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

ETUDE

Impact de la réduction de la vitesse sur la qualité de l'air à proximité de la rocade rennaise dans le cadre de l'expérimentation

Campagne de mesure 2015 et 2016

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

Etude réalisée par Air Breizh

A la demande
du Préfet de la Région Bretagne
et de la Direction Régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Bretagne

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 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.

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'association agréée 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 1er aout 2016 pris par la Ministre 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 www.airbreizh.asso.fr, résumé dans ses publications, …

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.

Organisation interne – contrôle qualité

Service Etudes (rédacteurs)	Service Technique	Validation	Version/date
Karine LE MEHAUTE Olivier CESBRON *(Chargés d'études)*	Joël GRALL *(Responsable technique)* Vincent ESNEAULT *(Technicien études)*	Alain LAPLANCHE (Président)	*V1-28/11/2016*

Relectures externes

Relecteurs	Version/dates
Geneviève DAULNY (DREAL Bretagne) Valérie POTIER CEREMA (Direction Territoriale Ouest)	*V1 transmis le 28/11/2016* *V2 transmise le 16/12/2016*

Sommaire

I. Contexte de l'étude 6

II. Rappel de la mise en œuvre de l'expérimentation de la réduction de la vitesse sur la rocade de Rennes 7

III. Description des campagnes de mesure 8

III.1. Polluants étudiés 8
III.1.1 Les sources de pollution 8
III.1.2 Réglementation 9

III.2. Matériel et méthode 10
III.2.1 Méthode de comparaison et d'interprétation des données 10
III.2.2 Choix des sites de mesures 17
III.2.3 Technique de mesures 21
III.2.4 Limites de l'étude 23

IV. Résultats et interprétation des concentrations sur l'ensemble des campagnes 24

IV.1. Evolution des concentrations en dioxyde d'azote et particules sur l'ensemble des campagnes 24
IV.1.1 Evolution des concentrations en NO_2 sur l'ensemble de la période pour le point Nord lors des campagnes de mesure 2015 et 2016 24
IV.1.2 Evolution des concentrations en NO_2 sur l'ensemble de la période pour le point Sud 25
IV.1.3 Evolution des concentrations en PM10 sur l'ensemble de la période pour le point Sud 26

IV.2. Synthèse et interprétation des tendances générales constatées sur l'ensemble des périodes de mesures 27

V. Résultats et interprétation des concentrations par binôme 29

V.1. Dioxyde d'azote : évolution des concentrations pour les couples analogues 29
V.1.1 Synthèse de l'interprétation des fiches (en annexe I) 29
V.1.2 Analyse détaillée des évolutions des concentrations en dioxyde d'azote 32

V.2. Particules PM10 : évolution des concentrations pour les couples analogues 45
V.2.1 Principe et incertitude de l'interprétation des particules PM10 45
V.2.2 Analyses des évolutions des concentrations en particules PM10 45
V.2.3 Synthèse des évolutions des concentrations en particules PM10 48

Annexe I : Fiches synthétiques par couple 58

Annexe II : Interprétation détaillée des fiches par couple 59

Liste des figures

Figure 1 : Limitation des vitesses sur la rocade de Rennes du 1er octobre 2015 au 30 septembre 2016 [source : DIR Ouest 2015] 7
Figure 2 : Répartition des sources d'émissions d'oxydes d'azote et de particules PM10 sur le territoire de Rennes Métropole [source : Inventaire des émissions de l'année 2010 Air Breizh – V1] 8
Figure 8 : Evolution des émissions en fonction de la vitesse par type de véhicule 15
Figure 4 : Localisation des points de mesures sur la rocade de Rennes [fond de carte DIR Ouest] 18
Figure 5 : Localisation de la station de mesures - Point Nord[Géoportail] 18
Figure 14 : Localisation de la station de mesures - Point Sud [Géoportail] 19
Figure 7 : Unité mobile installée sur le point Nord 22
Figure 8 : Unité mobile installée sur le point Sud 22
Figure 9 : Evolution des concentrations maximales journalières (valeurs horaires) en dioxyde d'azote sur l'ensemble des campagnes 2016 et 2017, au point Nord (en µg/m^3) 25
Figure 11 : Evolution des concentrations maximales journalières (en valeurs horaires) en dioxyde d'azote sur l'ensemble des campagnes 2016 et 2017, au point Sud (en µg/m^3) 26
Figure 27 : Evolution des concentrations en particules fines (PM10) sur l'ensemble des campagnes 2016 et 2017, au point rocade sud (en µg/m^3) 27
Figure 12 : Ecart entre les médianes des concentrations de NO_2 (en µg/m^3) des jours retenus en 2015 et 2016 pour chacun des binômes [d'après les mesures Air Breizh au niveau de la station Rennes St Yves] 32
Figure 13 : Ecart relatif (en %) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus 34
Figure 14 : Ecart absolu (en µg/m^3) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus 34
Figure 15 : Ecart relatif (en %) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus 36
Figure 16 : Ecart absolu (en µg/m^3) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus 36
Figure 17 : Point Nord - Evolution des moyennes journalières (en µg/m^3) en NO_2 pour chacun des couples retenus 37
Figure 18 : Point Sud - Evolution des moyennes journalières (en µg/m^3) en NO_2 pour chacun des couples retenus 38
Figure 19 : Point Nord – Evolution des maximums horaires des concentrations en NO_2 (en µg/m^3) 39
Figure 20 : Point Sud – Evolution des maximums horaires des concentrations en NO_2 (en µg/m^3) 39
Figure 21 : Evolution des écarts des valeurs maximales horaires entre 2015 et 2016 pour chacun des couples (en µg/m^3) 40
Figure 22 (ci-contre): Graphique box plot des concentrations (1/4h) en dioxyde d'azote en µg/m^3 pour le couple B1 41
Figure 23 : Graphique box plot des concentrations (1/4h) en dioxyde d'azote en µg/m^3 pour le couple B7 41
Figure 24 : Point Nord- Profils des concentrations 1/4h en dioxyde d'azote (en µg/m^3) pour les couples retenus en 2015/2016 42
Figure 25 : Point rocade nord- Profils des concentrations 1/4h en dioxyde d'azote (en µg/m^3) pour les couples retenus en 2015/2016 43
Figure 26 : Point Sud – exemple de profils des concentrations 1/4h en dioxyde d'azote (en µg/m^3) pour les couples retenus en 2015/ 2016 44
Figure 27 : Ecart relatif (en %) des médianes des concentrations en PM10 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus 46
Figure 28 : Ecart absolu (en µg/m^3) des médianes des concentrations en PM10 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus 46
Figure 29 : Evolution des moyennes journalières en PM10 pour chaque jour des binômes (en µg/m^3) 47
Figure 30 : Ecarts entre les moyennes journalières PM10 de chacun des couples (en µg/m^3) 48
Figure 31 : Evolution du trafic journalier (en %) entre 2015 et 2016, pour chaque couple étudié 49
Figure 32 : Point Nord - Comparaison des évolutions des écarts relatifs des médianes des concentrations en NO_2 (en %) et du trafic moyen journalier (en %) pour chaque couple 50
Figure 33 : Point Sud - Comparaison des évolutions des écarts relatifs des médianes des concentrations en NO_2 (en %) et du trafic moyen journalier (en %) pour chaque couple 50
Figure 53 : Evolution des écarts relatifs (en %) du trafic journalier et du nombre de poids lourds sur le trafic total entre 2015 et 2016 sur le point Nord 51
Figure 54 : Evolution des écarts relatifs (en %) du trafic journalier et du nombre de poids lourds sur le trafic total entre 2015 et 2016 sur le point Sud 51
Figure 55 : Comparaison des écarts relatifs (en %) du pourcentage de poids lourds entre chaque jour des couples avec les écarts relatifs des médianes des concentrations en NO_2 (en %) 52
Figure 56 : Ecarts relatifs des indices de congestion (en %) entre les jours 2015 et 2016 de chacun des couples et pour les deux points de mesures 53

Figure 57 : Point Nord- Comparaison des écarts relatifs des indices de congestion (en %) avec les écarts absolus des concentrations maximales horaires en NO_2 (en µg/m^3)..... 54
Figure 58 : Point Sud - Comparaison des écarts relatifs des indices de congestion (en %) avec les écarts absolus des concentrations maximales horaires en NO_2 (en µg/m^3)..... 54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs de référence réglementaires pour les polluants mesurés..... 9
Tableau 2 : Différentes périodes considérées pour l'analyse du trafic routier par la DIR Ouest [source rapport Météo France()]..... 10
Tableau 3 : Sélection des paramètres dispersifs considérés par Météo France pour la détermination des jours analogues..... 11
Tableau 4 : 19 couples de jours analogues d'un point de vue météorologique et trafic..... 12
Tableau 5 : 19 couples de jours analogues d'un point de vue météorologique et trafic (suite)..... 13
Tableau 6 : Niveaux de congestion utilisés en France..... 16
Tableau 7: Synthèse des facteurs d'influence pour l'interprétation des données de la qualité de l'air..... 17
Tableau 8 : Références du site de mesures – Point Nord..... 19
Tableau 9 : Références du site de mesures – Point Sud..... 20
Tableau 10 : Dispositif mis en place sur les deux points de mesure..... 20
Tableau 11 : Caractéristiques principales des analyseurs NOx utilisés..... 21
Tableau 12 : Caractéristiques principales de l'analyseur de particules..... 22
Tableau 13 : Taux de fonctionnement des analyseurs en 2015 (du 12 juin au 18 septembre)..... 23
Tableau 14 : Taux de fonctionnement des analyseurs en 2016 (du 2 mai au 10 juillet)..... 23
Tableau 15 : Distribution statistique des données de mesures de NO_2 sur le point Nord (sur la base des données horaires)..... 25
Tableau 16 : Distribution statistique des données de mesures de NO_2 sur le point Sud (sur la base des données horaires)..... 26
Tableau 17 : Distribution statistique des données de mesures de PM10 sur le point Sud (sur la base des données journalières)..... 27
Tableau 18 : Ecarts relatifs des médianes des concentrations mesurées en NO_2 sur le point Nord et commentaires associés..... 30
Tableau 19 : Ecarts relatifs des médianes des concentrations mesurés en NO_2 sur le point Sud et commentaires associés..... 31

I. Contexte de l'étude

Dans le cadre d'une expérimentation visant à évaluer les effets de la vitesse maximale autorisée sur la rocade rennaise en termes de qualité de l'air, de bruit, de conditions de circulation et d'accidentalité, la DREAL Bretagne a sollicité Air Breizh afin de réaliser deux campagnes de mesure de la qualité de l'air, avant et pendant la mise en place de la réduction de vitesse, en vue d'en évaluer l'impact à proximité de cette voie de circulation.

Pendant une période d'un an, à savoir du 1er octobre 2015 au 30 septembre 2016, la vitesse maximale autorisée sur la rocade rennaise a été abaissée de 20 km/h.

Après avoir réalisé un état initial de la qualité de l'air avant la mise en place de la réduction de vitesse de juin à septembre 2015, Air Breizh a engagé une nouvelle campagne de mesure en 2016, selon un protocole identique, de mai à septembre 2016.

Deux points ont été suivis lors de ces deux campagnes : l'un sur un tronçon limité à 70 km/h (précédemment limité à 90 km/h) et l'autre sur un tronçon limité à 90 km/h (précédemment limité à 110 km/h).

Principalement axée sur le dioxyde d'azote, considéré comme traceur de la pollution atmosphérique émise par le trafic routier, l'étude a pour objectif de comparer les niveaux mesurés en 2016 à ceux de l'état initial en 2015, tout en considérant les variations des conditions de trafic et les différences météorologiques, afin de conclure sur l'impact de la mise en œuvre expérimentale de cette réduction de vitesse.

Rappelons que les résultats de la campagne initiale 2015, avaient permis de valider l'emplacement des points de mesure, le lien entre trafic et pollution, et de façon plus large, la méthodologie de l'étude.

Le présent rapport présente le protocole de mesure, la méthodologie retenue pour la comparaison des résultats 2015 et 2016 et nos interprétations.

II. Rappel de la mise en œuvre de l'expérimentation de la réduction de la vitesse sur la rocade de Rennes

Mise en œuvre de la réduction des vitesses

Sur la rocade de Rennes, la vitesse maximale autorisée est passée de 110 km/h à 90 km/h entre les portes de Beaulieu et de Saint-Malo (rocades Est et Nord), et de 90 km/h à 70 km/h sur les secteurs Sud et Ouest.
Sur les principales routes nationales et départementales menant à la rocade de Rennes, des réductions de vitesse ont également été mises en place (en particulier allongement des tronçons limités à 90 km/h et introduction de sections limitées à 70 km/h).

Suivi de l'expérimentation

Afin d'évaluer les résultats de l'expérimentation, un comité technique de suivi s'est réuni périodiquement à partir de juin 2015. Il rassemble les services de l'État, du département d'Ille-et-Vilaine, de Rennes Métropole, de la Ville de Rennes et Air Breizh en tant qu'expert de la qualité de l'air.

La carte ci-après, élaborée par la Direction Interdépartementale des Routes de l'Ouest (DIR Ouest), rappelle les nouvelles limitations de vitesse sur la rocade appliquées depuis le 1er octobre 2015.

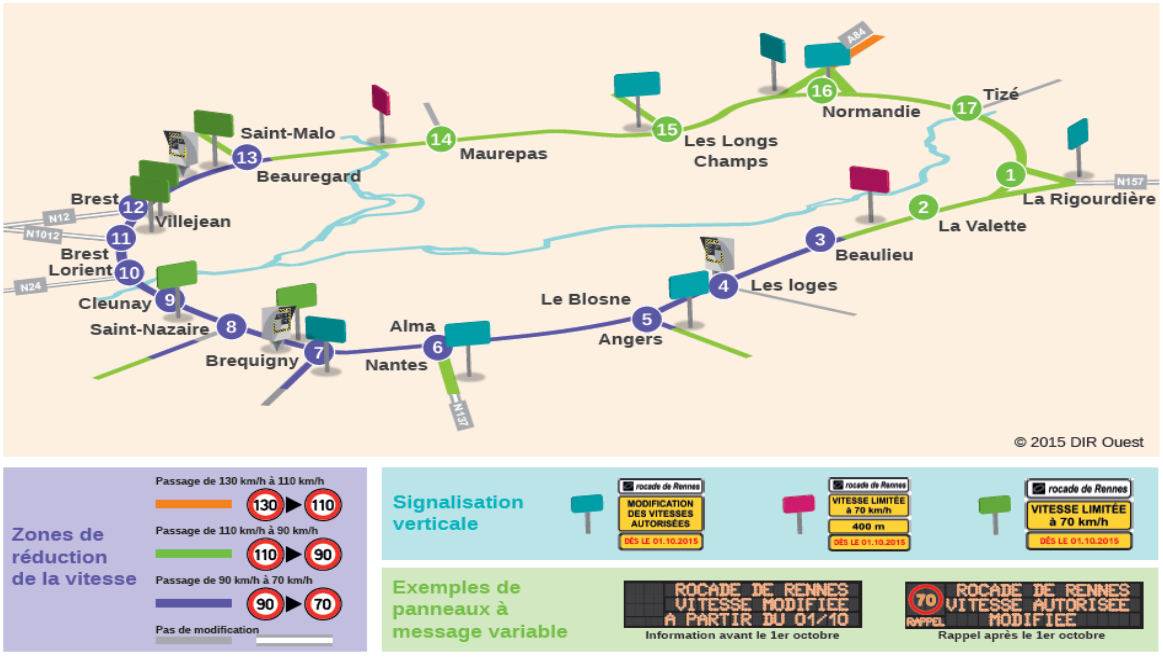


Figure 1 : Limitation des vitesses sur la rocade de Rennes du 1er octobre 2015 au 30 septembre 2016 [source : DIR Ouest 2015]

III. Description des campagnes de mesure

III.1. Polluants étudiés

Les travaux d'inventaire et de modélisation menés par Air Breizh, notamment dans le cadre de la mise à jour du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) sur l'agglomération rennaise en 2014, montrent que le trafic routier est responsable de 75% des émissions de NO_2 et 39% des émissions de particules fines (PM10). Sur ce volume de polluants générés par les véhicules routiers circulant dans toute l'agglomération, environ 30 % provient de ceux roulant sur la rocade[1].

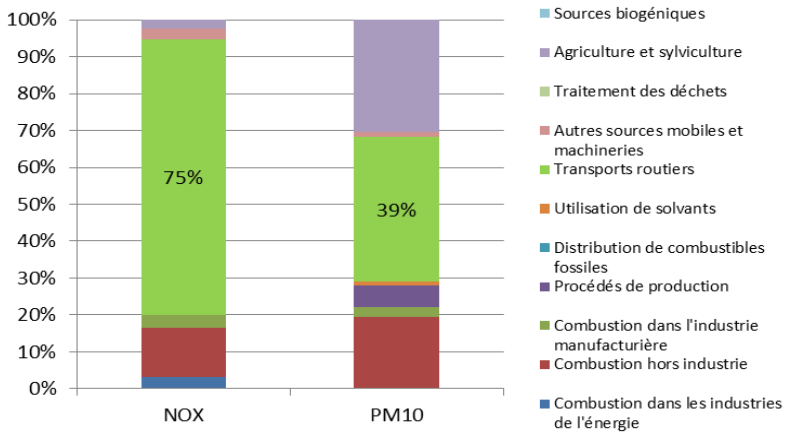


Figure 2 : Répartition des sources d'émissions d'oxydes d'azote et de particules PM10 sur le territoire de Rennes Métropole [source : Inventaire des émissions de l'année 2010 Air Breizh – V1]

Deux polluants ont donc été mesurés prioritairement, à savoir :

- le **dioxyde d'azote**, polluant en dépassement de la valeur limite européenne fixée à 40 µg/m^3 en moyenne annuelle (dépassement constaté sur l'agglomération rennaise) ;
- les **particules fines** (PM10), polluant pour lequel on constate plusieurs jours par an, en période hivernale ou printanière, des dépassements des seuils d'alerte à la pollution.

Les mesures ayant été réalisées en période estivale, il est possible que la contribution des émissions du trafic routier soit différente (probablement supérieure notamment pour le NO_2) durant ces mois d'été, du fait notamment de la réduction des émissions du secteur résidentiel et tertiaire. En effet, du fait de l'effacement des autres sources émettrices de NO_2 à cette période de l'année, la responsabilité du secteur routier est sous doute proche des 95%. Les valeurs mesurées dans le cadre de cette étude auraient donc été sans doute plus importantes si les observations avaient été réalisées en hiver (période d'utilisation des équipements de chauffage).

Les sources de pollution et les valeurs réglementaires pour ces deux polluants sont détaillées dans les chapitres suivants.

III.1.1 Les sources de pollution

La majorité des polluants atmosphériques connaît un cycle saisonnier très marqué.

On distingue habituellement les polluants primaires des polluants secondaires. Les premiers sont émis par une source directement dans l'atmosphère, alors que les seconds proviennent de la transformation des polluants primaires suite à différentes réactions chimiques.

Certains polluants primaires (dont notamment les oxydes d'azote et les particules fines en suspension) présentent des concentrations hivernales plus importantes qu'en été, en raison

[1] Cf. Bilan annuel d'activités d'Air Breizh, 2015

notamment de conditions de stabilité de l'atmosphère plus fortes et d'une activité plus importante de sources telles que le chauffage.

a) *Les oxydes d'azote*

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 (NO_2).

Toute combustion génère donc du NO et du NO_2. 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.

b) *Les particules fines (PM 10)*

D'origine naturelle (érosion des sols, pollens, feux de forêt...) ou anthropique, les particules ont une gamme de taille qui varie de quelques microns à quelques dixièmes de millimètres.

Les particules actuellement réglementées sont celles dont le diamètre aérodynamique médian est inférieur ou égal à 10 µm (PM10).

Les particules fines d'origine anthropique sont principalement libérées par la combustion incomplète des combustibles fossiles (moteurs à explosion, chaudières ou procédés industriels) ou de la biomasse (feux de cheminée, brûlages de déchets verts, ...). Elles peuvent être associées à d'autres polluants comme le dioxyde de soufre, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les métaux lourds, les pollens, ...

III.1.2 Réglementation

Lors de cette étude, les niveaux estimés de concentrations de polluants dans l'air sont comparés aux valeurs réglementaires que constituent les objectifs de qualité de l'air, les valeurs limites et les niveaux de recommandation et d'alerte.

Les valeurs de références pour les polluants mesurés sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Valeurs de référence réglementaires[2] pour les polluants mesurés

Composés	Valeurs limites	Objectifs qualité	Seuil de recommandations et d'informations	Seuil d'alerte
Dioxyde d'azote (NO_2)	**En moyenne annuelle :** 40 µg/m³. **En moyenne horaire :** 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.	**En moyenne annuelle :** 40 µg/m³.	**En moyenne horaire :** 200 µg/m³.	**En moyenne horaire :** 400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives. 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.
Particules fines de diamètre médian 10 micromètres (PM10)	**En moyenne annuelle :** 40 µg/m³. **En moyenne journalière :** 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	**En moyenne annuelle :** 30 µg/m³.	**En moyenne journalière :** 50 µg/m³.	**En moyenne journalière :** 80 µg/m³.

[2] *Article R221-1 du code de l'environnement qui transpose la directive 2008/50/CE*

III.2. Matériel et méthode

III.2.1 Méthode de comparaison et d'interprétation des données

a) Principe

Les teneurs en polluants mesurées dans l'atmosphère dépendent essentiellement de deux facteurs : les sources de pollution (à savoir, ici, le trafic routier) et les conditions météorologiques (caractérisées par les paramètres dispersifs).

Même en s'affranchissant des émissions de chauffage (du fait de campagnes réalisées en période estivale), la variation permanente d'autres facteurs (trafic routier, météorologie) implique que la simple comparaison des niveaux mesurés sur l'ensemble des périodes 2015 et 2016 n'aurait pas été suffisante et surtout pertinente.

Pour cette raison, le principe de l'analyse comparative des données enregistrées en 2015 et 2016 repose ici sur la sélection préalable de couples de journées jugées semblables, tant d'un point de vue des conditions météorologiques que de la circulation (à l'exception évidemment de l'abaissement des vitesses maximales autorisées).

Le protocole de sélection des jours jugés semblables, déterminé en concertation avec les services de la DREAL, de la DIR Ouest et de Météo France, est le suivant.

Il comprend deux étapes clés successives : l'une basée sur le trafic routier puis l'autre sur les conditions météorologiques.

➔ Sélection des jours comparables d'après le trafic routier (travail effectué par la DIR Ouest)

Dans un premier temps, les services de la DIR Ouest ont constitué une classification du trafic routier sur la rocade rennaise en fonction de la période de l'année, entre mai et septembre, du jour de la semaine et des événements qui se sont produits sur la rocade.

Cela a permis de définir une série de jours comparables entre eux d'un point de vue trafic uniquement.
Ainsi différentes périodes ont été considérées par la DIR Ouest à savoir :

Tableau 2 : Différentes périodes considérées pour l'analyse du trafic routier par la DIR Ouest [source rapport Météo France[3]]

Année	Période de trafic normal	Période de trafic estival
2015	du 12/06 au 12/07 et du 04/09 au 18/09	du 13/07 au 03/09
2016	du 02/05 au 13/07 et du 04/09 au 30/09	du 14/07 au 03/09

Ainsi un jour de la période de trafic estival 2016 (respectivement de la période de trafic normal 2016) n'a pu être couplé qu'à un jour de la période de trafic estival 2015 (respectivement de la période de trafic normal 2015).

