le transect 5 correspond à une zone agricole et il n'y a pas de barrière physique entre la rocade et son environnement.

Le vent de secteur NE-E a été plus fréquent en moyenne sur la campagne.

On constate nettement l'influence du mur antibruit sur les niveaux de dioxyde d'azote sur le transect 4 (côté NE-E) puisque les niveaux chutent rapidement passant de 3.3 à 1.6 fois le bruit de fond urbain en une dizaine de mètres (pente de -2.2).

La diminution des concentrations de P28 à P31, soit entre 30 et 180 m de la rocade, est ensuite très progressive pour atteindre 1.2 fois le bruit de fond urbain à l'extrémité du transect. La décroissance du NO₂ dans les 50 mètres est de 60% (pente -0.6).

Pour le côté O-SO (transect 5), dans les cinquantes premiers mètres, la décroissance des niveaux est plus faible (pente -0.4) du fait d'un niveau moins élevé à proximité de la rocade, mais le rapport au bruit de fond est identique à une distance équivalente à la rocade de l'autre côté.

A partir de 100 mètres, la décroissance des niveaux devient peu significative. Les niveaux restent 1.2 fois supérieures au bruit de fond péri-urbain.

Pour le benzène, excepté les points P21 et P27 présentant des concentrations légèrement plus élevées du fait de leur positionnement aux bords des voies, les autres points sur les deux transects présentent des teneurs de l'ordre du bruit de fond.

→ Résultats par série hebdomadaire

Ces graphiques par série permettent de constater l'influence des directions de vents.

Par exemple, dans le cas du transect 4 (NE-E) et pour la série 3 (53% des vents issus du secteur NE-E plaçant le transect en amont de la rocade selon les vents), la valeur relevée en dioxyde d'azote à 30m des voies (P28) représente seulement 1.2 fois le bruit de fond (soit 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) contre 1.5 à 1.9 fois pour les autres séries (entre 26 et 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

De même pour cette série sur le transect opposé, la décroissance des niveaux est moins rapide atteignant pour le point P23 une teneur représentant 1.6 fois le bruit de fond à 100 m (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) contre 1.1 pour les autres séries (entre 11 et 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

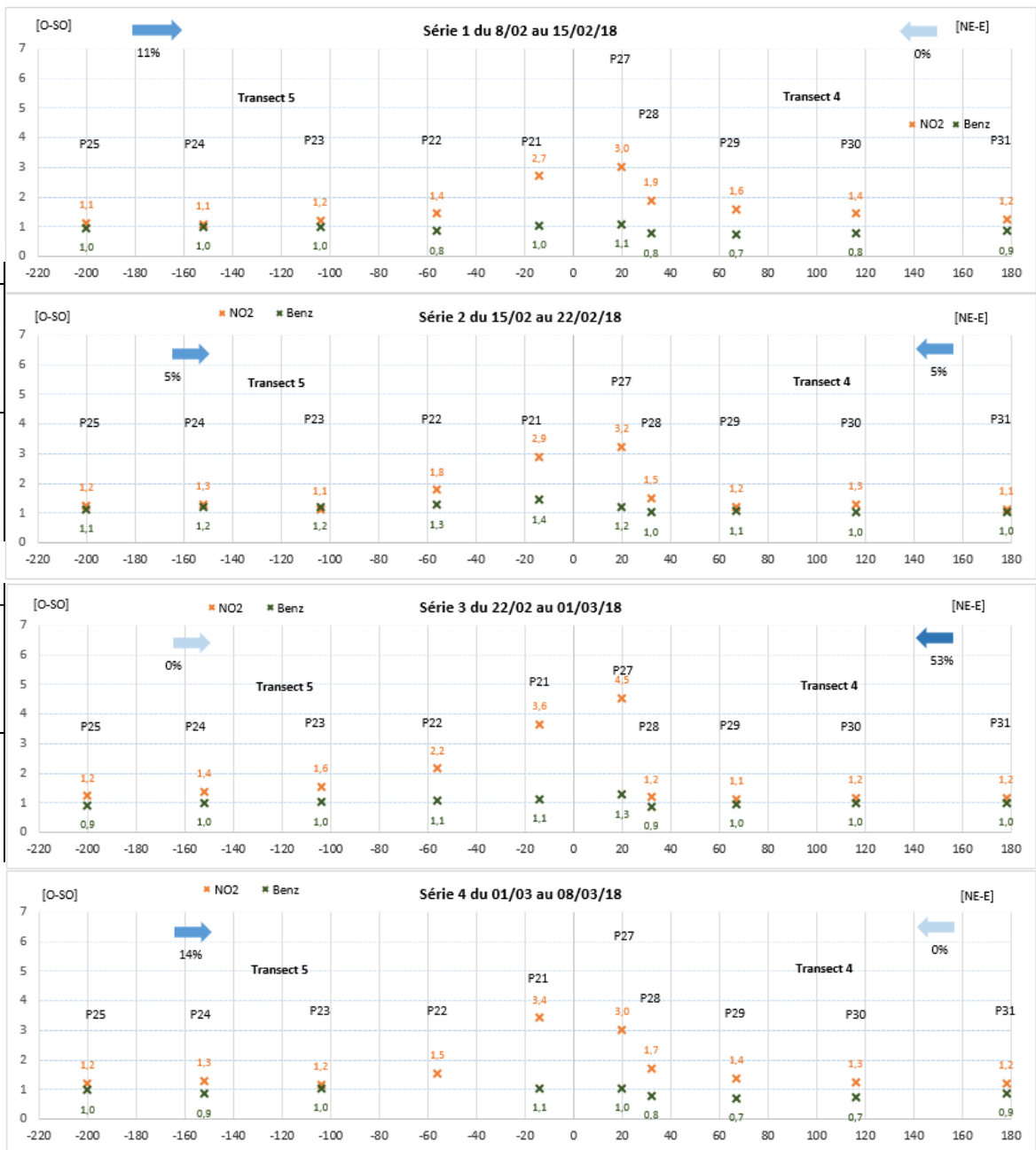
En condition de vent opposé (série 1 et 4 par exemple), les concentrations en dioxyde d'azote dans le quartier du Haut Blosne peuvent rester significativement supérieures au bruit de fond même jusqu'à 200 mètres.

Conc. NO₂ (en µg/m³)

	S1	S2	S3	S4
P25	11	18	14	11
P24	10	19	16	12
P23	12	16	18	11
P22	14	26	25	15
P21	26	42	42	33
fond (P49)	10	14	12	10
P27	52	58	48	45
P28	33	27	13	26
P29	27	22	12	21
P30	25	23	12	19
P31	21	20	12	18
fond (P36)	17	18	11	15

Conc. Benz. (en µg/m³)

	S1	S2	S3	S4
P25	0,56	0,85	0,82	0,81
P24	0,58	0,91	0,89	0,71
P23	0,59	0,92	0,91	0,86
P22	0,50	0,96	0,94	nm
P21	0,60	1,09	1,00	0,88
fond (P49)	0,58	0,76	0,89	0,83
P27	0,72	1,15	1,18	1,08
P28	0,50	0,96	0,81	0,83
P29	0,48	1,00	0,90	0,72
P30	0,52	0,96	0,93	0,75
P31	0,56	0,97	0,95	0,90
fond (P36)	0,65	0,94	0,94	1,04



L'interprétation des résultats sur le transect 4 confirme l'influence du mur antibruit qui contribue à faire baisser les teneurs en dioxyde d'azote de manière significative malgré des niveaux élevés en proximité de rocade.

Pour le transect 5 implanté en zone agricole, la décroissance est moins rapide ce qui s'explique par le niveau moins élevé atteint au bord des voies en l'absence d'obstacle (par comparaison au point opposé).

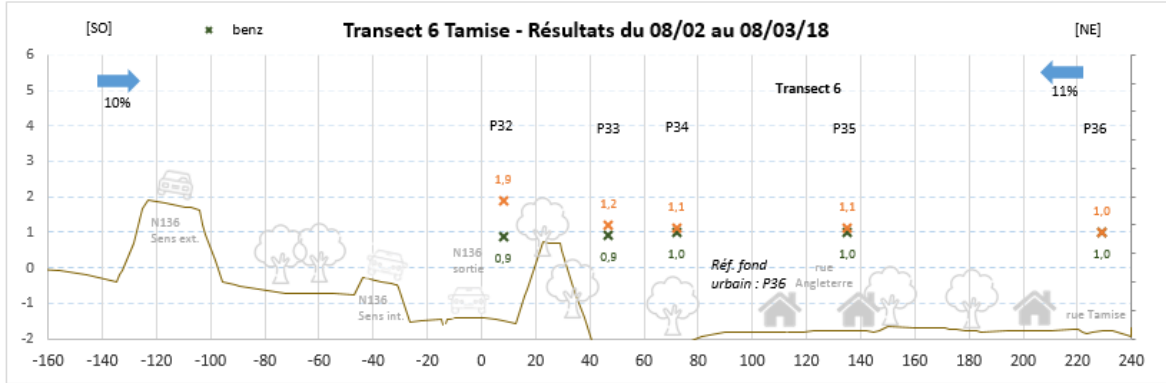
Dans les deux cas, les teneurs enregistrées à partir d'une centaine de mètres de la rocade, restent 1.2 fois au dessus des niveaux de fond respectifs même à l'extrémité du transect (200 m).

Par ailleurs, les régimes de vents influencent considérablement les niveaux mesurés en fonction du positionnement du point par rapport à la rocade.

❖ Transect 6 Tamise

→ Résultats sur l'ensemble de la campagne :

	Conc. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	NO2	Benz.
P32	29	0,79
P33	18	0,81
P34	17	0,89
P35	17	0,90
P36 (fond)	15	0,89



Ce transect se trouve dans le virage Bréquigny, où les voies intérieures et extérieures sont séparées par un terre plein central. Pour ces raisons, les teneurs mesurées en dioxyde d'azote et benzène sont les plus faibles parmi celles mesurées au bord des voies ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Un merlon végétalisé ainsi qu'un espace vert séparent les habitations des premières voies de circulation (distance 110 m environ).

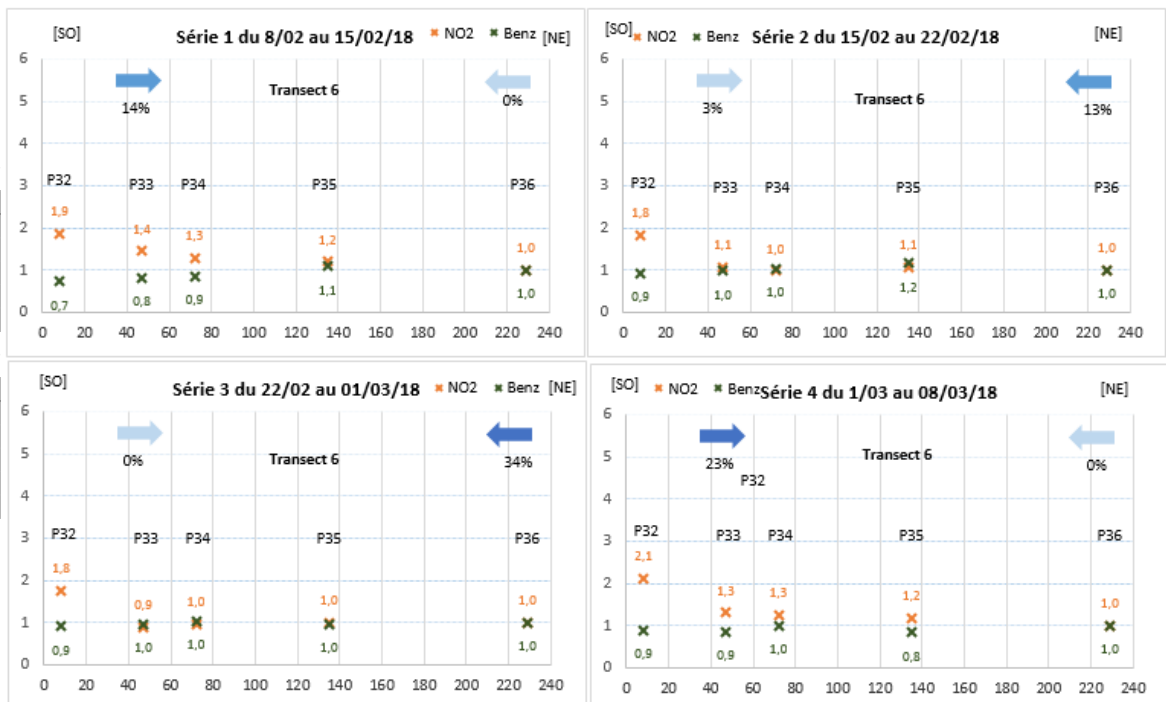
Les pourcentages de vent ayant balayé le transect d'une direction à l'autre sont identiques.

La décroissance des niveaux de concentrations en dioxyde d'azote est assez rapide entre le bord de la voie et l'autre côté du merlon (pente 30%) : 1.9 à 1.2 fois le bruit de fond (soit respectivement 29 à $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Au delà du merlon, les niveaux sont stables et atteignent la valeur de fond à partir de 120-130 m de la rocade.

Les concentrations en benzène sont de l'ordre du bruit de fond sur l'ensemble du transect.

→ Résultats par série hebdomadaire



L'analyse des différentes séries permet de montrer que dans le cas de situations défavorables (séries 1 et 4 ou le transect est sous l'influence de la rocade par rapport aux vents), la décroissance des concentrations en dioxyde d'azote est moins rapide ; celles-ci sont encore entre 1.3 et 1.4 fois le bruit de fond à 50 m alors que pour les autres séries, les niveaux sont voisins du bruit de fond.

Ce transect 6 se différencie des précédents puisque les points de prélèvements sont plus distants des voies principales de la rocade (entre 80 et 300 m contre 5 à 200 m pour les autres transects).

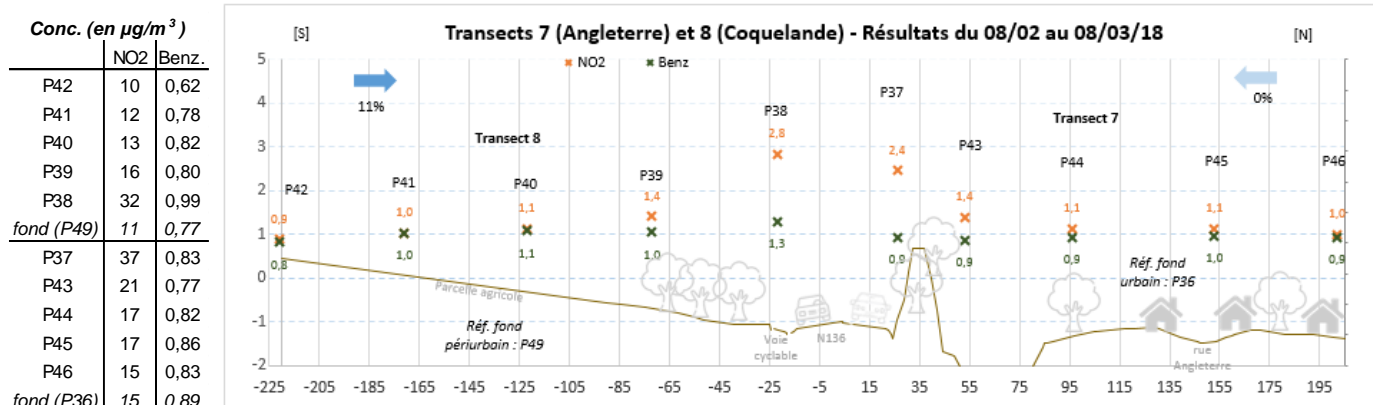
Un merlon puis un espace vert séparent un lotissement des voies de la rocade (180m).

La décroissance des niveaux en dioxyde d'azote est assez rapide entre les deux premiers points du fait de la présence du merlon. Les niveaux restent stables sur le reste du transect et voisins du bruit de fond urbain.

Pour le benzène, l'éloignement des voies principales de circulation expliquent probablement les faibles niveaux rencontrés, assimilables au bruit de fond urbain sur l'ensemble du transect.

❖ Transect 7 (Angleterre) et 8 (Coquelande)

→ Résultats sur l'ensemble de la campagne :



Les transect 7 ressemble au transect 6 précédent, puisqu'il comprend un merlon séparant la voie de circulation de son environnement, puis un espace vert et le lotissement. Les voies de circulations sont toutefois moins éloignées des premières habitations : 80 m.

Le transect 8 s'apparente au transect 5 comprenant une large zone de dégagement (terrains agricoles).

Les deux sens de la rocade à ce stade sont regroupés. Le vent a été plus récurrent du secteur Sud plaçant le lotissement sous influence de la rocade.

Concernant le transect 7, la décroissance des niveaux en dioxyde d'azote est rapide entre les deux premiers points situés respectivement à 26 et 53 m du centre des voies, passant de 2.4 à 1.4 fois le bruit de fond urbain (soit 37 à 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La décroissance des niveaux dans les cinquante premiers mètres est de 60% (pente -0.6).

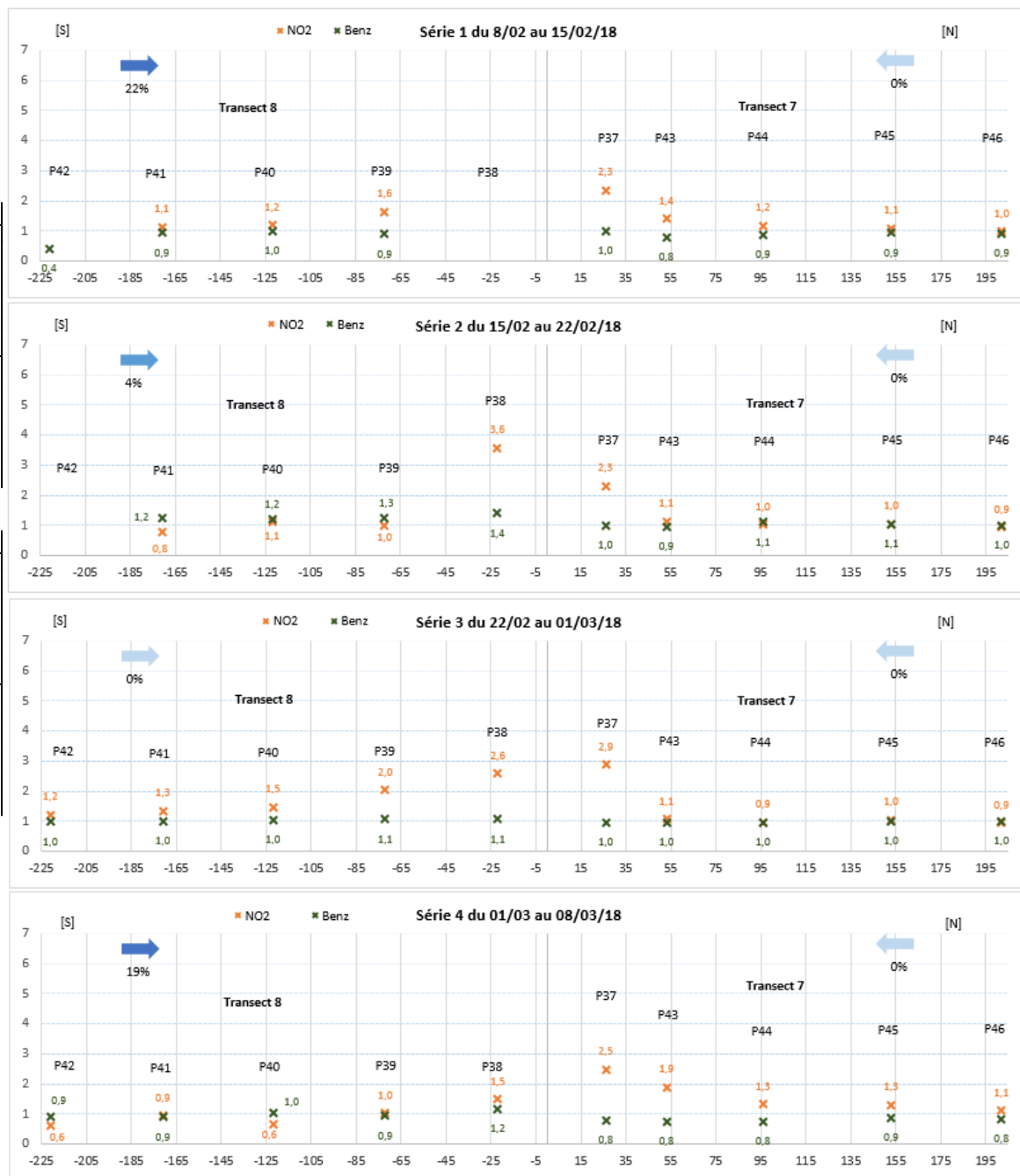
A partir de 100m, les concentrations se stabilisent au voisinage du bruit de fond urbain (soit 15 à 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sur le côté opposé (transect 8), le rapport avec le niveau de fond (1.4) à 65 mètres du centre des voies est identique au transect côté opposé. La décroissance à cette distance depuis les voies est de 30% (pente -0.3).

Au delà de cette distance, le profil de décroissance est proche de celui côté opposé. Le niveau de fond en dioxyde d'azote est atteint entre 65 et 125 mètres des voies.

Pour le benzène, il y a peu de variabilité à l'image de ce qui a été constaté sur les autres transects. Le transect 7 présente des teneurs de l'ordre du bruit de fond sur l'ensemble du transect. Concernant le transect 8, les niveaux de fond sont atteints entre 25 et 65 mètres des voies.

→ Résultats par série hebdomadaire



Conc. NO2 (en µg/m³)

	S1	S2	S3	S4
P42	nm	nm	14	6
P41	11	11	16	9
P40	11	16	17	6
P39	16	15	24	10
P38	nm	52	30	14
fond (P49)	10	14	12	10

Conc. Benz. (en µg/m³)

	S1	S2	S3	S4
P42	0,24	nm	0,87	0,76
P41	0,54	0,94	0,90	0,74
P40	0,57	0,92	0,92	0,86
P39	0,52	0,94	0,94	0,78
P38	nm	1,06	0,94	0,98
fond (P49)	0,58	0,76	0,89	0,83
P37	0,66	0,95	0,90	0,83
P43	0,51	0,89	0,90	0,79
P44	0,56	1,05	0,90	0,79
P45	0,61	0,99	0,92	0,91
P46	0,59	0,93	0,94	0,85
fond (P36)	0,65	0,94	0,94	1,04

Comme pour les autres transects, les décroissances des niveaux en dioxyde d'azote sont influencées par les directions de vents.

Pour la série 3 par exemple, les vents balayant le transect sont nuls. Dans ce cas précis, le niveau de fond en dioxyde d'azote est atteint à une distance de 50 mètres des voies.

Pour les séries 1 et 4, les vents placent de manière plus fréquente le transect 7 sous l'influence de la rocade. Dans ce cas, le niveau de fond urbain est atteint entre 150 et 200 m des voies.

❖ Récapitulatif des observations réalisées sur la base des transects

Au total 8 transects ont été réalisés sur la portion de la rocade étudiée permettant de réunir différents types de configurations des axes routiers mais également d'aménagement limitrophes. La synthèse de nos observations est la suivante.

Tableau 11 : Synthèse des observations des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène par rapport au niveau de fond réalisées sur les transects

Transects	Caractéristiques	Observations
Transect 1	Rocade en contrebas de quelques mètres 3 voies de circulation dans les deux sens Environnement dégagé	NO ₂ : bord des voies : 2.5 fois le Bdf* Décroissance 35% de 0 à 70m Niveau de fond atteint entre 70 et 120 m Benz. : niveau de l'ordre du Bdf sur tout le transect
Transect 2	Rocade en hauteur de quelques mètres Zone de transition nombre de voies : extérieur 2 voies, intérieur passage en 3 voies Présence d'un mur antibruit Environnement pavillonnaire (maison très proche de la rocade 25m) Ajout des émissions liées à la circulation rue du Temple du Blosne	NO ₂ : bord des voies : 3.6 fois le Bdf (niveaux les plus forts sur le secteur) Décroissance 50% entre 0 et 75m 1.3 fois le Bdf à 200 m (extrémité du transect) → émissions supplémentaires avec trafic sur rue du temple du Blosne Benz. : niveau de fond à 100m
Transect 3	Rocade en hauteur de quelques mètres 2 voies de circulation dans les deux sens Présence d'un mur antibruit Environnement pavillonnaire (maison très proche de la rocade 25m) Ajout des émissions liées à la circulation rue du Temple du Blosne Présence d'un établissement sensible (maison de retraite)	NO ₂ : bord des voies : 3.6 fois le Bdf Décroissance 50% entre 0 et 75m Niveau de fond atteint entre 110 et 180 m Niveau de fond au niveau de la maison de retraite Benz. : niveau de fond à 100m
Transect 4	Proche d'une voie d'insertion 2 voies de circulation dans les deux sens Présence d'un mur antibruit + végétation Environnement immeubles résidentiels	NO ₂ : bord des voies : 3.3 fois le Bdf 1.2 fois le Bdf à 200 m (extrémité du transect) Décroissance 60% de 0 à 50m Benz. : niveau de l'ordre du Bdf excepté au bord des voies
Transect 5	Pas d'obstacle entre les voies et l'environnement 2 voies de circulation dans les deux sens Zone non urbanisée (activité agricole)	NO ₂ : bord des voies : 3.2 fois le Bdf Décroissance 40% entre 0 et 50m 1.2 fois le Bdf à 200 m (extrémité du transect) Benz. : niveau de l'ordre du Bdf excepté au bord des voies
Transect 6	Sens intérieur et extérieur de la rocade séparée - 2 voies de circulation dans les deux sens Merlon végétalisé Trafic faible sur la voirie la plus proche (voie de sortie) Quartier résidentiel à 180 m de la voirie	NO ₂ : bord des voies : 1.9 fois le Bdf (niveaux les plus faibles sur le secteur) Décroissance 30% entre 0 et 50m Niveau de fond atteint entre 120 et 130 m Benz. : niveau de l'ordre du Bdf sur tout le transect
Transect 7	2 voies de circulation dans les deux sens Merlon végétalisé Quartier résidentiel à 80 m de la voirie	NO ₂ : bord des voies : 2.4 fois le Bdf Décroissance 60% entre 0 et 50m Niveau de fond atteint à 100 m Benz. : niveau de l'ordre du Bdf sur tout le transect
Transect 8	Pas d'obstacle entre les voies et l'environnement 2 voies de circulation dans les deux sens Zone non urbanisée (activité agricole)	NO ₂ : bord des voies : 2.8 fois le Bdf Décroissance 30% entre 0 et 65m Niveau de fond atteint entre 65 et 125 m Benz. : niveau de l'ordre du Bdf entre 25 et 65m

*Bdf : Bruit de Fond

❖ Distance d'impact : délimitation des zones hors/sous influence

Pour l'appréciation de l'influence des émissions de la rocade sur son environnement, nous avons choisi de représenter les rapports des concentrations relevées sur les niveaux de fond respectifs par transect (urbain ou péri-urbain). Au regard des incertitudes de mesures et de la variabilité des concentrations, **nous estimons que l'influence des émissions de la rocade devient peu significative lorsque les rapports sont inférieurs à 1.2 soit +20% par rapport au niveau de fond.**

Dans le présent chapitre, on délimite deux zones à savoir :

- « Zone hors influence d'une source proche (rocade) » : lorsque les niveaux sont inférieurs à 1.2 fois le bruit de fond ;
- « Zone sous influence d'une source proche (rocade) » : lorsque les niveaux sont supérieurs à 1.2 fois le bruit de fond.