Ensuite au sein d'une même période, les vendredis n'ont été couplé qu'avec des vendredis, les samedis qu'avec des samedis, les dimanches qu'avec des dimanches et les jours de la semaine du lundi au jeudi qu'avec un jour de la semaine du lundi au jeudi.

Enfin, la DIR Ouest a identifié pour une période et un jour de la semaine donnée, quelques dates dont le trafic est vraiment atypique vis-à-vis de la classe à laquelle il est supposé appartenir.

[3] Cf. rapport : *Recherche de couples analogues en amont de l'étude d'Air Breizh sur la rocade de Rennes » [Météo France version octobre 2016]*

➔ Expertise Météo France pour le choix des jours comparables [3]

Sur la base de cet échantillon de jours jugés semblables d'un point de vue trafic, les services de Météo-France ont été chargés de l'analyse des données météorologiques sur cette sélection, afin d'identifier des **couples de journées « météorologiquement analogues »**.

Dans un premiers temps, les jours ayant présenté plus deux heures de précipitations (pas nécessairement consécutives) sur la base des mesures au niveau de la station Météo France de Rennes St Jacques, ont été exclus en raison de l'influence de ces épisodes sur les niveaux de pollution.

Dans un second temps, les paramètres caractérisant au mieux le pouvoir dispersif de l'atmosphère sur les premiers 1500 mètres ont été étudiés par Météo France, afin de sélectionner les jours analogues.

Ces paramètres, dont les résultats ont été tirés du modèle météorologique AROME, sont les suivants :

Tableau 3 : Sélection des paramètres dispersifs considérés par Météo France pour la détermination des jours analogues

Près du sol	Sur les 19 niveaux du modèle de 10 à 1500 m
la pression au niveau de la mer la température de l'air à 2 mètres l'humidité à 2 mètres la température du point de rosée à 2 mètres	la température de l'air l'humidité la température du point de rosée la direction et la force du vent ou les deux composantes zonale et méridienne du vent

D'après cette pré-sélection de journées jugées analogues sur la base de ces paramètres, une expertise a été réalisée par Météo France pour vérifier la cohérence de ces couples.

A l'issue de cette phase, 15 couples de jours ont été sélectionnés (couples B1 à B15).

Toutefois, cette méthode n'ayant pas permis d'obtenir des couples analogues pour les dates ultérieures au 1er août 2016, une recherche plus fine a été réalisée par Météo France afin de dégager quelques couples analogues supplémentaires.

Au total, 19 couples jugés analogues du point de vue de la météorologie et du trafic nous ont été communiqués.
Le rapport *« Recherche de couples analogues en amont de l'étude d'Air Breizh sur la rocade de Rennes »*, réalisé par Météo France [version octobre 2016], détaille cette méthodologie et présente les résultats pour chaque couple de journées analogues retenu.

A partir de ces couples identifiés, la comparaison des niveaux de concentration en polluants entre les deux périodes de mesures a été réalisée par Air Breizh en faisant abstraction des facteurs d'influence météorologiques et de trafic, variables particulièrement sensibles et déterminantes sur l'évolution des concentrations ambiantes.

d) Synthèse des couples de journées analogues 2015/2016 :

Les 19 couples de jours analogues, appelés également binômes dans la suite de l'étude, sont présentés dans le tableau ci-après avec les conclusions établies par Météo France.

Ils serviront à réaliser l'analyse comparative des données de mesures de la qualité de l'air des campagnes 2015 et 2016.

Tableau 4 : 19 couples de jours analogues d'un point de vue météorologique et trafic

Couples météorologiquement analogues entre 2015 et 2016	Conclusions sur l'analogie des couples [source : Rapport Météo-France]
B1 : Dimanche 06/09/2015 & Dimanche 19/06/2016	Cycles diurnes très voisins. Bons analogues avec toutefois des directions de vents différentes et plus de vent dans la matinée en 2016, par rapport en 2015 favorisant la dispersion.
B2 : Lundi 15/06/2015 & Mardi 03/05/2016	Cycles diurnes identiques. Directions de vents voisines. Bon couple analogue.
B3 : Mardi 08/09/2015 & Lundi 02/05/2016	Cycles diurnes comparables. A noter toutefois en 2016, un pic de vent en soirée, inexistant en 2015. Journées globalement similaires mais quelques différences en termes de direction de vent et d'inversions thermiques
B4 : Mardi 01/09/2015 & Mercredi 01/06/2016	Cycles diurnes très comparables. Journées similaires excepté à partir de 22 h en 2015, où le vent devient bien plus faible qu'en 2016 et où apparait une inversion dans les très basses couches. Conditions de dispersion différentes.
B5 : Samedi 05/09/2015 & Samedi 04/06/2016	Cycles diurnes très comparables A noter un petit pic de vent survenu vers 20h en 2015 et des profils différents (inversion) entre 8h et 10h le matin en 2015, susceptible d'influer sur la dispersion en début de matinée.
B6 : Lundi 15/06/2015 & Lundi 30/05/2016	Contexte météorologique global semblable pour ces 2 journées mais vent un peu plus fort et inversion dans les basses couches susceptibles d'interférer sur la dispersion de la pollution en 2016.
B7 : Jeudi 18 juin 2015 & Mardi 21/06/2016	Cycles diurnes comparables avec un vent plus fort en milieu d'après-midi, en 2015.
B8 : Mercredi 17 juin 2015 & Mercredi 08 juin 2016	Cycles diurnes très comparables. Vents très ressemblants en termes de force et de pression. Quelques différences et disparités en périodes nocturnes liées aux inversions.
B9 : Lundi 14/09/2015 & Mardi 31/05/2016	Vent plus soutenu en 2016 qu'en 2015 mais atmosphère très dispersive sur les 2 journées. Seule différence notable : quelques épisodes pluvieux sur la journée du 14/09/2015.
B10 : jeudi 9/07/2015 & Mercredi 06/07/2016	Avec des conditions anticycloniques similaires générant un faible flux variable en direction d'ouest à nord, les journées sont très ressemblantes en termes de dispersion. Il faut quand même garder à l'esprit les conséquences éventuelles sur la pollution du décalage dans la chronologie de l'évolution de la masse d'air, le matin et le soir, et du brassage légèrement plus présent dans la matinée en 2015.
B11 : vendredi 7/08/2015 & vendredi 22/07/2016	Analogie surtout intéressante jusqu'à 18 UTC (inversion sans vent puis dispersion avec brassage, de sud-ouest en 2015 et de nord-nord-ouest en 2016). Après 19 UTC, l'évolution dans les très basses couches est un peu différente.
B12 : jeudi 23/07/2015 & mardi 26/07/2016	Couple d'analogues satisfaisant. Les différences entre les vents se produisent plutôt lorsque les sondages sont les plus dispersifs : cela ne devrait pas, a priori, avoir trop d'influence sur la comparaison des concentrations des polluants étudiés.
B13 : lundi 20/07/2015 & jeudi 28/07/2016	Les situations météorologiques de ces deux dates ne sont peut-être pas très propices à l'accumulation de la pollution dans les basses couches (brassages horizontal et vertical).

Tableau 5 : 19 couples de jours analogues d'un point de vue météorologique et trafic (suite)

Couples météorologiquement analogues entre 2015 et 2016	Conclusions sur l'analogie des couples [source : Rapport Météo-France]
B14 : jeudi 30/07/2/015 & lundi 01/08/2016	C'est surtout en toute fin de journée que la différence entre les contextes généraux météorologiques (d'où par exemple des directions du vent distinctes) a une incidence sur les pouvoirs dispersifs de l'atmosphère en 2015 vs 2016 (force du vent et sondages). Sinon, les conditions locales sont très approchantes, si ce n'est un tout petit peu plus de vent dans la matinée en 2015 (et des directions différentes).
B15 : mercredi 19/08/2015 & lundi 01/08/2016	Beaucoup de points communs pour ces deux dates qui constituent un couple d'analogues très satisfaisant, d'autant que, contrairement au couple précédent, les directions du vent sont identiques. Néanmoins, il est possible qu'en toute fin de journée des différences soient sensibles en termes de dispersion.
B16 : lundi 6/07/2015 & mardi 6/09/2016	Ces deux dates ont beaucoup de points communs et constituent un couple d'analogues très satisfaisant. Quelques petites réserves peuvent toutefois être formulées : s'agissant des mois (juillet comparé à septembre) et au sujet du vent.
B17 : mercredi 9/09/2015 et mercredi 7/09/2016	Ce couple d'analogues est intéressant, avec toutefois quelques différences sur la dispersion verticale à prendre en compte entre 00 et 05 UTC. Un atout de ce couple est d'être constitué de deux mercredis situés à peu près à la même période de septembre, ce qui devrait impliquer un trafic routier très comparable en termes de comportement des usagers.
B18 : vendredi 4/09/2015 et vendredi 9/09/16	Malgré des conditions générales assez différentes, ces deux journées sont similaires d'un point de vue du pouvoir dispersif de l'atmosphère (sauf après 19 UTC, où la dispersion est a priori possible en 2016 mais pas en 2015). Comme pour le couple précédent, le fait d'avoir deux vendredis de début septembre peut être un point positif au regard du trafic routier.
B19 : jeudi 25/06/2015 & jeudi 22/09/2016	En termes de dispersion verticale, ces deux jeudis sont très ressemblants, à la chronologie près de l'évolution des inversions des basses couches, le matin et le soir. Le vent, un peu plus soutenu en 2015, peut avoir un impact sur l'éventuelle pollution en soirée.

A partir de la sélection de ces 19 couples de journées identiques du point de vue de la météorologie et du trafic, l'objectif est de comparer les résultats de mesures de concentrations dans l'air relevés en 2015 et en 2016.

L'analyse comparative de ces données à ce stade aurait pu suffire à conclure, cependant, nous avons souhaité aller un peu plus loin en y intégrant l'influence possible d'autres facteurs externes.

En effet, à cette interprétation basée sur les données de qualité de l'air afin d'en déduire l'impact de la réduction de la vitesse sur les niveaux mesurés, Air Breizh a également souhaité associer quelques paramètres jugés d'influence sur ces niveaux de concentrations. Il s'agit notamment des données de caractérisation fine du trafic pour chaque journée des couples.

L'objectif de cette analyse complémentaire n'est donc pas de remettre en cause la comparaison des journées jugées analogues, mais d'essayer de corréler (ou non) les tendances observées sur les concentrations avec d'éventuelles légères évolutions du trafic (proportion de poids lourds, baisse de vitesse plus importante sur un couple que sur l'autre, …) ou de la météorologie (inversion ponctuelle, force du vent légèrement plus importante, …).

Ces différents paramètres d'influence sont explicités dans le paragraphe suivant.

b) Facteurs d'influence au sein des couples de journées comparables

- Taux de fonctionnement des analyseurs de NO_2 :

Pour être représentatif d'une période de mesures définie, le nombre de données de mesures exploitables sur cette même période, doit être suffisamment élevé.
Ainsi d'après la directive 2008/50/CE relative à la qualité de l'air, un taux de fonctionnement minimal de 90% doit être respecté, afin de garantir une bonne représentativité des mesures sur une période retenue.
Toutefois, **un taux de fonctionnement de 85% est toléré par le LCSQA, tenant compte des opérations techniques d'étalonnage et de maintenance sur les analyseurs.**

Dans le cadre de cette étude, les taux de fonctionnement des analyseurs ont pu varier selon les journées préalablement sélectionnées. Ils se situent majoritairement entre 80 et 100 %, exception faite de quelques journées ayant présenté un taux de fonctionnement inférieur à ce minima dont il faudra tenir compte lors de l'analyse des profils journaliers.

- Les concentrations de fond :

➔ **Dioxyde d'azote**

Même si le dioxyde d'azote mesuré en proximité de la rocade est issu, en très grande majorité des véhicules qui y circulent, une fraction provient de la pollution dite « de fond » générée par l'agglomération.
Or ce niveau de fond varie en fonction de l'intensité des sources présentes sur l'agglomération et des conditions météorologiques. Si on n'en tenait pas compte, cela pourrait conduire à interpréter des variations de concentrations mesurées de manière erronée.

Afin de nous affranchir de ce biais, nous avons utilisé les données de la station « urbaine de fond » de Rennes St-Yves (station fixe du réseau de surveillance d'Air Breizh pour le suivi de la qualité de l'air de l'agglomération) pour corriger les écarts de concentrations calculés entre les deux années.

➔ **Particules PM10**

Le principe est identique pour les particules PM10 or l'agglomération de Rennes ne dispose pas de mesures en configuration « urbaine de fond ».
Les écarts des concentrations entre les journées ont été calculés mais une réserve sera émise concernant les conclusions de ces variations, en raison de l'absence de prise en compte des variations de fond entre les journées.
Rappelons toutefois que les particules PM10, dont la contribution du trafic routier dans les émissions est de 39%, sont considérées comme un paramètre supplémentaire dans l'analyse, mais non décisif en termes d'effet de la réduction de vitesse contrairement au dioxyde d'azote.

- Spécificités météorologiques de chaque journée retenue :

Les interprétations de Météo France, dont les conclusions sont synthétisées dans les tableaux 4 et 5, ont été, pour chaque couple analysé, étudiées afin d'interpréter plus en détail leurs éventuelles relations avec les concentrations mesurées (différence sur la Direction des vents, horaire de changement d'inversion, etc.).

- Les données du trafic routier :

- *Le trafic journalier* :

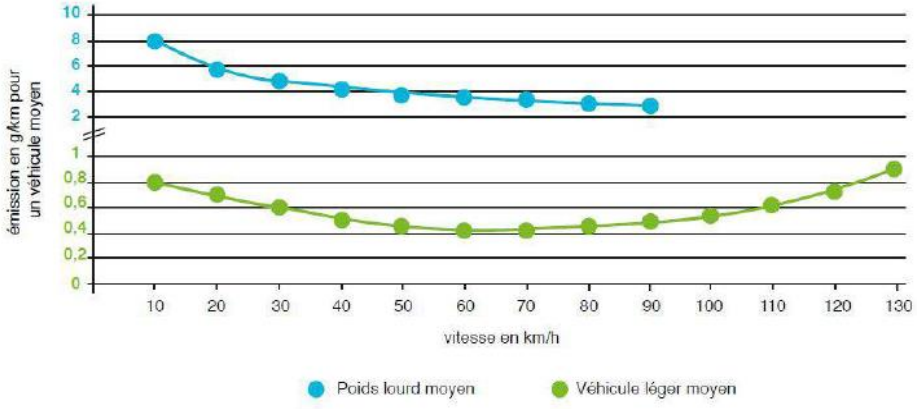
Le trafic journalier correspond au nombre de véhicules/jour enregistré par les stations de comptage situés au droit de chaque point de mesure.
C'est un paramètre important à considérer en termes d'émission de polluants puisque, toutes choses étant égales par ailleurs, plus les véhicules seront nombreux sur un tronçon, plus les émissions de gaz d'échappement cumulées, seront fortes.

Les données fournies par la DIR Ouest permettent d'obtenir, avec un pas de temps de 6 minutes, le nombre de véhicules pour chaque sens de circulation et pour les deux points de comptage situés à proximité immédiate des stations de mesures de la qualité de l'air.
En termes d'analyses des données, **nous avons considéré qu'une différence supérieure à ±5% entre les journées 2015 et 2016 traduisait une évolution dite significative** (tant en augmentation qu'en diminution), du trafic journalier cumulé.

En deçà de cette valeur, le trafic a été considéré comme constant.

- *La vitesse de circulation :*

La vitesse de circulation est également un paramètre influant puisqu'il conditionne les facteurs d'émissions (c'est à dire la quantité de polluant émise par un véhicule pour chaque kilomètre parcouru).
Des études montrent, pour les véhicules légers, qu'un abaissement de la vitesse maximale de 90 à 70 km/h, ne contribue qu'à de faibles diminutions voire, parfois, à des augmentations des émissions polluantes. En revanche, lors d'une diminution de vitesse de 130 à 110 km/h, la baisse des émissions se révèle plus constante et plus importante. Cette différence peut être illustrée par la courbe des émissions en oxydes d'azote, en fonction de la vitesse et du véhicule.



Evolution des facteurs d'émissions d'oxydes d'azote en fonction de la vitesse et du véhicule,
extrait du rapport : Réduction de vitesse et qualité de l'air - Etude relative à l'autoroute A9 au droit de Montpellier Air Languedoc Roussillon – Janvier 2012, étudié par l'ADEME

Figure 3 : Evolution des émissions en fonction de la vitesse par type de véhicule

Ce graphique montre que plus la vitesse d'un véhicule poids lourd diminue, plus il émet des oxydes d'azote.

En revanche, dans le cas des Véhicules Légers (VL), plus la vitesse du véhicule diminue (de 130 à 70 km/h environ), moins il émet des oxydes d'azote. En deçà de 70 km/h, la diminution de vitesse entraînera, par contre, une émission plus importante des oxydes d'azotes.
Dans le cadre de cette étude, les vitesses moyennes nous ont été transmises par la DIR Ouest, à l'instar des données relatives au nombre de véhicules, sur un pas de temps de 6 minutes, pour chacune des journées étudiées sur 2015 et 2016**.**
Ces données ont permis de comparer l'écart à la vitesse (en km/h) pour chacun des binômes étudiés et sur les deux points de mesures.

- *La répartition PL/VL :*

Comme évoqué précédemment, la caractérisation du trafic aux deux points de mesures entre 2015 et 2016 est également à considérer puisque, d'après les courbes d'émissions, **les poids lourds circulant à 70 km/h émettent environ 10 fois plus que les véhicules légers**.
La connaissance de la part des poids lourds dans le trafic du tronçon étudié est donc un élément à ne pas négliger, le taux de poids lourds étant susceptible d'influencer l'efficacité d'une réduction de la vitesse sur la qualité de l'air.

En effet, le gain d'émission d'oxydes d'azote dû à la réduction de vitesse des véhicules légers pourrait être compensé par la surémission des poids lourds. Ainsi, plus la proportion de poids lourds sera importante sur un axe routier, moins il paraît probable que la mesure de réduction de vitesse soit efficace (*Source : Atmo Nord - Pas de Calais, juin 2015*).

Les données concernant la proportion de poids lourds parmi l'ensemble des véhicules empruntant les deux axes étudiés permettent d'évaluer l'évolution de la composition du trafic et donc les évolutions des émissions.

Lors de l'analyse et de la comparaison des binômes entre eux, **pour ce facteur d'influence, nous avons considéré la variation du taux de poids lourds comme significative d'une proportion de l'ordre +/- 2% du trafic total.**

- *L'indicateur d'encombrement des voies (ou de congestion) :*

Révélateur d'une densité de trafic particulièrement élevée (dite saturée) et d'une réduction de vitesse particulièrement marquée, l'encombrement, saturation ou encore congestion des voies de circulation, contribue à une surémission des polluants. L'étude du niveau d'encombrement d'un axe est un élément pertinent qui permet une évaluation plus réaliste des émissions.

Dans le cadre de notre étude il **est important de préciser que nous nous sommes référés, en termes d'analyse des données, aux indices de congestion (ou « *Roadway Congestion Index* ») tel que défini dans l'étude Ademe[4], par le rapport du débit total quotidien sur la capacité de la voie.**

Le phénomène d'encombrement ou de congestion, peut être le résultat d'une inadéquation entre le nombre de véhicules circulant sur une voie et la capacité de celle-ci à les accueillir.

Dans le cadre de l'analyse comparative, 2 critères caractérisant le niveau d'encombrement ont été utilisés :
- l'indice de congestion moyen journalier qui est défini par le rapport du débit (nombre de véhicules enregistrés sur un jour) sur la capacité théorique de la voie, comme spécifié précédemment.
- l'évolution de l'indice de congestion calculé à partir des données trafic communiquées sur un pas de temps de 6 minutes, permettant de définir la répartition des différents régimes de trafics ci-après tout au long d'une journée.

Tableau 6 : Niveaux de congestion utilisés en France [4]

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

c) Synthèse des paramètres d'influence

Le tableau ci-après synthétise les paramètres d'influence utilisés pour l'interprétation fine des évolutions des concentrations dans l'air de chaque binôme ainsi que les critères de variations de ces paramètres jugés significatifs ou non vis-à-vis des mesures de la qualité de l'air.

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

Tableau 7: Synthèse des facteurs d'influence pour l'interprétation des données de la qualité de l'air

Paramètres	Critères de significativité	Commentaires
Taux de fonctionnement journalier des analyseurs	> 85%	*En deçà de ce taux de fonctionnement, les mesures ne sont pas considérées comme représentatives de la journée choisie (une analyse partielle pourra être réalisée si l'absence de mesure est constatée en dehors des périodes de circulation)*
Concentrations de fond	< 5 µg/m^3	*Bien que retranchées systémiquement aux écarts calculés entre les jours d'un binôme (pour le NO_2), une évolution du niveau de fond < à 5 µg/m^3 entre deux journées d'un même binôme est considérée non significative.*
Données météorologiques	/	*Seules les interprétations qualitatives des conditions météorologiques ont été utilisées pour la comparaison des jours (direction des vents, forces, inversion, etc.)*
Données de trafic Trafic journalier Vitesse de circulation Répartition de PL/VL Indicateur d'encombrement des voies	 < ± 5% / < ± 2% < ± 5%	*Des variations du trafic inférieures à ces critères sont jugées non significatives pour expliquer des évolutions des concentrations dans l'air.*

Bien qu'à considérer comme des ordres de grandeur, ces critères de significativité, définis d'après notre expérience, permettent d'avoir une base commune pour l'interprétation de chaque binôme.

L'ensemble des résultats de ces paramètres ainsi que des données de la qualité de l'air pour chaque jour des 19 binômes, sont synthétisés dans une fiche reprise en annexe I.

III.2.2 Choix des sites de mesures

Les sites de mesure retenus pour les campagnes 2015 et 2016 sont strictement identiques.

La localisation des stations mobiles relève de critères prédéfinis, identiques à ceux utilisés pour les stations fixes, et décrits dans le document de référence nationale *Classification, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA - Avril 2015).*

Ce guide détaille notamment les différentes typologies de stations en fonction de leur environnement (urbain, rural) et le type d'influence des sources d'émissions à proximité (fond, industrielle et trafic).

Dans le cas de notre étude et au vu de l'objectif, nous avons fait le choix de retenir une station urbaine de proximité automobile (trafic) afin de caractériser au mieux les concentrations liées à cette source d'émission.

Deux critères sont notamment prescrits pour ce type de station, à savoir :
- L'éloignement de la voie de circulation des véhicules motorisés la plus proche, qui ne doit pas excéder 10 mètres ;
- L'éloignement des grands carrefours qui doit être supérieur à 25 mètres.

Commentaire : Un grand carrefour désigne, d'après le guide du LCSQA, un point de croisement entre la voie de circulation considérée comme principale source d'influence et d'autres voies de circulation susceptibles d'interrompre le trafic (ou de modifier sa vitesse) et en conséquence d'induire des variations des émissions de la route.

La proximité d'une station de comptage du trafic a également été prise en compte.

En plus de ces prescriptions, nous avons dû considérer d'autres contraintes comme l'alimentation électrique, la sécurité des utilisateurs de la rocade ainsi que du personnel d'Air Breizh lors des opérations techniques.

En intégrant l'ensemble de ces critères, deux sites ont été retenus lors d'une visite le 5 juin 2015 avec les services de la Direction Interdépartementale des Routes de l'Ouest (DIR Ouest).

Les deux sites ont été choisis sur des tronçons présentant des vitesses différentes, à savoir :

- « Point nord » : tronçon limité à 110 km/h puis abaissé à 90 km/h ;
- « Point sud » : tronçon limité à 90 km/h puis abaissé à 70 km/h.

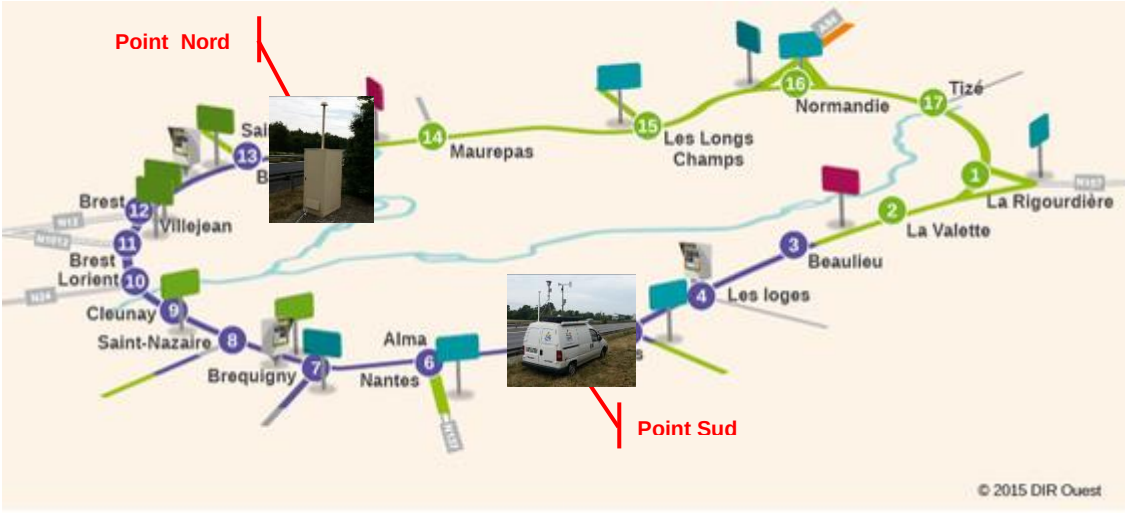


Figure 4 : Localisation des points de mesures sur la rocade de Rennes [fond de carte DIR Ouest]

Une description plus détaillée des deux sites retenus est réalisée dans les paragraphes suivants.

a) Point Nord

Le point nord a été retenu sur un tronçon limité à 110 km/h et qui a été abaissé à 90 km/h. Le changement de vitesse a lieu à 700 mètres du point de mesure (rocade intérieure).

Ce point, situé à proximité d'une station de comptage trafic de la DIR Ouest (rocade intérieure), se trouve sur la commune de St Grégoire, entre le centre commercial Leclerc et la rocade.

Ce site se trouve sur une portion présentant une vitesse de trafic relativement constante. L'échangeur le plus proche est celui de la Porte de St Malo, dont la bretelle d'entrée sur la rocade intérieure débute à environ 300 mètres du point de mesure.

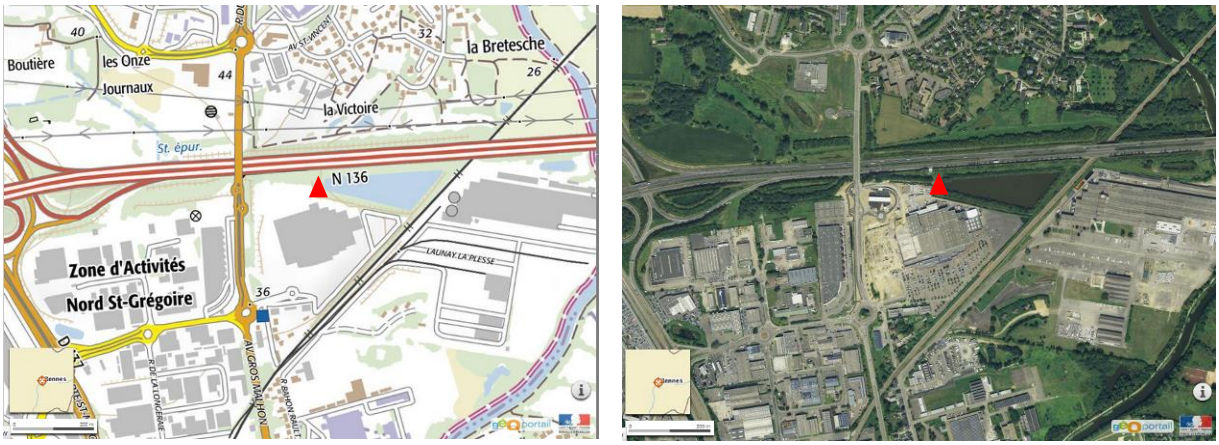


Figure 5 : Localisation de la station de mesures - Point Nord[Géoportail]

Tableau 8 : Références du site de mesures – Point Nord

	Caractéristiques	Préconisation du guide LCSQA - Station Trafic
Distance de la voirie	< 5 m	< 10 m
Distances échangeur le plus proche	> 150 m	> 25 m
Hauteur des têtes de prélèvement	2,5 à 3m	< 4 m
Station DIR Ouest à proximité	SIR N136 13-14	/
Tronçon routier	RN136 PR19+390 (intérieur)	/
Coordonnées géographiques		
Longitude	1°41'02.9''O	/
Latitude	48°08'26.8''N	

Ce point est éloigné de tout obstacle (structure porteuse, végétation, …) pouvant affecter la mesure ou sa qualité par rapport à l'objectif défini.

Il n'y a pas eu d'évolution significative du microenvironnement du site entre les deux campagnes de mesure (végétation, travaux, etc.).

b) Point Sud

Le point Sud a été retenu sur un tronçon limité à 90 km/h et qui a été abaissé à 70 km/h.

Ce point, situé également à proximité d'une station de comptage de la DIR Ouest (rocade intérieure), se trouve entre la voie d'accès Sud de l'Hôpital Sud et la rocade.

Ce site se trouve sur une portion présentant une vitesse de trafic relativement constante. L'échangeur le plus proche est celui de la Porte d'Angers, dont la bretelle d'entrée sur la rocade intérieure débute à environ 300 mètres du point de mesure.

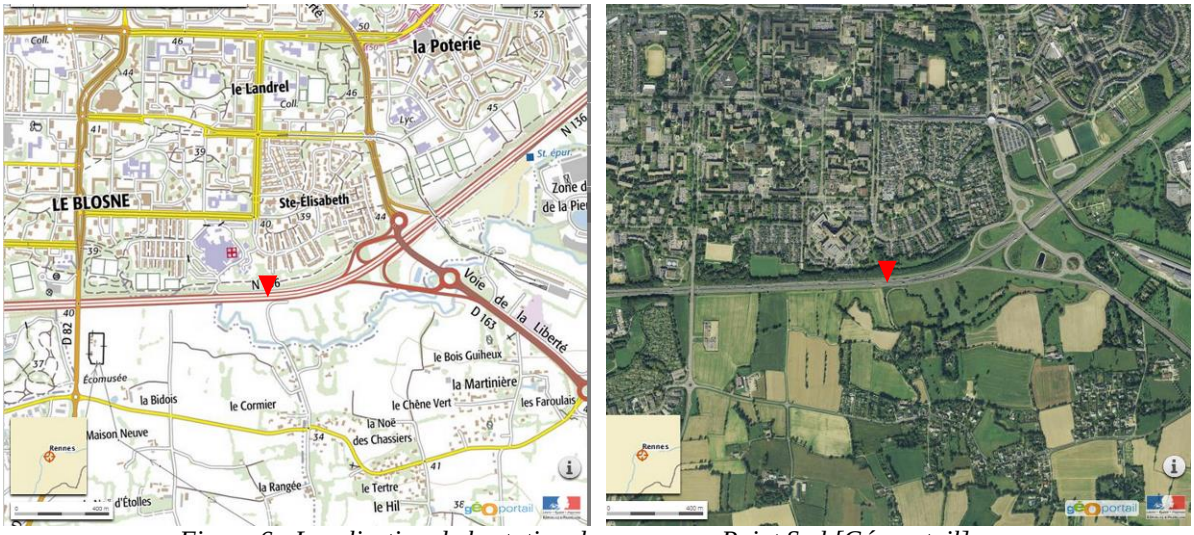


Figure 6 : Localisation de la station de mesures - Point Sud [Géoportail]

Tableau 9 : Références du site de mesures – Point Sud

	Caractéristiques	Préconisation du guide LCSQA Station Trafic
Distance de la voirie	< 5 mètres	< 10 m
Distances échangeur le plus proche	> 150 mètres	> 25 m
Hauteur des têtes de prélèvement	3 à 3,5 m	< 4 m
Station DIR Ouest à proximité	SIR N136-05-06-1	/
Tronçon routier	PR 7+262 (intérieur)	/
Coordonnées géographiques		
Longitude	1° 39' 01.9'' O	/
Latitude	48° 04' 54.1'' N	

Ce point est éloigné de tout obstacle (structure porteuse, végétation, …) pouvant affecter la mesure ou sa qualité par rapport à l'objectif défini.

Il n'y a pas eu d'évolution significative du microenvironnement du site entre les deux campagnes de mesure (végétation, travaux, etc.).

c) Dispositif mis en place

Le dispositif mis en place sur chacun des points de mesures est le suivant :

Tableau 10 : Dispositif mis en place sur les deux points de mesure

	Point Nord	Point Sud
Analyseur NOx/NO/NO_2	Oui	Oui
Analyseur particules	Non	Oui
Station météorologique (direction et vitesse du vent)	Non	Oui

En été, le NO_2 est jugé traceur du trafic routier contrairement aux particules, pour lesquelles les sources sont plus diversifiées, ce qui explique la raison pour laquelle un seul point de mesure « particules » a été mis en place pour ce paramètre.

d) Dates des campagnes de mesure considérées en 2015 et en 2016

➔ Campagne 2015 (état initial) :

La campagne de mesure réalisée en 2015, lors de l'état initial, couvrait la période estivale, allant du 11 juin 2015 au 8 octobre 2015.
Pour la comparaison des résultats, la période du 12 juin au 18 septembre 2015 a été retenue, soit 99 jours.
La dernière semaine de mesure du mois de septembre 2015 a été exclue en raison d'un changement suspecté du comportement des automobilistes du fait de l'installation des panneaux indiquant les nouvelles limitations de vitesse.
Les limitations de vitesse dans le cadre de l'année d'expérimentation ont été mise en œuvre le 1er octobre 2015.

➔ Campagne 2016 :

Pour la campagne de mesure 2016, la campagne s'est étendue du 2 mai au 12 octobre 2016. Les dates retenues pour la comparaison des données sont du **2 mai au 25 septembre 2016, soit 146 jours**.
Les 5 derniers jours de septembre n'ont pas été considérés en raison de l'annonce par le préfet des conclusions de l'expérimentation effectuée le 26 septembre qui a probablement entrainé des modifications du comportement des automobilistes.

Les nouvelles limitations de vitesse ont été mises en œuvre le 1er octobre 2016.

III.2.3 Technique de mesures

Les oxydes d'azote et les particules ont été mesurés en continu sur l'ensemble de la période à l'aide d'analyseurs installés dans des unités mobiles.

Notons que le choix du type d'appareil de mesure a été effectué d'après une pré-sélection réalisée et mise à jour régulièrement par le LCSQA[5].
Afin de figurer sur cette liste de matériels 'approuvés type', les appareils doivent être homologués pour la mesure des polluants de l'air ambiant réglementés, sur la base de tests de conformité stipulés dans les normes EN correspondantes, désignées comme méthode de référence dans la réglementation européenne.

a) Analyseur d'oxydes d'azote

L'analyseur utilisé pour mesurer les concentrations en oxydes d'azote est basé sur la chimiluminescence, norme NF EN 14211. La chimiluminescence est une émission d'énergie lumineuse résultant de la réaction chimique suivante :

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2^* + O_2 \text{ puis } NO_2^* \longrightarrow NO_2 + h\nu$$

NO_2^* = NO à l'état excité
$h\nu$ = source lumineuse

Lors de cette réaction, le NO réagit avec de l'ozone (O_3) pour former du NO_2 à l'état excité, noté NO_2^*. Le NO_2^* 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.
Dans un premier temps, l'appareil mesure la concentration en mode NOx (NO+NO2). Le NO2 doit être tout d'abord converti en NO avant de pouvoir être mesuré. Ceci est réalisé par un convertisseur au molybdène chauffé à 325°C environ. L'échantillon arrive dans la chambre de réaction, avec le NO initial et réagit avec l'ozone. Ceci représente la concentration en NOx.
Dans un deuxième temps, en mode NO, l'appareil mesure la concentration uniquement en NO de l'échantillon sans passer par le convertisseur.
Dans une troisième étape, un calcul est effectué pour déterminer la concentration en NO2. Cette dernière est déterminée en retranchant le signal obtenu en mode NO du signal obtenu en mode NOx. Cette mesure par différence correspond au principe du mode cyclique avec un seul détecteur et un seul photomultiplicateur. Ce mode de mesure par différence est effectué sur deux échantillons espacés dans le temps d'environ 5 à 10 secondes selon les modèles.
Les données brutes sont des données quart-horaires.

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

Tableau 11 : Caractéristiques principales des analyseurs NOx utilisés

	Point Nord	Point Sud
Modèle	AC32M-Env SA	42i-TEI
Gamme de mesure	0-1000 ppb	0-1000 ppb
Limite de détection	0,4 ppb	0,4 ppb

Les appareils de mesures utilisés en 2015 et 2016 sont les mêmes.

[5] *LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air. Il s'agit de l'organisme chargé par le ministère de l'environnement d'assurer un appui technique auprès des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA)*

b) Analyseur de particules fines

Pour les mesures des particules de type PM10, la méthode de référence (norme EN12341) ne permet pas de répondre totalement aux exigences de la directive européenne 99/30/CE concernant l'information du public, car elle est basée sur une méthode par prélèvement journalier suivi d'une analyse différée en laboratoire.
Les Etats-Membres se sont donc tournés vers des analyseurs automatiques comme la micro-balance à variation de fréquence (TEOM). Cet appareil fournit en continu les niveaux moyens horaires de particules de type PM10, et permet une actualisation quotidienne des informations vers le public en continu. Cette technique de mesures utilisée en France est une équivalence à la méthode de référence et a été validée par le LCSQA.

A partir de 2000, des articles scientifiques ont montré que les particules mesurées de façon automatique en France et dans d'autres pays européens pouvaient parfois, sous certaines conditions, être sous-estimées, du fait, en particulier, de ce que la part volatile des particules pouvait être mal appréhendée.
Suite à cela, des améliorations techniques ont été mises au point par les constructeurs des appareils automatiques. Un module adapté sur l'appareil, appelé FDMS, permet ainsi de mieux prendre en compte la fraction volatile des particules.
D'autres appareils ont été développés par la suite intégrant directement ce module pour la quantification de la fraction volatile. Il s'agit notamment des jauges radiométriques BAM également utilisé dans le dispositif de surveillance d'Air Breizh.

Pour l'ensemble de ces appareils, les données brutes sont des données quart-horaires. Les caractéristiques de l'analyseur utilisé lors de cette étude sont les suivantes :

Tableau 12 : Caractéristiques principales de l'analyseur de particules

Modèle	TEOM1400 – Thermo Scientific
Gamme de mesure	0 - 1000 mg/m^3
Limite de détection	0.1 µg/m^3
Mesure de la fraction volatile	Non* (sans module FDMS, valeurs ajustées d'après mesures sur un autre site)

* L'unité mobile d'Air Breizh ne peut être équipée à ce jour d'un appareil de mesure réglementaire des particules

L'appareil de mesures utilisé en 2015 et 2016 est identique.

Notons qu'une station météorologique permettant la mesure de la direction et de la vitesse du vent a également été installée sur l'une des unités mobiles (Point sud) comme visible sur les figures suivantes.

Figure 7 : Unité mobile installée sur le point Nord

Figure 8 : Unité mobile installée sur le point Sud

c) Contrôle de la qualité des mesures

En 2015 comme en 2016, 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.

Pour les oxydes d'azote, les opérations de vérification et d'étalonnage sont réalisées à partir d'un gaz étalon.

Les analyseurs n'ont pas présenté de dysfonctionnement notable durant la campagne de mesure 2015 et 2016 comme en témoignent les taux de fonctionnement respectifs des appareils indiqués ci-après.

Tableau 13 : Taux de fonctionnement des analyseurs en 2015 (du 12 juin au 18 septembre)

	Point Nord	Point Sud
Analyseur NOX	95.7%	94.4%
Analyseur particules	/	93.3%

Tableau 14 : Taux de fonctionnement des analyseurs en 2016 (du 2 mai au 10 juillet)

	Point Nord	Point Sud
Analyseur NOX	99.5%	99.3%
Analyseur particules	/	99.1%

Notons que sur un site de mesure fixe, la Directive 2008/50/CE prescrit une saisie minimale des données de 90% pour ces deux paramètres afin d'assurer une bonne représentativité des données.

Ce critère a été respecté pour les deux sites de mesures en 2015 et en 2016 et pour les deux paramètres analysés.

III.2.4 Limites de l'étude

Les campagnes de mesure ne sont représentatives que des périodes étudiées. En effet, les résultats sont tributaires des conditions météorologiques ainsi que de la circulation automobile. En aucun cas, ils ne peuvent être assimilés à une autre période ou à un autre point.

L'étude se limite aux deux sites de prélèvement Nord et Sud de la rocade, comme précédemment défini, ce qui n'exclut pas des concentrations plus élevées dans des zones non étudiées.

La comparaison des concentrations relevées en 2015 et en 2016, au niveau des deux sites de référence, est basée sur l'identification de journées comparables d'un point de vue météorologique (profils verticaux et force du vent notamment) mais également analogues du fait des conditions habituelles de trafic (cumul journalier enregistré).

Rappelons que ces résultats sont propres à la rocade rennaise et que toute généralisation à d'autres voies serait abusive.

IV. Résultats et interprétation des concentrations sur l'ensemble des campagnes

Dans un premier temps, et afin notamment de répondre à une demande du CEREMA et des services de la DREAL, est présentée l'évolution des concentrations sur une période globale comprise entre le **12 juin et le 18 septembre de chacune des deux années**, pour les deux points de mesures, afin d'effectuer un premier constat d'ordre général, sans tenir compte ni de l'influence des conditions météorologiques, ni de celle du trafic, sur les niveaux de concentrations en dioxyde d'azote.

Par ailleurs, l'évolution des concentrations en particules fines (PM10) entre les deux années, enregistrée sur le point Sud uniquement, sera également précisée sur l'ensemble de cette même période de mesures, à savoir du **12 juin au 18 septembre de chaque année**.

Nous rappelons, en préambule à cette partie, que cette comparaison des deux années entre-elles, est soumise à des incertitudes importantes du fait de la variation possible de nombreux facteurs d'influence entre deux années différentes, que sont notamment le trafic et la météorologie, ce qui justifie d'ailleurs le fait d'avoir utilisé une méthodologie de comparaison sur des couples de journées analogues (cf. partie V).

Par ailleurs, nous soulignons que cette analyse comparative des niveaux sur l'ensemble de la campagne entre 2015 et 2016, ne tient pas compte de l'évolution des niveaux de fond entre les années.

IV.1. Evolution des concentrations en dioxyde d'azote et particules sur l'ensemble des campagnes

IV.1.1 Evolution des concentrations en NO_2 sur l'ensemble de la période pour le point Nord lors des campagnes de mesure 2015 et 2016

Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations maximales journalières en dioxyde d'azote sur le point Nord sur une période identique en 2015 et 2016.

Les concentrations sont exprimées en moyennes horaires pour faciliter la comparaison des données à la valeur limite définie sur ce pas de temps.

Les évolutions des niveaux de fond entre les deux années n'ont pas pu être déduites des valeurs mais leurs variations sont jugées négligeables au regard des valeurs des concentrations maximales mesurées.

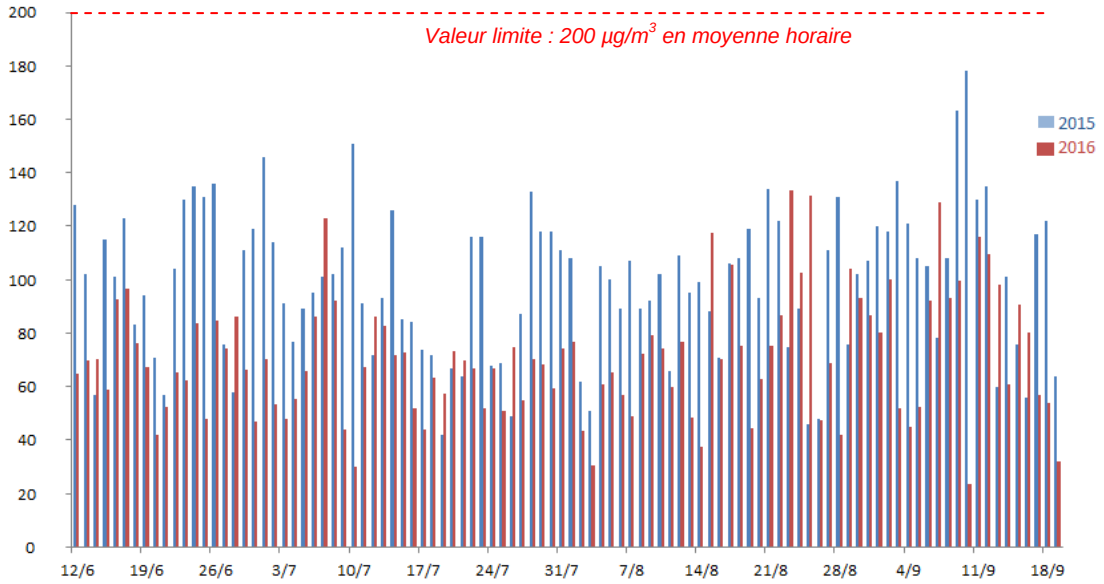


Figure 9 : Evolution des concentrations maximales journalières (valeurs horaires) en dioxyde d'azote sur l'ensemble des campagnes 2016 et 2017, au point Nord (en µg/m^3)

Aucun dépassement de la valeur limite n'a été constaté sur ce point durant les deux campagnes 2015 et 2016.

La distribution statistique des données de mesures sur cette même période sur le point Nord est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 15 : Distribution statistique des données de mesures de NO_2 sur le point Nord (sur la base des données horaires)

	Rocade Nord	
	2015	2016
Nombre de valeurs	2354	2367
Taux de fonctionnement (%)	99	100
Moyenne NO2 (moy horaire) (µg/m3)	50	36
Mini (µg/m3)	0,0	1,9
P25 (µg/m3)	28	22
P50 (Médiane) (µg/m3)	47	34
P75 (µg/m3)	68	47
Maxi (µg/m3)	178	133

L'évolution des concentrations en dioxyde d'azote sur l'ensemble de la période de mesures, au niveau du point Nord, montre une tendance générale à la baisse des concentrations en NO_2 sur ce point entre les deux années.
L'écart, tant à la moyenne qu'à la médiane, en valeur absolue, est de 13 µg/m^3 entre les 2 années ce qui est jugé significatif.

Les valeurs maximales relevées en 2016 sont moindres qu'en 2015, sur l'ensemble de la campagne de mesure, en ne se basant que sur la seule valeur maximale journalière.

IV.1.2 Evolution des concentrations en NO_2 sur l'ensemble de la période pour le point Sud

Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations maximales journalières en dioxyde d'azote sur le point Sud sur une période identique en 2015 et 2016.