→ Le dioxyde d'azote

Pour ce paramètre les niveaux les plus élevés ont été observés aux bords des voies, lorsque celle-ci étaient bordées d'un mur antibruit en raison d'une moins bonne dispersion des émissions. Un autre point situé au bord d'une voie d'insertion, avec un dénivelé positif marqué, a présenté des teneurs proches du maxima relevé.

Au sujet de la décroissance des concentrations au fur et mesure de l'éloignement des axes routiers, la présence d'un obstacle à proximité des voies semblent influencer considérablement l'évolution des teneurs. Les deux figures suivantes synthétisent l'évolution des rapports « concentration en dioxyde d'azote/niveau de fond » pour les transects avec ou sans obstacle entre les voies et leur environnement.

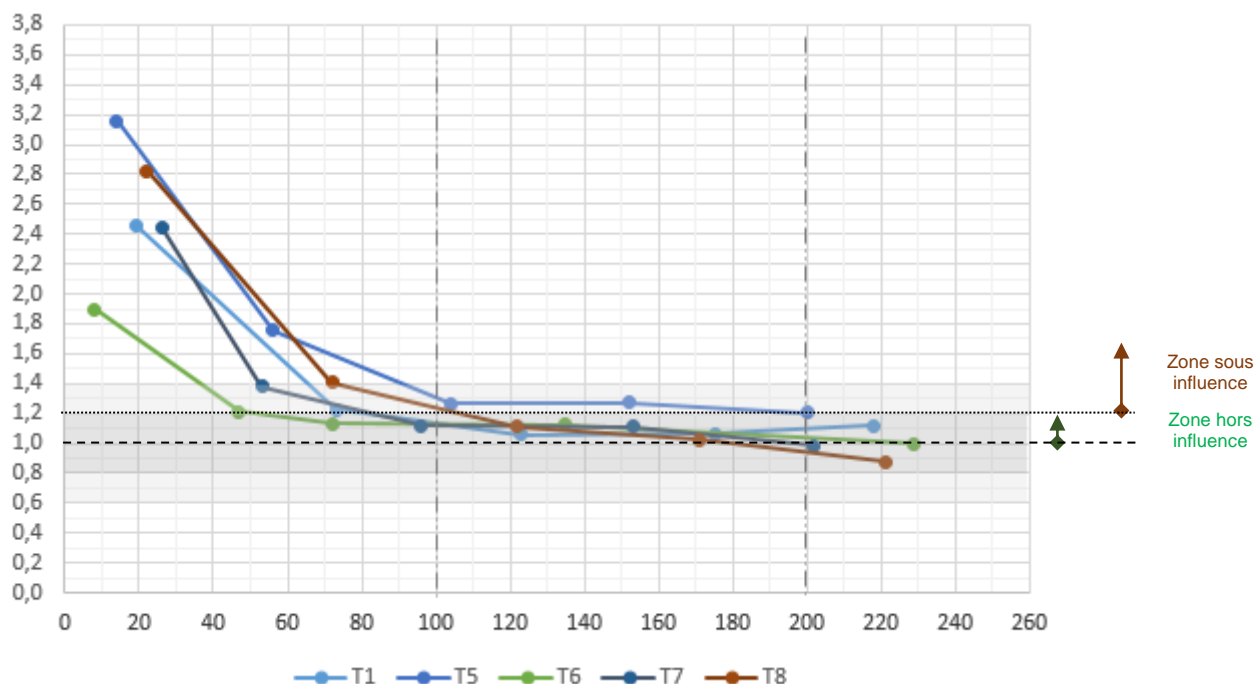


Figure 72 : Transects SANS obstacles - Evolution des rapports « concentrations dioxyde d'azote/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m)

Les 5 transects sans mur antibruit présentent des décroissances variables dans les 100 premiers mètres à partir des voies de circulation :

Le transect 6, particulier du fait de l'éloignement des points par rapport aux voies principales de la rocade, présente le rapport 'concentration/niveau de fond' le plus faible au bord des voies puisque le trafic y est réduit au regard de celui de la rocade. A 50 m de cette voie, les niveaux ne sont plus

considérés comme influencés par les émissions de la rocade, ce que nous considérons comme un cas particulier.

Le transect 7 présente une décroissance plus importante que les autres dans les 50 premiers mètres ce qui peut s'expliquer par la présence d'un merlon végétalisé entre les deux premiers points.

Les transects 1, 5 et 8 présentent des décroissances semblables dans les 100 premiers mètres. Il s'agit de profil présentant des environnements non urbanisés (zone agricole ou non occupée).

A partir de 100 mètres, 4 des 5 transects présentent des niveaux jugés hors influence des émissions de la rocade.

L'un d'entre eux (le transect 5 en zone non urbanisée), conserve des rapports de 1.3 au delà de 100 m. Dans ce cas précis, cela pourrait être dû à une exposition plus importante des points aux émissions de la rocade du fait de la direction des vents.

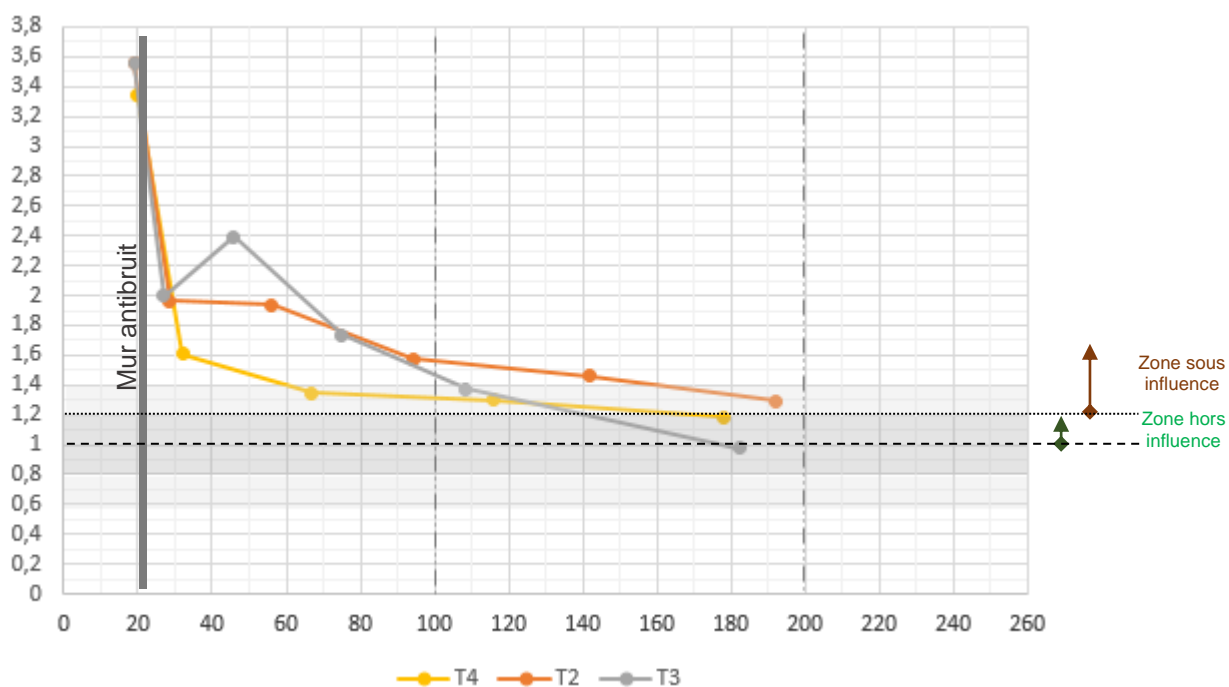


Figure 73 : Transects AVEC mur antibruit - Evolution des rapports « concentrations dioxyde d'azote/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m)

En présence d'un mur antibruit (transects 2, 3 et 4), les rapports des concentrations sur le niveau de fond à proximité de la rocade sont plus élevés : compris entre 3.3 et 3.6 contre 2.4 à 3.2 pour les transects sans mur antibruit.

Ensuite, la décroissance est plus importante dans les 30 premiers mètres et similaire pour les 3 transects : le rapport des niveaux de concentrations sur le niveau de fond est compris entre 1.6 et 2 à 30 mètres contre 2.2 à 2.6 pour les transects sans obstacles. L'abattement est plus marqué pour le transect 4 car le premier point de l'autre côté du mur antibruit a été implanté dans un espace vert contrairement aux deux autres transects implantés le long de la rue du temple du Blosne.

Dans les trois cas, l'effet du mur antibruit sur l'abattement des teneurs en dioxyde d'azote dans les premières dizaines de mètres est très donc positif.

Au delà de cette distance, les comportements pour les trois transects sont différents : les transects 2 et 3, sont influencés par des sources additionnelles du fait du trafic sur la rue temple du Blosne. La décroissance des niveaux dans ce cas est plus lente entre 50 et 100 m. Au delà de 100 m, le transect 3 n'est plus influencé par une source additionnelle de trafic contrairement au transect 2 ; la diminution des teneurs pour le transect 3 est donc plus marquée à partir de cette distance.

Au contraire, le transect 4, jugé non influencé par d'autres sources proches des points de mesures, présente une décroissance progressive au delà de 30 mètres.

Pour les transects 3 et 4, les niveaux sont jugés hors influence de la rocade à partir de 140 m environ des voies de circulation.

La figure suivante permet d'illustrer l'effet bénéfique des murs antibruit dans l'évolution des concentrations dans les premières dizaines de mètres. Au delà de 60 mètres, les profils avec ou sans mur antibruit sont semblables.

Les transects 1, 7 et 8, correspondant à des environnements dégagés, sont comparés au transect 4, disposant d'un mur antibruit et jugé non impacté par des apports additionnels significatifs le long du transect.

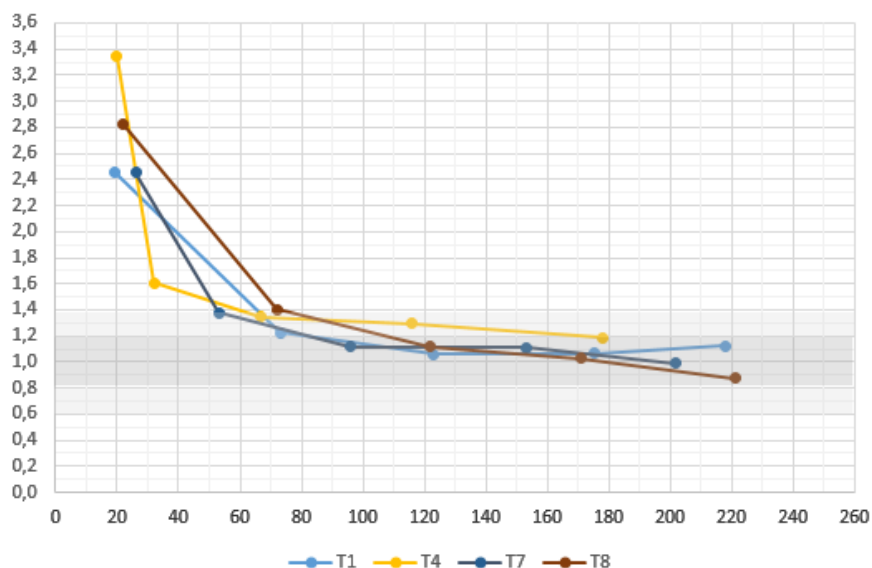


Figure 74 : Comparaison des profils de décroissances des rapports « concentrations dioxyde d'azote/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m)

→ Le benzène

Pour ce paramètre, les variabilités des niveaux mesurés sont moins significatives sur l'ensemble des transects comme en témoigne la figure ci-après, présentant l'évolution des rapports 'concentrations/niveau de fond'.