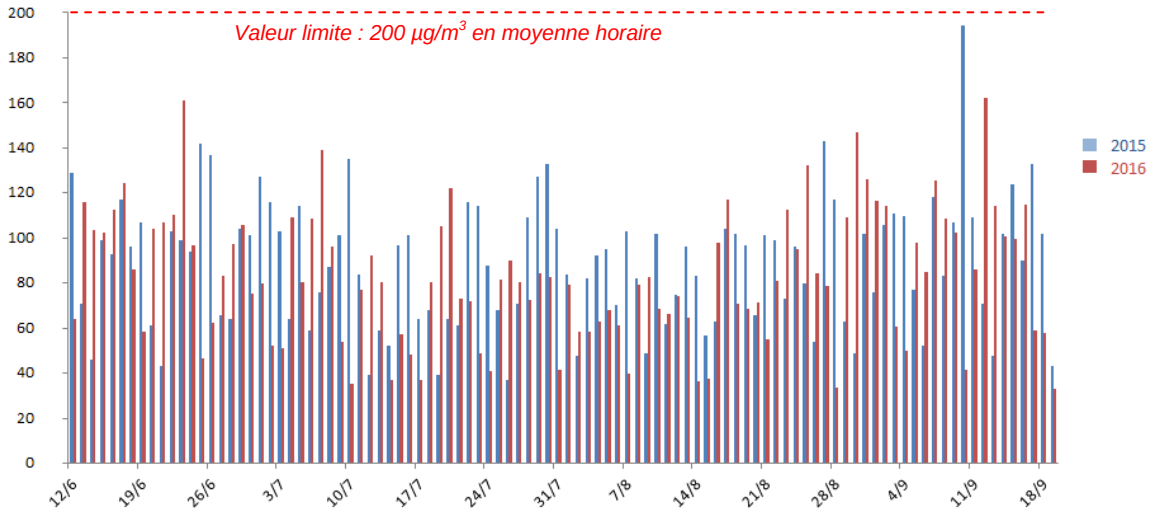


Figure 10 : Evolution des concentrations maximales journalières (en valeurs horaires) en dioxyde d'azote sur l'ensemble des campagnes 2016 et 2017, au point Sud (en µg/m³)

Aucun dépassement de la valeur limite n'a été constaté sur ce point durant les deux campagnes 2015 et 2016.

La distribution statistique des données de mesures sur cette même période sur le point Sud est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 16 : Distribution statistique des données de mesures de NO_2 sur le point Sud (sur la base des données horaires)

	Rocade sud	
	2015	2016
Nombre de valeurs	2325	2366
Taux de fonctionnement (%)	98	100
Moyenne NO2 (moy horaire) (µg/m3)	51	47
Mini (µg/m3)	4,0	5,8
P25 (µg/m3)	31	28
P50 (Médiane) (µg/m3)	48	44
P75 (µg/m3)	68	63
Maxi (µg/m3)	194	162

L'évolution des concentrations en dioxyde d'azote sur l'ensemble de la période de mesures, au niveau du point Sud, montre également une tendance à la baisse des concentrations en NO_2, bien que légère.
L'écart, tant à la moyenne qu'à la médiane, en valeur absolue, est plus faible que sur le point Nord, se situant autour de 4 µg/m³ entre les 2 années, s'avérant peu significatif.

A l'instar du point Nord, les valeurs maximales journalières relevées en 2016 sont également moindres qu'en 2015, sur l'ensemble de cette campagne de mesure, en ne se basant que sur la seule valeur maximale journalière.

IV.1.3 Evolution des concentrations en PM10 sur l'ensemble de la période pour le point Sud

L'évolution des moyennes journalières pour le point Sud est présentée sur la graphique ci-après.

Les concentrations sont exprimées en moyennes journalières pour faciliter la comparaison des données à la valeur limite réglementaire définie sur ce pas de temps.

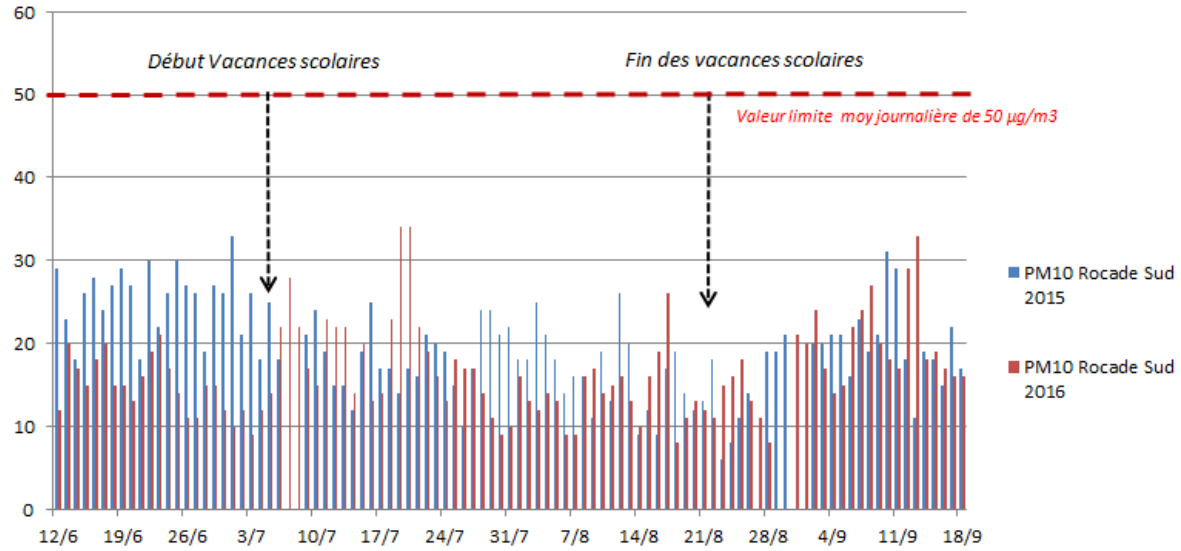


Figure 11 : Evolution des concentrations en particules fines (PM10) sur l'ensemble des campagnes 2016 et 2017, au point rocade sud (en µg/m^3)

Tableau 17 : Distribution statistique des données de mesures de PM10 sur le point Sud (sur la base des données journalières)

	Rocade sud	
	2015	2016
Nombre de valeurs	94	97
Taux de fonctionnement (%)	95,9	98,9
Moyenne PM10 (moy journalière) (µg/m3)	20	17
Mini (µg/m3)	6	8
P25 (µg/m3)	16	13
P50 (Médiane) (µg/m3)	19	16
P75 (µg/m3)	24	19
Maxi (µg/m3)	33	34

L'évolution des concentrations en particules fines (PM10) sur l'ensemble de la période de mesures, au niveau du point Sud, montre une légère tendance à la baisse des concentrations en PM10.

L'écart, tant à la moyenne qu'à la médiane, en valeur absolue, est faible, de l'ordre de 3 µg/m^3, et ne peut permettre de conclure à une réelle tendance à la baisse entre les 2 années.

IV.2. Synthèse et interprétation des tendances générales constatées sur l'ensemble des périodes de mesures

L'évolution des concentrations en dioxyde d'azote enregistrées au niveau des deux points de la rocade, sur une période identique de 99 jours entre les années 2015 et 2016, montre une tendance générale à la baisse, notamment sur le point Nord, où la différence apparait plus marquée et significative.

Sur le point Sud, sans tenir compte des autres facteurs, la tendance statistique est très légèrement à la baisse. Compte tenu des incertitudes de mesures et de l'influence des autres facteurs, cette légère baisse ne peut être considérée comme pertinente.

Enfin, concernant les concentrations en particules fines enregistrées sur le point Sud, l'observation des variations entre les deux années ne peut permettre également de conclure à une réelle tendance à la baisse, l'écart constaté s'avérant trop faible entre les deux campagnes de mesure.

Il est important de souligner que ces comparaisons ne prennent pas en considération à la fois l'évolution des niveaux de fond entre les années ainsi que les facteurs d'influence principaux que sont les conditions météorologiques et les données du trafic routier. Ces derniers paramètres, susceptibles d'impacter fortement les concentrations en polluants dans l'air, doivent impérativement être pris en considération lors de l'analyse comparative entre les deux années pour pouvoir conclure plus solidement à une ou plusieurs tendances.

C'est pour cette raison que l'analyse comparative et détaillée des différents couples de journées analogues d'un point de vue météorologique et du trafic est traitée dans le chapitre suivant.
Elle nous permet de considérer les différents facteurs d'influence susceptibles d'expliquer les tendances à la hausse ou à la baisse et les différences de concentrations constatées entre les deux années 2015 et 2016.

V. Résultats et interprétation des concentrations par binôme

Les résultats des mesures de la qualité de l'air et les interprétations des variations sont détaillés dans ce chapitre pour chacun des 19 couples de jours sélectionnés.

Pour le dioxyde d'azote, une première comparaison rapide des écarts relatifs des médianes est réalisée suivie d'une analyse approfondie des évolutions des concentrations dans l'air.

Signalons toutefois que **trois couples ont été exclus** en raison soit d'un manque de représentativité des mesures, ou soit d'une légère différence des conditions météorologiques à savoir :

- Le couple B2 pour le point Nord, en raison d'un dysfonctionnement de l'appareil de mesures à une période de forte affluence de trafic malgré un taux de fonctionnement moyen sur la journée satisfaisant ;
- Le couple B4 pour le point Sud, en raison d'un taux de fonctionnement faible (56%) ;
- Le couple B13, pour les deux points, en raison du lessivage nocturne de l'atmosphère particulièrement marqué en 2015 (humidité) contrairement à 2016.

L'analyse porte donc sur 17 couples sur le point Nord et 17 couples sur le point Sud.

Pour les particules fines, une analyse plus rapide a été réalisée du fait de la contribution moins importante du trafic dans les émissions totales, ce qui tend à minimiser les variations des mesures observables. D'autre part, l'absence de mesures en situation de fond à Rennes, induit des incertitudes dans l'interprétation des variations entre les jours de chaque couple. Les particules fines ne sont pas considérées comme un paramètre décisif dans la mesure des impacts de la réduction de la vitesse sur la rocade.

Enfin, une interprétation des paramètres d'influence sur les couples de jours analogues est réalisée afin de tenter une corrélation des évolutions de ces niveaux de concentrations dans l'air avec ces facteurs.
Nous rappelons que l'objectif de cette partie relative aux facteurs d'influence n'est aucunement de dégager des tendances sur l'évolution du trafic, notamment parce que l'échantillon serait trop réduit pour ce travail.

V.1. Dioxyde d'azote : évolution des concentrations pour les couples analogues

V.1.1 Synthèse de l'interprétation des fiches (en annexe I)

Les tableaux suivants synthétisent les résultats de l'analyse réalisée sur la base des fiches synthétiques, pour chaque binôme, reprenant :

- les résultats des concentrations pour le polluant traceur, à savoir le dioxyde d'azote :
  - la distribution statistique des données sous la forme d'un tableau et d'un graphique 'boxplot' ;
  - l'évolution journalière des données de mesures.

- les données de caractérisation du trafic (sur la base des données communiquées par la DIR Ouest) :
  - trafic journalier cumulé,
  - vitesse moyenne journalière,
  - nombre et répartition des poids lourds,
  - indice moyen journalier de congestion,
  - évolution journalière de l'indice de congestion.

Ces 18 fiches pour les couples B1 à B19 (sauf B13 non retenus pour les deux points) sont reprises en annexe I.

Une interprétation détaillée pour chacune de ces fiches est présentée en annexe II.

a) Point Nord :

Tableau 18 : Ecarts relatifs[6] des médianes des concentrations mesurées en NO_2 sur le point Nord et commentaires associés

Couples	Ecart relatif médiane %	Commentaire
B1	**-22%**	Ecart lié à la présence de concentrations plus élevées en fin de journée en 2015, non mesurées en 2016 – Profils de concentrations similaires le reste de la journée
B2	*Couple non pris en compte en raison d'un dysfonctionnement de l'appareil.*	
B3	**-30%**	Ecart lié à la présence de concentrations plus élevées le matin de la journée 2015 (8h), non mesurées en 2016 – Profils de concentrations globalement similaires le reste de la journée
B4	**-48%**	Un écart significatif qui s'explique particulièrement par la présence d'un pic de concentrations en 2015 (8h), non mesuré en 2016, et une élévation des niveaux en fin de journée 2015 également non mesurée en 2016
B5	**-41%**	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage à la baisse pour 2016
B6	**-35%**	Ecart significatif probablement sous-estimé en raison de l'absence de mesures en matinée 2015. Le décalage des profils est homogène tout au long de la journée avec un décalage à la baisse pour 2016.
B7	**-63%**	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage à la baisse pour 2016
B8	**-34%**	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage à la baisse pour 2016
B9	**-31%**	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage à la baisse en journée pour 2016
B10	**-22 %**	Profils similaires avec un décalage tout au long de la journée traduisant des niveaux inférieurs en 2016 et une augmentation des concentrations en soirée sur l'année 2015, inexistante en 2016.
B11	**-30%**	Profils similaires mais décalés tout au long de la journée avec des niveaux nettement plus faibles et l'absence de pics en 2016 par rapport à 2015 alors que le trafic et le temps de congestion ont augmenté.
B12	**-19%**	Décalage des profils de concentrations en NO_2 notamment lors des périodes de forte affluence trafic ainsi qu'en soirée
B13	*Couple non pris en compte du fait du lessivage nocturne de l'atmosphère particulièrement marqué en 2015 (humidité) contrairement à 2016.*	
B14	**-23 %**	Profils décalés avec des pics de concentrations en matinée et en soirée en 2015, n'apparaissant pas en 2016, et qui peuvent être expliqués par une diminution du trafic ainsi que par des conditions météorologiques plus dispersives en 2016.
B15	**-25%**	Profils similaires mais décalage tout au long de la journée malgré une légère augmentation du trafic
B16	**-30%**	Différence de profils surtout en journée qui pourrait être liée à un trafic plus fluide en 2016 par rapport à 2015
B17	**-53%**	Décalage des niveaux, notamment en fin de journée, qui semble être corrélé à une meilleure fluidité du trafic en 2016
B18	**-74%**	Décalage constant tout au long de la journée bien qu'apparemment non lié au trafic.
B19	**-30%**	Différence de niveaux tout au long de la journée malgré un trafic stable.

La comparaison porte sur 17 couples de journées 2015 et 2016.

L'ensemble des 17 couples présente une baisse des médianes des concentrations en NO_2 entre 2015 et 2016, comprises entre -**19 et -74%.**

[6] Ecarts relatifs entre les médianes 2016 et 2015 calculés en tenant compte de l'évolution du niveau de fond

b) Point Sud :

Tableau 19 : Ecarts relatifs des médianes des concentrations mesurés en NO_2 sur le point Sud et commentaires associés

Couples	Ecart relatif médiane	Commentaire
B1	+7%	Profils globalement similaires durant les deux journées
B2	-7%	Profils globalement similaires durant les deux journées
B3	+35%	Les concentrations en 2016 sont supérieures à celles de 2015 et ce pour l'ensemble de la journée.
B4	*Couple non pris en compte en raison d'un taux de fonctionnement de l'appareil jugé insuffisant en 2015.*	
B5	-12%	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage en légère baisse pour 2016
B6	-15%	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage à la baisse pour 2016
B7	+11%	L'écart positif lié au pic de concentration observé en 2016 contrairement à 2015 - Profils de concentrations globalement similaires le reste de la journée
B8	+13%	Profils globalement similaires durant les deux journées à la hausse en 2016
B9	+6%	Profils globalement similaires durant les deux journées avec un décalage en légère hausse pour 2016
B10	-20 %	Profils similaires sur les 2 années avec des niveaux inférieurs en 2016 en dehors des périodes de forte affluence trafic.
B11	-4,5%	Profils similaires et peu d'écart entre les 2 journées
B12	-32 %	Profils similaires entre les 2 années avec une différence des niveaux de concentrations tout au long de la journée pouvant être expliquée par une baisse notable du trafic en 2016
B13	*Couple non pris en compte du fait du lessivage nocturne de l'atmosphère particulièrement marqué en 2015 (humidité) contrairement à 2016.*	
B14	-24%	Profils similaires entre les 2 journées avec un décalage à la baisse en 2016 expliqué par une diminution notable du trafic sur ce point et des conditions météorologiques plus dispersives en 2016
B15	-10%	Décrochement ponctuel des niveaux en matinée, non expliqué
B16	+ 32%	Augmentations des concentrations en 2016 au moment des pics de forte affluence trafic et niveaux étonnement faibles en 2015, au moment de ces périodes
B17	+ 17%	Augmentation ponctuelle des niveaux en soirée sur l'année 2016, sans relation évidente avec le trafic
B18	-37%	Profils similaires et différence des niveaux tout au long de la journée malgré un trafic stable en faveur d'une baisse constante sur l'année 2016.
B19	-8%	Décalage ponctuel des niveaux de concentrations lors de la période de forte affluence matinale. Sur le reste de la journée, profil identique malgré une baisse significative de trafic (-11%).

La comparaison porte sur 17 couples de journées en 2015 et 2016.

Contrairement à ce qui a pu être constaté précédemment sur le point Nord, les variations des écarts relatifs des médianes de concentrations en dioxyde d'azote sont assez dispersés sur l'ensemble des couples analysés et faibles (proches de ±10%) ce qui ne permet pas de conclure, soit à une augmentation, soit à une diminution des concentrations sur l'année 2016.

Sur la base de cette première approche rapide, l'analyse comparative des 17 couples de journées analogues permet ainsi de dégager une tendance constante et marquée à la baisse au point Nord alors que la situation semble plutôt contrastée et relativement variable au niveau du point Sud, ne permettant pas de dégager une réelle tendance en faveur d'une augmentation ou d'une diminution des concentrations en NO_2 sur ce point.

L'ensemble des critères d'interprétation des données de mesures utilisés précédemment pour chacun des couples est repris dans le détail dans les chapitres suivants afin d'étudier l'impact de la réduction de la vitesse sur la qualité de l'air à proximité de la rocade.

V.1.2 Analyse détaillée des évolutions des concentrations en dioxyde d'azote

a) Evolution des teneurs de fond en dioxyde d'azote sur l'agglomération rennaise

Afin de tenir compte des évolutions des teneurs de fond sur l'agglomération rennaise, les écarts entre les médianes des concentrations relevées au niveau de la station « urbaine de fond » Rennes St Yves, ont été calculés.

Le graphique suivant présente les évolutions des teneurs de fond entre 2015 et 2016 pour chacun des binômes.

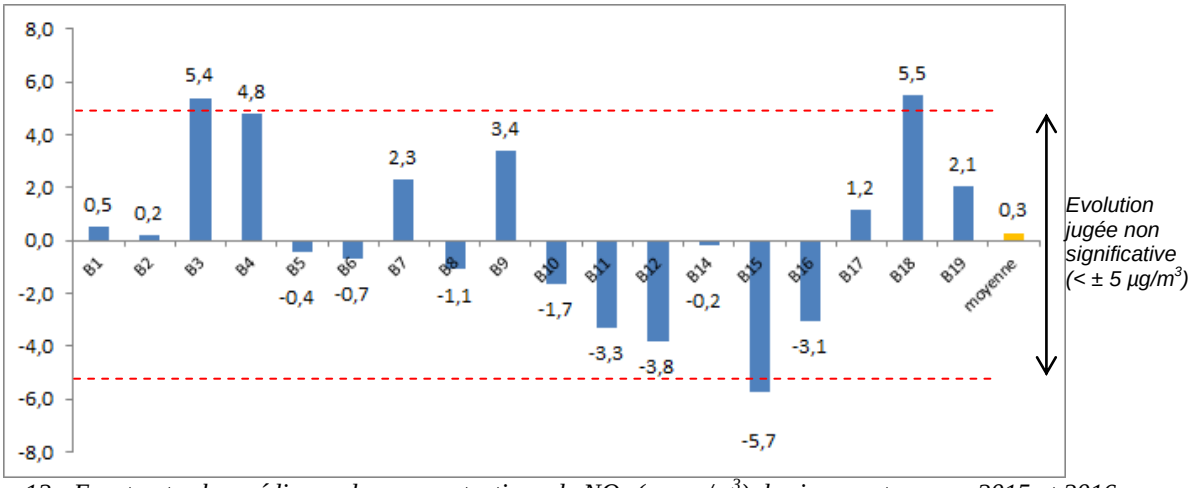


Figure 12 : Ecart entre les médianes des concentrations de NO_2 (en µg/m^3) des jours retenus en 2015 et 2016 pour chacun des binômes [d'après les mesures Air Breizh au niveau de la station Rennes St Yves]

La majorité des couples présente des écarts des médianes jugés non significatifs (< ± 5 µg/m^3). Trois d'entre eux (B3, B15 et B18) présentent des variations des niveaux de fond jugées plus importantes.

L'écart moyen entre 2015 et 2016 sur les 18 couples retenus[7] est de +0.3 µg/m^3. Cet écart semble cohérent au regard de l'historique des données de mesure sur ce site depuis 2010. Ainsi, à titre comparatif, la moyenne annuelle est restée globalement stable de 2010 à 2015 avec des variations comprises entre 1 et 4 µg/m^3 suivant les années.

Afin d'améliorer la précision de notre comparaison, nous avons toutefois choisi de soustraire ces évolutions des teneurs de fond par couple, à l'écart relatif calculé à partir des mesures à proximité de la rocade et présenté dans le paragraphe suivant.

b) Ecarts entre les médianes des concentrations en dioxyde d'azote 2015 et 2016

Pour chacun des couples, les écarts entre les médianes des journées 2015 et 2016, ont été calculés.

L'évolution des médianes est considérée comme étant représentative des teneurs moyennes ambiantes aux abords de la rocade, auxquelles la population peut être exposée.

[7] Le couple B13 a été exclu puisqu'il n'a pas été pris en compte pour les deux points de mesures. Les couples B2 et B4 ont été conservés dans ce graphique, car exclus sur un seul des deux points.

Elle ne traduit donc pas l'évolution entre les deux années, des valeurs maximales rencontrées en cas de pics de pollution susceptibles de donner lieu à des dépassements.

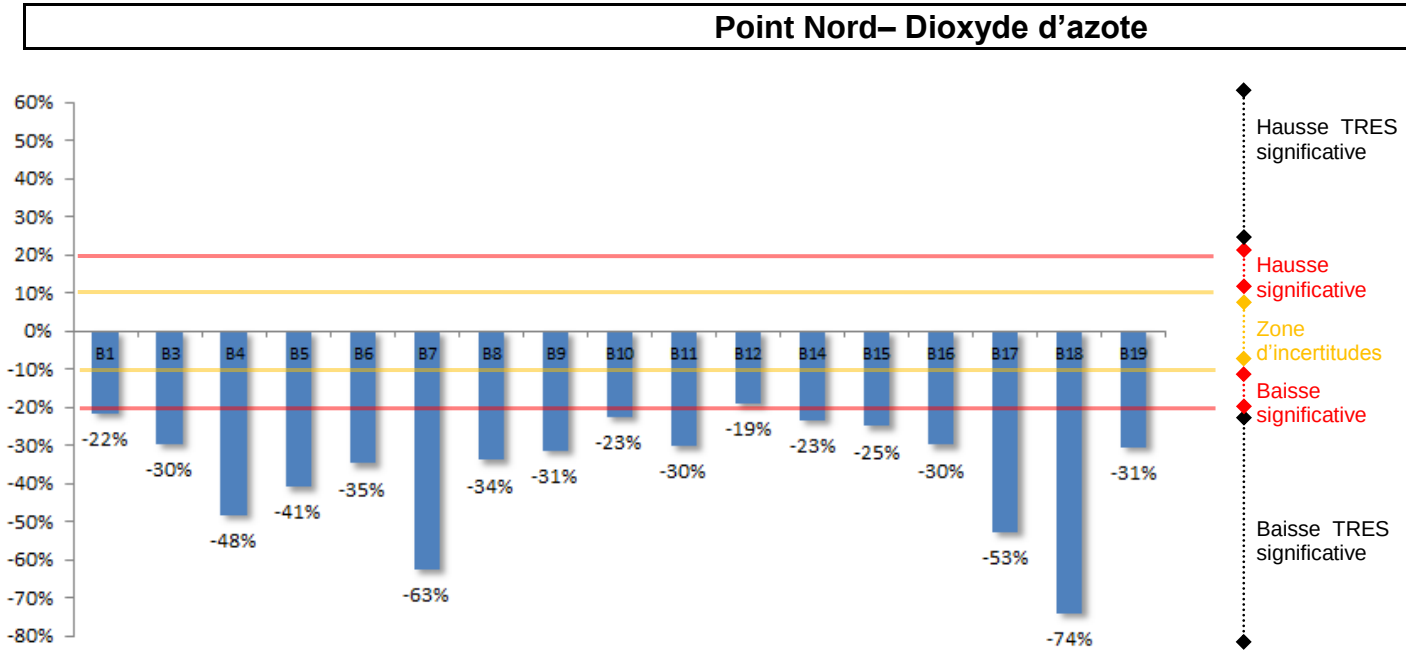
Les graphiques ci-après présentent les résultats des écarts relatifs pour l'ensemble des binômes et successivement pour les deux points de mesures.