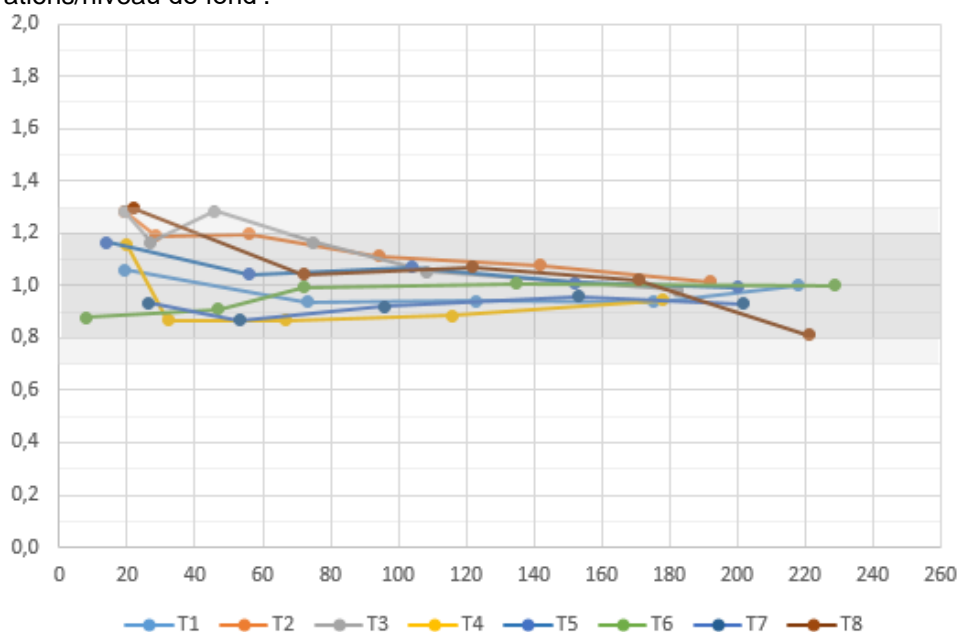


Figure 75 : Evolution des rapports « concentrations benzène/niveau de fond » en fonction de l'éloignement des axes routiers (en m)

Si on conserve la tolérance de 20% au-delà du niveau de fond mesuré, seuls les points au bord des voies des transects 2, 3 et 8 sont jugés sous influence d'une source proche.

Il s'agit de transect influencé soit par la présence d'obstacle au bord des voies (transect 2 et 3) soit par un trafic plus congestionné (transect 8). Les deux facteurs peuvent être combinés.

Les tendances observées pour le dioxyde d'azote au fur et à mesure d'éloignement en présence/absence d'obstacle au bord des voies sont également valables pour le benzène comme en témoigne le profil très différent du transect 4.

Par ailleurs, bien que les niveaux restent peu différents du bruit de fond à proximité des voies, les profils de l'ensemble des transects se rejoignent au fur et à mesure d'éloignement de la rocade autour de la valeur bruit de fond ce qui montre bien que le trafic sur la rocade contribue, avec d'autres sources, aux concentrations de benzène mesurées.

On retient de cette analyse qu'excepté deux transects disposés le long d'une rue contribuant à l'ajout de source d'émissions, les autres présentent **des niveaux en benzène jugés hors influence à partir d'une cinquantaine de mètres des voies de circulation.**

❖ Synthèse

Nous tirons comme enseignement de ce travail à partir de transects une décroissance marquée des concentrations en dioxyde d'azote dans les 50 premiers mètres des voies de circulation, suivie d'une décroissance progressive qui devient peu sensible à l'extrémité du transect (200 m).

Les différentes configurations étudiées ont permis de quantifier ces baisses en fonction des environnements rencontrés.

Ainsi, dans le cas d'environnement peu urbanisé, l'abattement entre les niveaux de concentrations en dioxyde d'azote en fonction de la distance est compris entre 30 et 40% dans les 50 premiers mètres. Il diminue ensuite au fur et à mesure de l'éloignement à la rocade passant de 10% à 2%. Les niveaux sont jugés hors influence de la rocade entre 100 à 150 mètres de celle-ci suivant les configurations rencontrées.

Dans le cas d'un merlon végétalisé, la décroissance dans les 50 premiers mètres est plus marquée atteignant 60%.

Enfin dans les cas de figure avec un mur antibruit, les niveaux au bord des voies sont plus élevés et l'abattement entre les niveaux de concentrations en fonction de la distance est bien supérieur dans les 30 premiers mètres : une pente comprise entre 200 et 300% a été observée. La décroissance est ensuite proche des autres transects. La zone hors influence est atteinte à 140 mètres des voies de circulation.

Il s'agit de tendances moyennes observées sur un mois de mesures qui masquent des variabilités importantes dans les décroissances selon les directions de vents qui apparaissent comme un autre facteur influençant la dispersion des émissions du trafic.

Pour le benzène, les niveaux proches des voies sont au maximums 30% au dessus du bruit de fond ce qui révèle une faible variabilité des concentrations. Les niveaux sont jugés hors influence de la rocade à une cinquantaine de mètres des voies de la rocade. L'influence des murs antibruit sur l'abattement des niveaux a également été observée.

L'ensemble de ces constats est en accord avec d'autres études réalisées concernant l'impact des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique à proximité des voies.

Citons par exemple l'étude de l'impact des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique réalisée par l'ademe en juillet 2011. Elle précise que les écrans anti-bruit contribuent à dévier les masses d'air provenant de la route et à disperser les polluants en hauteur (selon la taille de l'écran)

ou de chaque côté du mur par des phénomènes de turbulences locales. Nous étudierons cette dispersion verticale dans le chapitre suivant.

Cette étude précise également que leur efficacité dépend fortement des conditions atmosphériques. Lorsque les conditions sont favorables (atmosphère instable ou neutre), des abattements compris entre 10 et 50% sont observés en fonction des polluants. Ils sont bien supérieurs dans le cas de notre étude.

Lorsque les conditions atmosphériques sont défavorables (atmosphère turbulente), l'obstacle physique peut avoir un rôle plus faible ou négatif sur la qualité de l'air derrière l'écran. La direction du vent joue également un rôle dans l'efficacité de cette dispersion.

Ce cas de figure a été observé pour le transect 3 durant la série 3 lors de laquelle le transect se trouvait sous l'influence majoritaire des émissions de la rocade. La concentration mesurée à 50 mètres des voies était alors supérieure à celle relevée au bord des voies : $32 \mu\text{m}^3$ au bord des voies contre $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 50 m.

Ainsi l'impact des murs antibruit sur la pollution atmosphérique semble donc très dépendant des conditions météorologiques. Cette solution corrective doit être étudiée au cas par cas selon la configuration des lieux.

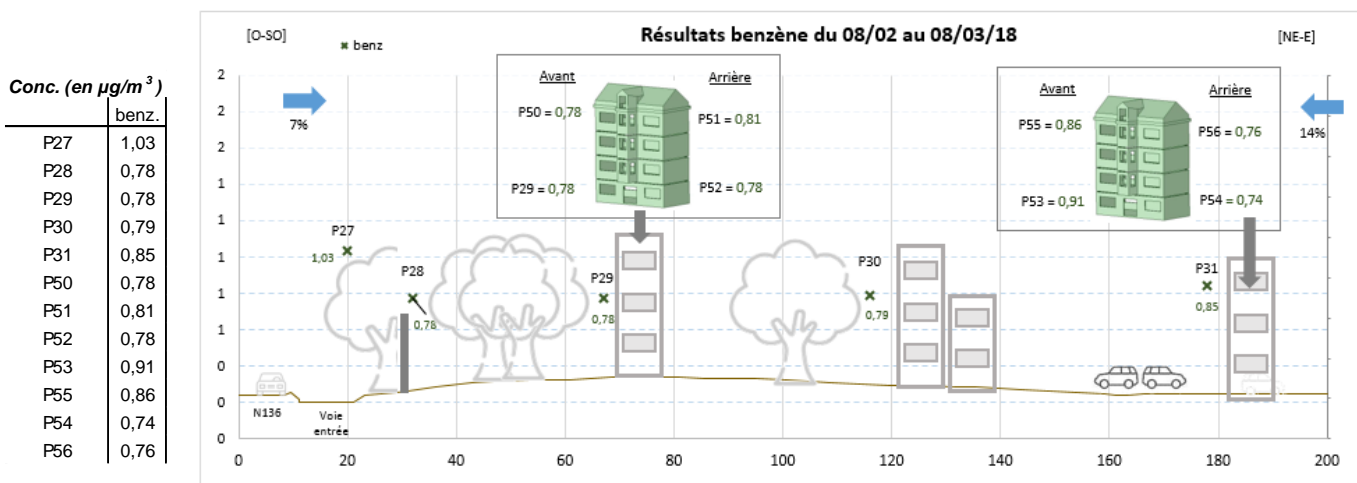
Dans le cas d'aménagement projeté, il est préférable de respecter une distance suffisante entre les voies de circulation et les premières habitations pour garantir un exposition acceptable des riverains.

VI.3.3 Variabilité des niveaux en fonction de la hauteur d'un immeuble et son exposition à la voie

Comme vu précédemment, certains obstacles le long des voies peuvent notamment contribuer à disperser les polluants en hauteur.

L'un des volets de cette étude a donc consisté à étudier la dispersion des concentrations en fonction de la hauteur via différents prélèvements réalisés en façade de deux immeubles résidentiels.

Ces deux immeubles se trouvent sur le transect 4 présenté précédemment. Les résultats sur la campagne sont les suivants.

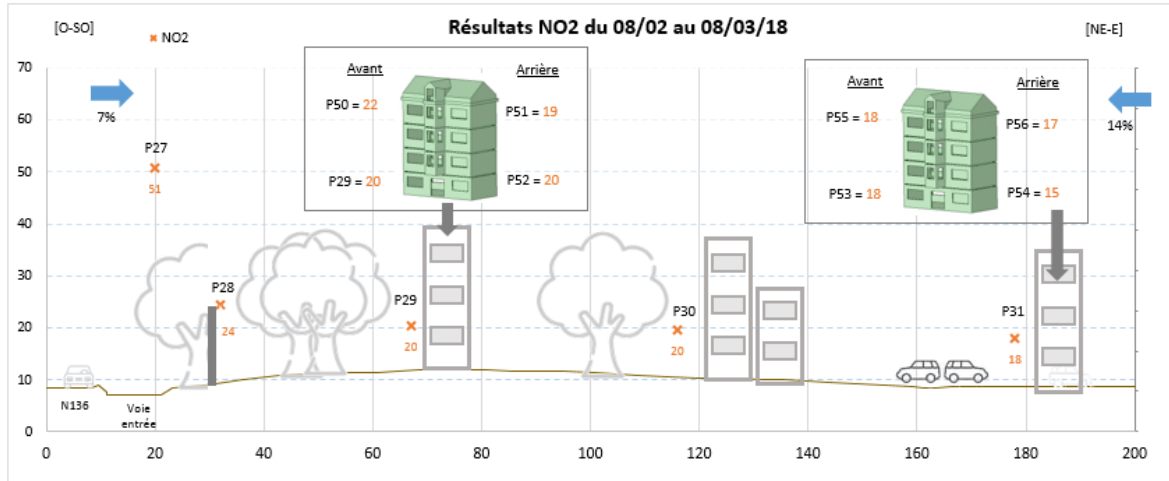


Pour le benzène, les différences de niveaux que ce soit en fonction de la hauteur de prélèvement (sol ou R+3) ou de la façade prélevée (côté rocade ou opposé) sont inférieures à 5% pour l'immeuble le plus proche de la rocade.

Pour l'immeuble le plus éloigné, les prélèvements côté rocade sont supérieurs à ceux façade opposée : +22% pour les deux hauteurs (au sol et à 15 m), ce qui nous paraît plutôt lié à la présence du parking façade côté rocade.

Conc. (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	NO2
P27	51
P28	24
P29	20
P30	20
P31	18
P50	22
P51	19
P52	20
P53	18
P54	18
P55	15
P56	17



Concernant le dioxyde d'azote, en comparant les résultats sur les mêmes façades à deux niveaux différents (au sol et à 15m), on observe un écart légèrement positif (+7%) sur la façade côté rocade de l'immeuble le plus proche. A l'arrière du même immeuble la différence entre les deux niveaux de hauteur est de -4%.

Pour la façade côté rocade, cet écart pourrait s'expliquer par la dispersion des émissions en hauteur du fait de la présence des murs anti-bruit. La différence entre les niveaux reste toutefois peu sensible.