Au regard de notre expérience, deux valeurs repères ont été fixées pour l'interprétation de ces écarts relatifs des médianes :

- pour des écarts **< ± 10%,** la différence a été jugée **peu significative** notamment du fait de l'existence d'incertitudes sur la mesure, qui ne permettent pas de dégager une véritable tendance à la baisse ou à la hausse.
- pour des écarts **compris entre ± 10 et 20%,** l'écart a été jugé **significatif** mettant en évidence une tendance ;
- pour des écarts **> ± 20%**, l'écart est jugé **très significatif** et représentatif d'une nette tendance.

Les écarts entre les médianes exprimés en valeur absolue sont également présentés ci-après.

Rappelons que pour tenir compte de l'évolution des concentrations de fond urbaines entre les deux années bien que souvent non significative, les écarts relatifs entre les médianes des points Nord et Sud ont été corrigés par ces variations des niveaux de fond.



B1	dimanche 6 septembre 2015	dimanche 19 juin 2016
B3	mardi 8 septembre 2015	lundi 2 mai 2016
B4	mardi 1 septembre 2015	mercredi 1 juin 2016
B5	samedi 5 septembre 2015	samedi 4 juin 2016
B6	lundi 15 juin 2015	lundi 30 mai 2016
B7	jeudi 18 juin 2015	mardi 21 juin 2016
B8	mercredi 17 juin 2015	mercredi 8 juin 2016
B9	lundi 14 septembre 2015	mardi 31 mai 2016
B10	jeudi 9 juillet 2015	mercredi 6 juillet 2016
B11	vendredi 7 août 2015	vendredi 22 juillet 2016
B12	jeudi 23 juillet 2015	mardi 26 juillet 2016
B14	jeudi 30 juillet 2015	lundi 1 août 2016
B15	mercredi 19 août 2015	lundi 1 août 2016
B16	lundi 6 juillet 2015	mardi 6 septembre 2016
B17	mercredi 9 septembre 2015	mercredi 7 septembre 2016
B18	vendredi 4 septembre 2015	vendredi 9 septembre 2016
B19	jeudi 25 juin 2015	jeudi 22 septembre 2016

Figure 13 : Ecart relatif (en %) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus

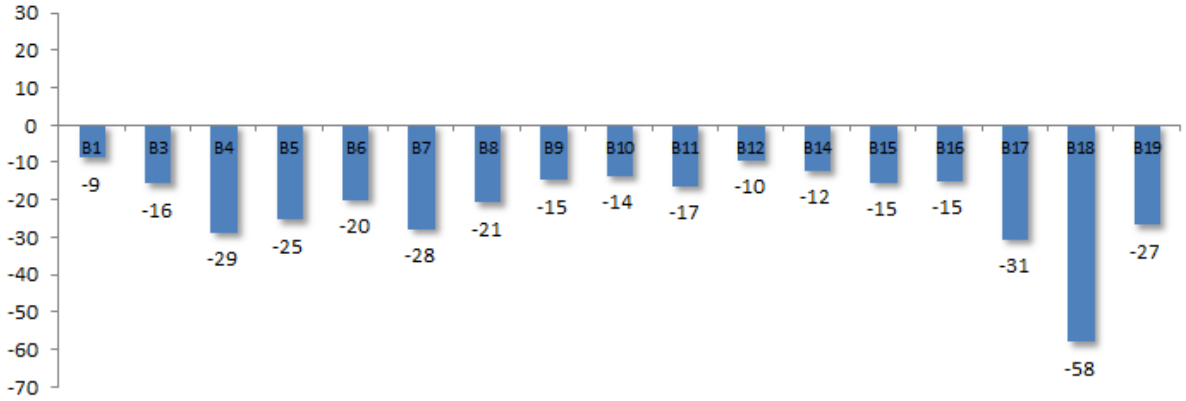


Figure 14 : Ecart absolu (en µg/m^3) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus

➔ **Variation des écarts relatifs sur le point Nord :**

Parmi l'ensemble des 17 couples retenus pour ce point (le couple B2 ayant été exclu du fait d'un taux de fonctionnement faible sur l'une des deux journées concernées et le couple B13 du fait des conditions météorologiques particulières relevées en période nocturne), l'ensemble présente des écarts relatifs négatifs entre 2015 et 2016 et supérieurs à -10% donc considérés comme significatifs en termes d'évolution.

La moyenne des écarts relatifs des médianes en dioxyde d'azote de tous les binômes est de - 36%.

L'écart le plus faible est de -19% pour le couple B12 associant un jeudi en 2015 avec un mardi en 2016. Il s'agit d'un des couples retenus durant la période estivale durant laquelle le trafic est moins important.
Notons également que le couple B1, associant deux dimanches des années 2015 et 2016 où le trafic journalier est significativement plus faible qu'en semaine, présente l'un des écarts relatifs négatifs les plus faibles (-22%).

L'écart relatif négatif maximal (-74%) a été constaté pour le couple B18, associant deux vendredis. Le trafic moyen comptabilisé sur ces deux jours du couple est le plus important de tous les binômes.

➔ **Variation des écarts absolus sur le point Nord :**

En valeur absolue, les écarts des médianes des concentrations mesurées entre 2015 et 2016 pour l'ensemble des couples varient de -9 à -58 µg/m^3.

Signalons une faible disparité des résultats en valeur absolue, excepté pour un binôme (B18), ce qui démontre une nette tendance à la baisse des concentrations entre les deux années.

Nous retenons à l'issue de ce paragraphe une nette tendance à la baisse des concentrations ambiantes en dioxyde d'azote entre 2015 et 2016 pour le point Nord.

Ajoutons à ce constat que l'un des écarts les plus faibles est mesuré pour un couple associant des jours de week-end où le trafic est réduit et à contrario, que l'écart négatif le plus élevé a été calculé pour le couple présentant le trafic moyen le plus important.

La relation de ces écarts de concentrations avec le trafic sera étudiée dans le chapitre V.4.

Les graphiques de la page suivante concernent le point Sud.

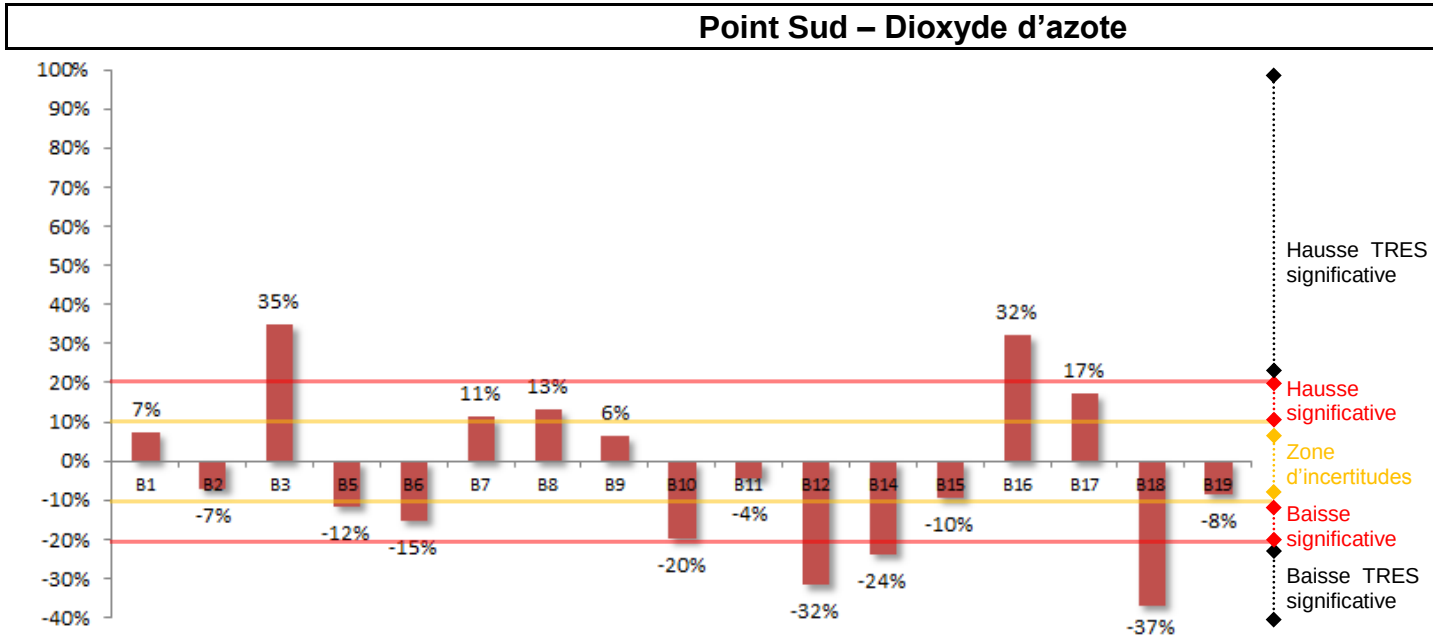


Figure 15 : Ecart relatif (en %) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus

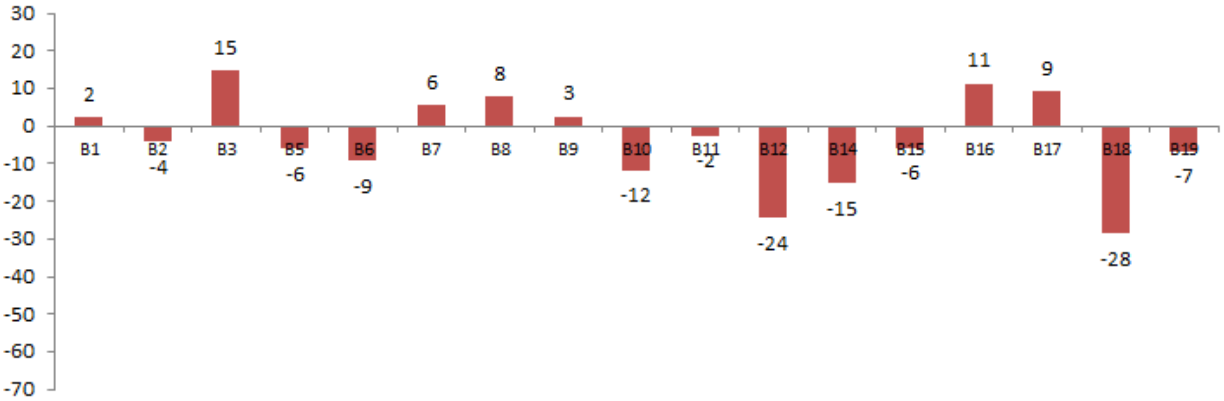


Figure 16 : Ecart absolu (en µg/m^3) des médianes des concentrations en NO_2 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus

B1	dimanche 6 septembre 2015	dimanche 19 juin 2016
B2	lundi 15 juin 2015	mardi 3 mai 2016
B3	mardi 8 septembre 2015	lundi 2 mai 2016
B5	samedi 5 septembre 2015	samedi 4 juin 2016
B6	lundi 15 juin 2015	lundi 30 mai 2016
B7	jeudi 18 juin 2015	mardi 21 juin 2016
B8	mercredi 17 juin 2015	mercredi 8 juin 2016
B9	lundi 14 septembre 2015	mardi 31 mai 2016
B10	jeudi 9 juillet 2015	mercredi 6 juillet 2016
B11	vendredi 7 août 2015	vendredi 22 juillet 2016
B12	jeudi 23 juillet 2015	mardi 26 juillet 2016
B14	jeudi 30 juillet 2015	lundi 1 août 2016
B15	mercredi 19 août 2015	lundi 1 août 2016
B16	lundi 6 juillet 2015	mardi 6 septembre 2016
B17	mercredi 9 septembre 2015	mercredi 7 septembre 2016
B18	vendredi 4 septembre 2015	vendredi 9 septembre 2016
B19	jeudi 25 juin 2015	jeudi 22 septembre 2016

➔ **Variation des écarts relatifs sur le point Sud :**

Sur les 17 couples retenus pour ce point (excepté les couples B4 et B13 exclus en amont de cette interprétation), la répartition est la suivante :

- 6 couples présentent des écarts relatifs compris dans la zone dite d'incertitude avec des évolutions ≤ ± 10% entre les jours de chaque binôme ;
- 6 couples présentent des écarts relatifs dits significatifs (entre ±10 et ± 20%) dont 3 couples dans le sens d'une baisse et 2 autres dans le sens d'une hausse ;
- 5 couples présentent des écarts relatifs dits très significatif (>± 20%) dont 3 couples en faveur d'une baisse des concentrations entre 2015 et 2016 et 2 autres dans le sens d'une hausse.

Cette répartition témoigne d'une absence de tendance générale de l'évolution des concentrations pour les 17 couples retenus. **La moyenne des écarts relatifs de -3% sur l'ensemble des couples, avec une grande disparité des valeurs, confirme ce point.**

Notons que le couple B18, présentant également, pour le point Sud, le trafic journalier moyen le plus élevé sur les deux jours, correspond à l'écart négatif le plus important.
A contrario, le couple B1 associant des dimanches, où le trafic moyen a été le plus faible, présente un écart relatif positif (+7%). Notons par ailleurs que le respect des limitations de vitesse peut être différent lorsque le trafic est moindre.

➔ **Variation des écarts absolus sur le point Sud :**

En valeur absolue, les écarts entre les médianes sont faibles, à savoir compris entre -28 et +15 µg/m^3 avec une valeur moyenne à -4 µg/m^3 ce qui reste négligeable.

Nous retenons de cette synthèse globale qu'aucune tendance concernant l'évolution des concentrations ambiantes entre 2015 et 2016 n'est mise en évidence pour le point Sud et ce, au regard des résultats des 17 couples retenus.

Commentaires sur l'évolution des moyennes journalières en dioxyde d'azote

Dans le cadre de la comparaison statistique des données de mesures, nous avons fait le choix de comparer les médianes des données de mesures, jugées plus représentatives du fait de leur moins grande sensibilité aux valeurs extrêmes.
En complément et du fait notamment que les valeurs repères sont souvent exprimées en moyennes journalières, les évolutions des moyennes journalières pour chacun des couples sont présentées dans les graphiques ci-après pour les points Nord et Sud.
Les écarts entre les niveaux de fond de la station urbaine de Rennes sont également présentés sur ces graphiques (en l'absence de correction des valeurs moyennes journalières).

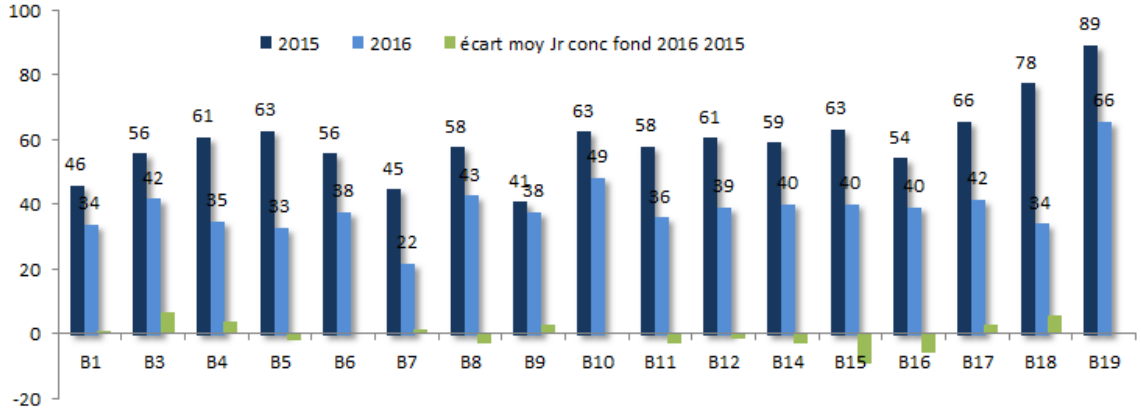


Figure 17 : Point Nord - Evolution des moyennes journalières (en µg/m^3) en NO_2 pour chacun des couples retenus

Pour le point Nord, les écarts entre les moyennes journalières des deux années sont relativement conséquents, et tous dans le sens d'une diminution des moyennes à l'image des médianes.
La baisse moyenne des moyennes journalières est de -21 µg/m^3 (identique à celle de la médiane) entre 2015 et 2016.

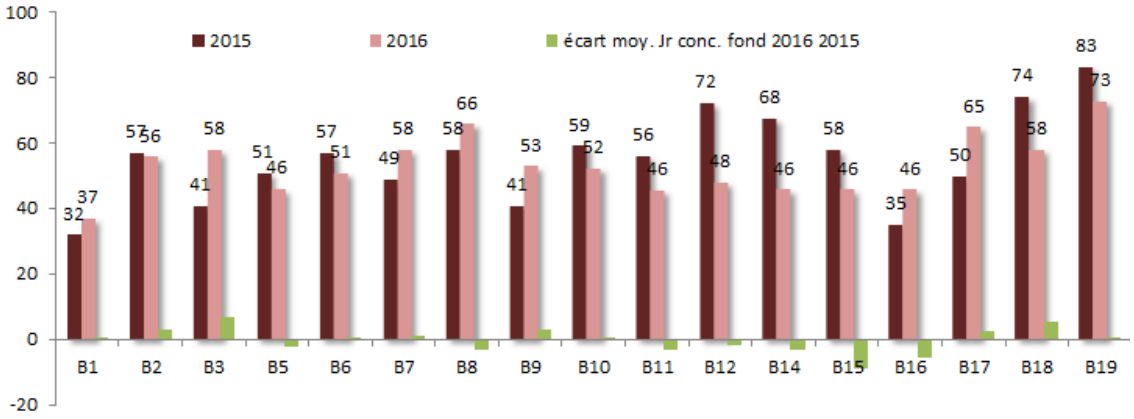


Figure 18 : Point Sud - Evolution des moyennes journalières (en µg/m^3) en NO_2 pour chacun des couples retenus

Pour le point Sud, les écarts des moyennes journalières sont bien inférieurs et relativement dispersés.
Les conclusions restent donc identiques avec un écart moyen de -2 µg/m^3 compris entre -21 et +14 µg/m^3 selon les couples.

Les variations des niveaux de fond urbain entre les deux années sont négligeables au regard de ces différences entre les moyennes journalières. Les écarts varient de +6.6 µg/m^3 à -9.1 µg/m^3 entre 2015 et 2016, avec une moyenne sur les couples de -0.1 µg/m^3.

c) *Ecarts des valeurs maximales horaires en dioxyde d'azote entre 2015 et 2016*

Les valeurs limites réglementaires et les seuils d'alertes de la population sont notamment exprimés en valeurs maximales horaires (cf. tableau 1).

Après avoir étudié les variations des concentrations ambiantes aux abords de la rocade (représentées par les médianes et moyennes journalières), l'objectif de ce chapitre est d'examiner l'évolution des valeurs maximales horaires pour chacun des jours composant les couples retenus et pour les deux points de mesures.

Pour cette comparaison, **nous n'avons pas tenu compte de l'évolution des concentrations de fond urbaines entre les deux années, jugées sans influence au regard des niveaux des valeurs maximales mesurées.**
A titre indicatif, le seuil d'information et de recommandation de la population est fixé à 200 µg/m^3 en moyenne horaire. Ce seuil correspond également à la valeur limite qui ne doit pas être dépassée plus de 18 fois par an.

Les graphiques suivants présentent les évolutions des valeurs maximales horaires entre chaque journée des couples retenus.

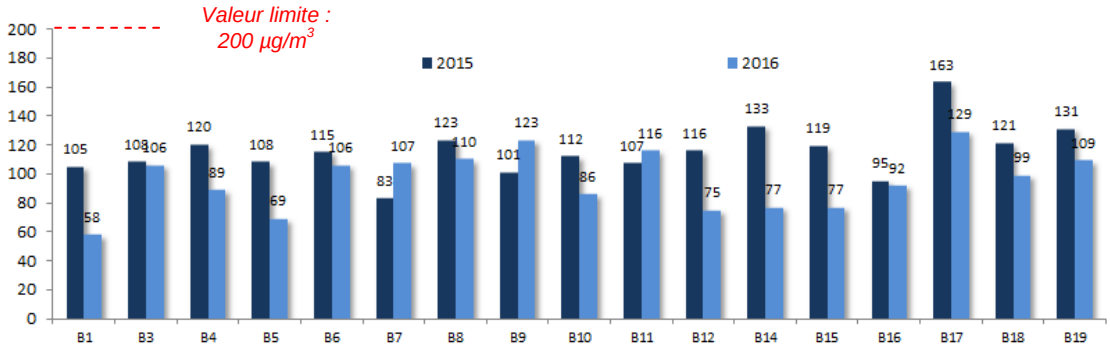


Figure 19 : Point Nord – Evolution des maximums horaires des concentrations en NO_2 (en µg/m^3)

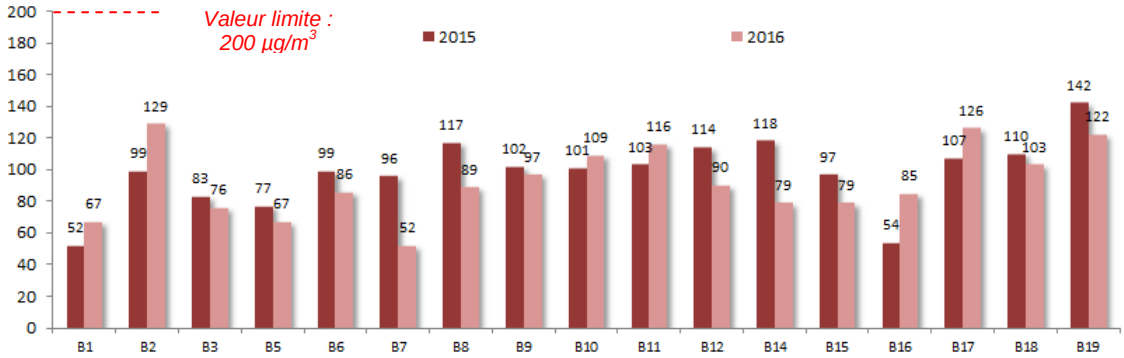


Figure 20 : Point Sud – Evolution des maximums horaires des concentrations en NO_2 (en µg/m^3)

En première approche, on constate une cohérence des valeurs maximales au sein de chaque couple.
Le point Nord enregistre globalement des valeurs maximales plus importantes que le point Sud et ce notamment en 2015.
Les moyennes des valeurs maximales horaires mesurées sont de l'ordre de 90 à 100 µg/m^3 pour les deux points, même si les mesures de l'année 2015 sur le point nord semblent supérieures atteignant plus de 110 µg/m^3 en moyenne.