Pour la façade opposée, la concentration plus faible en hauteur pourrait s'expliquer par l'éloignement des voies de dessertes des immeubles pour les véhicules. La différence est également peu sensible.

Pour l'immeuble plus éloigné, les niveaux sont légèrement supérieurs en hauteur par rapport au prélèvement au sol pour la façade côté rocade (+4%).

Pour la façade opposée, la concentration est supérieure à 15 mètres de hauteur par rapport au sol (+15%). D'après le chapitre précédent, l'impact des émissions de la rocade sur les niveaux de concentrations à cette distance est peu significatif. Cet écart est donc probablement lié à d'autres facteurs.

Les écarts entre les prélèvements effectués à une même hauteur mais de part et d'autre des immeubles entre les façades côté opposé et côté rocade, sont les plus souvent négatifs (compris entre +1 à -13%) ce qui s'explique d'une part par l'éloignement à la rocade et d'autre part par l'obstacle constitué par l'immeuble.

Ces écarts moyens calculés sur la totalité de la campagne entre les niveaux de concentrations des différents prélèvements effectués à la fois au sol et en hauteur et sur les deux façades de deux immeubles sont repris sur la figure suivante pour le dioxyde d'azote.

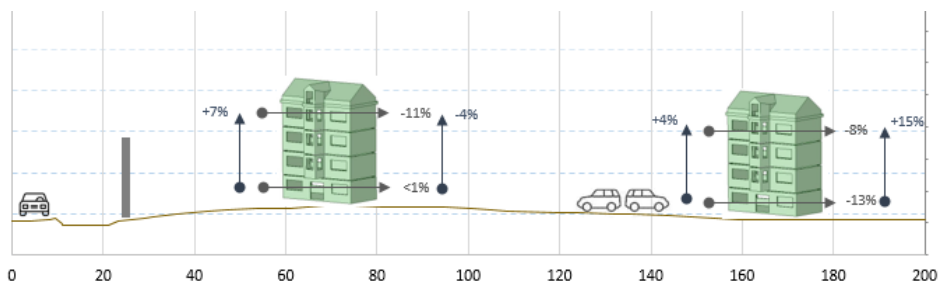
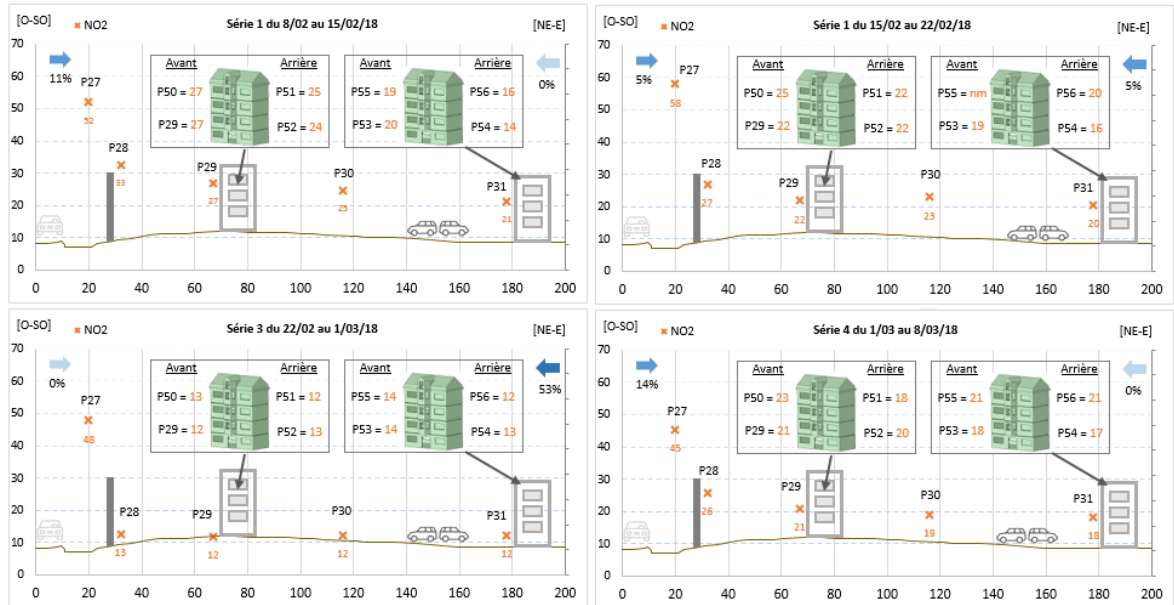


Figure 76 : Ecarts calculés entre les concentrations en dioxyde d'azote sur l'ensemble de la campagne

Les figures suivantes présentent les résultats par série de prélèvements pour le dioxyde d'azote pour étudier l'influence des variations des conditions météorologiques.

Conc. NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	S1	S2	S3	S4
P27	52	58	48	45
P28	33	27	13	26
P29	27	22	12	21
P30	25	23	12	19
P31	21	20	12	18
P50	27	25	13	23
P51	25	22	12	18
P52	24	22	13	20
P53	20	19	14	18
P55	19	nm	14	21
P54	14	16	13	17
P56	16	20	12	21



Les différences de concentrations sont faibles et difficiles à relier avec les conditions météorologiques.

On observe toutefois que quelles que soient les conditions météorologiques, **les concentrations relevées en hauteur de la façade côté rocade de l'immeuble le plus proche des voies, sont supérieures par rapport à celles relevées au sol**. L'écart maximal entre les deux niveaux de hauteur atteint 13% lors de la série 2 n'ayant pas présenté de direction des vents majoritaires.

En conclusion de chapitre, nous avons observé qu'il y avait peu de variabilité des niveaux de benzène quelles que soient les conditions de prélèvements.

Les immeubles se trouvent respectivement à 60 et 180 m de la rocade. D'après le chapitre précédent, les concentrations en benzène rejoignent les niveaux de fond à une cinquantaine de mètre de la rocade ce qui justifierait ces faibles variations observées sur les immeubles.

Pour le **dioxyde d'azote**, les niveaux constatés pour l'immeuble le plus proche de la rocade semblent plus affectés par les émissions de la rocade que le second, distant de 180 m de la rocade.

Pour cet immeuble distant de 60 m de la rocade (bordé d'un mur anti-bruit), les niveaux sont légèrement plus élevés à 15 m de hauteur par rapport au sol sur la façade côté rocade. Cet écart est variable suivant les séries sans qu'une relation évidente avec la météorologie ait été observée. L'écart maximal est de 13%.

Par ailleurs, pour ce même paramètre, les concentrations relevées sur les façades des immeubles côté opposé à la rocade sont inférieures à celles relevées côté rocade. Des réserves sont toutefois émises pour l'immeuble le plus éloigné pour lequel les différences pourraient s'expliquer par la présence d'un parking situé côté rocade.

Pour l'immeuble le plus proche, la différence entre les deux façades est significative à 15 m de hauteur (de -4 à -22% suivant les séries) et négligeable au niveau du sol probablement du fait de source additionnelle (passage de véhicule de ce côté contrairement à la façade côté rocade).

L'ensemble de ces variations sont toutefois peu significatives au regard des incertitudes de mesures inhérentes à cette méthode.

VI.4. Estimation du respect des normes de la qualité de l'air

Pour rappel, la réglementation française définit en matière de pollution atmosphérique des normes horaires et annuelles pour le dioxyde d'azote et annuelle pour le benzène

Pour le dioxyde d'azote, ces différences de pas de temps permettent de prendre en compte deux types de situations critiques vis-à-vis des effets sur la santé : d'une part la pollution atmosphérique chronique à l'échelle annuelle, et d'autre part, les épisodes de courte durée, à l'échelle d'une ou plusieurs heures.

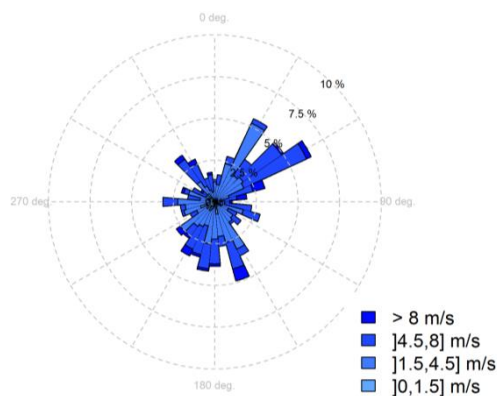
Les mesures automatiques sur les trois points de mesures permettent de comparer les résultats aux normes définies pour un pas de temps horaire pour le dioxyde d'azote.

Concernant l'échelle annuelle, une estimation des concentrations est réalisée dans le présent chapitre sur la base des 4 séries de mesures hebdomadaires. Cette estimation est réalisée d'après d'autres mesures réalisées sur une période d'un an.

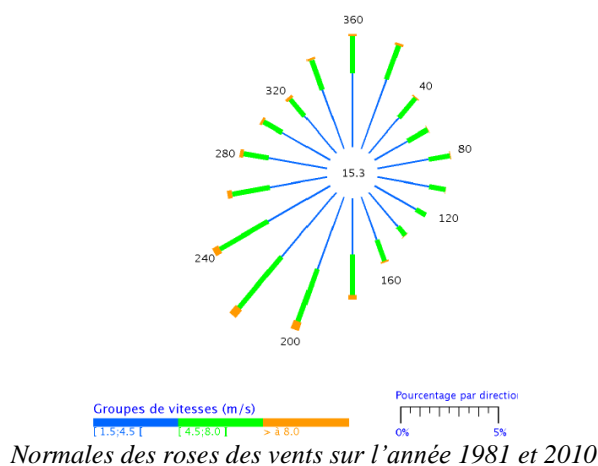
En préambule, rappelons que les conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesures ont présenté majoritairement des vents de Nord-Est, puis de façon plus minoritaire, des vents de Sud Ouest. Ces conditions lors de la campagne, comparativement à celles rencontrées en moyenne sur l'année, ont contribué à exposer majoritairement la partie Sud-Ouest du secteur placée sous les vents de la rocade (transect 5) .

En revanche, le secteur Nord-Est de la zone d'étude (transects 2, 4, 6, 7), s'est trouvé plus souvent en amont de la rocade.

Ainsi les estimations de la moyenne annuelle maximalisent le risque de dépassement sur le secteur Sud-Ouest du secteur par rapport à ce qui peut être mesuré sur l'ensemble de l'année. A l'inverse, le Nord-Est de la rocade a été moins sous l'influence de la rocade par rapport à ce qui est généralement rencontré.



Rose des vents campagne de mesures



Normales des roses des vents sur l'année 1981 et 2010

Figure 77 : Roses des vents lors de la campagne de mesure en comparaison de la normale des roses des vents 1981-2010 [Météo France]

VI.4.1 Estimation des concentrations moyennes annuelles

Les conditions de dispersion rencontrées lors des séries de mesures n'étant que partiellement représentatives des situations dispersives à l'échelle de l'année, la moyenne calculée sur la période de mesures d'un mois ne permet pas d'obtenir une évaluation fiable du niveau moyen annuel et sa comparaison à la valeur limite réglementaire.

Par conséquent, de manière à intégrer les différences de conditions météorologiques et autres facteurs environnementaux qui influencent les niveaux, nous nous basons sur les niveaux mesurés toute l'année sur les stations du réseau de mesures d'Air Breizh.

a) Estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote

La station de référence, disposant de mesures en continu, qui a été retenue pour cette estimation est la station urbaine de fond St Yves.

Lors de la période de mesures du 08/02 au 8/03/18, la moyenne en dioxyde d'azote relevée sur cette station était de $23.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En l'absence de moyenne annuelle civile 2018 au moment de la rédaction de ce rapport, nous avons calculé la moyenne annuelle du 1/11/17 au 31/10/18 à savoir $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Une fonction de transfert, correspondant au rapport de ces deux concentrations, de 1.43 a été appliquée à l'ensemble des moyennes relevées sur chacun des points durant la campagne.

❖ **Prélèvements par tube passif :**

La figure suivante présente ces moyennes annuelles estimées pour chacun des points et leur comparaison à la valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La distance de chacun des points est également précisée et symbolisée par un point.

Les points de prélèvements situés au bord de la rocade sont colorés en orange.

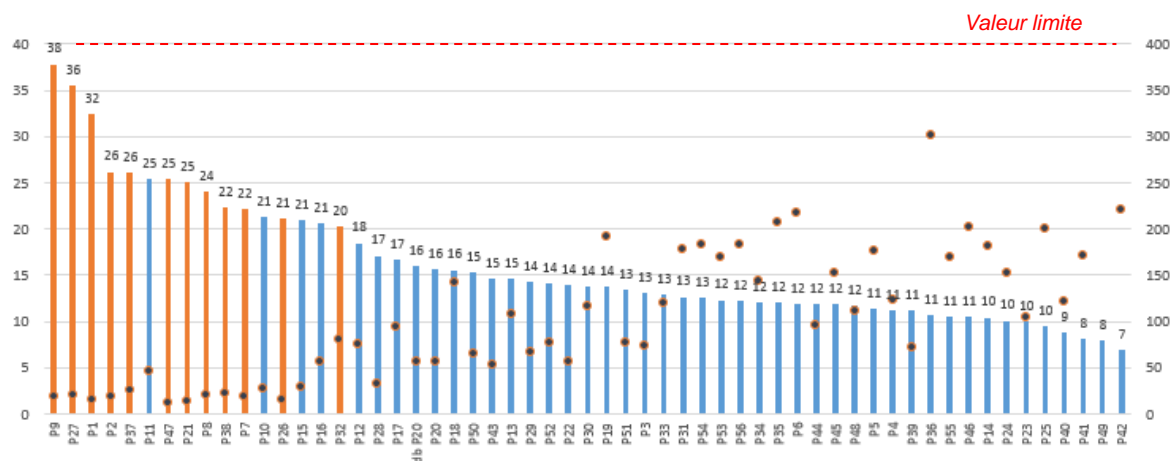


Figure 78 : Estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote (axe de gauche en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et indication des distances par rapport à la voie de circulation (axe de droite en m)

Cette estimation est nécessairement entachée d'une incertitude. S'ajoute à cela au vu des comparaisons tubes passifs/analyseur une légère sous-estimation suspectée.

Excepté les points de mesures situés à proximité immédiate des voies non représentatifs des niveaux d'exposition des riverains, la concentration moyenne annuelle estimée la plus élevée au niveau des habitations est de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le point 11, situé à 50 mètres de la rocade au niveau de la rue du Temple du Blosne.

En dépit de ces incertitudes, cette moyenne annuelle estimée à une cinquantaine de mètres des voies serait bien inférieure à la valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il y aurait donc peu de risque de dépassement de la valeur limite en dioxyde d'azote à plus de 50 mètres des voies de circulation de la rocade.

La figure suivante présente la corrélation des niveaux annuels estimés avec les distances respectives des points.

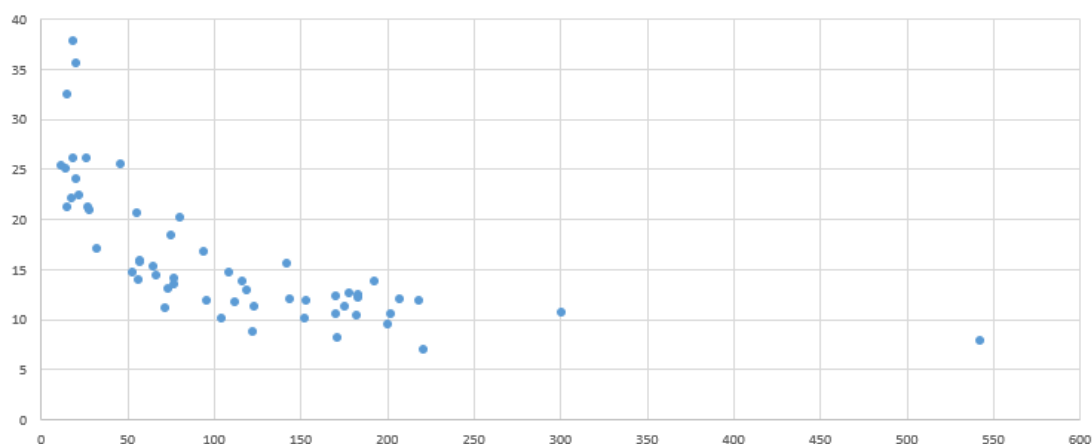


Figure 79 : Corrélation entre les niveaux annuels estimés en dioxyde d'azote (en ordonnée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la distance des points (en abscisse, en m)

Tenant compte des incertitudes de mesures et de la méthode d'évaluation de la moyenne annuelle, des dépassements de la valeur limite en dioxyde d'azote sont probables au bord des voies de circulation dans des conditions spécifiques. Il s'agit du secteur bordé par un mur antibruit (P9, P27) et en tranchée par rapport à l'environnement (P1).

❖ Mesures automatiques :

La même méthode a été appliquée aux résultats des concentrations moyennes mensuelles en dioxyde d'azote mesurées à l'aide des analyseurs réglementaires. Les résultats sont les suivants.

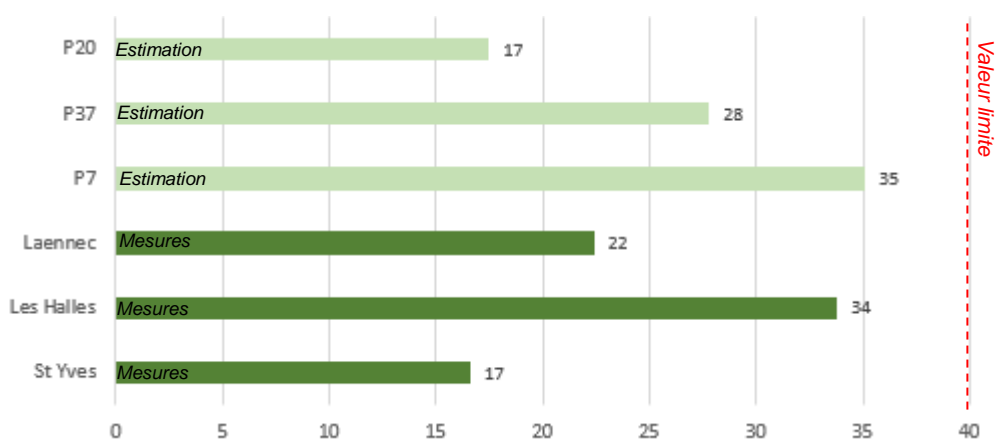


Figure 80 : Moyennes annuelles estimées et mesurées en dioxyde d'azote (du 01/11/17 au 30/10/18)

Les points aux bords des voies de circulation présentent des moyennes annuelles estimées en dioxyde d'azote de l'ordre de 30 à 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tenant compte de la méthode d'estimation et des variabilités observées le long des voies via les prélèvements par tube passif, **des dépassements de la valeur limite réglementaire sont à craindre à cette distance.**

A 50 mètres de la rocade, la moyenne annuelle estimée en dioxyde d'azote est inférieure à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Malgré des configurations différentes au bord des voies qui peuvent contribuer à des niveaux de décroissance plus faibles, la probabilité de dépassement de la valeur réglementaire est réduite à partir de cette distance.

b) Estimation des moyennes annuelles en benzène

Dans le cadre du suivi réglementaire, le benzène fait l'objet de mesures discontinues sur l'année à raison d'une semaine de mesure par mois sur l'année.

Seule 1 semaine de prélèvement du suivi réglementaire a été réalisée simultanément à la période de mesures de cette étude.

En raison de la couverture temporelle réduite sur l'année de ces mesures réglementaires (de l'ordre de 20%), nous n'avons pas estimé les moyennes annuelles pour ce paramètre.

Malgré cela, nous avons étudié la variabilité des mesures selon les mois durant l'année (cf. figure ci-après) pour apprécier les risques de dépassements de la valeur limite annuelle.

Du 01/08/17 au 31/07/18, la moyenne annuelle était de $0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le rapport entre les résultats mensuels et cette moyenne annuelle est compris entre 0.6 (novembre 17) et 1.8 (février 18).

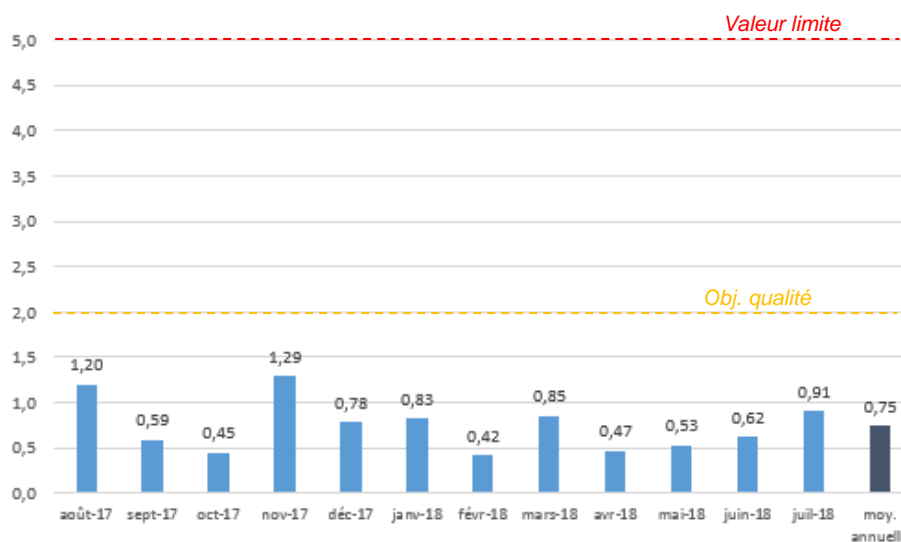


Figure 81 : Résultats des concentrations en benzène mesurées par tube passif sur le site urbain de fond Rennes Pays-Bas (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tenant compte de cette variabilité maximale de 1.8, la concentration annuelle maximale relevée sur la zone d'étude serait estimée à $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (P9 au bord des voies) soit légèrement supérieure à l'objectif qualité mais bien inférieure à la valeur limite.

Contrairement au dioxyde d'azote pour lequel nous disposons de mesure en continu, cette estimation annuelle pour le benzène est associée à une incertitude importante au regard des données disponibles.

VI.4.2 Respect des normes horaires pour le dioxyde d'azote

Des seuils réglementaires relatifs aux situations de pollution atmosphérique sur une courte durée sont également fixés. Ces pics sont induits notamment par des phénomènes d'accumulation associés à des conditions météorologiques spécifiques.

La réglementation fixe comme valeur limite pour le dioxyde d'azote, un nombre maximal de 18 dépassements de la concentration horaire de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'année.

Par ailleurs, la procédure d'information et d'alerte du public fixe deux seuils que sont le seuil d'informations et de recommandations à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que le seuil d'alerte à $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figure suivante illustre les concentrations horaires maximales de dioxyde d'azote observées chaque jour de la campagne de mesures sur les sites temporaires du secteur d'étude et sur les stations rennaises du réseau d'Air Breizh.

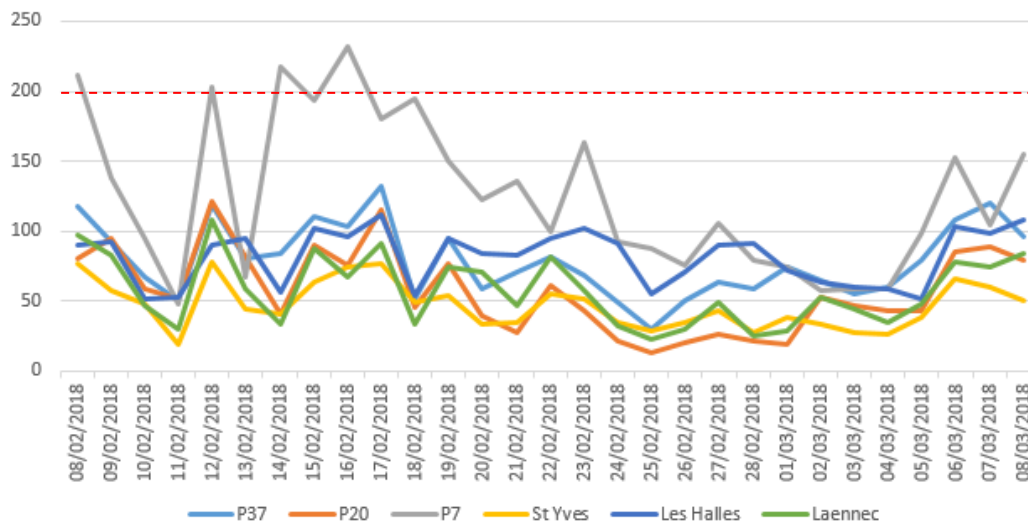


Figure 82 : Concentrations horaires maximales de dioxyde d'azote mesurées lors de la campagne et sur les sites de mesure réglementaire (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Au cours de la campagne, **seules les mesures du site P7 (proche des voies au niveau de l'échangeur de St Nazaire) ont dépassé le seuil de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à quatre reprises :**

- Le 08/02/18 : $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Le 12/02/18 : $203 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Le 14/02/18 : $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Le 16/02/18 : $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concernant **le site de mesure éloigné de 50m de la rocade, la valeur maximale atteinte sur la période de mesure est de $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . A titre de comparaison, la valeur maximale relevée sur le site St Yves lors de cette même journée était de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Commentaire : même s'ils sont très occasionnels, des dépassements de la valeur limite en NO_2 sont constatés sur les sites du réseau de mesures d'air Breizh. Le dernier date du 27/09/18 sur la station Rennes Les Halles.

VII. Conclusion

❖ Rappel du contexte

L'agglomération rennaise est soumise à un Plan de Protection de l'Atmosphère pour la période 2015-2020 en vue de réduire les émissions de polluants atmosphériques. Dans ce contexte, la DREAL, en charge du pilotage de ce dernier, et Rennes Métropole, ont souhaité qu'une campagne de mesures de la pollution atmosphérique soit réalisée à proximité de la rocade.