Le seuil d'information et de recommandation de la population de 200 µg/m^3 en valeur moyenne horaire n'a pas été dépassé pour les jours des couples retenus en 2015 et 2016 et pour les deux points de mesures.

En termes d'évolution des valeurs maximales entre les années, le **point Nord** présente des valeurs globalement plus faibles en 2016 par rapport à 2015. La diminution moyenne sur les 17 couples est de -19.5 µg/m^3 avec toutefois de grandes disparités.

Cette évolution confirme les diminutions constatées précédemment des teneurs ambiantes en NO_2 (illustrées par les médianes et moyennes journalières) aux abords du point Nord.

Pour le **point Sud**, bien que les évolutions des moyennes journalières étudiées précédemment n'aient pas permis de dégager une tendance, les valeurs horaires maximales en 2016 semblent majoritairement plus faibles (pour 11 couples des 17 retenus).
La diminution moyenne des valeurs maximales horaires sur les 17 couples est toutefois modérée (-6 µg/m^3) du fait d'une grande disparité des écarts.

Les graphiques ci-après illustrent ces propos.

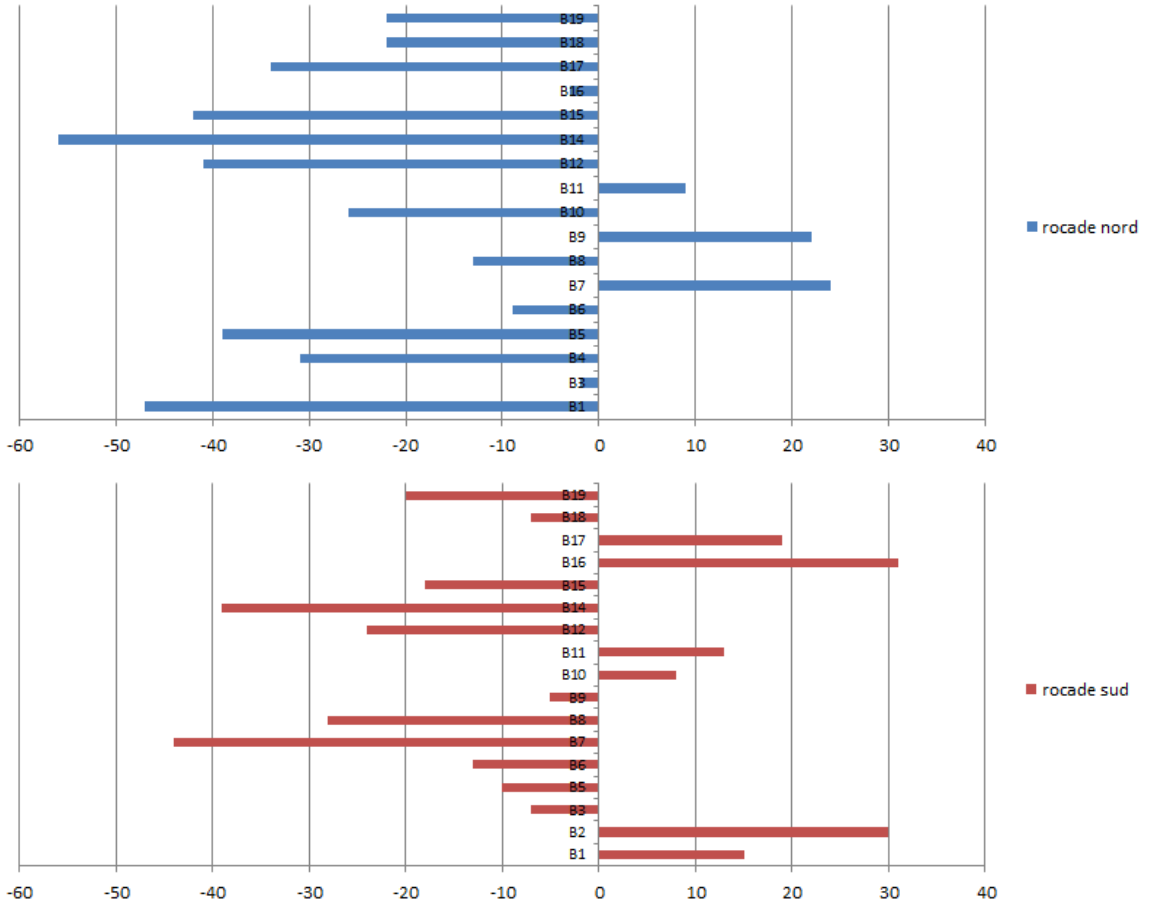


Figure 21 : Evolution des écarts des valeurs maximales horaires entre 2015 et 2016 pour chacun des couples (en µg/m^3)

A l'issue de ce paragraphe relatif aux évolutions des valeurs maximales horaires entre les deux années, on observe une diminution globale sur les deux points de mesures, respectivement de -19.5 et -6 µg/m^3 sur le point Nord et le point Sud, même si de grandes disparités des écarts ont été observées.

Ainsi près de 14 des 17 des couples étudiés au point Nord présentent une baisse des valeurs maximales horaires, contre 11 des 17 couples pour le point Sud.

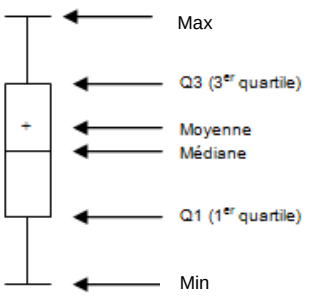
Contrairement à l'interprétation des niveaux ambiants à proximité de la rocade (via la médiane et les moyennes journalières) qui ne laissait pas apparaître de tendance marquée entre les deux années pour le point Sud, les valeurs maximales semblent marquer une légère baisse.

Ces valeurs maximales sont majoritairement mesurées lors des fortes affluences de trafic le matin.
Cette baisse pourrait alors s'expliquer par une légère diminution de ces périodes de congestion ce qui a été constaté sur les couples étudiés (cf. chapitre V.3.4), mais qui reste toutefois à confirmer par l'étude approfondie du trafic menée par la DIR Ouest du fait de l'échantillon réduit.

d) Dispersion des données statistiques de dioxyde d'azote

La dispersion statistique des données de mesures a été illustrée pour chaque couple des points de mesures, par un graphique boxplot ou *diagramme boite*, qui est un moyen rapide de représenter le profil essentiel d'une série statistique quantitative et de visualiser son étendue globale (cf. fiche synthétique en annexe I).

Ce type de diagramme résume ainsi quelques caractéristiques de position du paramètre étudié (sa valeur minimale, ses 1er et 3ème quartiles, sa médiane et sa valeur maximale). Les légendes relatives à ces graphiques figurent ci-après et sur chaque fiche synthétique des couples de journées analysés.



Les graphiques boxplot suivants ont été réalisés à partir des données de mesures en dioxyde d'azote, exprimées en valeurs quart-horaires.

La présente analyse des dispersions des données a été réalisée sur les données brutes, non corrigées des variations de niveaux de fond de l'agglomération jugées réduites entre 2015 et 2016.

Il ressort de ces graphiques de chacun des couples, les remarques suivantes :

- Pour l'année 2015, la dispersion des données est majoritairement plus importante pour le point Nord que pour le point Sud, ce qui vient notamment confirmer les conclusions du paragraphe précédent à savoir des valeurs maximales plus importantes sur le point Nord que sur le point Sud.

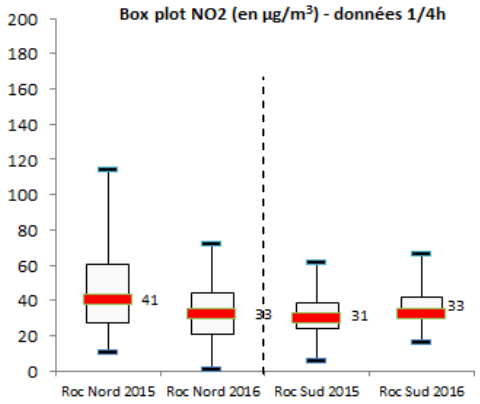


Figure 22 (ci-contre): Graphique box plot des concentrations (1/4h) en dioxyde d'azote en µg/m³ pour le couple B1

- Pour le point Nord, la dispersion des données est souvent moins importante en 2016 qu'en 2015, ce qui se traduit notamment par à une diminution des valeurs maximales comme présenté dans le chapitre précédent (cf. figure ci-contre). Les valeurs minimales marquent également majoritairement une baisse, qui semblerait traduire une baisse des niveaux de fond à proximité de la rocade.

- Pour le point sud, entre 2015 et 2016, la tendance est plus variable suivant les binômes. On observe une augmentation des valeurs minimales pour quelques binômes (notamment en fin de journée), ce qui semble traduire une élévation des teneurs ambiantes en NO_2 aux abords de la rocade (cf. figure ci-après).

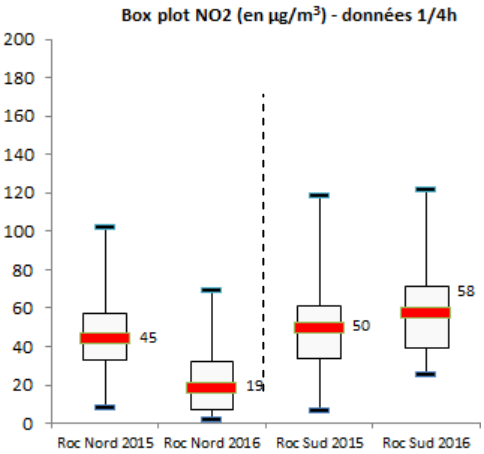


Figure 23 : Graphique box plot des concentrations (1/4h) en dioxyde d'azote en µg/m³ pour le couple B7

L'illustration des distributions statistiques sous forme graphique permet de confirmer les tendances précédemment observées entre 2015 et 2016 à savoir une diminution des valeurs maximales et de la médiane pour le point Nord (moins grande dispersion des données) et une tendance variable pour le point Sud.

e) *Profil journalier des concentrations en dioxyde d'azote*

Pour chaque couple de jours retenus en 2015 et 2016, le profil journalier des concentrations quart-horaires en dioxyde d'azote a été réalisé permettant une comparaison plus fine tout au long de la journée et une meilleure interprétation des écarts moyens journaliers.
La présente analyse des profils journaliers a été réalisée sur les données brutes, non corrigées des variations de niveaux de fond de l'agglomération jugées réduites entre 2015 et 2016.

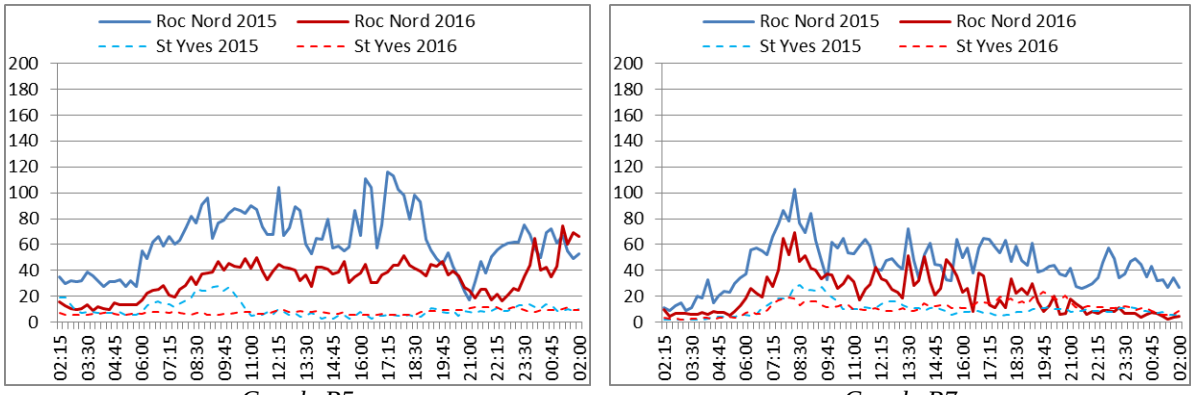
A l'issue de la revue de chacun des binômes, différents cas possibles ont été observés. Ils sont détaillés ci-après.

- **Point Nord:**

➔ **1er cas : profils journaliers similaires avec un décalage à la baisse des concentrations en dioxyde d'azote en 2016**

12 profils (sur les 17 étudiés) présentent des variations journalières très similaires tout au long de la journée bien que les niveaux de concentrations soient moins élevés en 2016 qu'en 2015. L'écart moyen entre les niveaux pour ces 12 couples varie de -14 à -58 µg/m^3 (médiane) avec une moyenne de -24 µg/m^3.

C'est le cas des couples : B5 à B11 et B15 à B19. Deux profils sont présentés ci-après à titre d'exemple.



Couple B5 *Couple B7*

Figure 24 : Point Nord- Profils des concentrations 1/4h en dioxyde d'azote (en µg/m^3) pour les couples retenus en 2015/2016

Dans ce type de configuration représentant la majorité (70%) des couples retenus pour le point de mesure Nord, la diminution constante des niveaux de concentrations peut être liée à la réduction de la vitesse, les autres facteurs externes identifiés étant semblables.

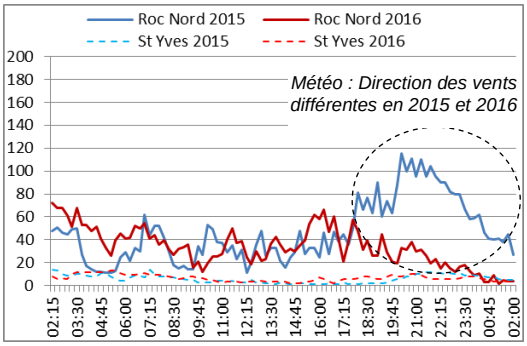
➔ **2ème cas : profils journaliers similaires excepté la présence d'un ou deux pics ponctuels en 2015, inexistants en 2016**

Dans cette configuration, les profils quart-horaire des concentrations sont très proches, excepté à un moment de la journée (souvent lors des périodes de forte affluence de trafic le matin ou en fin d'après-midi), lors duquel les concentrations 2015 sont plus élevées que celle de 2016. La situation inverse n'a d'ailleurs jamais été observée sur les 17 couples considérés sur le point Nord.

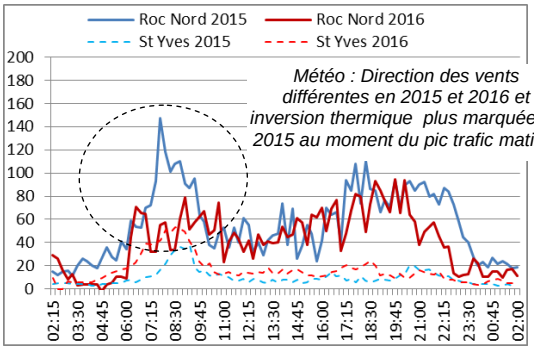
C'est le cas pour 5 des 17 couples étudiés (B1, B3, B4, B12 et B14) dont des exemples de profils sont repris ci-après.

En fonction des couples et des analyses détaillées réalisées précédemment, il est fort probable que ces pics ponctuels soient liés à une différence entre les deux années concernant les facteurs externes que sont le trafic et/ou les conditions météorologiques.

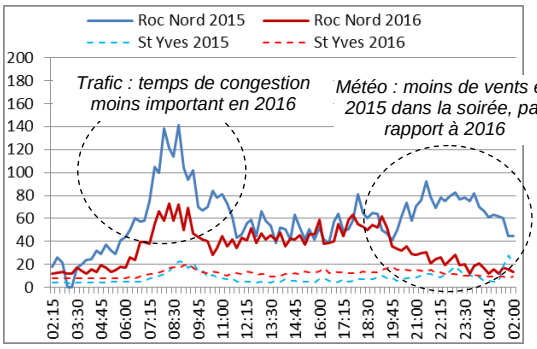
Les figures ci-après reprennent des exemples de profils de binômes concernés avec une indication relative à l'origine possible des pics de concentrations en 2015 par rapport à 2016 sur la base des informations dont nous disposons.



Couple B1



Couple B3



Couple B4

Figure 25 : Point rocade nord- Profils des concentrations 1/4h en dioxyde d'azote (en µg/m^3) pour les couples retenus en 2015/2016

Lorsque les différences de profils entre les deux années peuvent être attribuées aux conditions météorologiques, il conviendra de moduler les conclusions par rapport à la vitesse.

➢ **Point Sud**

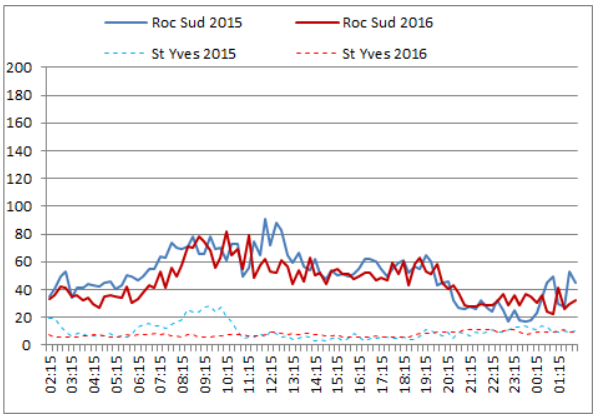
Contrairement au point Nord, le point Sud ne présente pas de cas majoritaire. Trois configurations sont observées :

- Pour 5 des 17 cas : des profils voisins entre 2015 et 2016 avec des différences jugées non significatives (parfois négatives ou positives) ;
- Pour 5 des 17 cas : des profils similaires tout au long de la journée avec un décalage significatif à la baisse ou à la hausse des concentrations entre les deux années ;
- Pour 7 des 17 cas : des profils très proches tout au long de la journée excepté à un moment (souvent de forte affluence trafic) ou les concentrations sont nettement différentes entre les deux années et ce dans le sens d'une baisse ou d'une hausse entre les deux années.

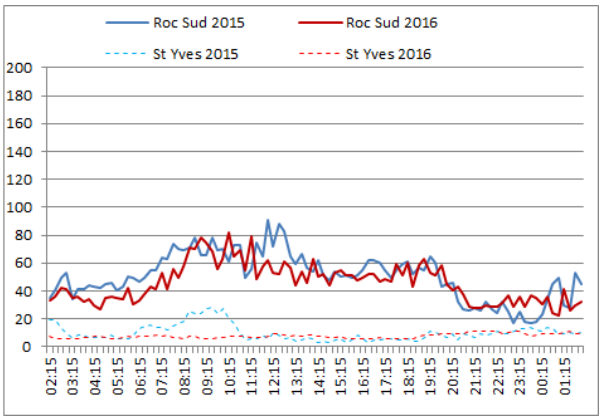
Cette situation avec des configurations multiples, confirme le fait qu'aucune tendance ne se dégage entre les niveaux de concentrations en dioxyde d'azote entre 2015 et 2016.

Les différentes configurations observées pour ce point Sud sont présentées dans le tableau de la page suivante.

Profils voisins avec des différences tout au long de la journée jugées non significatives (5 des 17 couples)

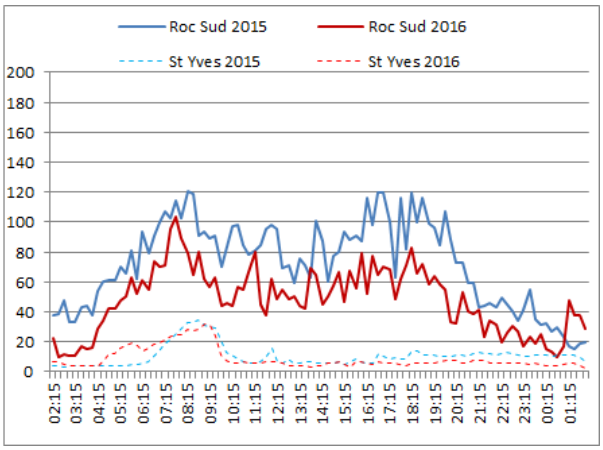


Couple B5

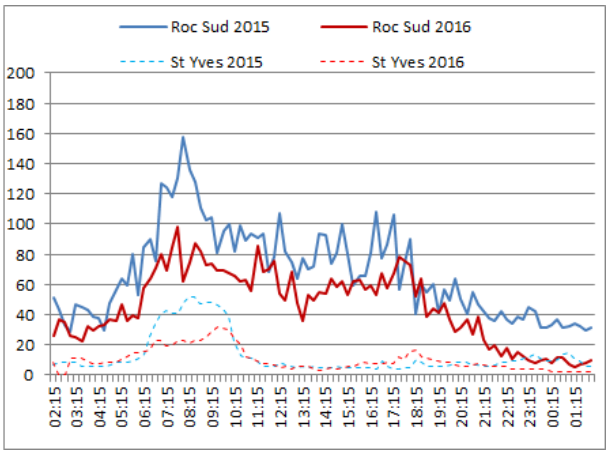


Couple B8

Profils voisins avec des différences tout au long de la journée jugées significatives (5 des 17 couples)

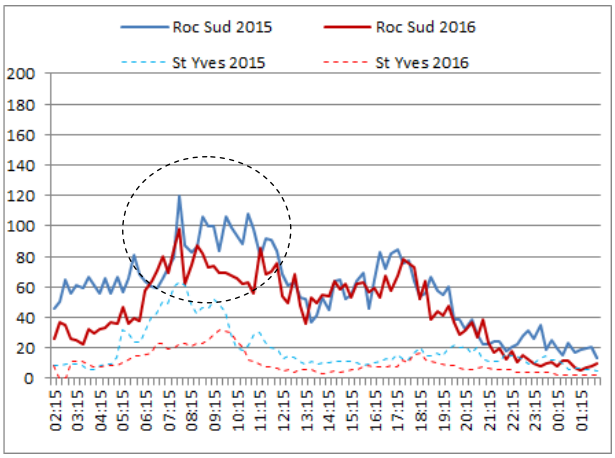


Couple B12

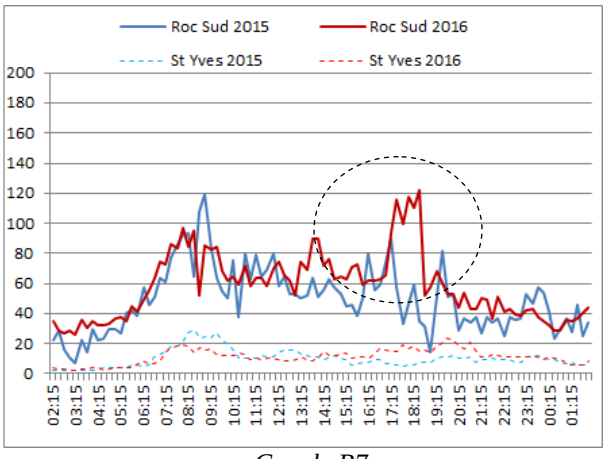


Couple B14

Profils voisins excepté à un moment de la journée (7 des 17 couples)



Couple B15



Couple B7

Figure 26 : Point Sud – exemple de profils des concentrations 1/4h en dioxyde d'azote (en µg/m^3) pour les couples retenus en 2015/ 2016

V.2. Particules PM10 : évolution des concentrations pour les couples analogues

Parallèlement aux mesures de dioxyde d'azote, le point Sud a été doté d'un analyseur de particules fines PM10. Le présent chapitre est réservé à l'interprétation de l'évolution des niveaux mesurés entre les journées des couples présélectionnés via l'expertise initiale.

V.2.1 Principe et incertitude de l'interprétation des particules PM10

Cette interprétation est moins détaillée que la partie réservée au dioxyde d'azote en raison principalement du fait que le trafic routier a une responsabilité moins importante dans les émissions de particules sur le territoire de l'agglomération rennaise et que de ce fait les niveaux peuvent être moins corrélés à cette source du fait d'autres sources plus contributrices.

NOTA : la contribution du trafic routier dans les émissions de particules PM10 n'est toutefois pas négligeable (39%) ce qui justifie les actions mises en place sur la régulation du trafic au moment des épisodes de pollution concernant ce paramètre.

Par ailleurs pour le dioxyde d'azote, l'écart des niveaux de fond de l'agglomération rennaise entre les deux journées de chaque couple a été déduit des écarts des médianes (et moyennes) afin de prendre en compte une éventuelle évolution entre les deux années.

Concernant les particules fines, l'agglomération ne dispose plus d'une station dite de fond urbain qui permettrait d'effectuer cette correction. Les écarts entre les médianes des journées de chaque couple ont toutefois été calculés mais leur interprétation reste entachée d'une incertitude.

V.2.2 Analyses des évolutions des concentrations en particules PM10

a) Ecarts entre les médianes des concentrations en particules fines

Pour l'interprétation de ces écarts entre les médianes des journées de chaque couple, les valeurs repères suivantes ont été utilisées (identiques à celles utilisées pour le NO_2) :

- pour des écarts **< ± 10%,** la différence a été jugée **peu significative** notamment du fait de l'existence d'incertitudes sur la mesure, qui ne permettent pas de dégager une véritable tendance à la baisse ou à la hausse.
- pour des écarts **compris entre ± 10 et 20%,** l'écart a été jugé **significatif** mettant en évidence une tendance ;
- pour des écarts **> ± 20%**, l'écart est jugé **très significatif** et représentatif d'une nette tendance.

Notre interprétation porte sur 17 des 19 couples retenus initialement du fait que le couple B4 a présenté un taux de fonctionnement de l'analyseur de particules trop faible pour l'une des deux journées du couple, pour que les mesures soient représentatives.
Par ailleurs le couple B13 a lui aussi été écarté du fait des conditions d'humidité relevées en période nocturne sur l'année 2015 par rapport à 2016.

Il est d'ailleurs important de rappeler que les particules fines sont plus sujettes que le NO_2 aux conditions météorologiques antérieures (jours précédents) et que ce critère n'avait pas été retenu par Météo-France lors de la sélection des binômes.

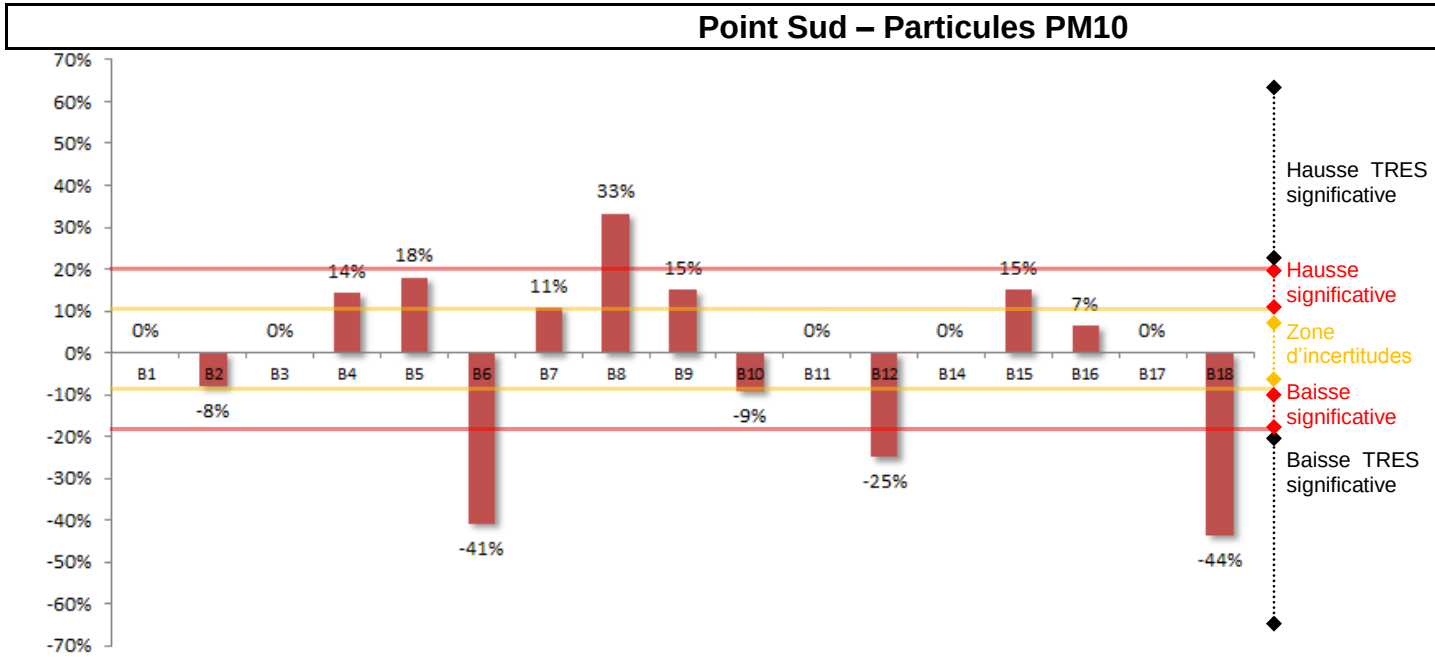


Figure 27 : Ecart relatif (en %) des médianes des concentrations en PM10 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus

B1	dimanche 6 septembre 2015	dimanche 19 juin 2016
B2	lundi 15 juin 2015	mardi 3 mai 2016
B3	mardi 8 septembre 2015	lundi 2 mai 2016
B5	samedi 5 septembre 2015	samedi 4 juin 2016
B6	lundi 15 juin 2015	lundi 30 mai 2016
B7	jeudi 18 juin 2015	mardi 21 juin 2016
B8	mercredi 17 juin 2015	mercredi 8 juin 2016
B9	lundi 14 septembre 2015	mardi 31 mai 2016
B10	jeudi 9 juillet 2015	mercredi 6 juillet 2016
B11	vendredi 7 août 2015	vendredi 22 juillet 2016
B12	jeudi 23 juillet 2015	mardi 26 juillet 2016
B14	jeudi 30 juillet 2015	lundi 1 août 2016
B15	mercredi 19 août 2015	lundi 1 août 2016
B16	lundi 6 juillet 2015	mardi 6 septembre 2016
B17	mercredi 9 septembre 2015	mercredi 7 septembre 2016
B18	vendredi 4 septembre 2015	vendredi 9 septembre 2016
B19	jeudi 25 juin 2015	jeudi 22 septembre 2016

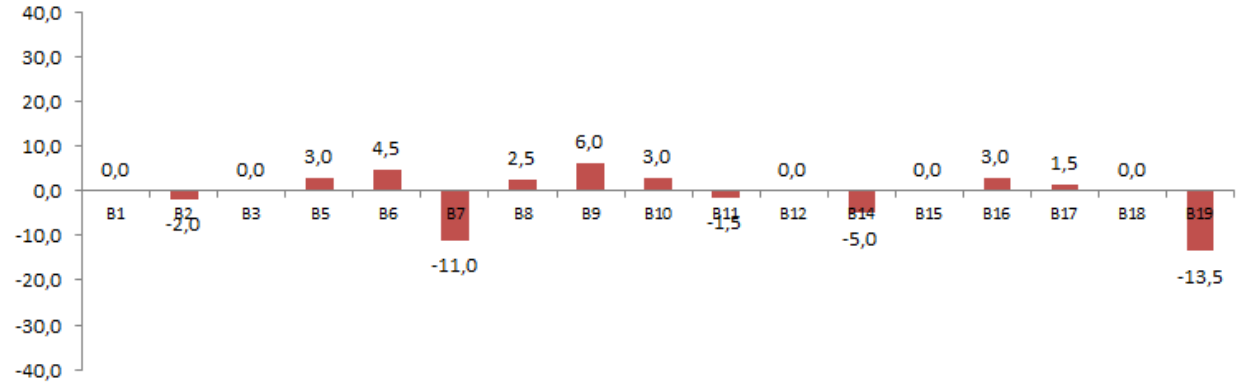


Figure 28 : Ecart absolu (en µg/m^3) des médianes des concentrations en PM10 2015 et 2016 pour chacun des couples retenus

➔ **Variation des écarts relatifs des médianes - point Sud :**

Une grande variabilité des écarts relatifs est observée sur l'ensemble des couples. Seulement 9 des 17 couples retenus, présentent des écarts relatifs supérieurs à la zone d'incertitude dans le sens d'une baisse ou d'une hausse entre 2015 et 2016.

L'écart relatif moyen sur les 17 couples est de -1%.

➔ **Variation des écarts absolus des médianes - point Sud :**

Les écarts entre les médianes des journées de chaque couple sont très faibles comparativement à ceux observés pour le dioxyde d'azote.

L'écart moyen est de -1 µg/m^3 (il varie de -13.5 µg/m^3 à +6 µg/m^3).

Aucune tendance ne se dégage de cette interprétation des écarts entre les médianes de chaque journée des couples retenus.

Notre expérience sur le suivi des particules fines nous permet de confirmer l'adéquation de ces faibles variations à ce que nous observons par ailleurs sur les stations du réseau de mesures d'Air Breizh au sujet de ce paramètre.
La multiplicité des sources d'émissions, le transport sur de longues distances sont notamment des facteurs qui expliquent le caractère régional de ce polluant contrairement au dioxyde d'azote.

b) Ecarts entre les moyennes journalières des couples retenus

Pour les particules PM10 plusieurs seuils réglementaires existent. Ils diffèrent selon l'échelle de temps retenue. L'un d'entre eux est exprimé en moyenne journalière à savoir 50 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.

Le graphique ci-après présente l'évolution des moyennes journalières de chaque jour des couples retenus dans le but de comparer ces niveaux au seuil réglementaire.

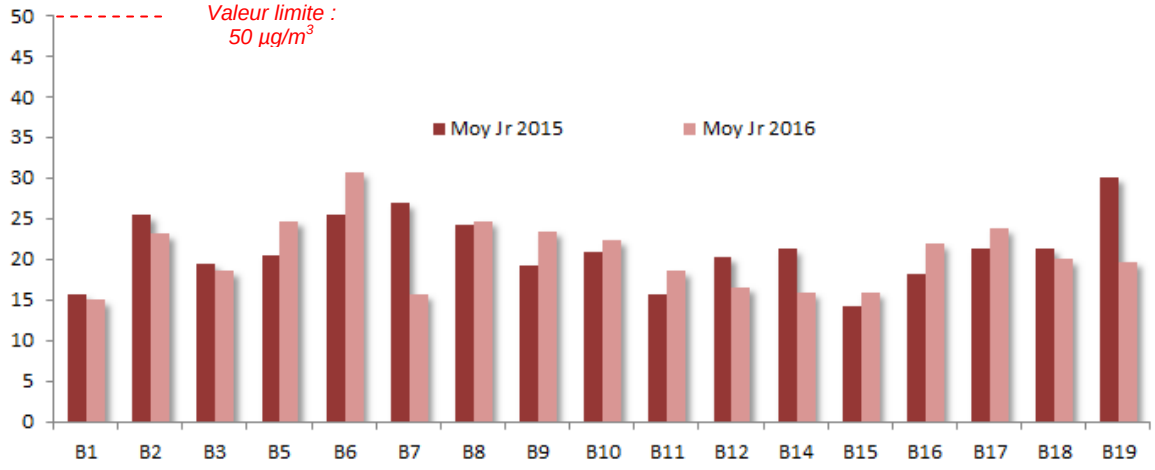


Figure 29 : Evolution des moyennes journalières en PM10 pour chaque jour des binômes (en µg/m^3)

En première approche on constate que l'évolution des moyennes journalières est cohérente entre chaque jour de chaque binôme ce qui confirme le choix des couples retenus.

Par ailleurs, même si la campagne n'a pas été réalisée lors d'une période habituelle de dépassement (ce n'était pas l'objectif de l'étude), aucune des moyennes journalières n'excèdent le seuil réglementaire de 50 µg/m^3.

Ensuite, on constate que les écarts entre les moyennes journalières de chaque couple de jours sont faibles (inférieurs à ± 5 µg/m^3 pour 16 des 17 couples) et surtout qu'ils ne permettent pas de dégager une tendance à la baisse ou à la hausse. Ainsi 9 couples présentent une hausse de leurs moyennes journalières et 8 couples une baisse comme illustré sur la figure suivante.

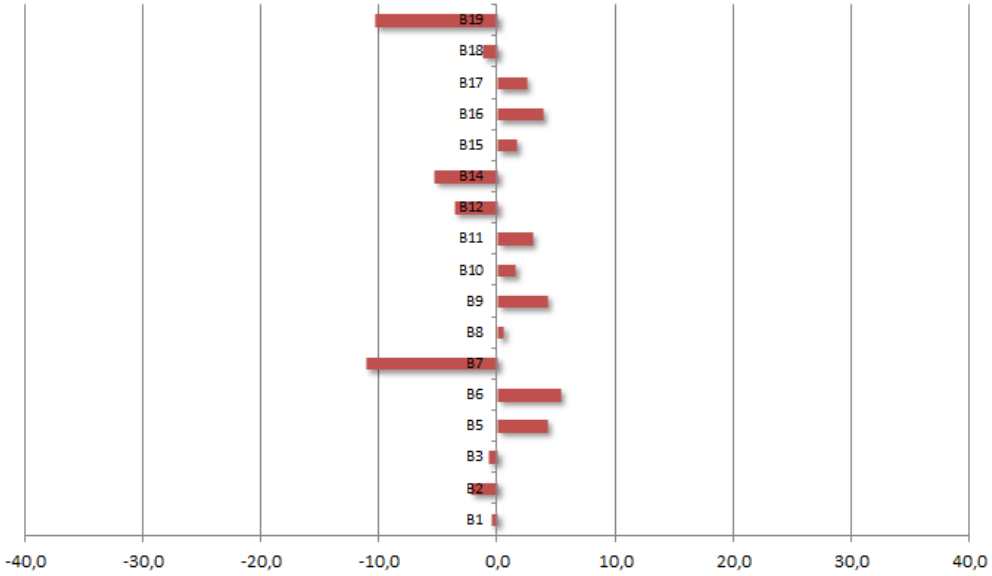


Figure 30 : Ecarts entre les moyennes journalières PM10 de chacun des couples (en µg/m^3)

V.2.3 Synthèse des évolutions des concentrations en particules PM10

L'analyse comparative des médianes et des moyennes journalières des jours de chaque couple retenu ne permet pas de dégager une tendance favorable ou défavorable suite à la mise en place de la réduction de la vitesse.

Les évolutions moyennes sur l'ensemble des couples sont négligeables : - 1 µg/m^3 pour les médianes et les moyennes journalières.

Nous rappelons toutefois que cette analyse comparative est entachée d'une incertitude en l'absence de prise en compte de l'évolution des niveaux de fond entre les jours de chacun des binômes.

Pour cette raison, ces conclusions ne seront pas retenues dans la mesure de l'impact de la réduction de la vitesse sur la qualité de l'air à proximité de la rocade. Seul le dioxyde d'azote sera retenu comme paramètre décisif.

V.3. Evolution des paramètres d'influence pour les couples analogues et corrélation avec les évolutions des concentrations

L'objectif de ce chapitre est de corréler les évolutions des concentrations constatées avec de légères variations des facteurs externes au sein de chaque binôme, bien que l'analogie de ces derniers ne soit pas remise en cause.

Nous rappelons à ce sujet que l'objet de ce chapitre concernant l'évolution du trafic entre les deux années n'est pas de généraliser les observations sur les couples retenus à l'ensemble de la période, le nombre d'observations étant trop faible.

V.3.1 Evolution du trafic journalier pour les couples retenus :

L'observation de l'évolution du trafic journalier, pour les 19 couples de journées considérées montre une diminution globale du trafic entre 2015 et 2016 et ce sur les deux sites de mesures.

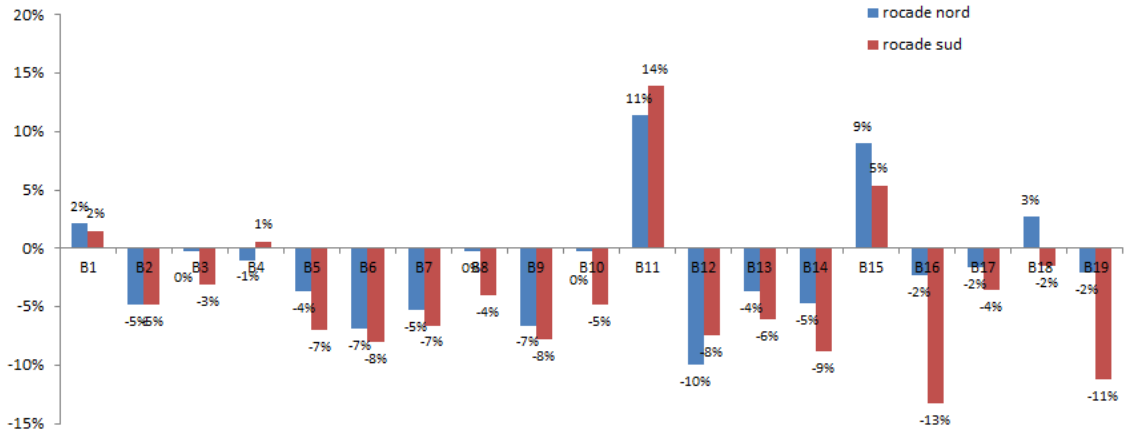


Figure 31 : Evolution du trafic journalier (en %) entre 2015 et 2016, pour chaque couple étudié

Cette diminution, atteignant plus de 10% pour certains couples de journées comparées, pourrait se traduire par une baisse des émissions et donc des concentrations en NO_2 enregistrées sur la rocade entre 2015 et 2016.

L'écart relatif moyen calculé sur l'ensemble des couples analysés, illustre une diminution moyenne de -1% sur le point Nord contre -4 % sur le point Sud ce qui reste toutefois peu significatif.

Une telle évolution, dont une cause peut être l'abaissement de la vitesse, constatée sur les deux points de mesure, serait éventuellement susceptible d'induire une diminution des émissions liées au trafic et donc des concentrations.

L'analyse de l'évolution du trafic et des concentrations mesurées pour chaque couple est illustrée sur les deux figures ci-après.

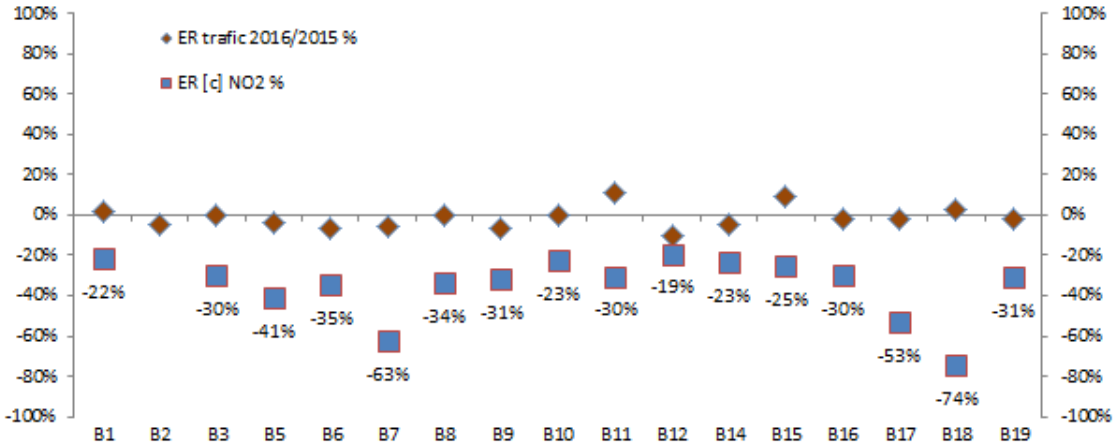


Figure 32 : Point Nord - Comparaison des évolutions des écarts relatifs des médianes des concentrations en NO_2 (en %) et du trafic moyen journalier (en %) pour chaque couple

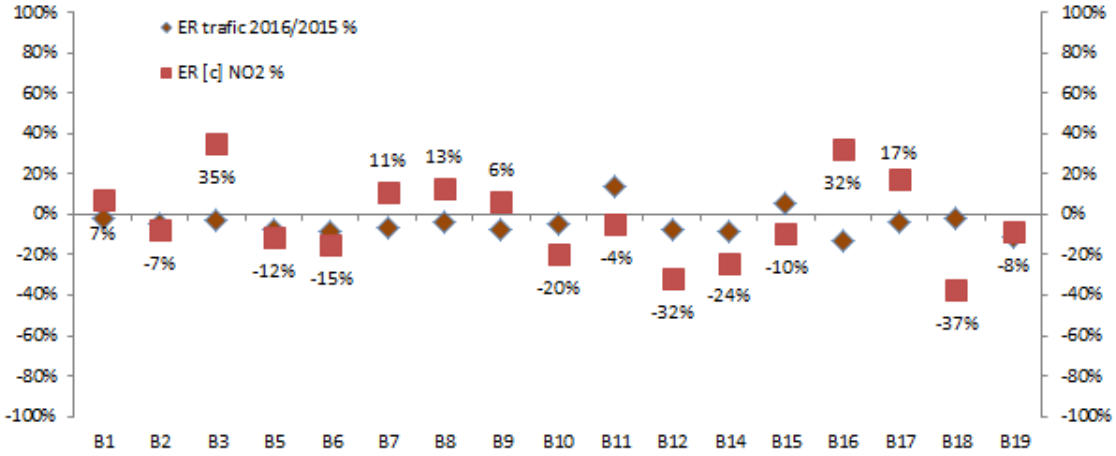


Figure 33 : Point Sud - Comparaison des évolutions des écarts relatifs des médianes des concentrations en NO_2 (en %) et du trafic moyen journalier (en %) pour chaque couple

Exceptés quelques couples pour lesquels d'autres facteurs seraient susceptibles d'influencer les concentrations dans l'air (B16 par exemple pour le point Sud), d'autres présentent des variations semblables entre les écarts relatifs de trafic et des concentrations.

La principale difficulté dans cette comparaison résulte dans le fait que d'autres facteurs externes (notamment la météorologie) influencent les concentrations dans l'air.

V.3.2 Répartition Poids lourds/ Véhicules légers :

Le taux de poids lourds sur l'ensemble du trafic routier reste constant sur les deux sites de mesure. Il est d'environ 10 % en semaine contre 5 % le week-end pour les deux points de mesure.

Toutefois, on observe **une augmentation sensible du nombre de poids lourds entre les deux années et pour chaque couple sur le point Nord, contrairement au point Sud**. Ce constat repose uniquement sur l'analyse des 19 couples considérés au cours de cette étude.

Les graphiques de la page suivante présentent l'évolution des écarts des pourcentages de poids lourds sur le trafic total pour chaque couple et pour les deux points de mesures. Cette évolution est également comparée aux écarts du cumul de véhicules par couple.

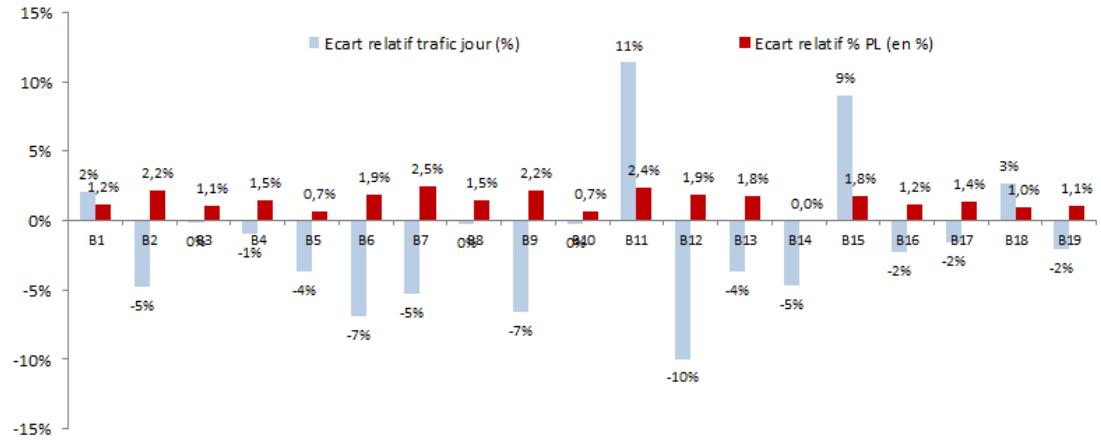


Figure 34 : Evolution des écarts relatifs (en %) du trafic journalier et du nombre de poids lourds sur le trafic total entre 2015 et 2016 sur le point Nord

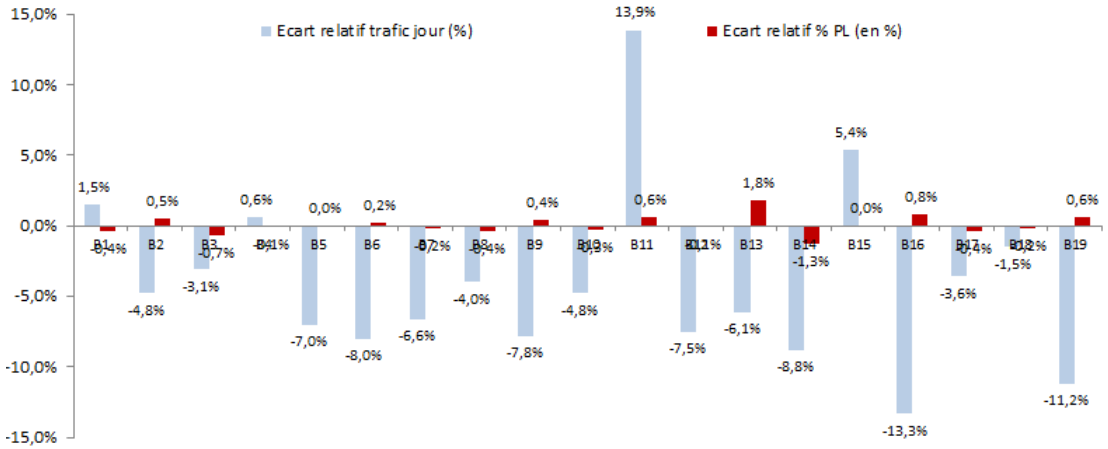


Figure 35 : Evolution des écarts relatifs (en %) du trafic journalier et du nombre de poids lourds sur le trafic total entre 2015 et 2016 sur le point Sud

Le constat de variation de trafic entre le point Nord et le point Sud devra être précisé par les données spécifiques à l'évolution du trafic routier entre 2015 et 2016 sur la rocade de Rennes (DIR Ouest) et sur une période annuelle, plus longue.

Dans le cadre de notre analyse, nous pouvons toutefois observer une augmentation sensible de la proportion et du nombre de poids lourds passant à proximité du point Nord, entre les 2 années alors que le trafic journalier semble quant à lui, majoritairement diminuer sur les journées étudiées.

Ces observations sont nettement moins marquées à proximité sur le point Sud.

Toutefois, l'incidence possible d'une augmentation de trafic des poids lourds reste difficile à évaluer du point de vue de l'incidence possible sur les émissions, du fait de la compensation possible par la réduction de la vitesse du trafic (cf. III.2.3.c).

Ceci a été confirmé par l'absence de lien observé entre les évolutions des pourcentages de poids lourds et les écarts relatifs des concentrations suivant les journées des couples retenus.
Ceux-ci pesant souvent peu (en nombre de véhicule) au regard du trafic total (variations de quelques points).

Les graphiques ci-après illustrent ces propos.

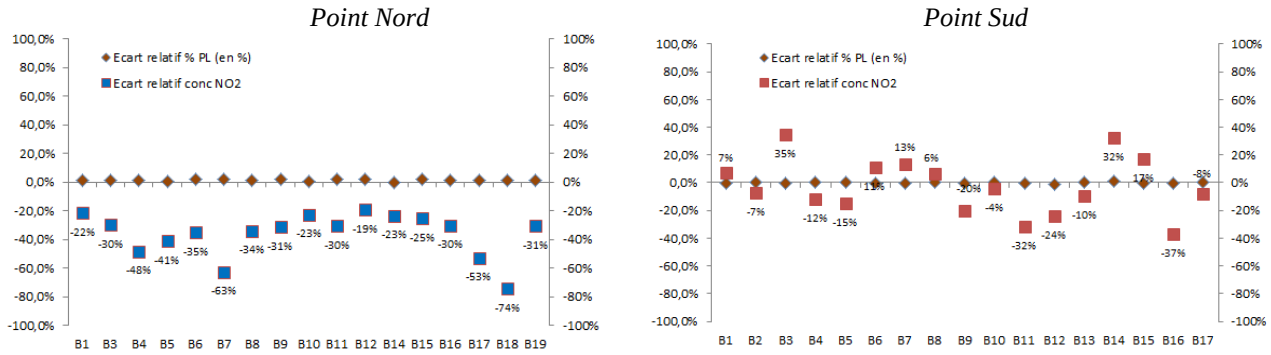


Figure 36 : Comparaison des écarts relatifs (en %) du pourcentage de poids lourds entre chaque jour des couples avec les écarts relatifs des médianes des concentrations en NO_2 (en %)

V.3.3 L'écart à la vitesse

La comparaison de l'écart à la vitesse entre 2015 et 2016, illustrée sur un même graphe pour chacun des points de mesures, révèle un écart systématiquement plus important au niveau du point Sud par rapport au point Nord.

Ceci peut s'expliquer par une limitation de vitesse de 110 km/h en 2015 peu souvent atteinte (souvent de l'ordre de 100 km/h en moyenne journalière), réduisant ainsi l'écart avec la nouvelle limitation de 90 km/h sur ce tronçon, alors qu'au Sud, le passage de 90 km/h à 70 km/h induit une réduction de vitesse plus conséquente depuis la mise en place de la limitation.

Par ailleurs, sur notre échantillon, les écarts à la vitesse semblent plus importants le week-end (dimanche et samedi), qu'en semaine. On peut donc supposer que le fait qu'il y ait moins de congestion (meilleure fluidité sur ces jours non ouvrés), la vitesse moyenne s'approche davantage des vitesses limitées sur ces journées.

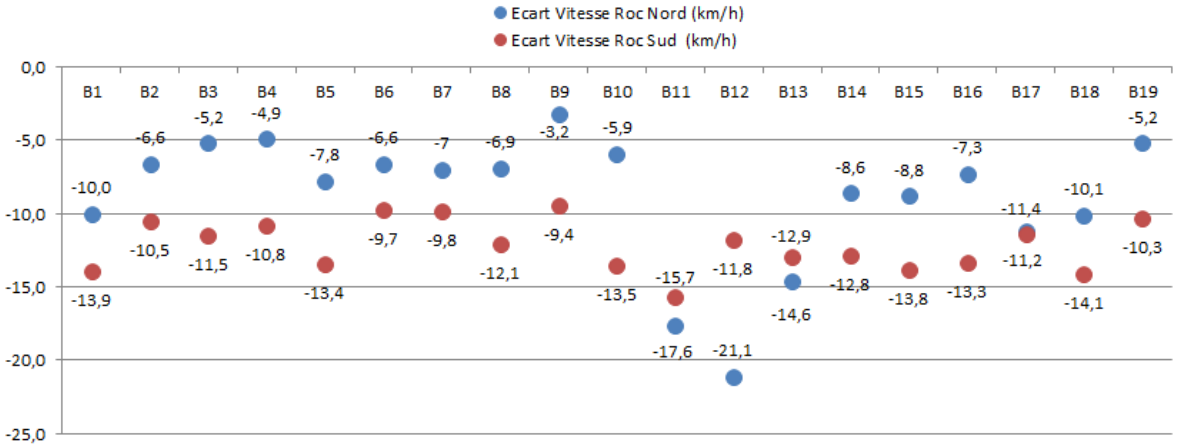


Figure 11 : Comparaison de l'écart à la vitesse (en km/h) entre 2015 et 2016 pour chaque couple de journées identiques, et pour les 2 points de mesures

Enfin, le graphique des écarts à la vitesse semble mettre en évidence une corrélation entre les binômes, illustrant des variations identiques entre le point Sud et le point Nord. Ce constat ne peut toutefois s'expliquer clairement. Il n'existe, en effet, pas de corrélation évidente de ces écarts de vitesse 2015/2016 avec les indices de congestion, pour chaque couple de journées, au niveau des deux points de mesures.

Des écarts à la vitesse plus importants sur le point Sud pourraient induire une incidence plus marquée sur l'évolution des émissions en NO_2 et donc des concentrations ambiantes enregistrées au Sud par rapport au Nord. Or cette tendance n'a pas été observée puisque c'est le point de mesure point Nord qui présente systématiquement les écarts de concentrations les plus importants contrairement au point Sud.

V.3.4 L'indicateur d'encombrement des voies :

L'interprétation de l'encombrement des voies est traitée ci-après selon deux approches différentes.

➔ Evolution du temps de trafic saturé :

Sur les 19 couples analysés il est observé, pour la majeure partie des couples de journées considérées, une diminution notable du temps de congestion (trafic saturé) en 2016 par rapport à 2015.

Cette diminution est constatée pour 16 couples sur les 19 analysés et apparaît plus marquée sur le point Sud (-2,9% du temps journalier en moyenne) que sur le point Nord (-0,4 % du temps journalier en moyenne) où seuls 8 couples semblent montrer une diminution du temps de trafic saturé.

➔ Evolution de l'indice de congestion journalier :

L'indice moyen journalier révèle une diminution globale pour les deux points de mesures ce qui tendrait à mettre en évidence une meilleure fluidité du trafic en 2016 par rapport à 2015.

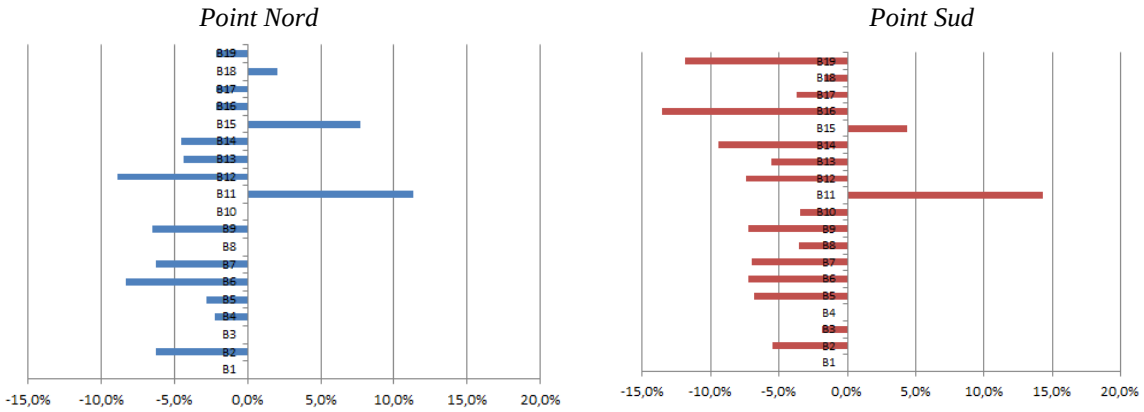


Figure 37 : Ecarts relatifs des indices de congestion (en %) entre les jours 2015 et 2016 de chacun des couples et pour les deux points de mesures

Théoriquement, cette baisse constatée (si elle se confirmait), pourrait alors se traduire par une diminution des concentrations en NO_2 au niveau des points de mesures et ce, notamment au moment des périodes de forte affluence trafic (valeurs maximales horaires) et à priori, de manière plus accentuée au niveau du point Sud.

Bien que plus marquée sur le point Nord, cette baisse des valeurs maximales a été constatée sur les deux points de mesures entre les deux années ce qui vient corroborer la baisse globale de la congestion pour ces couples retenus.

Les figures suivantes permettent de comparer les écarts relatifs des indices de congestion journaliers par binôme avec les écarts des concentrations maximales horaires en NO_2 (en valeur absolue).

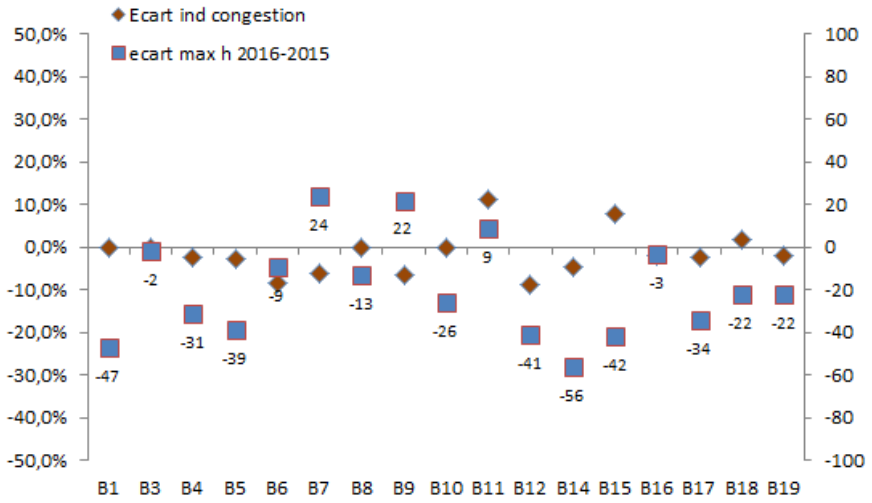


Figure 38 : Point Nord- Comparaison des écarts relatifs des indices de congestion (en %) avec les écarts absolus des concentrations maximales horaires en NO_2 (en µg/m^3)

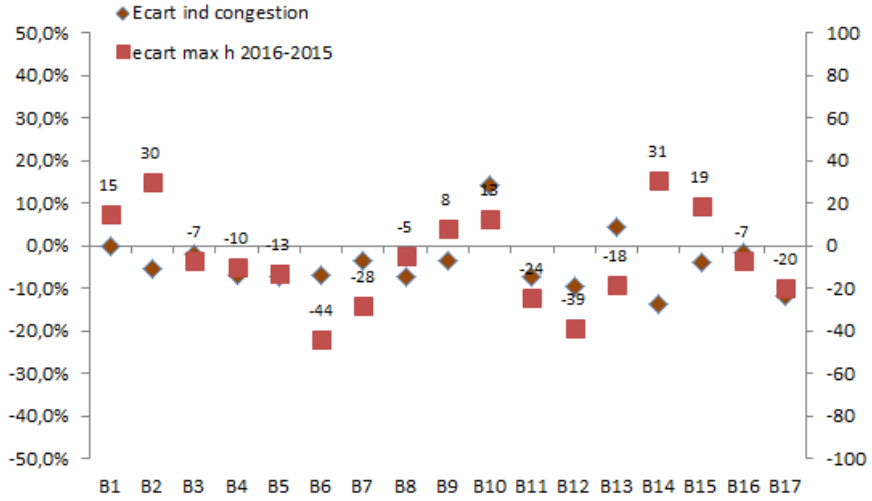


Figure 39 : Point Sud - Comparaison des écarts relatifs des indices de congestion (en %) avec les écarts absolus des concentrations maximales horaires en NO_2 (en µg/m^3)

Bien que loin d'obtenir une corrélation évidente du fait d'autres facteurs entrant en considération dans les variations des concentrations en dioxyde d'azote, certains binômes sont corrélés et cela semble légèrement plus marqué pour le point Sud.

Rappelons toutefois que ce constat de diminution de la congestion ne porte que sur 19 couples de journées étudiées et qu'un échantillon aussi réduit ne peut permettre de conclure plus fermement, notamment des tendances en termes de trafic, qui pourrait être confirmées ou non par la DIR Ouest. Cette analyse reste à approfondir.

V.3.5 Synthèse de l'analyse des facteurs d'influence

Les constats réalisés au cours de cette analyse comparative des différents facteurs d'influence susceptibles d'avoir une incidence sur l'évolution des concentrations en NO_2 entre 2015 et 2016 sur les deux points de mesures de la rocade de Rennes, permettent de nuancer les conclusions émises après analyse de l'évolution des concentrations en NO_2 aux deux points de mesures pour chaque couple de journées comparables.

Au terme de l'analyse des facteurs d'influences sur l'évolution des concentrations en NO_2 entre 2015 et 2016, il ressort que l'analyse distincte de ces paramètres est difficilement corrélable aux concentrations du fait de la contribution combinée de ces facteurs.

Même si ce n'était pas l'objectif, cette analyse des facteurs externes sur 19 couples a permis de dégager quelques tendances qu'il s'agira de confirmer sur l'ensemble de la phase expérimentale.

Parmi ces tendances, on peut citer :
- Une diminution globale de l'indice de congestion, plus marquée sur le point Sud ;
- Des écarts des vitesses moyennes entre les journées des deux couples plus importants sur le point Nord que sur le point Sud ;
- Une proportion de poids lourds sur le point Nord plus importante en 2016 qu'en 2015 contrairement au point Sud ;
- Une diminution du trafic journalier sur les deux points de mesures entre les 2 années.

VI. Conclusions

Entre le 1er octobre 2015 et le 1er octobre 2016, la vitesse sur la rocade rennaise a été abaissée de 20 km/h et ce pendant une durée expérimentale d'un an.
Dans ce cadre, la DREAL Bretagne a sollicité Air Breizh afin de réaliser des mesures de la qualité de l'air, avant et pendant la mise en place de la réduction de vitesse, en vue de quantifier l'impact de la limitation de vitesse sur la qualité de l'air à proximité des voies de circulation.

Afin de mieux quantifier l'influence de cet abaissement, deux points de mesures présentant des vitesses limitées différentes ont été sélectionnés, l'un sur la rocade nord dit « point Nord » (passage d'une vitesse limitée de 110 à 90 km/h) et l'autre sur la rocade sud dit « point Sud » (passage d'une vitesse limitée de 90 à 70 km/h).

De manière à s'affranchir au mieux des variations du trafic routier et des conditions météorologiques, la méthodologie retenue, en concertation avec les services de la DREAL, a reposé sur une sélection préalable de couples de journées jugées semblables, tant d'un point de vue des conditions météorologiques que de la circulation (à l'exception évidemment de l'abaissement des vitesses maximales autorisées). Ce travail a été conduit successivement par les services de la DIR Ouest et Météo France.

Cette sélection de jours jugés analogues a pu être réalisée à partir d'une période suffisamment longue des deux campagnes de mesure de la qualité de l'air, à savoir respectivement 99 jours en 2015 et 146 jours en 2016.
Au total, ce travail préalable d'expertise météorologique (réalisée par Météo France) et d'analyse du trafic (réalisée par la DIR Ouest) a permis de dégager 19 couples de journées jugées analogues.

Air Breizh s'est ensuite chargée de la comparaison des niveaux de concentrations en dioxyde d'azote pour ces 19 couples dont l'objectif était d'étudier l'impact de cette réduction de vitesse sur les niveaux mesurés durant l'état initial (2015) et pendant la phase expérimentale (2016).

Bien que des mesures en particules PM10 aient été réalisées sur l'un des deux points, seule l'étude approfondie des évolutions des niveaux de dioxyde d'azote, traceur le plus représentatif des émissions du trafic routier, est jugée décisive dans la mesure de l'impact de la réduction de vitesse.

Le présent rapport correspond à l'analyse de 17 couples par point de mesures, retenus parmi les 19 couples transmis par les services de météo France courant octobre 2016.

- **Evolutions des concentrations en dioxyde d'azote**

A l'issue d'une interprétation approfondie des résultats pour chacun des binômes, deux paramètres permettent d'illustrer les premières tendances observées :
- L'écart relatif des médianes des concentrations 2015/2016 de chaque binôme est jugé représentatif de l'évolution du niveau de fond à proximité de la rocade.
- Les valeurs maximales horaires des concentrations 2015/2016 de chaque binôme, sont représentatives des pics de concentrations.

➔ Pour l'évolution du niveau observé à proximité de la rocade, les résultats sont les suivants :

- **au niveau du point de mesure Nord, une baisse significative des valeurs médianes des campagnes en dioxyde d'azote a été observée sur la quasi-majorité des couples étudiés. Bien que variable selon les journées analysées, l'écart relatif moyen observé est de –21 µg/m^3 [min -58 ; max -9].**

- **au niveau du point de mesure Sud, les variations observées ne permettent pas de dégager une tendance nette. Ainsi, pour la majorité des couples étudiés, les variations se situent dans une zone d'incertitude estimée à +/-10 %, au sein de laquelle les différences sont jugées trop faibles pour être significatives.**

➔ Pour l'évolution des valeurs maximales :

Il ressort qu'une baisse globale des valeurs maximales horaires a été observée sur les deux points de mesure, respectivement de -19.5 µg/m^3 et de -5.5 µg/m^3 sur les points Nord et Sud. Toutefois, ces valeurs représentent des écarts moyens sur l'ensemble des couples étudiés et ne doivent donc pas être généralisées du fait d'une variabilité importante entre les différents couples.

L'observation de l'évolution globale des concentrations en dioxyde d'azote sur l'ensemble des périodes de mesures conforte ces conclusions malgré les réserves précédemment émises du fait notamment de l'évolution du trafic et des conditions météorologiques entre deux années successives.

En outre, cette étude a permis de confirmer d'une part le lien fort entre le trafic routier et les concentrations en dioxyde d'azote, et d'autre part les niveaux élevés modélisés par Air Breizh au niveau de la rocade dans le cadre du PPA de Rennes.

Nous rappelons à ce titre que même si la baisse de la vitesse sur la rocade Nord semble permettre de réduire les niveaux de dioxyde d'azote, ceux-ci restent fort sur l'ensemble de l'agglomération au regard des valeurs réglementaires (en moyenne annuelle) ce qui implique que d'autres actions doivent être mises en œuvre pour atteindre une qualité de l'air acceptable.

➢ Evolution des facteurs d'influences et lien avec les évolutions des concentrations

Malgré une analyse approfondie des facteurs d'influence susceptibles d'impacter les concentrations en dioxyde d'azote, il n'a pas été clairement établi de lien entre les évolutions des concentrations en NO_2 et ces différents paramètres.

Il ressort que l'analyse distincte de ces paramètres représentés par les conditions météorologiques et les données trafic est difficilement corrélable aux évolutions des concentrations du fait de la contribution combinée de ces facteurs.

Même si ce n'était pas l'objectif, cette analyse des facteurs externes sur 19 couples a permis de dégager quelques hypothèses sur l'évolution du trafic entre les deux années, qu'il s'agira de confirmer par des travaux ultérieurs.

Annexe I : Fiches synthétiques par couple

Annexe II : Interprétation détaillée des fiches par couple