L'objet de cette campagne était de caractériser l'évolution de la qualité de l'air à proximité de la rocade rennaise, et d'identifier les paramètres qui influencent les niveaux rencontrés.

Le secteur d'étude a concerné le tronçon allant des portes de St Nazaire à Bréquigny, soit une portion proche de trois kilomètres. Le dioxyde d'azote et le benzène, polluants traceurs des émissions du trafic routier, ont fait l'objet de mesures sur une cinquantaine de points durant un mois, en février/mars 2018.

Pour ces paramètres, les valeurs réglementaires sont définies sur un pas de temps annuel. A travers cette campagne d'un mois réalisée à une saison de l'année, l'objectif de l'étude n'était pas de comparer les niveaux rencontrés avec ces valeurs seuils mais plus précisément d'étudier leur décroissance autour de l'axe routier.

Les résultats n'étant représentatifs que de la période de mesures, ils sont le plus souvent exprimés sous la forme d'un rapport à la concentration de fond choisie comme référence.

❖ Représentativité de la campagne

Au vu du protocole conséquent déployé pour cette étude, la durée de la campagne a été limitée à un mois de mesures. Les principaux facteurs pouvant influencer les niveaux et susceptibles de présenter des variations temporelles, ont été étudiés sur la période et mis en perspectives par rapport aux conditions normales pour vérifier la bonne représentativité de la campagne.

Concernant le contexte météorologique, les vents de Nord-Est ont été plus présents par rapport aux conditions normales sur ce mois ce qui a contribué à surestimer les concentrations sur la campagne dans la zone Sud-Ouest, sous les vents de la rocade par vent de Nord-Est.

Au contraire, les températures et précipitations ont été légèrement plus faibles durant cette campagne par rapport aux normales à cette période de l'année ce qui est jugé plus pénalisant (moins dispersifs).

Bien que le trafic soit variable sur le secteur (compris entre 93 000 et 99 000 v/jr), il a présenté peu de variation entre les séries de mesures ce qui a rendu possible la comparaison des résultats entre les séries.

❖ Résultats des mesures automatiques en dioxyde d'azote

Trois points ont fait l'objet de mesures automatiques en dioxyde d'azote dont deux situés à proximité immédiate des voies et un situé à 50 m des voies. Ces mesures ont été effectuées selon la méthode de référence requise pour la surveillance réglementaire du dioxyde d'azote.

Les deux points, proches des voies, présentent des niveaux moyens semblables voire supérieurs à ceux de la station trafic des Halles (Boulevard de la Liberté à Rennes).

Le point situé à 50 mètres de la rocade présente un niveau moyen en dioxyde d'azote de l'ordre de celui de la station de fond St Yves à Rennes mais dont le niveau de monoxyde d'azote est 3 fois supérieurs à cette station choisie comme référence. Ce dernier élément révèle l'influence des émissions de la rocade à cette distance de 50 mètres.

Une approche sous la forme de roses des pollutions a permis de mettre en évidence l'influence des directions de vents dans les niveaux mesurés. Dans certaines conditions particulières où la station de mesures se trouve sous les vents en provenance de la rocade, les surcroits de pollution en dioxyde d'azote par rapport à la teneur de fond mesurée à St Yves, sont compris entre 30 et 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les points à proximité des voies, et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 50 m.

Ces grandes variabilités des surplus de pollution à proximité des voies s'expliquent par la proximité de la source au point de mesures.

Cette analyse montre que les conditions de vents, et particulièrement leur direction, apparaissent comme un facteur déterminant dans l'évolution des concentrations à proximité de la rocade.

❖ Résultats des mesures de benzène et de dioxyde d'azote par tube à diffusion passive

Une cinquantaine de points a fait l'objet de prélèvements de dioxyde d'azote et de benzène par tube passif. Cette méthode, ayant largement fait ses preuves en termes de mesures de la qualité de l'air, reste indicative du fait de l'incertitude de mesures de l'ordre de 30% (contre 15% pour les mesures automatiques).

La comparaison des mesures réalisées sur des mêmes points par tube passif et avec les analyseurs réglementaires sur des périodes identiques, révèle une légère sous-estimation des niveaux.

Cette méthode a toutefois permis de répondre à l'objectif de l'étude qui était d'étudier l'évolution spatiale des niveaux de concentrations autour de la rocade.

○ Evolutions des concentrations le long de la rocade

Les concentrations en dioxyde d'azote mesurées le long de la rocade étaient généralement comprises entre 30 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la période, soit de l'ordre de **trois fois le bruit de fond**.

Les concentrations les plus faibles ont été observées dans le virage de Bréquigny qui est un secteur dégagé et où les voies intérieures et extérieures de la rocade sont séparées d'une bande enherbée de plusieurs dizaines de mètres ce qui permet une bonne dispersion des émissions.

Quelques points ont présenté des concentrations plus élevées comprises entre 46 et 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'analyse de l'environnement de ces points a permis de dégager plusieurs facteurs explicatifs parfois combinés :

- Augmentation du niveau de trafic ;
- Configuration de la rocade et de son environnement proche : secteur en tranchée, présence de mur antibruit ;
- Profil topographique de l'axe : dénivellation positive.

L'augmentation des concentrations en benzène observée aux abords de la rocade est de l'ordre de quelques dixièmes de microgrammes par rapport au point témoin ce qui reste peu significatif au regard des incertitudes liées à la méthode de mesures.

Les points présentant les concentrations les plus élevées en benzène et représentant un **facteur 1.3 à 1.5 par rapport au témoin**, sont ceux qui présentent également les concentrations les plus élevées en dioxyde d'azote.

Des conditions moins dispersives de ces sections pourraient justifier ces légères augmentations.

○ Evolutions des concentrations au fur et à mesure de l'éloignement à la rocade

8 transects positionnés perpendiculairement à la rocade sur le tronçon étudié et dans des environnements variés ont permis de dégager les tendances suivantes.

Pour le dioxyde d'azote, une décroissance rapide des niveaux a été observée dans les 50 premiers mètres à partir de la rocade, qui devient progressive à peu sensible en fin de transect soit à 200 m.

Les différentes configurations étudiées ont permis de montrer que l'aménagement aux bords des voies et l'occupation des sols de son environnement proche, influencent significativement les évolutions des concentrations dans les premières dizaines de mètres des voies.

Ainsi dans un environnement peu ou pas urbanisé, l'abattement des concentrations en dioxyde d'azote à partir du bord des voies est de l'ordre de 30 à 40 % dans les 50 premiers mètres.

La présence d'un merlon contribue à abaisser plus rapidement les niveaux dans les 50 premiers mètres (abattement de 60% des niveaux de dioxyde d'azote).

Enfin, la présence d'un mur antibruit entraîne une augmentation des niveaux au bord des voies du fait du cloisonnement, mais également un abattement plus important dans les 30 premiers mètres (200%).

Considérant une tolérance de 20% au-dessus du bruit de fond local mesuré, **la distance d'influence des émissions de la rocade sur les niveaux mesurés en dioxyde d'azote a été estimée entre 100 et 150 m de la rocade en moyenne sur la campagne.** Au-delà de cette distance, l'impact des émissions de la rocade sur les niveaux mesurés est peu sensible.

Ces tendances sont valables dans le cas d'absence de sources d'émissions complémentaires à celles de la rocade. L'analyse du transect réalisé le long de la rue du temple du Blossne présentant un trafic significatif et dont les émissions s'ajoutent à celles de la rocade, révèle que la décroissance des niveaux est moins rapide.

Ces conclusions ont été tirées sur la base des concentrations moyennes mesurées sur la campagne. L'analyse des séries hebdomadaires a toutefois permis de montrer que des **variabilités importantes des niveaux étaient observées en fonction des directions de vents.** C'est le cas par exemple d'un transect réalisé en zone non urbanisée, situé en aval de la rocade par rapport au vents, pour lequel le niveau de concentration sur le point de mesure à 200 m est resté 30% au-dessus du bruit de fond.

Les conditions météorologiques peuvent également faire varier l'efficacité d'un obstacle le long des voies de manière positive voire négative en fonction de la direction des vents comme cela a été observé lors de cette étude.

Ces résultats en termes d'abattement, de distance d'influence et de variabilité suivant la météorologie sont en accord avec la bibliographie sur le sujet.

Ces aménagements le long des voies doivent donc être considérés comme des solutions curatives dont la mise en place doit être étudiée au cas par cas en fonction de la configuration des lieux. Le respect d'une distance suffisante des voies à fortes circulation reste la solution à privilégier.

Pour le benzène, les aménagements contribuant à limiter la dispersion au bord des voies, ont également contribué à augmenter les niveaux mais de manière peu significative au regard du dioxyde d'azote.

Dans les configurations les plus pénalisantes, les niveaux de benzène sont jugés non influencés par les émissions de la rocade à 50 m maximum des voies.

○ Evolutions des concentrations en fonction de la hauteur

Des prélèvements ont été réalisés à deux hauteurs différentes sur des immeubles distants de 70 et 180 m de la rocade ainsi que sur les façades côtés rocade et opposé de ces bâtiments.

Seuls les niveaux observés en dioxyde d'azote sur l'immeuble le plus proche semblent être influencés par les émissions de la rocade ce qui confirme les propos du paragraphe précédent en termes de distance d'influence.

Pour cet immeuble le plus proche, les niveaux en dioxyde d'azote sont légèrement plus élevés en hauteur (+7% par rapport au rez de chaussée) ce qui pourrait être lié à la modification de la dispersion générée par le mur antibruit à cet endroit.

Par ailleurs, les prélèvements réalisés sur la façade opposée présentent des résultats légèrement plus faibles (-11% en hauteur) que ceux de la façade côté rocade ce qui s'explique par l'obstacle que constitue le bâtiment.

Ces tendances sont toutefois peu significatives au regard des incertitudes de mesures.

Pour le benzène, les différences de niveaux que ce soit en fonction de la hauteur de prélèvement (sol ou R+3) ou de la façade prélevée (côté rocade ou opposé) sont inférieures à 5% pour l'immeuble le plus proche de la rocade.

❖ Estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote

En dépit des incertitudes inhérentes aux conditions météorologiques qui ont contribué à exposer préférentiellement certains secteurs par rapport à d'autres, et à la méthode de mesures, une estimation des moyennes annuelles a été réalisée.

Les moyennes annuelles estimées aux bords des voies sont supérieures à la valeur seuil pour le dioxyde d'azote dans des configurations spécifiques limitant la dispersion des émissions.

Au-delà de 50 mètres des voies, les risques de dépassement de la valeur seuil sont peu probables pour le dioxyde d'azote.

Notre attention porte donc sur une bande de l'ordre de 50 mètres de part et d'autres des voies pour laquelle des dépassements de la valeur seuil annuel en dioxyde d'azote sont possibles dans des conditions spécifiques combinant une faible dispersion, une exposition récurrente sous les vents de rocade voire des émissions supplémentaires s'ajoutant à celles de la rocade.

❖ Conclusion et perspectives

Les résultats de cette étude permettent de répondre à l'objectif initial. Les enseignements principaux sont les suivants :

- Le dioxyde d'azote est le traceur principal des émissions du trafic routier. Le benzène présente très peu de variabilité et semble être influencé par d'autres sources.
- Les niveaux les plus élevés en dioxyde d'azote ont été relevés au bords des voies dans des conditions de faible dispersion liées à la présence d'obstacles tels que des murs antibruit.
- La décroissance des niveaux en dioxyde d'azote est très rapide dans les 50 premiers mètres (pente 0.3 à 2) puis progressive jusqu'à 100-150 m. Au-delà, l'influence des émissions de la rocade sur les niveaux mesurés semble négligeable.
- Du fait de la proximité de la source, les concentrations relevées aux environs de la rocade sont très influencées par la direction des vents.
- L'estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote révèlent des dépassements probables aux bords des voies, peu de risque de dépassement au-delà de 50 m et des risques possibles à moins de 50 m dans des conditions particulières (situation sous les vents de la rocade, faible dispersion).

La limite principale de cette étude, bien qu'inhérente au protocole préalablement retenu, correspond à la durée de la campagne réalisée qui ne permet pas d'estimer de manière fiable les concentrations moyennes annuelles et leur comparaison à la valeur seuil.

Tenant compte de ce dernier point, de la variabilité importante des niveaux liée aux différences de conditions météorologiques, et du fait que les secteurs les plus sensibles seraient compris dans une bande de 50 m de part et d'autre de la rocade, des mesures complémentaires avec un

dispositif réglementaire (mesure automatique) sur une durée de quelques mois et à minima sur deux saisons différentes de l'année, permettraient de préciser les niveaux moyens atteints sur l'année en dioxyde d'azote.

Les travaux de modélisation des concentrations à l'échelle de l'agglomération qui seront réalisés par Air Breizh pour 2020 permettront également de préciser ces résultats et notamment la situation des niveaux sur l'année au regard des valeurs seuils.

VIII. Limites de l'étude

L'objectif de ce chapitre est de porter un avis critique sur le protocole retenu et sur les données utilisées afin de dégager les limites de cette étude.

a) Sources des données météorologiques

Dans le cadre de cette étude, les données météorologiques utilisées sont celles de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude à savoir celle de St Jacques de la Lande (35).

Au vu de la distance jugée réduite séparant cette station du secteur d'étude, nous considérons que les mesures utilisées sont globalement représentatives des conditions de la zone d'étude.

Des influences micro-locales, liées au microenvironnement de chacun des points ne peuvent toutefois pas être écartées même si le choix de ces derniers a été réalisé afin de minimiser ces risques (éloignement des arbres, structures porteuses pouvant influencer le déplacement des masses d'air par exemple).

b) Conditions durant les mesures

Les campagnes de mesures ne sont représentatives que de la période étudiée. En effet, les résultats sont tributaires des conditions météorologiques ainsi que des émissions sur la zone d'étude. En aucun cas, ils ne peuvent être assimilés à une autre période sans traitement spécifique.

Une analyse des conditions météorologiques et de trafic durant les mesures a été réalisée afin de juger de la représentativité de la campagne par rapport aux conditions normales à cette période. Il en ressort globalement une représentativité satisfaisante excepté toutefois des vents plus présents en provenance du Nord Est ayant contribué à exposer préférentiellement le secteur Sud-Ouest de la zone d'étude aux émissions de la rocade.

c) Durée de la campagne

La campagne de mesure a été réalisée sur une durée d'un mois en période hivernale, jugée pénalisante au regard des conditions météorologiques souvent peu dispersives qui contribuent à augmenter les niveaux de pollution atmosphérique.

Cette durée n'est pas suffisante pour évaluer les concentrations moyennes annuelles et leur comparaison à la valeur seuil. Ce point pourrait faire l'objet d'une étude complémentaire.

d) Paramètres mesurés

Au vu de l'objet de l'étude consistant à évaluer l'impact des émissions liées au trafic routier sur la rocade, deux paramètres réglementés ont été retenus d'après nos connaissances et les résultats de nos travaux d'inventaire des émissions. Il s'agit du dioxyde d'azote et du benzène dont les méthodes de mesures disponibles à ce jour permettent de multiplier le nombre de points de prélèvements.

Il s'est avéré d'après les résultats, que seul le dioxyde d'azote présentait des variations corrélées avec l'éloignement des voies avec des écarts de plusieurs dizaines de microgrammes entre la source et les points les plus éloignés.

La mesure d'autres paramètres ne nous a pas semblé pertinente au vu de l'objectif de l'étude.

e) Méthodes de mesure

Deux méthodes de mesures ont été déployées dans cette étude. D'une part, la mesure automatique, qui constitue la méthode de référence réglementaire à ce jour. Au vu de l'investissement lourd que représente l'achat de ce dispositif et du parc disponible, trois analyseurs ont été mobilisés pour cette étude.

D'autre part, des prélèvements par tube passif ont été réalisés sur une cinquantaine de points. Cette méthode, largement utilisée pour ce type d'étude, présente une incertitude sur le résultats plus importante que dans le cas de la mesure automatique, ce qui doit être pris en compte dans l'interprétation des résultats.

f) Choix des points de prélèvements et du secteur d'étude

Une cinquantaine de points situés dans une bande de 200 m de part et d'autre de la rocade a fait l'objet de prélèvement dans le cadre de cette étude.

La majeure partie de ces points était regroupée sous la forme de transect comprenant des points distants de 50 mètres environs et jusqu'à 200 mètres de la rocade.

Ces distances entre les points et à partir de la rocade, ont été suffisantes pour répondre à l'objectif de l'étude.

Le tronçon de rocade retenu, combinant différents types de configurations, nous a semblé très adapté au vu de l'objectif de l'étude.

Annexe I : Air Breizh

Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le *Ministère de la Transition écologique et solidaire*, ont pour missions de base, la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au Préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils de recommandation et d'information du public et des seuils d'alerte.



Figure 83 : Carte du réseau de surveillance de la qualité de l'air [ATMO France]

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose au 1^{er} janvier 2018, de 17 stations de mesure, réparties sur l'ensemble de la région, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.

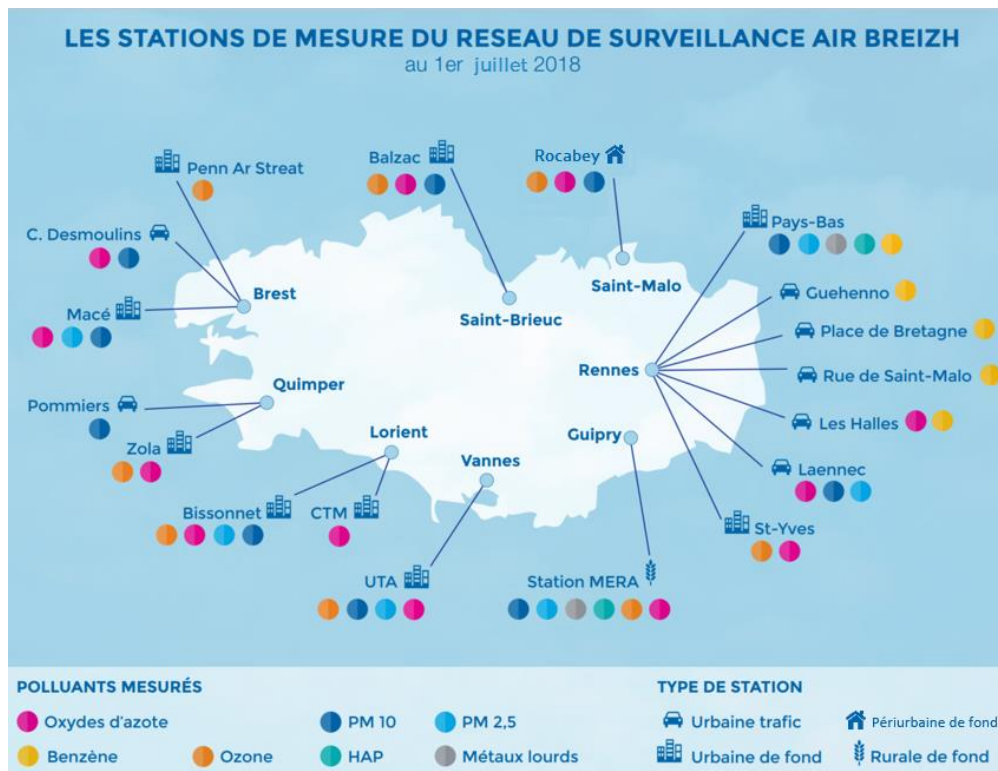
L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web, etc.
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation. Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant et l'air intérieur.

Carte des stations de mesures (au 1er juillet 2018)



Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air s'appuie sur les mesures mais également sur d'autres outils comme la modélisation régionale et urbaine ainsi que les inventaires des émissions réalisées par Air Breizh.

Moyens de l'association

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte treize salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'1,5 million d'euros, financé par l'Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d'intérêt général et produits divers.

Annexe II : Résultats des mesures de Dioxyde d'azote par
tube à diffusion et estimation de la moyenne annuelle (en
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Dioxyde d'azote	Série 1 du 8/02 au 15/02	Série 2 du 15/02 au 22/02	Série 3 du 22/02 au 01/03	Série 4 du 01/03 au 08/03	moyenne mensuelle	Moyenne annuelle estimée
P1	50	50	36	49	46	32
P2	47	44	28	30	37	26
P3	22	21	12	19	19	13
P4	19	20	12	14	16	11
P5	18	20	12	14	16	11
P6	19	21	12	16	17	12
P7	22	36	46	23	32	22
P8	20	47	43	26	34	24
P9	64	58	33	61	54	38
P10	27	40	29	25	30	21
P11	32	43	37	34	36	25
P12	20	35	33	18	26	18
P13	16	28	25	15	21	15
P14	12	20	16	11	15	10
P15	35	34	22	28	30	21
P16	42	32	16	28	29	21
P17	32	24	15	24	24	17
P18	25	28	17	20	22	16
P19	23	21	16	19	20	14
P20	29	24	11	26	22	16
P21	26	42	42	33	36	25
P22	14	26	25	15	20	14
P23	12	16	18	11	14	10
P24	10	19	16	12	14	10
P25	11	18	14	11	14	10
P26	21	41	36	23	30	21
P27	52	58	48	45	51	36
P28	33	27	13	26	24	17
P30	25	23	12	19	20	14
P31	21	20	12	18	18	13
P32	32	33	19	32	29	20
P33	25	19	9	20	18	13
P34	22	18	10	19	17	12
P35	21	19	11	18	17	12
P36	17	18	11	15	15	11
P37	40	42	30	37	37	26
P38		52	30	14	32	22
P39	16	15	24	10	16	11
P40	11	16	17	6	13	9
P41	11	11	16	9	12	8
P42			14	6	10	7
P43	24	20	11	28	21	15
P44	20	18	10	20	17	12
P45	18	19	11	20	17	12
P46	17	17	10	17	15	11
P47	36	41	39	28	36	25
P48	20	17	11	20	17	12
P49	10	14	12	10	11	8
P29	27	22	12	21	20	14
P50	27	25	13	23	22	15
P51	25	22	12	18	19	13
P52	24	22	13	20	20	14
P53	20	19	14	18	18	12
P54	19		14	21	18	13
P55	14	16	13	17	15	11
P56	16	20	12	21	17	12
db P20	30	25	11	25	23	16

Annexe III : Résultats des mesures de Benzène par tube à diffusion (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Benzène	Série 1 du 8/02 au 15/02	Série 2 du 15/02 au 22/02	Série 3 du 22/02 au 01/03	Série 4 du 01/03 au 08/03	moyenne mensuelle
P1	0,79	1,14	1,05	0,99	0,99
P2	0,75	1,00	0,93	0,94	0,90
P3	0,57	0,90	0,90	0,83	0,80
P4	0,61	0,83	0,85	0,92	0,80
P5	0,65	0,89	0,85	0,81	0,80
P6	0,67	1,00	0,92	0,83	0,85
P7	0,60	1,00	0,98	0,83	0,85
P8	0,68	0,99	1,00	0,79	0,86
P9	0,94	1,53	1,07	1,06	1,15
P10	0,72	1,32	1,19	0,94	1,04
P11	0,89	1,38	1,28	1,03	1,15
P12	0,78	1,30	1,21	0,88	1,04
P13	0,71	1,05	1,06	0,95	0,94
P14		0,90	0,98	0,75	0,88
P15	0,86	1,29	1,10	1,01	1,06
P16	0,93	1,22	1,02	1,10	1,07
P17	0,79	1,15	1,00	1,04	1,00
P18	0,79	1,09	1,06	0,92	0,96
P19	0,68	1,01	1,09	0,84	0,91
P20	0,55	0,96	0,91	0,90	0,83
P21	0,60	1,09	1,00	0,88	0,89
P22	0,50	0,96	0,94		0,80
P23	0,59	0,92	0,91	0,86	0,82
P24	0,58	0,91	0,89	0,71	0,77
P25	0,56	0,85	0,82	0,81	0,76
P26	0,65	1,13	1,10	0,82	0,92
P27	0,72	1,15	1,18	1,08	1,03
P28	0,50	0,96	0,81	0,83	0,78
P30	0,52	0,96	0,93	0,75	0,79
P31	0,56	0,97	0,95	0,90	0,85
P32	0,48	0,86	0,86	0,94	0,79
P33	0,53	0,93	0,90	0,89	0,81
P34	0,57	0,98	0,96	1,04	0,89
P35	0,72	1,10	0,91	0,87	0,90
P36	0,65	0,94	0,94	1,04	0,89
P37	0,66	0,95	0,90	0,83	0,83
P38		1,06	0,94	0,98	0,99
P39	0,52	0,94	0,94	0,78	0,80
P40	0,57	0,92	0,92	0,86	0,82
P41	0,54	0,94	0,90	0,74	0,78
P42	0,24	0,00	0,87	0,76	0,47
P43	0,51	0,89	0,90	0,79	0,77
P44	0,56	1,05	0,90	0,79	0,82
P45	0,61	0,99	0,92	0,91	0,86
P46	0,59	0,93	0,94	0,85	0,83
P47	0,64	1,10		0,90	0,88
P48	0,56	0,91	0,89	0,77	0,78
P49	0,58	0,76	0,89	0,83	0,77
P29	0,48	1,00	0,90	0,72	0,78
P50	0,57	0,92	0,89	0,75	0,78
P51	0,58	0,94	0,90	0,83	0,81
P52	0,52	0,87	0,90	0,83	0,78
P53	0,57	1,02	1,01	1,03	0,91
P54	0,59	0,99	0,96	0,92	0,86
P55	0,30	0,94	0,99	0,74	0,74
P56	0,28	1,02	0,92	0,83	0,76
db P20	0,56	0,95	0,95	0,90	0,84



Air Breizh

3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr