

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

ETUDE

Campagne de mesures de la qualité de l’air- Axes routiers à fort trafic extra-rocade Rennes Métropole

Campagnes de mesures septembre 2018 –
janvier/février 2019

Rapport final – version du 09/12/2019

(Annule et remplace la version du 03/06/19)



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



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

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh à la demande de
Rennes Métropole



Avertissement

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

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

Conditions de diffusion

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

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

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

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

Organisation interne – contrôle qualité

Service Etudes (rédacteur)	Validation
O. CESBRON (Ingénieur d'études)	D. LAVOUE (Resp. service études) G. LEFEUVRE (Directeur)

Relecture externe

Relecteurs

R. GICQUEL
(Chargé de mission Service Transition énergétique et écologique)

Suivi des modifications

Rapport version du 09/12/19

Cette version annule et remplace celle du 03/06/19

Modifications apportées

La méthode de calcul des concentrations en dioxyde d'azote à partir des prélèvements sur tube passif a été modifiée dans cette version du 09/12/19.

Le prélèvement par tube passif consiste à piéger sur un support une substance chimique, qui est ensuite analysée au laboratoire.

La masse analysée est rapportée au volume d'air ayant traversé le tube pendant la période de pose.

Le volume d'air est calculé à partir du débit théorique de diffusion déterminé par le fournisseur, et le temps de pose sur le site.

Le débit théorique de diffusion a été récemment ajusté en rapport avec l'amélioration des connaissances sur cette technique de mesures.

Les concentrations en dioxyde d'azote présentées dans cette étude ont été recalculées avec ce nouveau débit.

Sommaire

I. Contexte et objectifs de l'étude	7
II. Sélection des secteurs d'études.....	8
III. Le dispositif mis en œuvre.....	8
III.1. Polluant étudié	8
III.2. Protocole de mesures.....	9
III.2.1 Matériels utilisés	9
III.2.2 Qualité de la mesure	9
III.2.3 Résultats des tests qualité des mesures.....	10
III.3. Points de prélèvements	13
III.3.1 Méthodologie	13
III.3.2 Localisation et caractéristiques des cinq secteurs d'études	13
III.3.3 Secteur de Pacé – Influence RN12	16
III.3.4 Secteur de Saint-Grégoire – Influence RD29.....	17
III.3.5 Secteur Gévezé : Influence RD27	18
III.3.6 Secteur de Noyal-Châtillon-sur-Seiche : Influence RD34	19
III.3.7 Secteur de Vern-sur-Seiche : influence RD34	20
III.4. Dates des campagnes.....	21
IV. Conditions durant les mesures.....	22
IV.1. Les conditions météorologiques	22
IV.1.1 Direction et vitesse du vent	22
IV.1.2 La pluviométrie et les températures durant les périodes de mesures	24
IV.2. Episode de pollution.....	27
IV.3. Conditions de circulation	27
IV.3.1 Trafic moyen journalier annuel (TMJA) et vitesse de circulation.....	27
IV.3.2 Comptages routiers pendant les mesures sur le secteur de Gévezé	29
V. Résultats et interprétation des mesures de dioxyde d'azote	32
V.1. Résultats des analyseurs automatiques	32
V.1.1 Qualification des niveaux moyens mesurés	33
V.1.2 Distribution statistique des données horaires en dioxyde d'azote	34
V.1.3 Evolution hebdomadaire des niveaux	36
V.1.4 Evolution temporelle des niveaux en dioxyde d'azote	37
V.1.5 Impact selon les secteurs de vent	38
V.2. Résultats des mesures mensuelles par tube à diffusion	40
V.3. Estimation du respect des normes de la qualité de l'air	40
V.3.1 Estimation des concentrations moyennes annuelles	41
V.3.2 Evolution des maximums horaires en dioxyde d'azote	43
V.4. Variabilité spatiale des niveaux de concentrations.....	45
VI. Conclusion.....	51
VII. Limites de l'étude.....	53
Annexe I : Présentation d'Air Breizh	55
Présentation d'Air Breizh	56
Missions d'Air Breizh.....	56

Réseau de surveillance en continu	56
Moyens.....	57

Annexe II : Références des points de mesures et résultats des concentrations en dioxyde d'azote58

Liste des figures

Figure 1 : Tube passif sur l'un des points (point 'N0' à Noyal-Châtillon-sur-Seiche).....	9
Figure 2 : Analyseur automatique à Gévezé.....	9
Figure 3 : Localisation des secteurs d'étude [source : IGN Geoportail].....	14
Figure 4 : Localisation du bâti autour du point V1.....	21
Figure 5 : Localisation du bâti autour du point V6.....	21
Figure 6 : Rose des vents durant la campagne de mesures estivale (à gauche) et rose des vents type d'un mois de septembre [données MF ST Jacques] (à droite)	22
Figure 7 : Roses des vents hebdomadaires pour la campagne estivale	23
Figure 8 : Rose des vents durant la campagne de mesures hivernale (à gauche) et rose des vents type d'un mois de janvier [données MF ST Jacques] (à droite).....	23
Figure 9 : Roses des vents hebdomadaires pour la campagne hivernale.....	24
Figure 10: Précipitations journalières à Rennes sur toute la période de la campagne estivale	24
Figure 11 : Précipitations journalières à Rennes sur toute la période de la campagne hivernale... ..	25
Figure 12 : Evolution des températures moyennes journalières en °C durant la campagne estivale (station Météo France de St Jacques de la Lande)	25
Figure 13 : Evolution des températures moyennes journalières en °C durant la campagne hivernale (station Météo France de St Jacques de la Lande).....	26
Figure 14 : Evolution horaire des températures en campagne estivale (à gauche) et hivernale (à droite) (station Météo France de St Jacques de la Lande)	26
Figure 15 : Evolution mensuelle des niveaux de dioxyde d'azote de janvier 2018 à mars 2019 à St Yves – Rennes (en µg/m ³)	27
Figure 16 : TMJA comptages routiers 2016 – en nb de véhicules jours [Sources : CD35]	28
Figure 17 : Evolution des émissions en fonction de la vitesse par type de véhicule	29
Figure 18 : Trafic journalier à Gévezé durant la campagne estivale (en nb de véhicules/jr) [comptage Rennes Métropole]	30
Figure 19 : Trafic journalier à Gévezé durant la campagne hivernale (en nb de véhicules/jr) [comptage Rennes Métropole]	30
Figure 20 : Profil horaire du trafic (en nb de véhicules) à Gévezé pendant les campagnes de mesures –jours ouvrés (à gauche) et week-end (à droite)	31
Figure 21 : Illustration de la densité de bâti autour des points de mesures : Gévezé (à gauche) et Vern-sur-Seiche (à droite) [Cadastre – Geoportail]	32
Figure 22 : Points de mesures automatiques à G6 Gévezé (à gauche) et V1 Vern-sur-Seiche (à droite)	32
Figure 23 : Concentrations moyennes mensuelles en NO ₂ (en µg/m ³)	33
Figure 24 : Ratios NO/NO ₂ par campagne.....	33
Figure 25 : Distribution statistique des données horaires NO ₂ durant la campagne estivale (en µg/m ³).....	35
Figure 26 : Distribution statistique des données horaires NO ₂ durant la campagne hivernale (en µg/m ³).....	35
Figure 27 : Evolution des moyennes hebdomadaires par série de mesures : en période estivale (à gauche) et en période hivernale (à droite)	36
Figure 28 : Profils temporels des niveaux de NO ₂ sur le point Gévezé – G6 (en µg/m ³)	37
Figure 29 : Profils temporels des niveaux de NO ₂ sur le point Vern-sur-Seiche –V1 (en µg/m ³)	38
Figure 30 : Roses des pollutions en dioxyde d'azote sur le point G6 Gévezé : période estivale (au centre) et en période hivernale (à droite)	39
Figure 31 : Roses des pollutions en dioxyde d'azote sur le point V1 Vern-sur-Seiche : période estivale (au centre) et en période hivernale (à droite)	39
Figure 32 : Concentrations moyennes mensuelles en dioxyde d'azote (en µg/m ³).....	40

Figure 33 : Estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote (axe de gauche en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et indication des distances par rapport à la voie de circulation (axe de droite en m) 41

Figure 34 : Corrélation entre les niveaux annuels estimés en dioxyde d'azote (en ordonnée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la distance des points (en abscisse, en m) 42

Figure 35 : Moyennes annuelles en en dioxyde d'azote estimées et mesurées ('réelles')..... 43

Figure 36 : Evolution des concentrations maximales horaires en NO_2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)..... 44

Figure 37 : Comparaison des concentrations maximales horaires en NO_2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à Vern-sur-Seiche et Gévezé 45

Figure 38: Implantation des stations de mesures d'Air Breizh..... 57

Liste des tableaux

Tableau 1 : Sélection des secteurs d'étude 8

Tableau 2 : Valeurs de référence réglementaires pour le polluant mesuré 8

Tableau 3 : Récapitulatif des contrôles qualité sur les analyseurs d'oxydes d'azote 10

Tableau 4 : Taux de couverture temporelle des analyseurs oxydes d'azote (en %) sur les 2 points 11

Tableau 5 : Résultats des tests de répétabilité pour les mesures par tube passif 12

Tableau 6 : Ecart relatifs tubes/analyseur pour le dioxyde d'azote (G6 - Gévezé et V1 – Vern-sur-Seiche) 12

Tableau 7 : Caractéristiques des principaux facteurs influençant la qualité de l'air pour chaque secteur d'étude 15

Tableau 8 : Caractéristiques des points de mesures du réseau d'Air Breizh à Rennes (et à proximité)..... 33

I. Contexte et objectifs de l'étude

Dans la continuité des campagnes réalisées par Air Breizh dans le centre de Rennes, la traversée de Saint-Jacques et à proximité de la rocade depuis 2017¹, l'objectif de la présente étude est d'améliorer les connaissances sur l'exposition de la population aux polluants atmosphériques à proximité d'axes à fort trafic extra-rocade.

Cinq configurations différentes de voies ont été retenues (2nde ceinture, route nationale, route départementale pénétrante ou de ceinture, traversée de bourg). Elles ont été considérées comme représentatives des principales typologies d'expositions aux polluants du trafic. Il s'agit d'un échantillonnage de situations d'expositions jugées extrapolables à d'autres secteurs de la métropole.

Du fait des variations saisonnières des niveaux de concentrations dans l'air, il est recommandé de réaliser deux campagnes de prélèvements à deux saisons différentes de l'année pour améliorer la représentativité des concentrations moyennes annuelles et leurs comparaisons à la valeur limite réglementaire.

La présente note intègre les résultats des campagnes estivale et hivernale réalisées respectivement en septembre 2018 puis janvier/février 2019.

¹ Place de Bretagne à Rennes, Avenue Roger Dodin à Saint-Jacques (RD 177), rocade Nord et Sud-Ouest de Rennes

II. Sélection des secteurs d'études

Les critères suivants ont été utilisés par Air Breizh et Rennes Métropole pour la sélection des secteurs :

- Importance du trafic (pénétrante RN/RD et 2^{ème} ceinture des RD) et évolution à la hausse ;
- Proximité de secteurs d'habitation relativement denses, y compris les établissements sensibles ;
- Réclamations connues bruit et/ou qualité de l'air ;
- Représentativité par rapport à d'autres secteurs de la métropole.

5 secteurs ont été identifiés (tableau 1) :

Tableau 1 : Sélection des secteurs d'étude

Voie	Commune	Evolution du trafic 2007-2016	Cat. Classement sonore	Points de mesure	Type de voirie
RN12	PACE	+14 %	1	Rue René Léon	Pénétrante
RD29	SAINT-GREGOIRE	+11 %	3	CFA	2nde ceinture
RD173	VERN	+25 %	3	Allée de Fouesnant	Pénétrante
				Etablissements sensibles	
RD34	NOYAL-C/S	+15,5 %	3	La Petite Saudrais	2nde ceinture
RD27	GEVEZE	+34 %	4	Rue de Dinan	Traversée de bourg

III. Le dispositif mis en œuvre

III.1. Polluant étudié

Le dioxyde d'azote, principal traceur du trafic routier, a été mesuré lors de cette étude.

Ce polluant dispose de seuils réglementaires, à savoir les valeurs limites, les objectifs de qualité de l'air et les niveaux de recommandation et d'alerte. Ils sont synthétisés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Valeurs de référence réglementaires² pour le polluant mesuré

Composé	Valeurs limites	Objectifs qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
Dioxyde d'azote (NO ₂)	<p>En moyenne annuelle : 40 µg/m³</p> <p>En moyenne horaire : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an</p>	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³	En moyenne horaire : 200 µg/m ³	<p>En moyenne horaire :</p> <p>400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives.</p> <p>200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.</p>

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

III.2. Protocole de mesures

III.2.1 Matériels utilisés

Les mesures ont été réalisées sur deux campagnes d'une durée totale d'un mois chacune : l'une en période estivale (septembre 2018), l'autre en période hivernale de mi-janvier à mi-février 2019.

Deux méthodes de mesures jugées complémentaires ont été utilisées :

- des prélèvements par tube à diffusion passive permettant d'obtenir des concentrations moyennes sur 7 jours (cf. figure 1) ; 4 répétitions ont été réalisées pendant le mois de la campagne.
- des mesures en continu via des analyseurs automatiques permettant d'obtenir des concentrations chaque heure (cf. figure 2) ; deux secteurs (jugés les plus sensibles) ont été retenus pour ces mesures.



Figure 1 : Tube passif sur l'un des points (point 'N0' à Noyal-Châtillon-sur-Seiche)



Figure 2 : Analyseur automatique à Gévezé

III.2.2 Qualité de la mesure

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

Pour les **analyseurs automatiques d'oxydes d'azote**, l'**incertitude acceptée pour la mesure horaire est de 15%**³.

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

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

Les deux analyseurs automatiques ont fait l'objet d'opérations de vérifications et d'étalonnage conformément aux procédures établies par le Laboratoire Central de la Qualité de l'Air (LCSQA) pour le suivi du dispositif de surveillance réglementaire.

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

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

III.2.3 Résultats des tests qualité des mesures

a) Contrôle de la qualité des mesures automatiques

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

Les principales interventions du service technique d'Air Breizh durant la campagne sont reprises dans le tableau 3.

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

Dates		Nature contrôle
Campagne estivale	30/08/18	Gévezé : Installation et raccordement (étalonnage si nécessaire) de l'analyseur NOx
	06/09/18	Vern-sur-Seiche : Installation et raccordement (étalonnage si nécessaire) de l'analyseur NOx
	04/10/18	Raccordement (étalonnage si nécessaire) et désinstallation des 2 analyseurs
Campagne hivernale	08/01/19	Test raccordement des deux analyseurs NOx avant mise en place
	17/01/19	Gévezé et Vern-sur-Seiche : Installation et raccordement (étalonnage si nécessaire) des deux analyseurs NOx
	27/02/19	Désinstallation des 2 analyseurs
	01/03/19	Test raccordement des deux analyseurs NOx

Les taux de couverture temporelle des appareils sur les deux périodes de mesures sont repris dans le tableau 4.

³ Directive européenne 2008/50/CE

Tableau 4 : Taux de couverture temporelle des analyseurs oxydes d'azote (en %) sur les 2 points

	Campagne estivale du 06/09 au 04/10/18	Campagne hivernale du 17/01 au 17/02/19
Point Vern-sur-Seiche (V1)	100%	96%
Point Gévezé (G6)	100%	100%

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

Dans le cas de cette campagne, les taux de couverture sont supérieurs à 96%, ce qui garantit une bonne représentativité des mesures sur les deux périodes d'étude.

b) Contrôle de la qualité des mesures par prélèvement passif

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

❖ Vérification des blancs

Les blancs de transport sont des tubes passifs qui suivent les mêmes manipulations que les échantillons (stockage, transport sur le site puis envoi au laboratoire), mais ne sont pas exposés. Cette procédure permet de vérifier que les tubes ne sont pas contaminés pendant leur manipulation.

Un blanc transport a été réalisé pour chaque série hebdomadaire de prélèvement.

Pour l'ensemble des tests réalisés, les résultats des blancs transport sont inférieurs aux limites de quantification du laboratoire.

Ces résultats révèlent l'absence de contamination des supports lors des différentes manipulations pendant la campagne.

❖ Vérification de la répétabilité

Lors de chaque série, les mesures de dioxyde d'azote par tube ont été dupliquées sur l'un des sites : le site n°V1.

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

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

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

Avec :

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

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

Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Résultats des tests de répétabilité pour les mesures par tube passif

DIOXYDE D'AZOTE	6/09 au 13/09	13/09 au 20/09	20/09 au 27/09	27/09 au 04/10
concentration site V1 (en µg/m3)	13	15	20	19
ER (%)	3%	1%	2%	3%
concentration site doublon site V14 (en µg/m3)	14	16	20	20
ER (%)	-3%	-1%	-2%	-3%
moy	13,4	15,5	20,0	19,7
moyenne IERI	2,8%	1,5%	1,7%	3,4%
DIOXYDE D'AZOTE	17/01 au 24/01	24/01 au 31/01	31/01 au 7/02	7/02 au 14/02
concentration site V1 (en µg/m3)	23	14	19	16
ER (%)	2%	2%	0%	1%
concentration site doublon site V14 (en µg/m3)	24	15	19	16
ER (%)	-2%	-2%	0%	-1%
moy	23,3	14,5	18,6	15,7
moyenne IERI	2,1%	1,9%	0,2%	1,1%

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

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

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

L'objectif de ces tests de reproductibilité était de vérifier la compatibilité de la méthode utilisée dans l'environnement de cette étude même si celle-ci a déjà été très largement utilisée par les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air dans des contextes similaires.

❖ Comparaison avec les mesures automatiques de dioxyde d'azote

Des tubes à diffusion ont été installés sur les points de mesures automatiques pour le dioxyde d'azote. Les résultats de ces tubes et les moyennes calculées sur les mêmes périodes des relevés automatiques sont présentés dans le tableau 6 avec le calcul de l'écart relatif entre ces mesures (l'analyseur étant considéré comme la méthode de référence).

Tableau 6 : Ecarts relatifs tubes/analyseur pour le dioxyde d'azote (G6 - Gévezé et V1 – Vern-sur-Seiche)

Campagne estivale du 06/09 au 04/10/18

DIOXYDE D'AZOTE	Point G6				Point V1			
	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
concentration tube (en µg/m3)	14,2	13,2	16,2	16,1	13,0	15,2	19,7	19,0
concentration analyseur (en µg/m3)	12,1	10,7	12,7	12,7	20,3	23,6	19,4	19,5
ER (%) par série	18%	23%	27%	27%	-36%	-35%	1%	-2%
ER (%) moyen sur campagne	24%				-19%			

Campagne hivernale du 17/01 au 14/02/19

DIOXYDE D'AZOTE	Point G6				Point V1			
	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
concentration tube (en µg/m3)	24,6	20,0	21,0	18,3	22,8	14,2	18,6	15,6
concentration analyseur (en µg/m3)	25,6	18,7	17,3	16,0	20,1	11,6	17,4	14,6
ER (%) par série	-4%	7%	22%	15%	13%	22%	7%	7%
ER (%) moyen sur campagne	10%				12%			

Les écarts relatifs moyens sur les campagnes sont inférieurs à +/-24%.

D'après la bibliographie, la comparaison de ces deux méthodes révèle souvent des écarts relatifs de l'ordre de 10 à 20%.

Des écarts plus importants ont déjà été observés dans des études similaires⁴.

Au vu de ces éléments, nous avons décidé de ne pas corriger les résultats obtenus par tube à diffusion.

Une légère sous-estimation des tubes passifs est possible par rapport à la méthode de référence.

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

Lors des 4 séries de mesures sur les deux campagnes de mesures, 1 seul tube n'a pas été retrouvé et n'a donc pas pu faire l'objet d'une analyse.

Au total 312 tubes ont été posés et 311 ont été analysés.

III.3. Points de prélèvements

III.3.1 Méthodologie

Au total, 38 points ont fait l'objet de prélèvements par tube passif, dont 2 ont également été équipés d'un analyseur automatique.

Pour chaque secteur, les points ont été positionnés selon des transects perpendiculaires à la voirie afin d'apprécier la décroissance des niveaux de pollution au fur et à mesure de leur éloignement.

Le point le plus proche a été positionné au bord de la voirie. Trois autres ont été positionnés tous les 50 mètres environ et ce jusqu'à 150 mètres du bord de la voirie.

Les distances des points de prélèvements ont été calculées à partir du centre des voies de circulation.

Un prélèvement témoin par zone a également été réalisé. Il a été positionné à une distance suffisante de l'axe étudié pour ne pas être influencé par ses émissions (> 300 mètres environs).

La répartition de ces équipements sur les 5 secteurs d'étude est présentée sur les figures suivantes.

III.3.2 Localisation et caractéristiques des cinq secteurs d'études

La localisation des 5 secteurs d'études autour de Rennes est précisée sur la figure 3.

⁴ Quelques études : Etude de la répartition du dioxyde d'azote dans l'agglomération Dijonnaise au moyen d'échantillonneurs à diffusion passive [décembre 2016 – Atmos'air] ; Mesure et cartographie de la pollution en dioxyde d'azote et en benzène dans les principales agglomérations du Nord de la Franche-Comté [2007 - Arpam Réseau surveillance Franche-Comté] ; Campagne de mesure de dioxyde d'azote dans le département du Vaucluse [2016 – Air PACA]

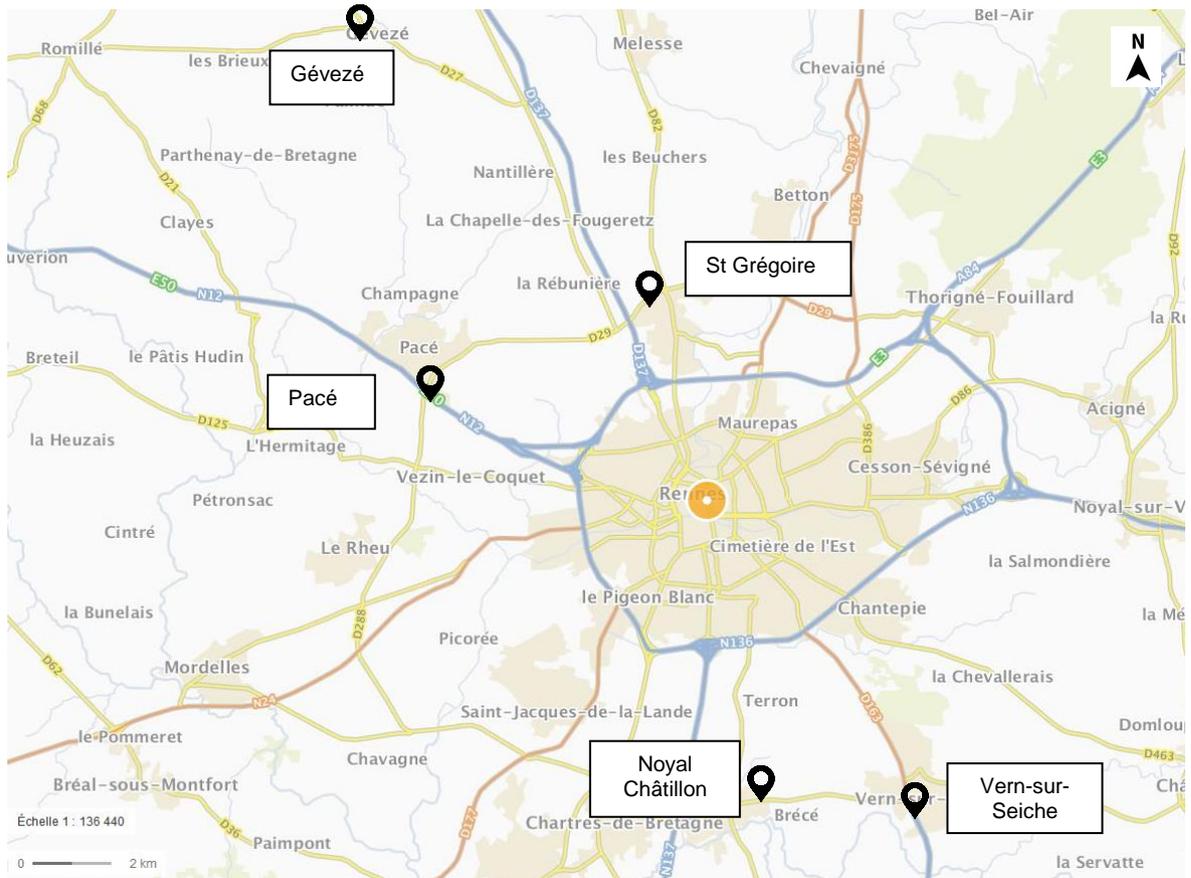


Figure 3 : Localisation des secteurs d'étude [source : IGN Geoportail]

Le tableau 7 synthétise les caractéristiques des principaux facteurs influençant de la qualité de l'air sur chacun des secteurs d'études.

Tableau 7 : Caractéristiques des principaux facteurs influençant la qualité de l'air pour chaque secteur d'étude

Secteurs	Route à proximité	Trafic TMJA (v/jr) [1]	Distance au centre de la route (en m) Orientation par rapport à la route	Barrière physique entre la route et le transect	Densité de population (hab/km ²) [2] Rayon 1 km
Pacé	RN12	63 136	Transect : Entre 13 m (P0) et 160 m (P3) Sous les vents de Sud à Ouest	Mur antibruit	970 (P0)
St Grégoire	RD29	20 091	Transect : Entre 5 m (S0) et 170 m (S3) Sous les vents d'Ouest à Nord	Talus végétalisé	640 (S0)
Gévezé	RD27	9 329	Point analyseur : 3 m (G6) Sous les vents d'Ouest à Est	aucune	1 249 (G6)
			Transect : Entre 6 m (G1) et 120 m (G4), sous les vents de Nord-Est	bâti	1 284 (G1)
Noyal-Châtillon-sur-Seiche	RD34	16 955	Transect : Entre 5 m (N0) et 140 (N3) 2 transects : l'un sous les vents de Sud et l'autre sous les vents de Nord	Talus végétalisé	807 (N0)
Vern s/ Seiche	RD173	24 502	Point analyseur : 52 m (V1) Sous les vents d'Est	Ecran végétal, en surélévation par rapport à la route	1793 (V1)
			Transect : entre 10 m (V6) et 160 m (V5) 2 transects + points isolés : l'un sous les vents d'Ouest et l'autre sous les vents d'Est	Talus végétalisé	1502 (V6)

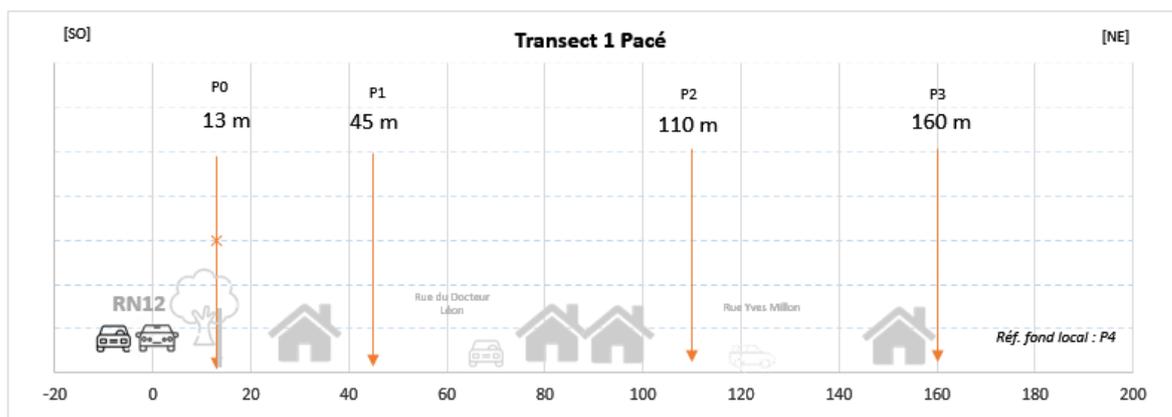
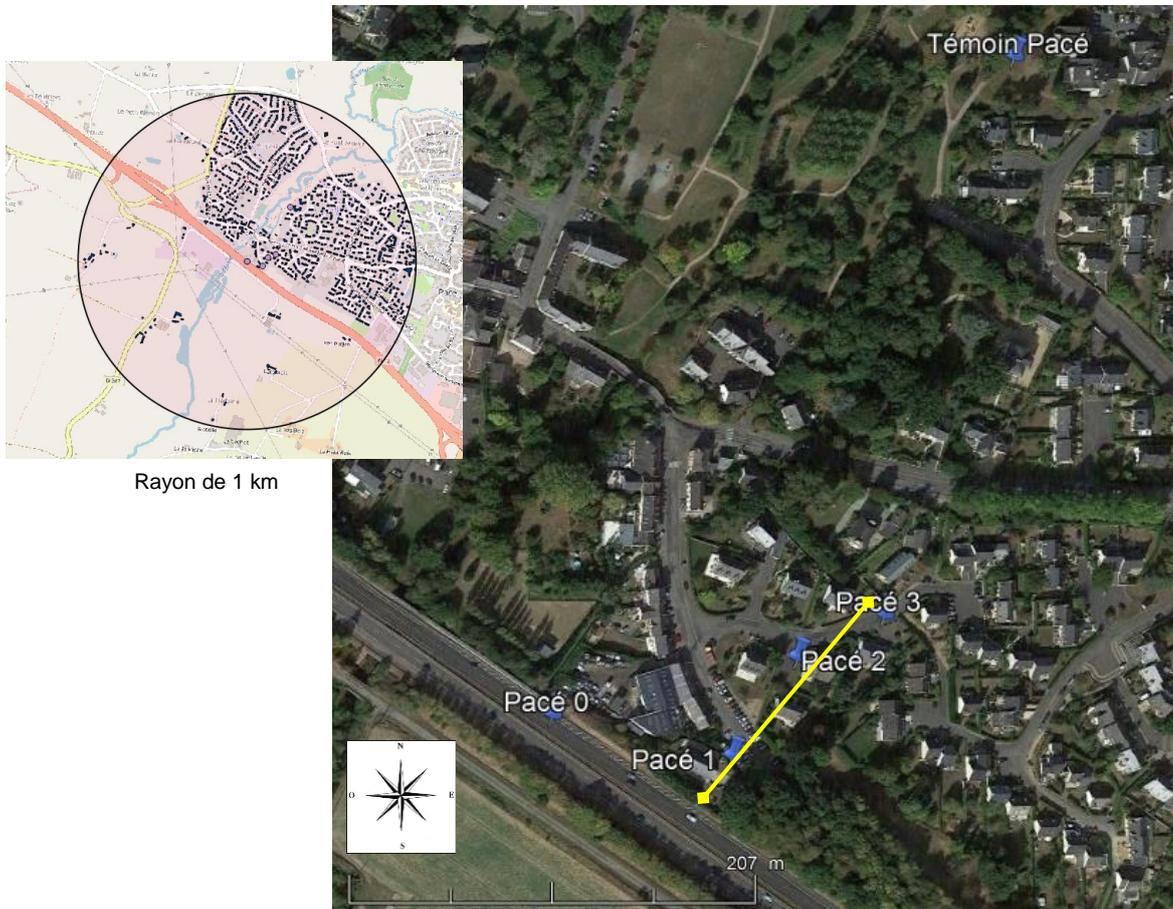
[1] données comptage routier 2016 communiquées par le gestionnaire d'infrastructures

[2] Base de données INSEE 2014

Précision sur les données trafic :

Les données trafic sont exprimées en Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA), soit la moyenne du nombre de véhicules par jour pour une année entière (intégrant les samedi, dimanche et vacances). Les TMJA sont inférieurs aux trafics qui peuvent être exprimés en moyenne journalière ou mensuelle (TMJ, TMJM) représentatifs d'une période de comptage donnée (1 jour, une semaine, 1 mois) mais pas de l'ensemble des flux annuels.

III.3.3 Secteur de Pacé – Influence RN12

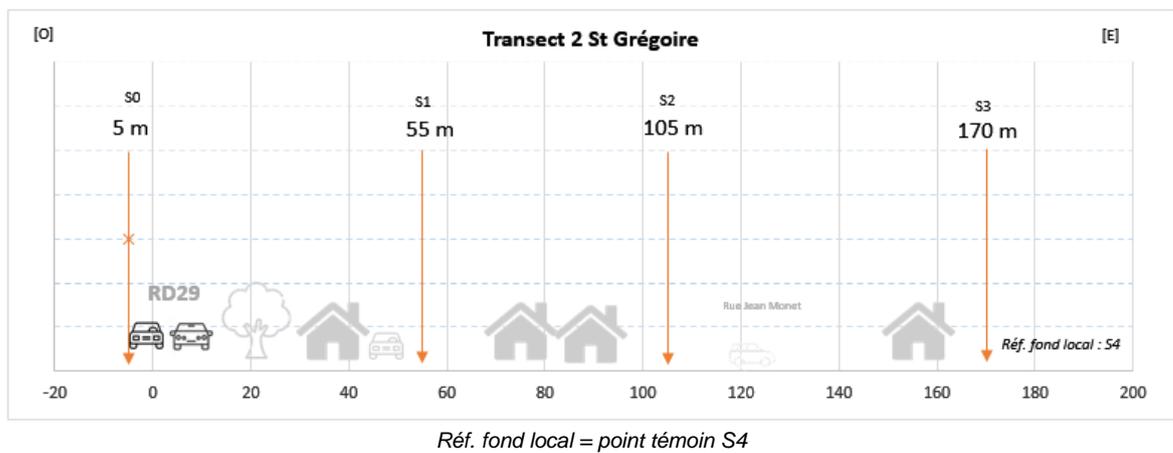
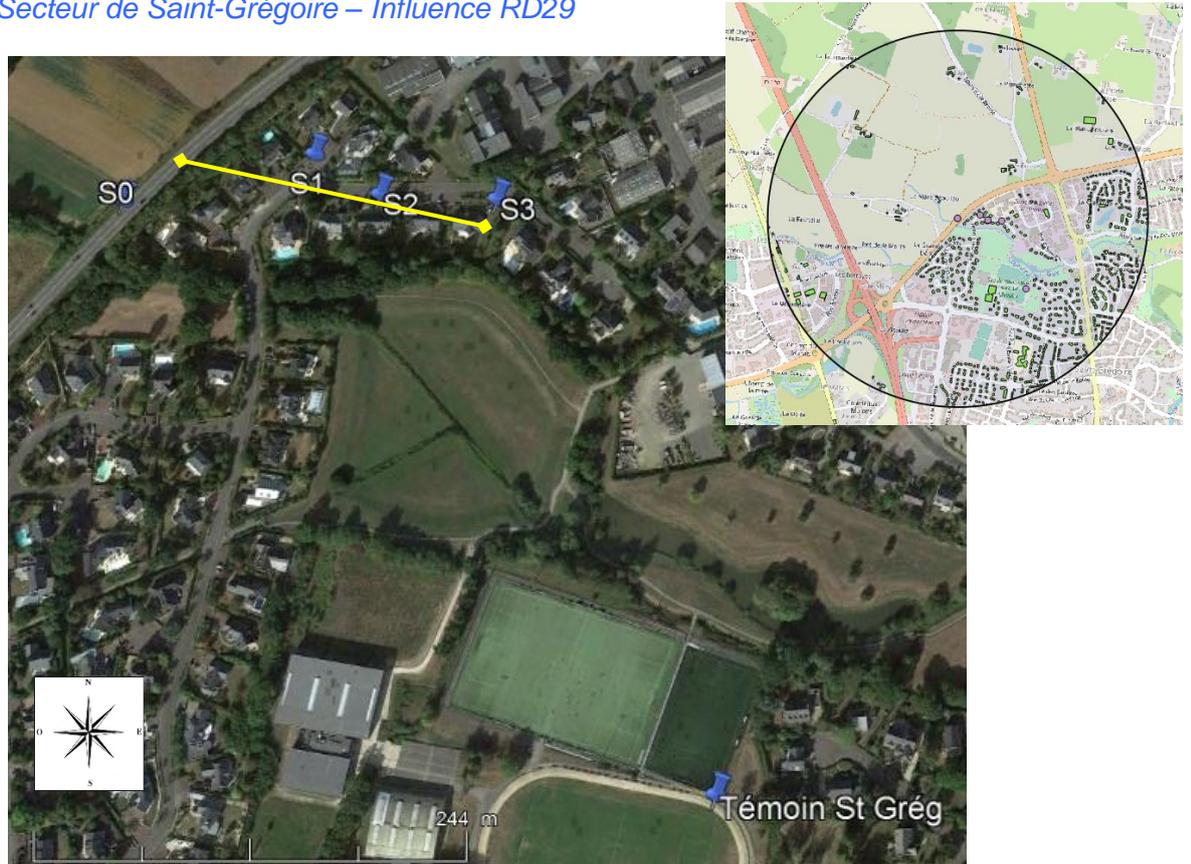


Réf. fond local = point témoin P4

Ce secteur se trouve à proximité de l'axe routier Rennes/Saint-Brieuc qui présente le niveau de trafic le plus élevé parmi l'ensemble des secteurs étudiés : 63 136 v/jr (TMJA 2016). Les points de mesures, situés dans la zone bâtie, se trouvent au Nord-Est de l'axe routier. Ils sont sous l'influence des émissions du trafic automobile de la N12 lorsque les vents sont de secteur Sud-Ouest.

La densité de population dans un rayon de 1 km autour du point P0 est de 970 hab/km².

III.3.4 Secteur de Saint-Grégoire – Influence RD29



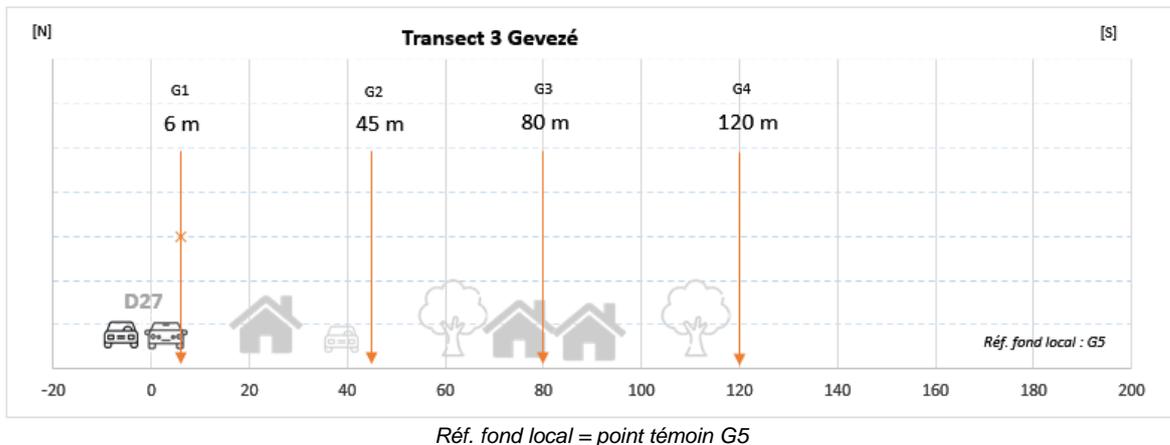
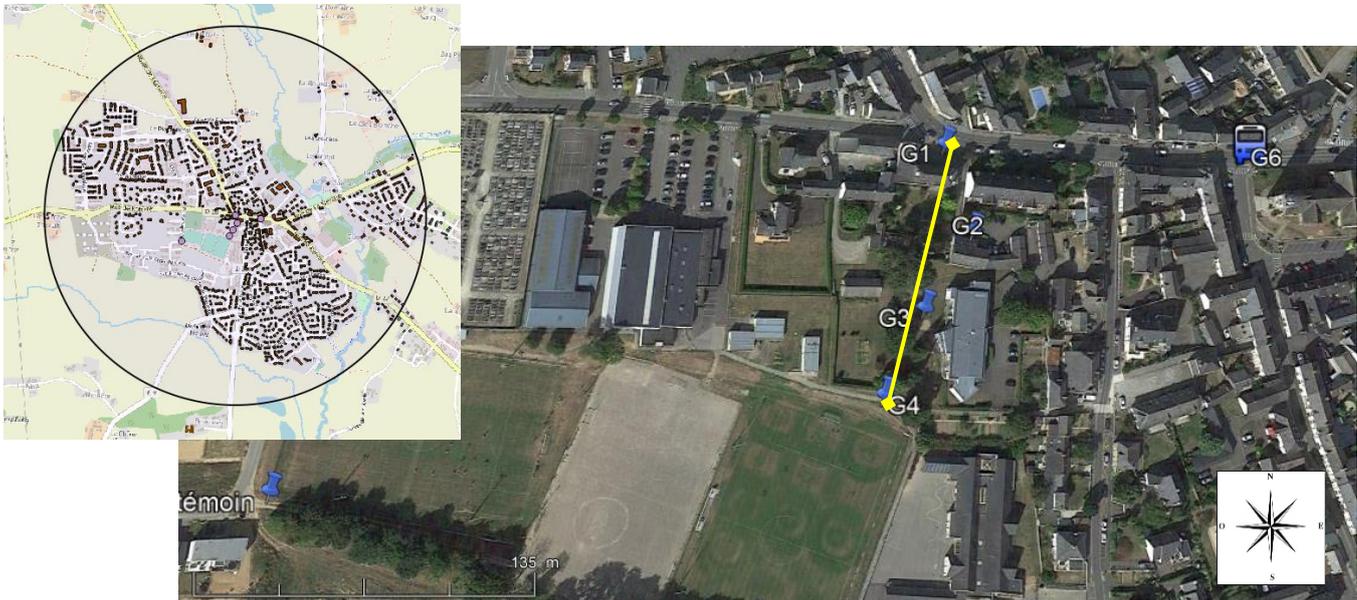
Ce secteur se trouve à côté de la D29 qui constitue la 2nde ceinture de Rennes avec un trafic de 20 091 v/jr (TMJA 2016).

Le transect a été réalisé dans la zone bâtie située au Sud-Est de la départementale. Il se trouve sous influence des émissions du trafic routier par vent de Nord-Ouest.

La densité de bâti est la plus faible parmi l'ensemble des secteurs : 640 hab/km².

III.3.5 Secteur Gévezé : Influence RD27

Le point G6 a été équipé d'un analyseur automatique.



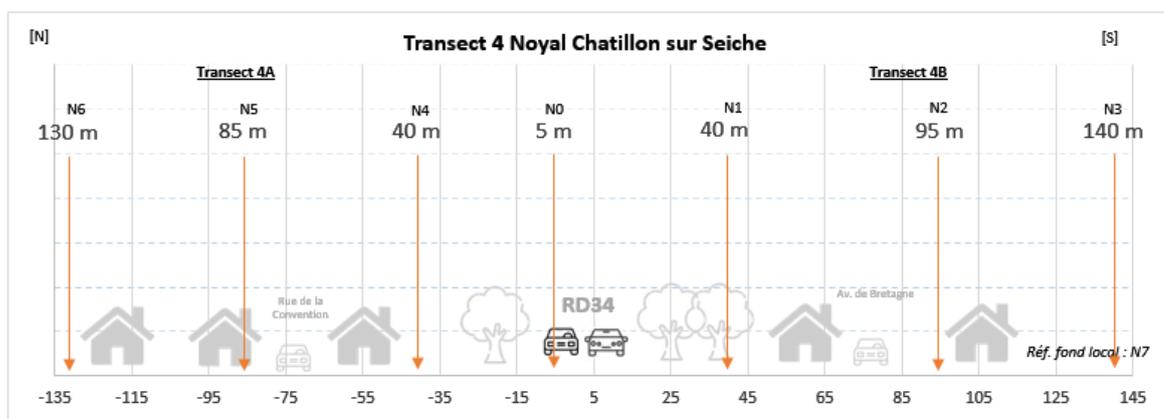
Ce transect a été réalisé en milieu urbain, dans le centre de la commune de Gevezé qui compte 5291 habitants (recensement INSEE 2016). Cette situation centrale limite l'influence des variations de direction de vents contrairement aux autres secteurs d'études.

La densité du bâti dans un rayon de 1 km autour du point G1 est de 1284 hab/km².

Le trafic sur l'axe principal qui traverse la commune du Nord au Sud est de 9 329 v/jr (TMJA 2016).

Un analyseur en continu a été ajouté sur ce point à proximité de l'église (point G6), au niveau de laquelle un branchement électrique était possible.

III.3.6 Secteur de Noyal-Châtillon-sur-Seiche : Influence RD34



Réf. fond local = point témoin N7

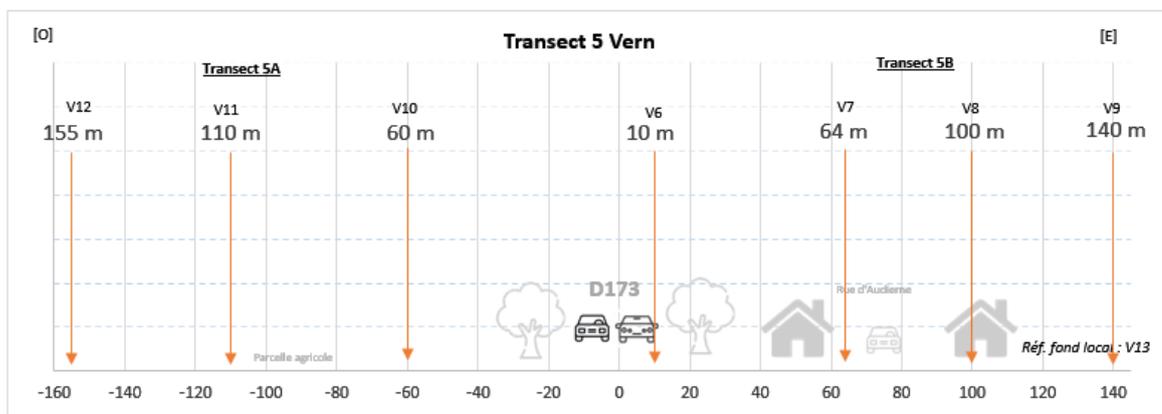
Pour ce secteur, 2 transects ont été réalisés de part et d'autre de la D34 qui constitue la 2^{nde} ceinture de Rennes avec un trafic de 16 955 v/jr (TMJA 2016). Le transect N0-N6 est exposé aux émissions du trafic routier par vents de Sud-Est, alors que le transect N0-N3 est plutôt exposé par vents de Nord-Ouest.

La densité de bâti dans un rayon de 1 km autour du point N0 est de 807 hab/km². Le bâti est majoritairement concentré sur la partie Sud-Ouest du secteur.

III.3.7 Secteur de Vern-sur-Seiche : influence RD34

Pour ce secteur, le transect a été complété par plusieurs points de mesures positionnés à proximité d'établissements dits sensibles : établissements de santé, école, collège et salle de sports.

Le point V1, à proximité d'un établissement de santé, a été équipé d'un analyseur automatique.



Réf. fond local = point témoin V13



Figure 4 : Localisation du bâti autour du point V1



Figure 5 : Localisation du bâti autour du point V6

Le secteur est traversé du Nord au Sud par la départementale 173 qui présente un TMJA de 24500 v/jr (TMJA 2016).

Le bâti est principalement positionné au Nord-Ouest du secteur. Sa densité est comprise entre 1500 et 1800 hab/km² dans un rayon de 1 km² respectivement autour des points V6 et V1.

Deux transects ont été réalisés perpendiculairement à l'axe routier :

- V6 à V12 à l'Ouest du tronçon routier donc influencé par les émissions trafic par vent de secteur Est,
- V6 à V9, à l'Est du tronçon et donc influencé par vent d'Ouest.

III.4. Dates des campagnes

Les campagnes estivale et hivernale ont été réalisées respectivement du jeudi 6/09/18 au jeudi 4/10/18, puis du jeudi 17/01/19 au jeudi 14/02/19.

La durée cumulée de ces campagnes est de 2 mois. Elle est jugée suffisante par la réglementation pour que les statistiques calculées soient comparables aux valeurs réglementaires établies sur une période d'un an. Toutefois, une correction a été réalisée à partir de mesures effectuées toute l'année sur l'une des stations du réseau d'Air Breizh.

Lors de chaque campagne, des prélèvements par tube passif (série de prélèvement d'une semaine) ont été réalisés sur l'ensemble des points, complétés par des mesures en continu sur deux points.

Les séries de prélèvements passifs étaient les suivantes :

- Campagne estivale :
 - o Série 1 : du 6/09 au 13/09/18 ;
 - o Série 2 : du 13/09 au 20/09/18 ;
 - o Série 3 : du 20/09 au 27/09/18 ;
 - o Série 4 : du 27/09 au 04/10/18.
- Campagne hivernale :
 - o Série 1 : du 17/01 au 24/01/19 ;
 - o Série 2 : du 24/01 au 31/01/19 ;
 - o Série 3 : du 31/01 au 7/02/19 ;
 - o Série 4 : du 7/02 au 14/02/19.

IV. Conditions durant les mesures

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

IV.1. Les conditions météorologiques

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

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

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

IV.1.1 Direction et vitesse du vent

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

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

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

Les conditions de vents durant les campagnes estivale et hivernale sont présentées ci-après.

a) Campagne estivale du 06/09 au 04/10/18

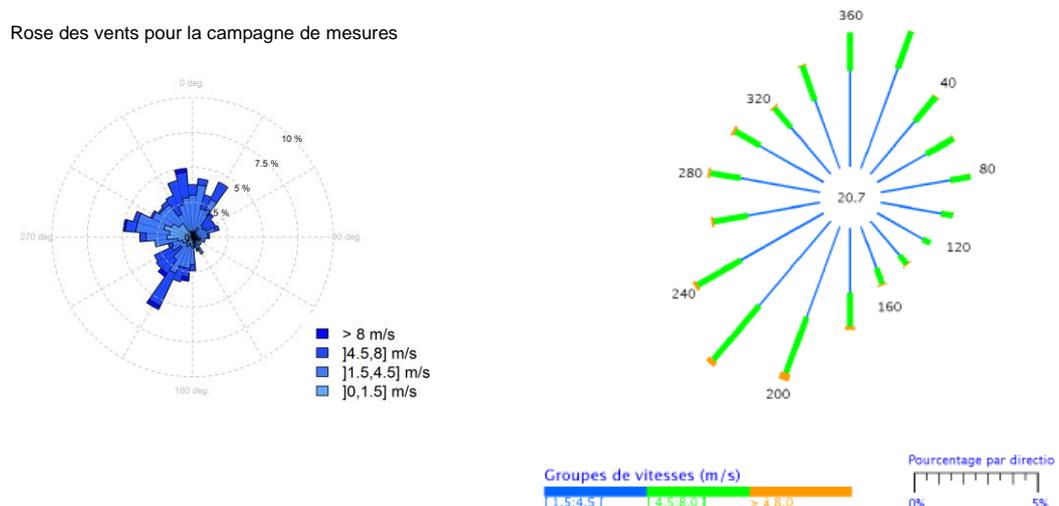


Figure 6 : Rose des vents durant la campagne de mesures *estivale* (à gauche) et rose des vents type d'un mois de septembre [données MF ST Jacques] (à droite)

Durant la campagne estivale, des vents des secteurs Sud-Ouest à Nord-Est ont été enregistrés sans direction dominante, contrairement aux conditions normales avec prédominance de vents de Sud-Ouest.

Le détail des conditions de vents pour chacune des séries hebdomadaires (S1, S2, S3 et S4) est présenté sur la figure 7.

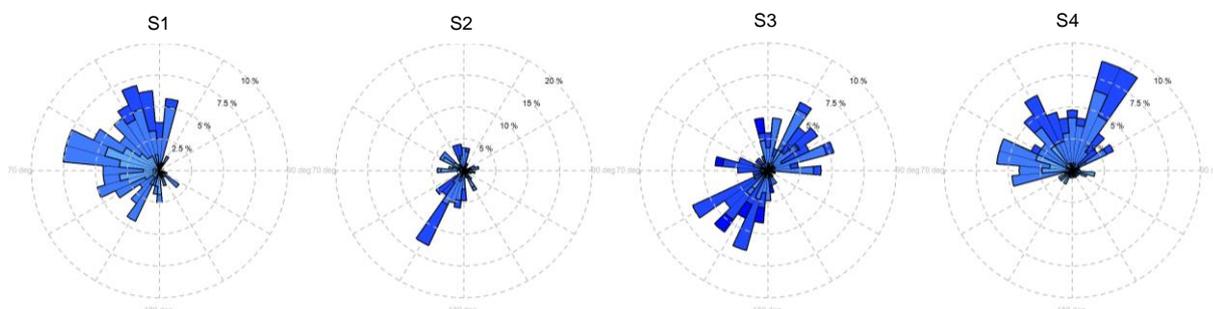


Figure 7 : Roses des vents hebdomadaires pour la campagne estivale

Les conditions durant ces quatre semaines successives ont été différentes.

La 1^{ère} série présente des vents de Sud-Ouest à Nord. La seconde présente une direction majoritairement du Sud-Ouest. La troisième série semble la plus proche des conditions normales avec des vents de Sud-Ouest et de Nord-Est. Enfin la dernière série, présente des vents d'Ouest à Nord-Est.

b) Campagne hivernale du 17/01 au 14/02/19

Rose des vents pour la campagne de mesures

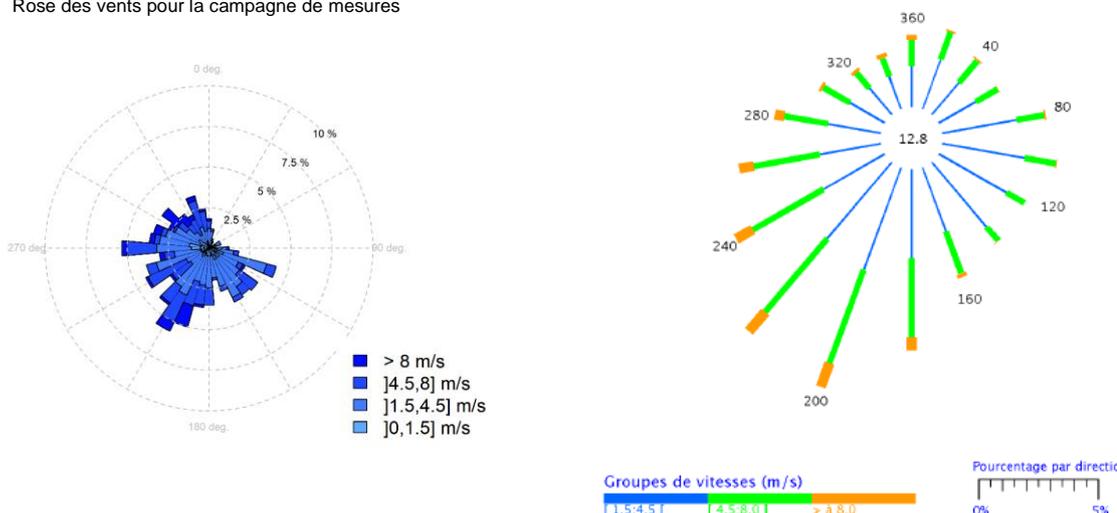


Figure 8 : Rose des vents durant la campagne de mesures hivernale (à gauche) et rose des vents type d'un mois de janvier [données MF ST Jacques] (à droite)

Durant la campagne hivernale, les vents de Sud-Ouest ont été majoritaires, semblables aux normales saisonnières. Signalons toutefois que ce sont les vents de Nord-Est, lors des conditions anticycloniques, qui favorisent l'augmentation des niveaux de concentrations dans l'air pendant cette période de l'année. Ils ont été insignifiants pendant cette campagne (figure 8).

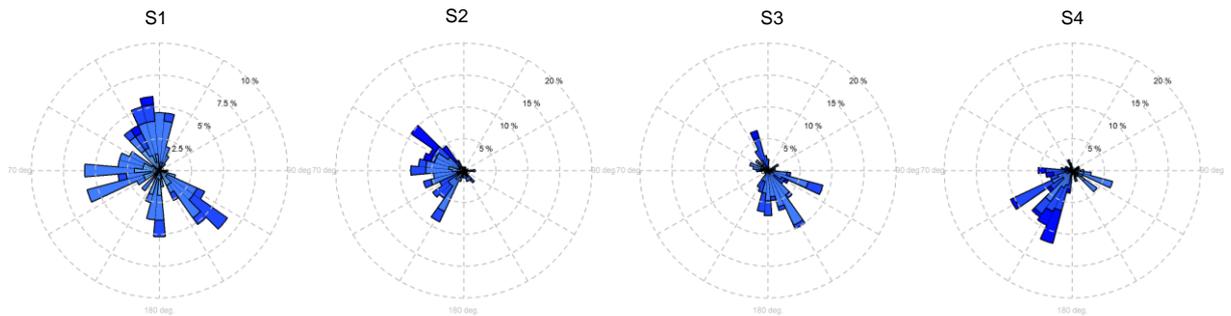


Figure 9 : Roses des vents hebdomadaires pour la campagne hivernale

A l'image de la campagne estivale, les conditions de vents durant cette période de mesures hivernale ont été différentes selon les séries hebdomadaires.

La première série ne présente pas de direction majoritaire contrairement aux trois suivantes. La seconde série présente des vents d'Ouest. La troisième série présente des vents de Sud-Est et enfin la quatrième série présente des vents de Sud-Ouest.

Ces analyses hebdomadaires seront reprises pour l'analyse des résultats semaine par semaine.

IV.1.2 La pluviométrie et les températures durant les périodes de mesures

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

Quant aux précipitations, elles favorisent une diminution des concentrations en polluants par lessivage.

Très peu de précipitations ont été enregistrées sur la période estivale : cumul de 10.5 mm dont 6.7 mm le 21/09 (série 3 – figure 10).

Ces précipitations ont été faibles au regard des conditions normales : cumul de 59 mm en moyenne enregistré pour un mois de septembre de 1981 à 2010 à Rennes St Jacques (Météo France).

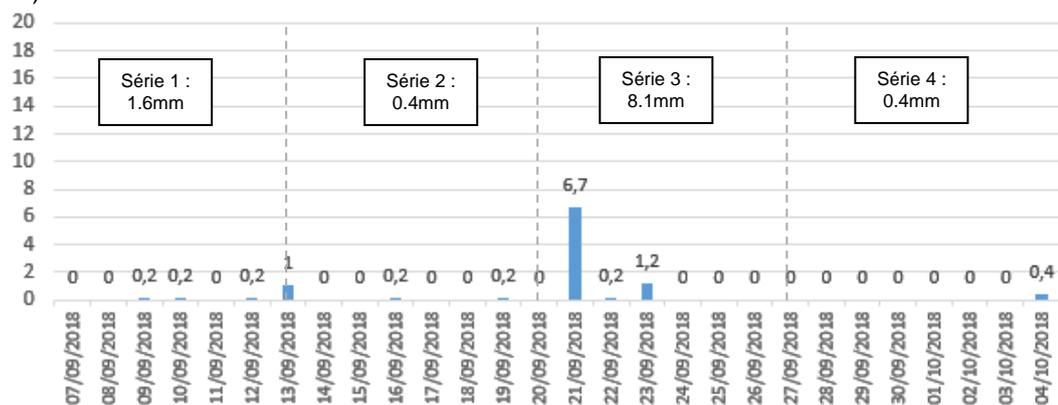


Figure 10: Précipitations journalières à Rennes sur toute la période de la campagne estivale (Source : données Météo France Rennes St Jacques)

En revanche, durant la campagne hivernale, les précipitations ont été plus récurrentes. Cinq jours présentent des précipitations jugées significatives (>5 mm – figure 11).

Le cumul enregistré sur la période est de 105 mm. Il dépasse largement les conditions normales pour un mois de janvier ou février (respectivement 68 et 49 mm).

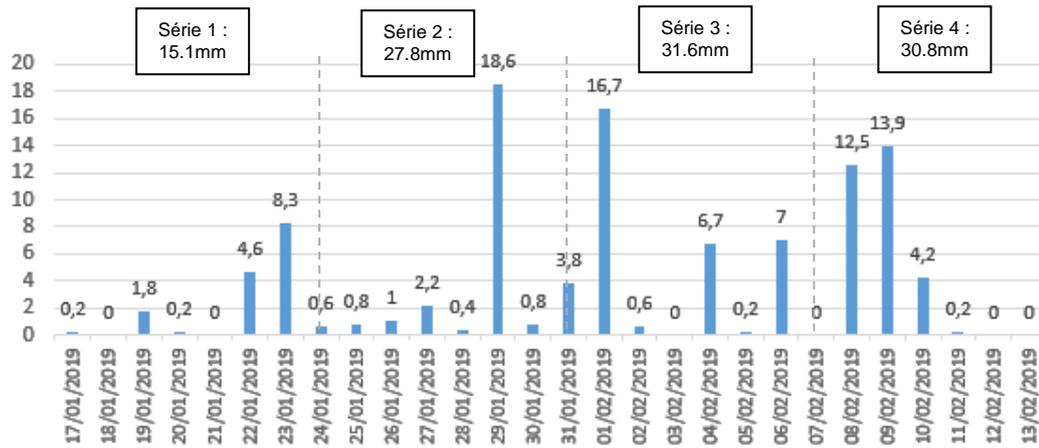


Figure 11 : Précipitations journalières à Rennes sur toute la période de la campagne hivernale (Source : données Météo France Rennes St Jacques)

Les précipitations abondantes durant la campagne hivernale influencent la baisse des niveaux de concentrations dans l'air.

Pour les températures, les moyennes journalières sur deux périodes d'étude sont présentées sur le graphique suivant.

Les températures relevées durant la campagne estivale ont été légèrement supérieures aux normales saisonnières (16.5°C pour un mois de septembre d'après Météo-France) durant les 15 premiers jours, puis inférieures durant les 15 derniers jours (figure 12).

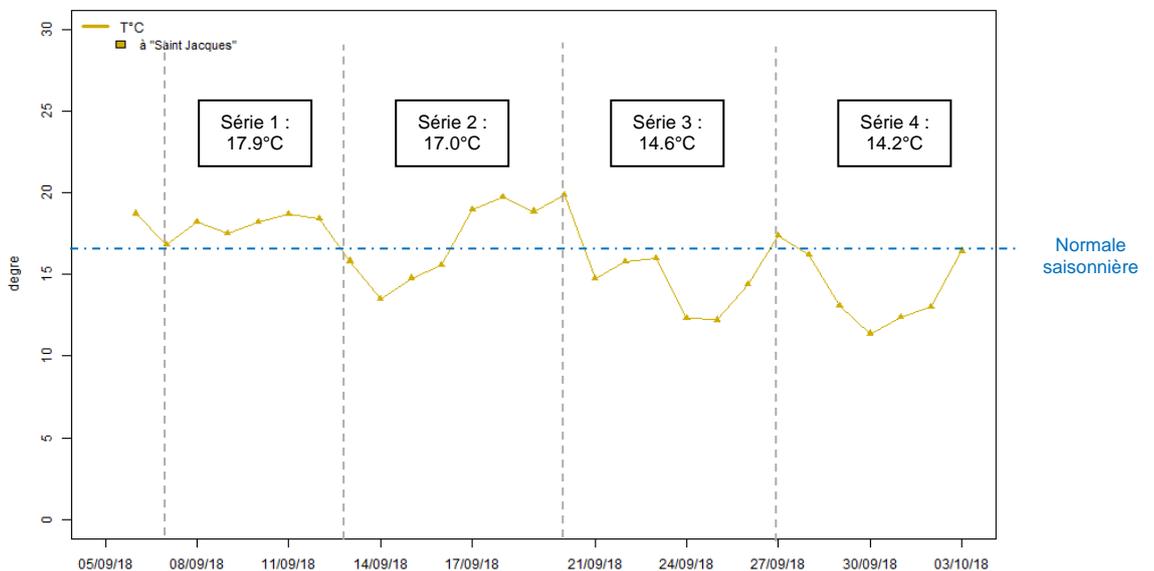


Figure 12 : Evolution des températures moyennes journalières en °C durant la campagne estivale (station Météo France de St Jacques de la Lande)

En hiver, les températures relevées durant la campagne ont été homogènes et conformes aux normales saisonnières (janvier : 5.8°C et février 6.1°C) excepté toutefois la série 1 qui a présenté une température moyenne plus faible (figure 13).



Figure 13 : Evolution des températures moyennes journalières en °C durant la campagne hivernale (station Météo France de St Jacques de la Lande)

Les évolutions horaires des températures sont présentées sur la figure 14.

On constate notamment que pendant les mesures d'hiver, les températures matinales sont passées en dessous de 0°C pour 6 journées. Ces faibles températures peuvent favoriser l'augmentation des polluants dans l'air du fait d'une augmentation des émissions (dus au chauffage et à une moins bonne dispersion atmosphérique).

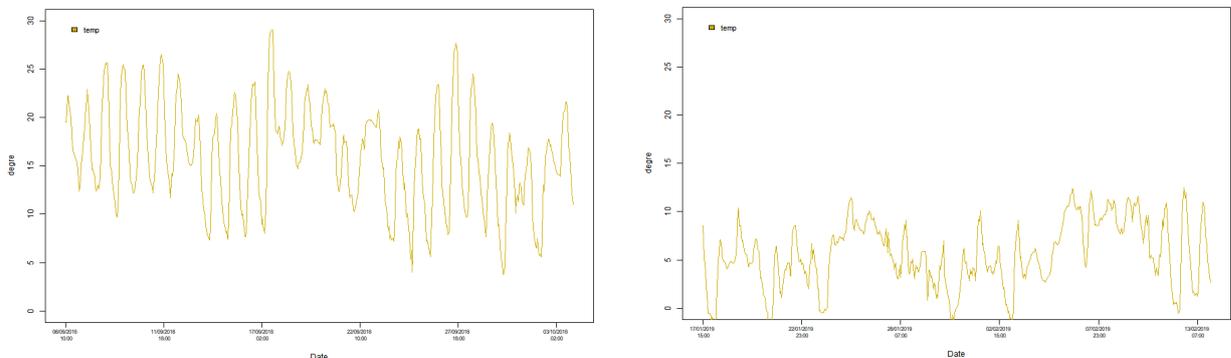


Figure 14 : Evolution horaire des températures en campagne estivale (à gauche) et hivernale (à droite) (station Météo France de St Jacques de la Lande)

En synthèse de cette analyse des conditions météorologiques durant les campagnes, on peut retenir que les conditions sèches de la période estivale ont été plutôt pénalisantes au regard de la qualité de l'air.

Concernant la campagne hivernale, les pluies plus récurrentes et plus abondantes que les normales saisonnières, qui ont contribué à lessiver l'atmosphère, ont été plutôt favorables à la qualité de l'air. Notons également l'absence de vents de secteur Nord-Est par rapport aux conditions normales.

IV.2. Episode de pollution

Sur les deux campagnes de mesures, un dépassement de la valeur seuil d'informations et recommandations pour le dioxyde d'azote a été constaté lors de la campagne de mesures estivales sur la station trafic Rennes les Halles le 28/09/18.

Par comparaison aux autres mois de la saison estivale 2018 (d'avril à septembre), la période d'étude a donc été plutôt favorable à l'accumulation des polluants atmosphériques. Le graphique de la figure 15, qui présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles en dioxyde d'azote à la station urbaine de fond St Yves, confirme ce point.

Concernant la période hivernale, les mois de janvier et février 2019 ont enregistré les concentrations moyennes mensuelles les plus élevées. Elles sont mêmes supérieures à celles observées pour ces mêmes mois en 2018. Sur l'ensemble de ces mois, l'impact des précipitations récurrentes observées durant les périodes de mesures a donc été modéré.

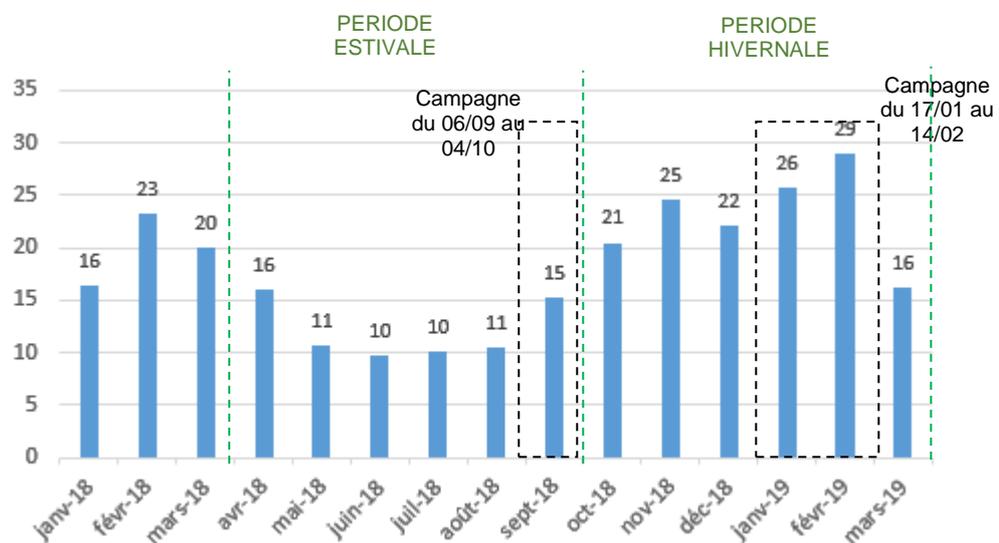


Figure 15 : Evolution mensuelle des niveaux de dioxyde d'azote de janvier 2018 à mars 2019 à St Yves – Rennes (en µg/m³)

IV.3. Conditions de circulation

IV.3.1 Trafic moyen journalier annuel (TMJA) et vitesse de circulation

Le **trafic moyen journalier annuel** (TMJA) correspond au nombre moyen de véhicules/jour enregistré en un point sur une période d'un an.

C'est un paramètre important à considérer en termes d'émission de polluants puisque, d'une façon générale, plus les véhicules sont nombreux sur un même tronçon, plus les émissions cumulées de gaz d'échappement, sont élevées.

Les données TMJA issues des comptages routiers réalisés par le gestionnaire d'infrastructures dans chaque secteur d'étude sont indiquées ci-après. Il s'agit de moyenne annuelle pour chaque secteur, ce qui n'exclut pas des périodes plus ou moins chargées selon les périodes.

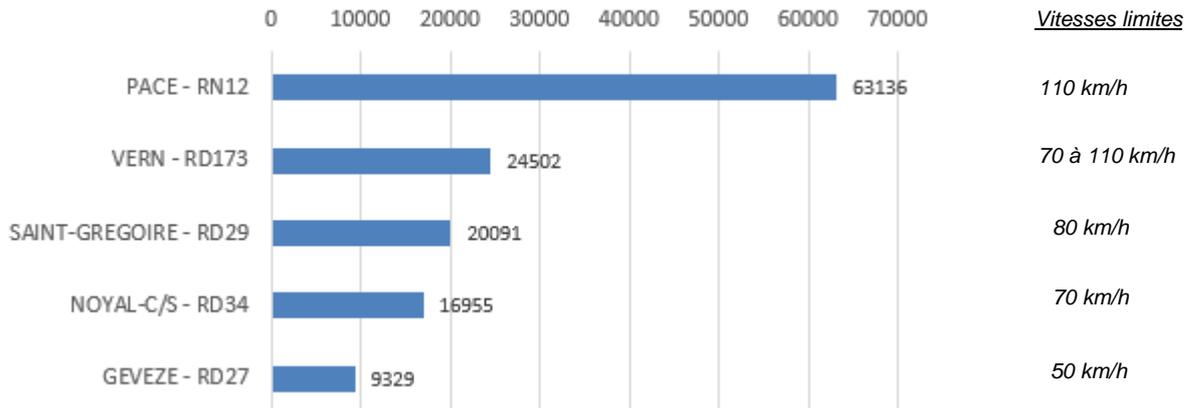


Figure 16 : TMJA comptages routiers 2016 – en nb de véhicules jours [Sources : CD35]

Remarque : le TMJA exprime un flux moyen incluant tous les jours de l'année, y compris les samedis, dimanches et périodes de vacances où il y a moins de circulation. Les comptages ponctuels réalisés pour les besoins de l'étude au centre de Gévezé (partie IV.3.2) correspondent à un trafic moyen journalier sur 2 périodes d'1 mois hors congés et sont donc supérieurs au TMJA.

Le secteur de Pacé au bord de la nationale 12, présente le niveau de trafic le plus élevé, de l'ordre de 60 000 v/jr. Viennent ensuite les secteurs Vern, Saint-Grégoire et Noyal-Châtillon-sur-Seiche de l'ordre de 20 000 v/jr.

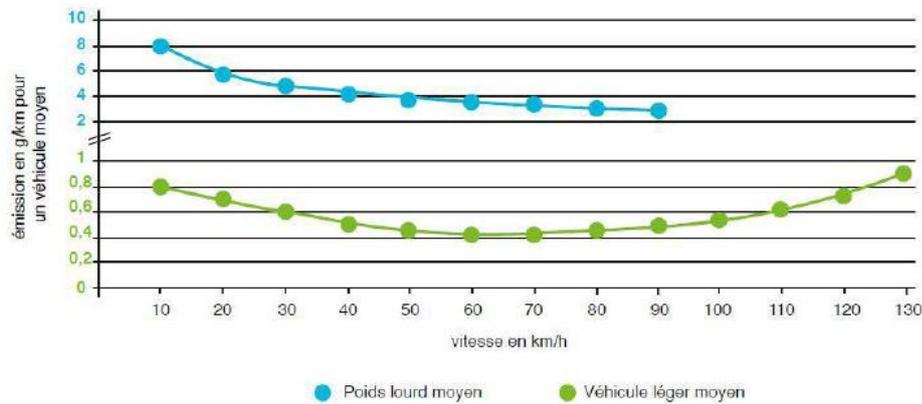
Si le secteur de Gévezé présente le niveau de trafic le plus faible, bien que significatif (9 329 v/jr) en traversée d'agglomération, la configuration des lieux est peu dispersive.

La **vitesse de circulation** et la composition du trafic sont également des paramètres influant sur les concentrations, puisqu'ils conditionnent les facteurs d'émissions (c'est-à-dire la quantité de polluant émise par un véhicule pour chaque kilomètre parcouru).

Le graphique ci-après présente les émissions des véhicules en fonction de leur typologie (véhicules légers et poids lourds) et de leur vitesse de circulation.

Pour une même vitesse, par exemple 80 km/h, un poids lourd émet six fois plus d'oxydes d'azote qu'un véhicule léger.

Pour un véhicule léger, les émissions sont quasi-constantes entre les vitesses de 50 et 80 km/h. Elles sont très légèrement plus faibles à 60-70 km/h. A 110 km/h, les émissions sont 1.5 fois plus élevées qu'à 50 ou 80 km/h (figure 17).



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

Dans le cas de cette étude, les vitesses limites sont différentes pour chacun des secteurs. Il s'agit toutefois des vitesses réglementées et non des vitesses réelles de circulation (plus représentatives des émissions) qui ne sont pas disponibles pour la période d'étude.

En revanche, des comptages routiers ont été effectués sur le secteur de Gévezé pendant les mesures. Ils sont présentés ci-après.

IV.3.2 Comptages routiers pendant les mesures sur le secteur de Gévezé

En complément des données moyennes annuelles pour chacun des secteurs, des **comptages routiers** ont été réalisés durant les deux campagnes de mesures sur le secteur de Gévezé (RD27 14 rue de Dinan).

Les résultats des comptages effectués lors des deux campagnes sont présentés sur les figures 18 et 19.

Les niveaux moyens de trafic (TMJ) sur les deux périodes de mesures ont été de 12 400 v/jr en septembre 2018 et 9 522 v/jr en janvier/février 2019 soit une différence de 25%.

Les différences observées entre les trafics moyens horaires peuvent atteindre -35% en période de pic trafic entre les deux saisons.

L'analyse des données journalières révèle des variations importantes des niveaux de trafic sur les deux périodes entre les jours de la semaine et le week-end.

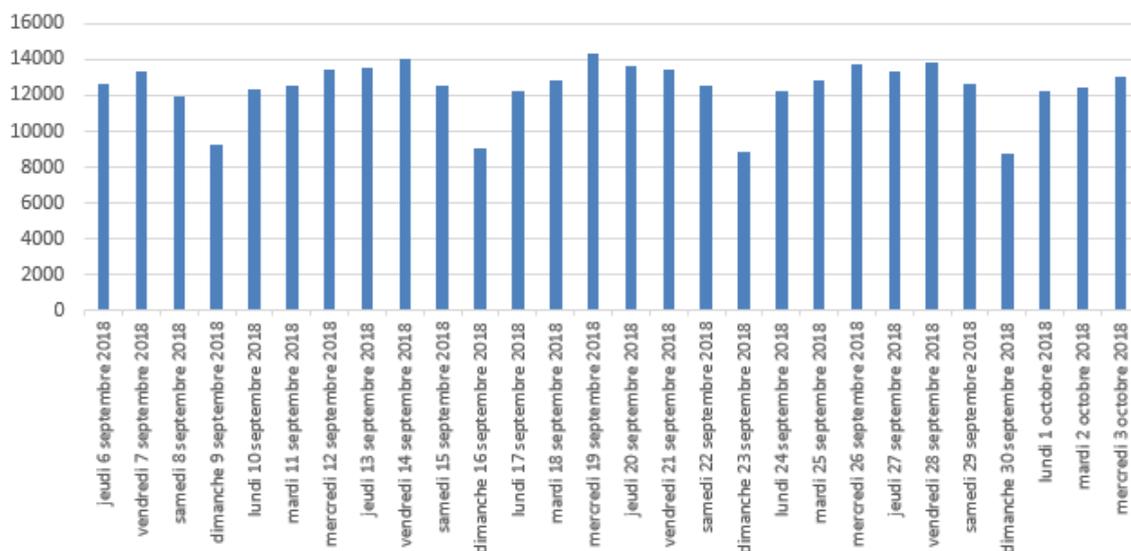


Figure 18 : Trafic journalier à Gévezé durant la campagne estivale (en nb de véhicules/jr) [comptage Rennes Métropole]

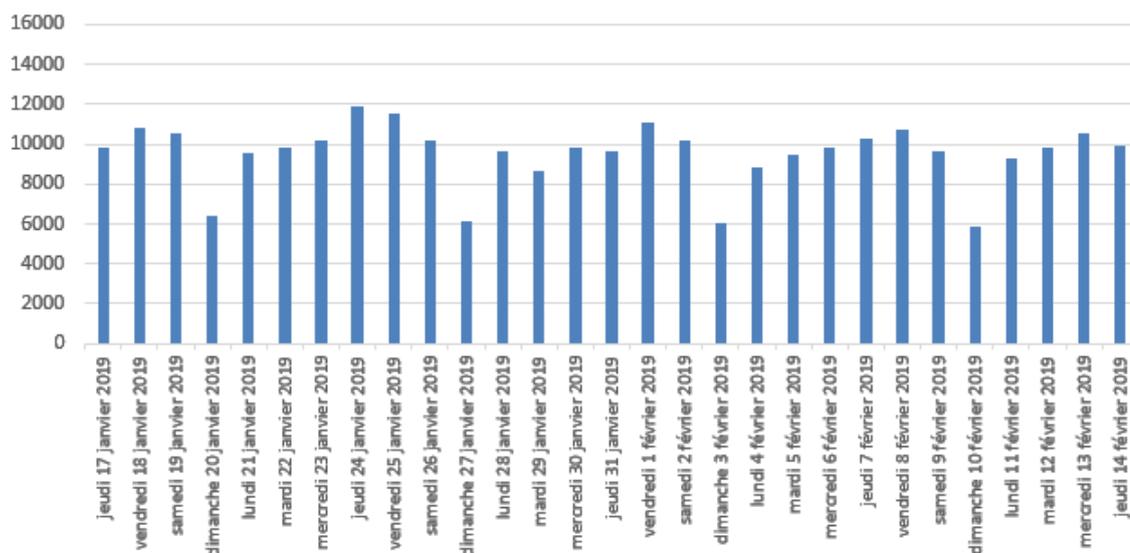


Figure 19 : Trafic journalier à Gévezé durant la campagne hivernale (en nb de véhicules/jr) [comptage Rennes Métropole]

La figure 20 présente les profils moyens horaires sur la période de mesures. Pour les jours ouvrés, il fait apparaître deux pics de trafic : le matin (8-9h) et en fin de journée (18-19h) caractéristiques d'un trafic influencé par les trajets « domicile → lieu de travail ». Le week-end, les pics sont moins marqués.

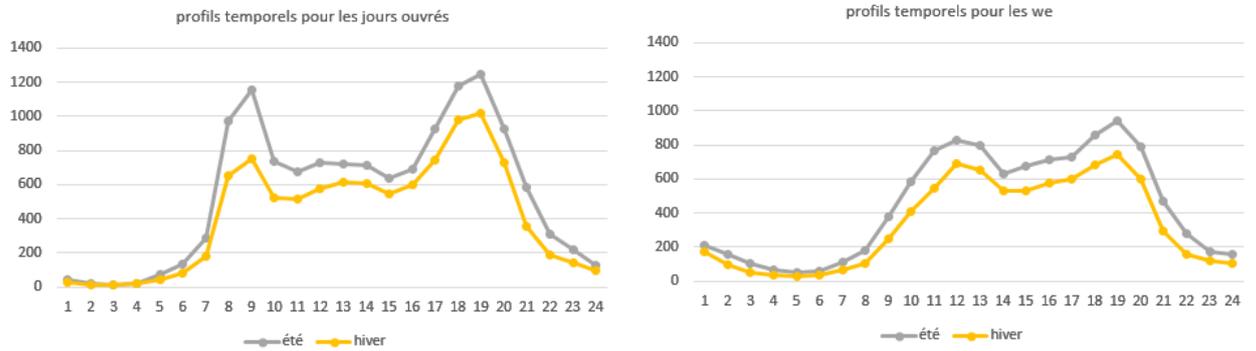


Figure 20 : Profil horaire du trafic (en nb de véhicules) à Gévezé pendant les campagnes de mesures – jours ouvrés (à gauche) et week-end (à droite)

Les profils des deux saisons sont assez semblables bien que les niveaux de trafic horaires lors de la période hivernale soient systématiquement inférieurs en semaine et le week-end. Un comportement de conduite différent des automobilistes le week-end pourrait expliquer cette différence.

V. Résultats et interprétation des mesures de dioxyde d'azote

Ce chapitre traite successivement des résultats des mesures en continu et de leur situation par rapport aux autres stations du réseau de mesures d'Air Breizh, de la comparaison des résultats par rapport aux seuils réglementaires et enfin de la variabilité spatiale des niveaux déterminés avec les tubes passifs.

V.1. Résultats des analyseurs automatiques

Deux points de mesures automatiques ont été installés à :

- Gévezé : le point G6 est situé près du n°14 rue de Dinan, à 3 m du centre de la voie présentant un TMJA de 9 300 v/j (TMJ de 12 400 et 9 522 respectivement pour les 2 périodes de comptages associés aux mesures). Au vu de la classification des stations de surveillance de la qualité de l'air, il s'agit d'un point en situation urbaine trafic (UT). Il est situé dans le centre urbain de Gévezé (cf. figures 21, 22) et se trouve donc influencé par les émissions locales quelles que soient les directions de vents.
- Vern-sur-Seiche : le point V1 est situé au Pâtis Fraux, à 50 mètres du centre de la voie présentant un TMJA de 24 502 v/jr (figures 21 et 22). Du fait de sa distance d'éloignement des voies, il s'agit d'un point en situation urbaine de fond. Il se trouve en périphérie de la commune de Vern-sur-Seiche (au Sud-Ouest). Il n'est pas exposé aux émissions de l'axe routier et du centre urbain par vent de Sud-Ouest qui sont majoritaires dans la région.



Figure 21 : Illustration de la densité de bâti autour des points de mesures : Gévezé (à gauche) et Vern-sur-Seiche (à droite) [Cadastre – Geoportail]



Figure 22 : Points de mesures automatiques à G6 Gévezé (à gauche) et V1 Vern-sur-Seiche (à droite)

V.1.1 Qualification des niveaux moyens mesurés

Les mesures automatiques relevées pendant les campagnes ont été comparées à celles des stations du réseau de mesures d'Air Breizh, situées à Rennes.

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

- Rennes Laënnec : station urbaine trafic ;
- Rennes Les Halles : station urbaine trafic ;
- Rennes Saint-Yves : station urbaine de fond, située dans le centre historique de Rennes.

Nous avons également ajouté la station rurale de Guipry qui fait partie du réseau national [MERA](#) relatif à l'évaluation de la pollution atmosphérique longue distance en zone rurale.

Tableau 8 : Caractéristiques des points de mesures du réseau d'Air Breizh à Rennes (et à proximité)

	Type de station	TMJA [1]	Densité (hab/km ²) [2]
Rennes St Yves	Urbaine de fond	X	12 657
Rennes Les Halles	Urbaine trafic	16 270	12 020
Rennes Laënnec	Urbaine trafic	10 834	8 248
Guipry	Rurale de fond	X	305

[1] pour les stations urbaines trafic – données 2016

[2] Population INSEE 2014 – déterminée dans un rayon de 1 km

La figure 23 présente les concentrations moyennes observées durant les campagnes par site de mesures pour le dioxyde d'azote. Les rapports NO/NO₂ sont également présentés (figure 24). Ils révèlent l'influence des émissions du trafic sur la mesure : plus le rapport est élevé, (NO>NO₂), plus la mesure est influencée par les émissions du trafic routier à proximité.

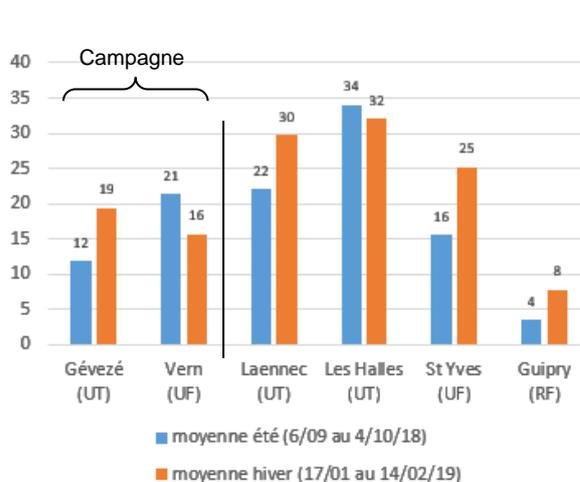


Figure 23 : Concentrations moyennes mensuelles en NO₂ (en µg/m³)

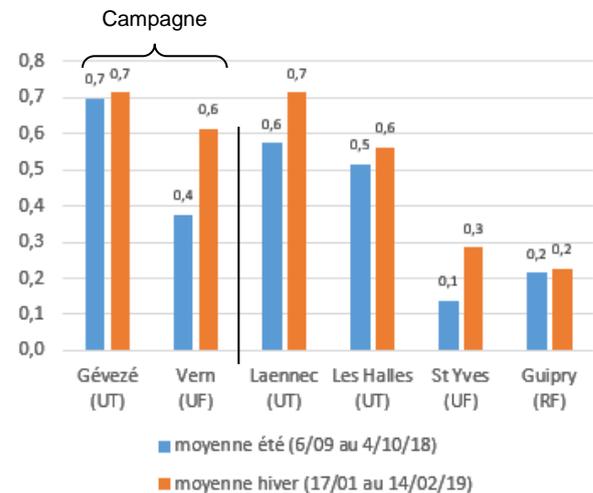


Figure 24 : Ratios NO/NO₂ par campagne

Concernant les stations du réseau d'Air Breizh, 3 des 4 points de mesures (Laënnec, Saint-Yves et Guipry) enregistrent une hausse des **concentrations en dioxyde d'azote** en hiver par rapport à la campagne estivale (facteur moyen 1,7). Les concentrations relevées sur la station trafic des Halles entre l'été et l'hiver sont quasi stables (figure 23).

Pour les deux points de mesures de cette étude, les tendances entre les deux saisons ne sont pas identiques.

La concentration moyenne en dioxyde d'azote relevée en hiver à Gévezé (pt G6) est bien supérieure à celle de l'été (+7 µg/m³ soit un facteur 1.6, conforme à ce qui est observé sur les autres stations du réseau).

Cette évolution n'est pas cohérente avec la baisse de trafic constatée entre les deux saisons (-25%). Or les mesures ont également été influencées par d'autres émissions (notamment le chauffage) au vu de la situation du point de mesures au centre de la commune.

Au contraire, sur le point Vern-sur-Seiche (V1), la concentration hivernale en NO₂ est moins élevée que celle de l'été (-5 µg/m³).

Les conditions météorologiques et notamment la direction des vents (Sud-Ouest majoritaires) peuvent expliquer ce constat. En effet, la direction des vents a contribué à positionner le point de mesures en amont de l'axe routier mais également de la zone d'habitats la plus dense. Une sous-estimation des mesures en période hivernale est donc possible au regard des conditions météorologiques normales.

A l'inverse, la présence d'arbres à proximité du point a pu contribuer à limiter la dispersion des polluants en été, d'où un risque de sur-estimation des mesures pendant cette période.

Concernant le **ratio NO/NO₂** qui révèle l'influence du trafic sur les mesures (figure 24), la station de Gévezé (G6) indique un ratio élevé de 0.7, stable entre les deux saisons, semblable à celui mesuré sur la station trafic des Halles à Rennes. Ce ratio confirme l'influence des émissions du trafic routier sur ce point de mesures.

Sur le point de Vern-sur-Seiche (V1), le ratio en campagne hivernale est plus élevé par rapport à la campagne estivale. Cette évolution entre les saisons est similaire à celle de la station Saint-Yves, bien que les valeurs des ratios soient supérieures à Vern.

L'éloignement du point de mesures par rapport à l'axe routier le plus proche justifie que les ratios soient plus faibles sur ce point comparativement au point Gévezé.

L'influence des émissions trafic sur ces deux points est significative comparativement au ratio mesuré à la station de fond urbaine de St Yves (0,1 à 0.3).

V.1.2 Distribution statistique des données horaires en dioxyde d'azote

Les distributions statistiques des données sont présentées sur les figures 25 et 26 sous la forme de graphique « boxplot ».

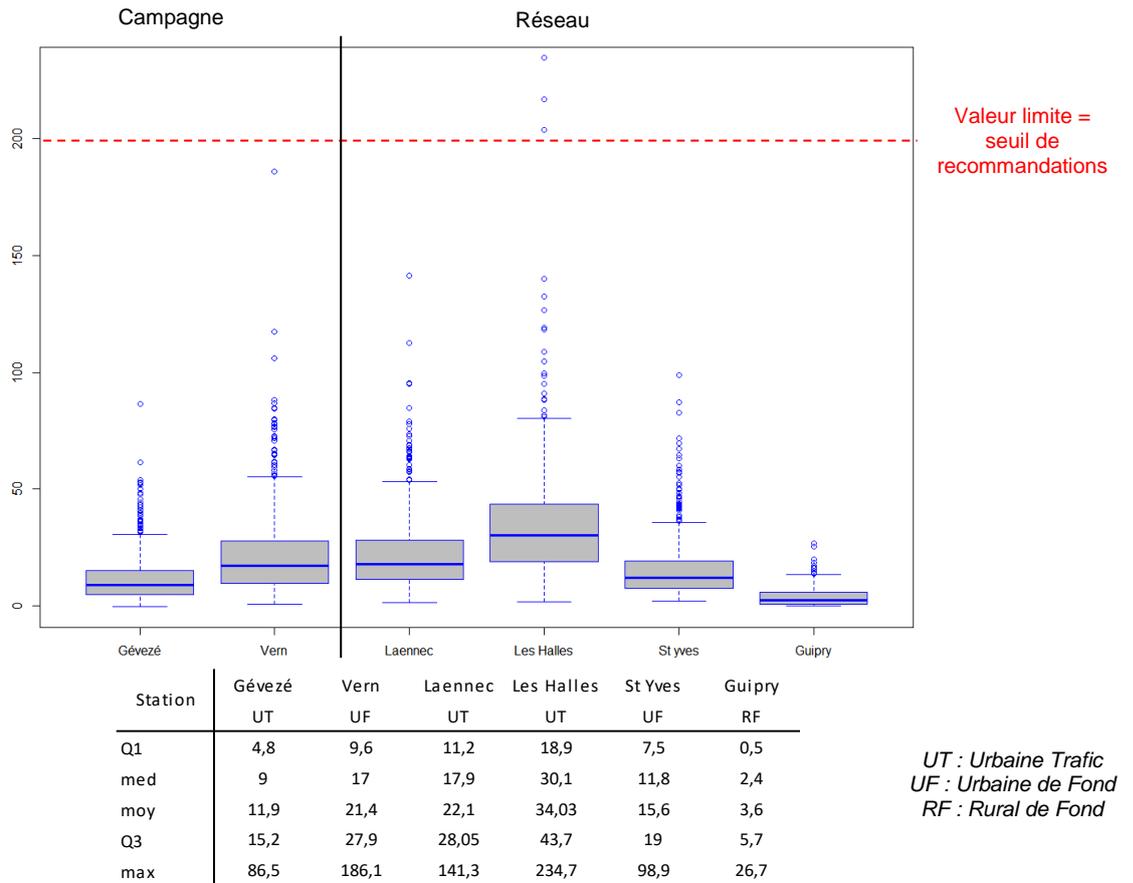


Figure 25 : Distribution statistique des données horaires NO₂ durant la campagne estivale (en µg/m³)

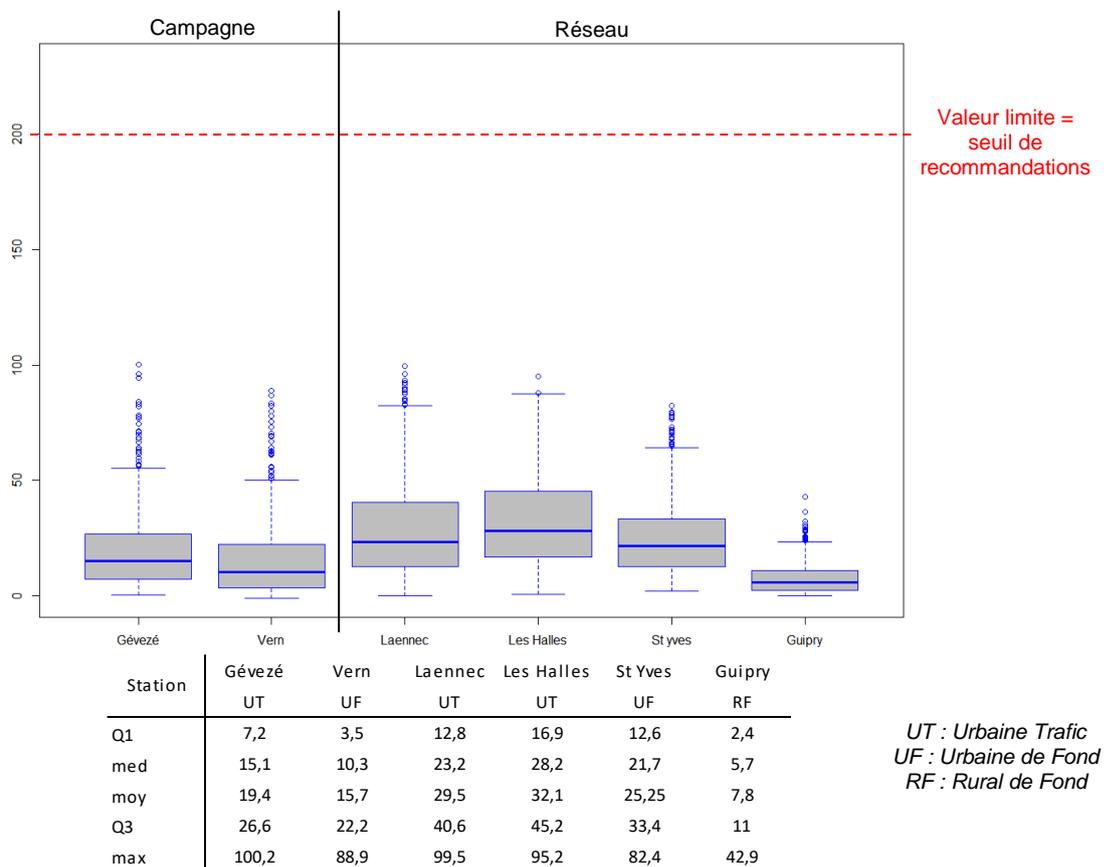


Figure 26 : Distribution statistique des données horaires NO₂ durant la campagne hivernale (en µg/m³)

La hiérarchie des stations en termes de concentrations est globalement respectée entre les deux campagnes, excepté pour le point de mesures à Gévezé, pour lequel les concentrations hivernales sont supérieures à celles de Vern, contrairement à la campagne estivale.

Sur l'ensemble des stations, excepté le point de Vern, les niveaux de fond indiqués par la valeur médiane, sont plus élevés en hiver. Cela s'explique par des émissions complémentaires (chauffage) et des conditions climatiques moins favorables à la dispersion.

Pour le point de mesures à Vern-sur-Seiche (V1), la valeur médiane en hiver est inférieure à celle en été, ce qui pourrait s'expliquer par un positionnement en amont des sources d'émissions au regard des vents.

Le point de mesures de Gévezé (G6) présente la valeur horaire maximale de la campagne hivernale parmi l'ensemble des points de mesures ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette valeur est très proche des valeurs observées aux points de mesures trafic du centre urbain de Rennes (Les Halles et Laënnec).

Le seuil de recommandation de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé seulement sur le point des Halles durant la campagne estivale (le 28/09/18). Aucun dépassement n'a été observé durant la campagne hivernale sur les points de mesures de l'étude. Nous reviendrons sur ces comparaisons aux normes de la qualité de l'air dans le chapitre V.3.

V.1.3 Evolution hebdomadaire des niveaux

Les concentrations moyennes par série hebdomadaire de mesures sont présentées sur la figure 27. Elles permettent de mettre en évidence des variations entre les séries S1 à S4 qui pourraient s'expliquer par des changements de conditions météorologiques.

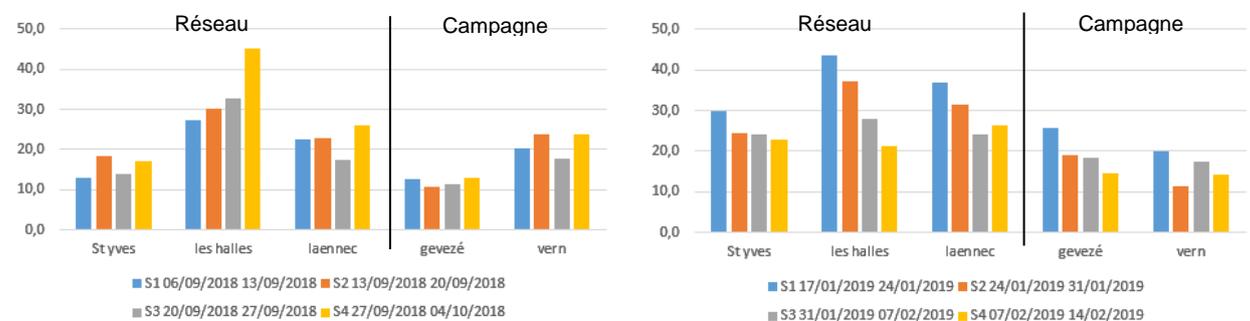


Figure 27 : Evolution des moyennes hebdomadaires par série de mesures : en période estivale (à gauche) et en période hivernale (à droite)

En période estivale, il y a assez peu de variabilité entre les séries : de l'ordre de 4 à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, excepté pour le point des Halles.

Pour le point des Halles, la dernière série S4 présente une moyenne bien plus élevée (+13 à $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que les trois précédentes. Un dépassement de la valeur limite a aussi été observé durant la série S4.

En période hivernale, les tendances entre les séries pour chaque point sont semblables. Elles mettent en évidence une baisse des concentrations hebdomadaires du début à la fin de la campagne. Ce constat peut être corrélé à l'évolution des températures pendant la campagne. Celles-ci ont été nettement plus faibles lors de la première série et donc favorables aux émissions de dioxyde d'azote.

Le point des Halles enregistre la plus forte différence ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) entre les moyennes hebdomadaires des séries 1 et 4.

Le point de Gévezé (G6) présente une tendance semblable avec les autres points.

Pour le point de Vern (V1), la 2^{de} série présente une tendance différente à celles des autres points : la moyenne hebdomadaire de la série 2 ($11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est bien inférieure à celle de la série

1 ($20.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et surtout inférieure à celle de la série 3 ($17.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ce qui n'a pas été observé pour les autres points.

En comparant avec les conditions de vents, on constate que lors de la série 2 (concentration la plus faible), les vents étaient exclusivement de secteur Sud-Ouest plaçant le site de mesures en amont par rapport à l'axe routier et aux zones d'habitations de Vern.

Nous reviendrons sur ce point plus loin dans le rapport avec l'approche « rose des pollutions ».

V.1.4 Evolution temporelle des niveaux en dioxyde d'azote

Les profils journaliers moyens observés pour chaque campagne et pour les deux points de mesures sont présentés dans les figures 28 et 29.

✓ Point de mesures à Gévezé (G6)

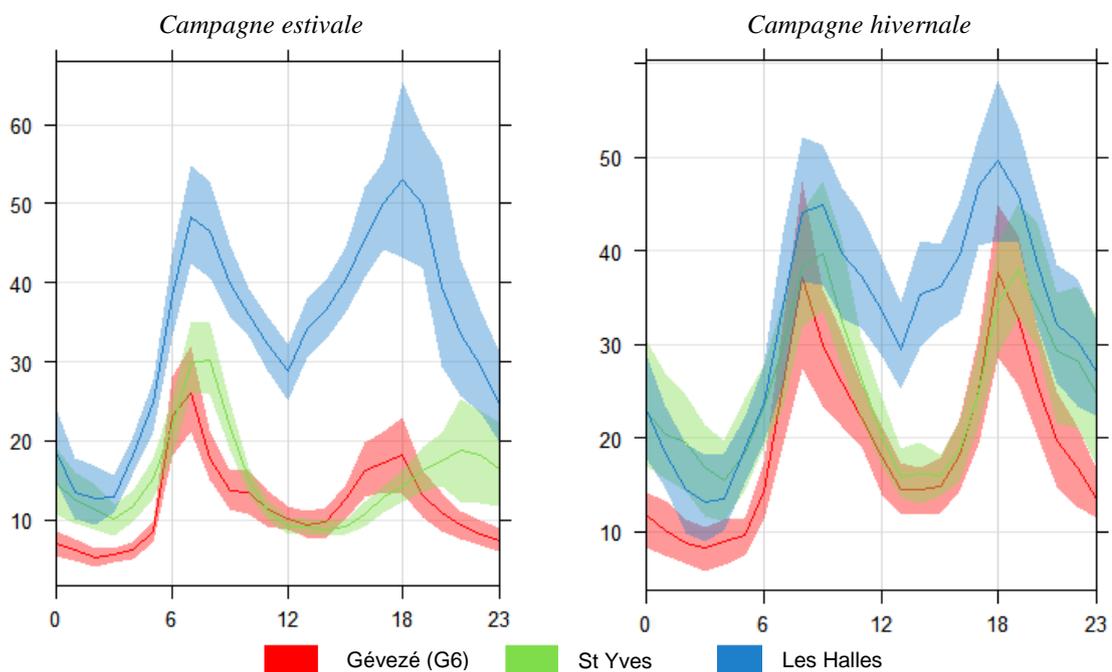


Figure 28 : Profils temporels des niveaux de NO_2 sur le point Gévezé – G6 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les niveaux de fond en période nocturne sont plus faibles à Gévezé (G6) que dans le centre urbain de Rennes sur les deux autres stations.

Dans la journée et sur les deux saisons, les niveaux sont proches de ceux mesurés à St Yves. Cependant, les densités de population autour des points de mesures sont bien différentes : $12\,657 \text{ hab}/\text{km}^2$ à St Yves contre $1\,249 \text{ hab}/\text{km}^2$ à Gévezé.

Le pic du matin (vers 8h) coïncide avec celui des stations de Rennes et est d'amplitude proche de celui de Saint-Yves ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en été et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver). Par rapport à la station Saint-Yves, le pic du soir intervient plus tôt à Gévezé en été (18h) contrairement à l'hiver. L'amplitude est également proche du pic mesuré à Saint-Yves ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en été et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver).

✓ **Point de mesures à Vern-sur-Seiche (V1)**

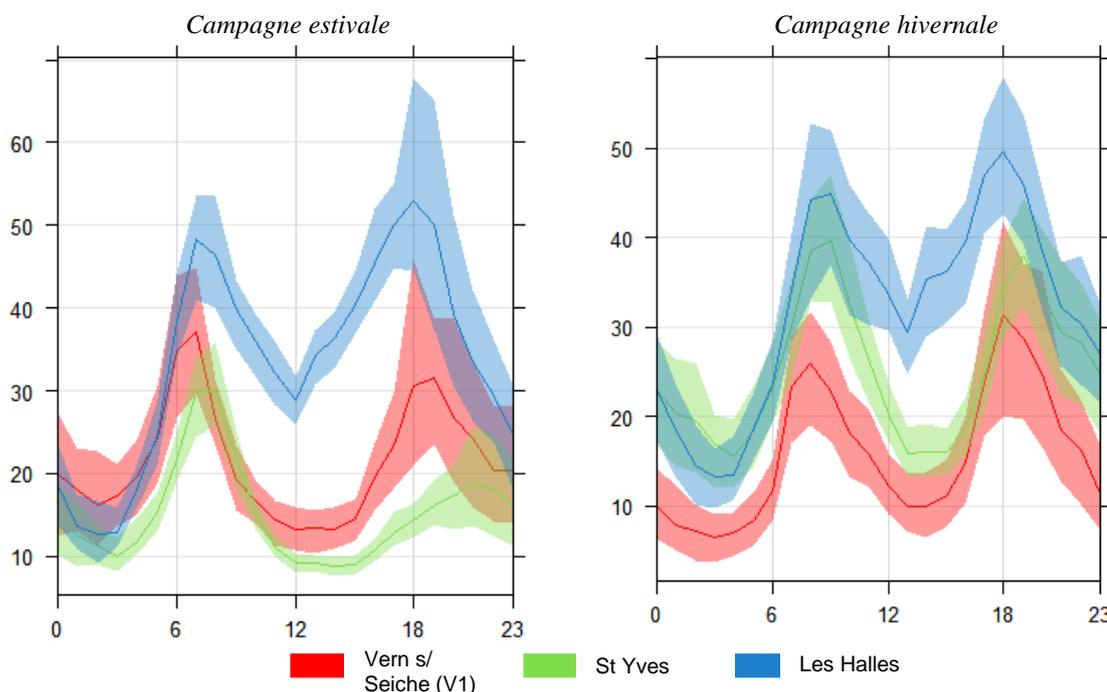


Figure 29 : Profils temporels des niveaux de NO_2 sur le point Vern-sur-Seiche –V1 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Pour les mesures estivales, à la différence du point précédent, les mesures de fond sont plus élevées que dans le centre urbain de Rennes (la nuit et dans la journée), malgré la distance de 50 mètres séparant le point du centre de la voie.

Les pics sont plus marqués qu'à Saint-Yves : $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le matin et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le soir.

En campagne hivernale, les concentrations à Vern-sur-Seiche (V1) sont plus faibles qu'à Saint-Yves sur l'ensemble de la journée, y compris lors des pics, contrairement à la campagne estivale.

V.1.5 Impact selon les secteurs de vent

Pour identifier l'impact des émissions du trafic sur chacun des points de mesures, nous avons analysé chaque niveau horaire en dioxyde d'azote selon la provenance des vents.

Ces résultats ont été représentés sous forme de roses des pollutions, qui permettent de visualiser les concentrations moyennes en dioxyde d'azote en fonction de la provenance des vents et ce pour chaque campagne.

Chaque pôle d'une rose des pollutions représente la concentration moyenne mesurée en dioxyde d'azote lorsque les vents proviennent de cette direction. Plus la pôle est grande, plus la concentration est élevée.

Les échelles de concentrations en dioxyde d'azote des trois roses sont identiques (de 0 à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Un point de vigilance toutefois puisqu'il n'y a pas de représentation de fréquence.

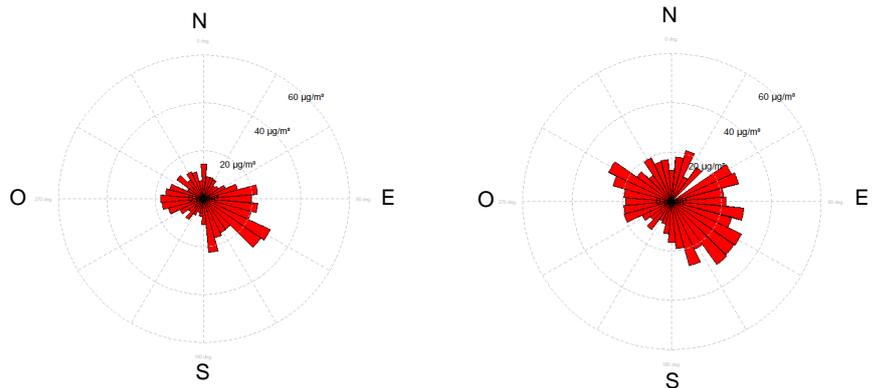


Figure 30 : Roses des pollutions en dioxyde d'azote sur le point G6 Gévezé : période estivale (au centre) et en période hivernale (à droite)

Les concentrations les plus élevées sont mesurées essentiellement par vent d'Est puis d'Ouest, ce qui correspond à l'axe de la voie située à proximité immédiate du point. En hiver, les niveaux mesurés sont plus importants quelles que soient les directions de vents ce qui peut s'expliquer par des sources additionnelles comme le chauffage.

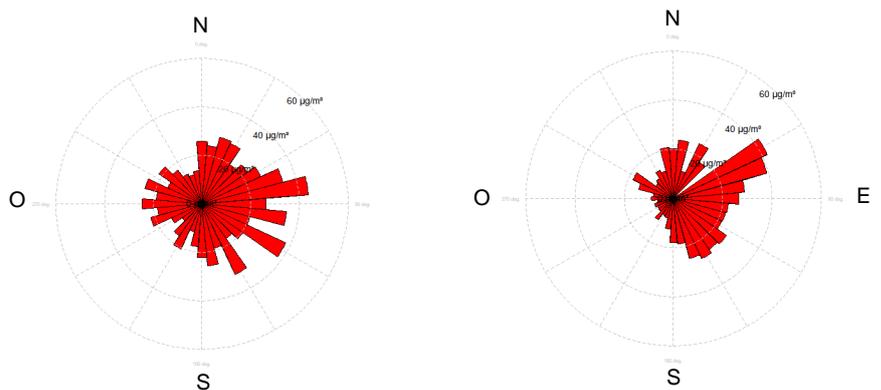


Figure 31 : Roses des pollutions en dioxyde d'azote sur le point V1 Vern-sur-Seiche : période estivale (au centre) et en période hivernale (à droite)

Pour le point de Vern-sur-Seiche, les concentrations les plus importantes sont logiquement mesurées par vents d'Est à Sud-Est plaçant le site de mesures sous les vents de l'axe routier voire plus précisément du giratoire.

En période estivale, le niveau de fond est élevé dans toutes les directions (environ $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) comparativement à la campagne hivernale, ce que nous avons également observé via les profils temporels. Une des explications pourrait provenir du microenvironnement du point de mesures, placé à proximité d'arbres assez denses, qui auraient pu limiter la dispersion des émissions. Ce phénomène n'a pas été observé l'hiver (absence de feuillage sur les arbres).

En période hivernale, les niveaux mesurés par vents d'Ouest sont bien moins élevés malgré des vents majoritaires du Sud-Ouest. Les concentrations les plus élevées sont mesurées par vent de Nord-Est à Sud-Est, soit en provenance de l'axe routier et du giratoire mais également des zones d'habitations en seconde plan.

Malgré une distance différente de l'axe routier (<5 m pour le point G6 de Gévezé et 50 m pour le point V1 de Vern-sur-Seiche), l'influence des émissions du trafic automobile est bien visible sur les mesures.

V.2. Résultats des mesures mensuelles par tube à diffusion

En complément des mesures automatiques, des prélèvements par tube à diffusion ont été réalisés afin de spatialiser les concentrations en dioxyde d'azote autour des axes routiers. Les moyennes des concentrations en dioxyde d'azote observées à chaque point de mesures en saisons estivale et hivernale sont présentées sur la figure 32.

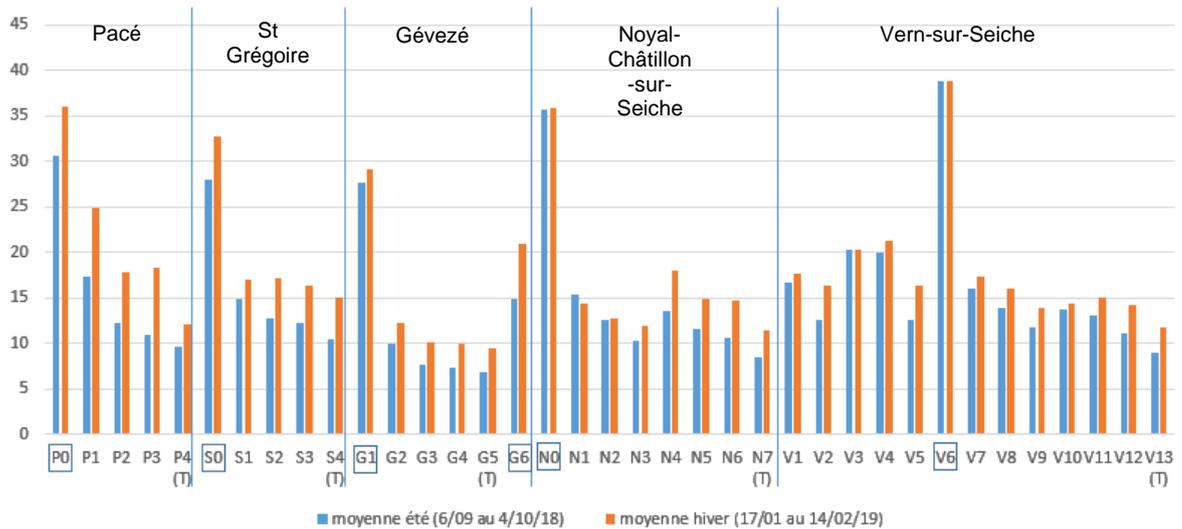


Figure 32 : Concentrations moyennes mensuelles en dioxyde d'azote (en µg/m³)

Les concentrations moyennes observées l'hiver sont logiquement supérieures à celles de l'été : facteur moyen de 1.2 compris entre 0.9 et 1.7.

Les concentrations les plus élevées sont observées à proximité immédiate des voies de circulation (points encadrés).

A contrario, les points témoins (notés 'T') présentent les concentrations les plus faibles du fait de leurs positionnements éloignés des axes routiers.

V.3. Estimation du respect des normes de la qualité de l'air

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

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

Les mesures automatiques sur les deux points de mesures permettent de comparer les résultats aux normes horaires pour le dioxyde d'azote.

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

En préambule, rappelons que les conditions météorologiques rencontrées ont été globalement représentatives des normales pour la période de mesures estivales. Lors des mesures en hiver, les vents ont été majoritairement de Sud-Ouest, en l'absence de vents de Nord-Est ce qui diffère par rapport aux conditions normales.

Ces conditions hivernales particulières ont contribué à exposer préférentiellement les transects situés au Nord-Est des axes routiers comme celui de Pacé par exemple. Au contraire, certains

points de mesures se sont trouvés en amont des axes routiers dans ces conditions : le transect de Gévezé par exemple.

Même si l'étude a été menée sur 8 semaines de l'année et lors de deux saisons différentes pour garantir une meilleure représentativité, les moyennes annuelles calculées peuvent surestimer le risque de dépassement sur certains secteurs par rapport à d'autres. Une correction de la moyenne a été réalisée, comme détaillé dans le chapitre suivant.

V.3.1 Estimation des concentrations moyennes annuelles

Bien qu'une période de 8 semaines de mesures sur l'année (soit 15%) soit considérée suffisante en termes de représentativité par la réglementation pour évaluer le respect d'une norme annuelle, nous avons comparé la moyenne calculée sur cette période de la campagne à la moyenne mesurée sur l'année entière sur une station urbaine de fond de notre réseau de mesures. Il s'agit de la station de fond de Rennes Saint-Yves.

Lors des deux périodes de mesures, la moyenne en dioxyde d'azote relevée sur cette station était de 20.4 µg/m³.

La moyenne annuelle de Saint-Yves, calculée du 01/03/18 au 28/02/19, était de 17.8 µg/m³.

Les deux périodes de mesures sont plutôt pénalisantes au regard des conditions sur une année glissante.

Une fonction de transfert, correspondant au rapport de ces deux concentrations, de 1.15 a été appliquée à l'ensemble des moyennes relevées sur chacun des points durant la campagne.

❖ Prélèvements par tube passif :

La figure 33 présente les moyennes annuelles estimées (après application de la fonction de transfert) pour chacun des points et leur comparaison à la valeur limite de 40 µg/m³.

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

Les points de prélèvements situés au bord des voies sont colorés en orange.

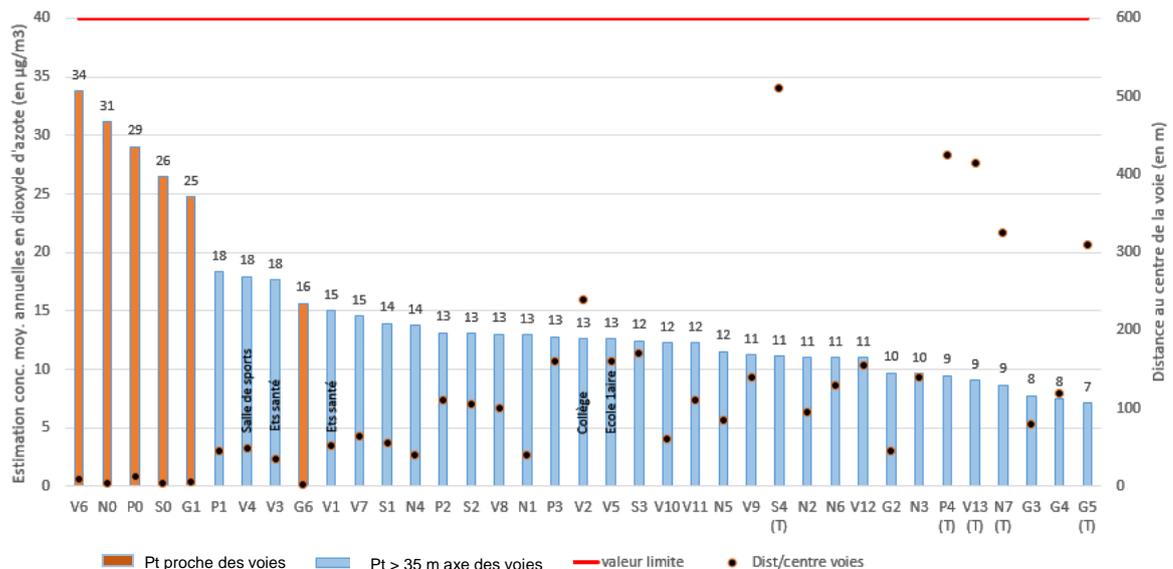


Figure 33 : Estimation des moyennes annuelles en dioxyde d'azote (axe de gauche en µg/m³) et indication des distances par rapport à la voie de circulation (axe de droite en m)

Cette estimation est nécessairement entachée d'une incertitude.

Malgré cela, **les plus fortes concentrations ont été relevées aux bords des voies et sont comprises entre 25 et 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles restent inférieures à la valeur limite en dioxyde d'azote.** Notons que le point G6 à Gévezé, au niveau duquel une mesure automatique a été réalisée, présente une concentration annuelle estimée (avec tube passif) bien inférieure aux autres points proches des voies : 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (contre 13.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée avec l'analyseur).

Remarque : Bien que situés le long de la RD27 dans le centre bourg de Gévezé, les points G1 et G6 présentent des concentrations très différentes : respectivement 25 et 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le microenvironnement de chacun des points justifie cette différence : le point G1 se trouve à proximité d'un carrefour et le long d'un mur limitant la dispersion contrairement au point G6 également situé à proximité d'un carrefour mais dans une zone beaucoup plus dégagée. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre suivant.

Les autres points situés à plus de 35 mètres de l'axe des voies présentent des concentrations comprises entre 7 et 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le niveau de fond en fonction des secteurs est compris entre 7 et 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les moyennes annuelles estimées restent inférieures à la valeur limite en dioxyde d'azote malgré des niveaux de trafic importants pour certains secteurs. De bonnes conditions dispersives associées à des niveaux de fond plus faibles en période nocturne en raison de la densité de bâti autour des points, pourraient expliquer ces résultats.

Les niveaux mesurés à proximité d'établissements sensibles à Vern-sur-Seiche (collège, école primaire, salle de sport) sont compris entre 13 et 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figure 34 présente la corrélation des niveaux annuels estimés avec les distances respectives des points.

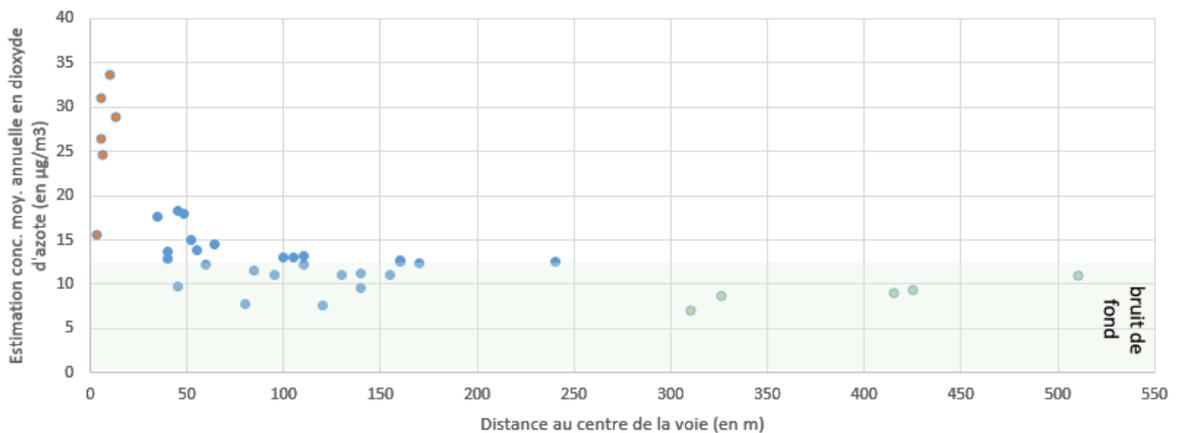


Figure 34 : Corrélation entre les niveaux annuels estimés en dioxyde d'azote (en ordonnée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la distance des points (en abscisse, en m)

Les niveaux les plus élevés sont mesurés dans les 10-15 premiers mètres du centre des voies où il n'y a pas d'habitations.

Ensuite, la décroissance des niveaux est brutale entre ces points les plus proches des voies et les seconds points des transects situés entre 35 et 60 mètres de l'axe des voies. Le niveau maximal mesuré pour ces points est de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour chacun des secteurs étudiés, les habitations se trouvent généralement entre les points les plus proches et cette 2^{ème} série de points.

Tenant compte des incertitudes sur la mesure, on considère que le niveau de fond est atteint pour des concentrations inférieures à $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (soit +20% par rapport au témoin le plus élevé).

Ce niveau de fond est atteint entre 60 et 100 m du centre des voies. Au-delà de 100 mètres des voies, la décroissance des niveaux est peu sensible.

L'impact des émissions des axes routiers étudiés sur leur environnement est donc compris entre 0 et 60 mètres du centre des voies.

❖ Mesures automatiques :

La même méthode a été appliquée aux résultats des concentrations en dioxyde d'azote mesurées à l'aide des analyseurs réglementaires. Les résultats sont les suivants (figure 35).

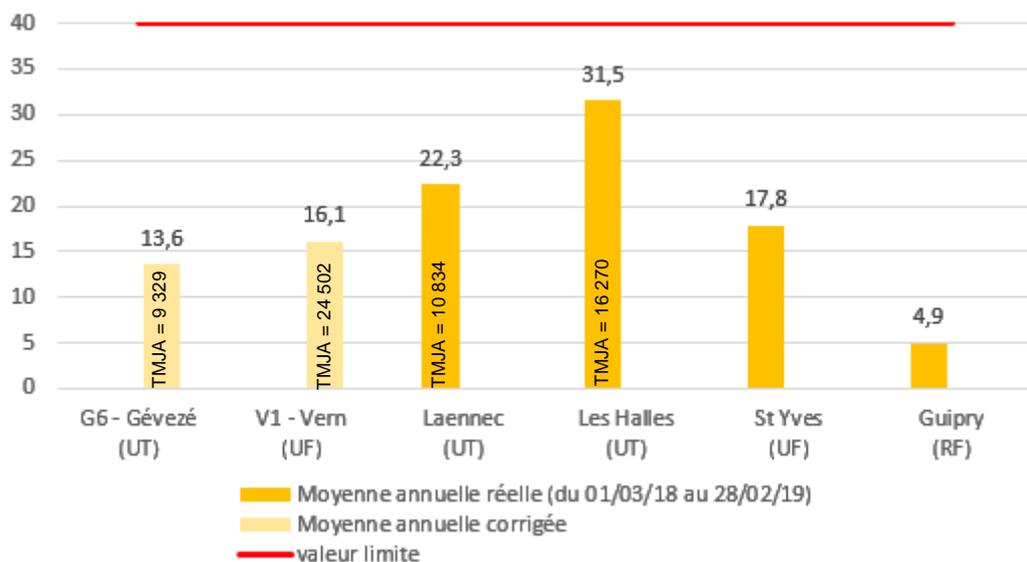


Figure 35 : Moyennes annuelles en dioxyde d'azote estimées et mesurées ('réelles')

Sur la période considérée, les moyennes annuelles des points de mesures automatiques sont légèrement inférieures à celle de la station urbaine de fond de Rennes Saint-Yves.

Les mesures en situation trafic dans le centre urbain rennais sont 1.3 à 2 fois plus élevées

Au regard des niveaux de trafic des voies les plus proches des points de mesures, on constate que d'autres facteurs influencent les niveaux de dioxyde d'azote. Citons par exemple les concentrations mesurées à Gévezé et Laennec qui diffèrent d'un facteur 2, alors que les niveaux de trafic sont semblables. La dispersion des émissions et la densité de bâti autour des points peuvent être des explications.

V.3.2 Evolution des maximums horaires en dioxyde d'azote

Les graphiques de la figure 36 présentent l'évolution des valeurs maximales horaires relevées pour chacune des journées des deux campagnes, comparées au seuil d'information de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (correspondant également à la valeur limite horaire).

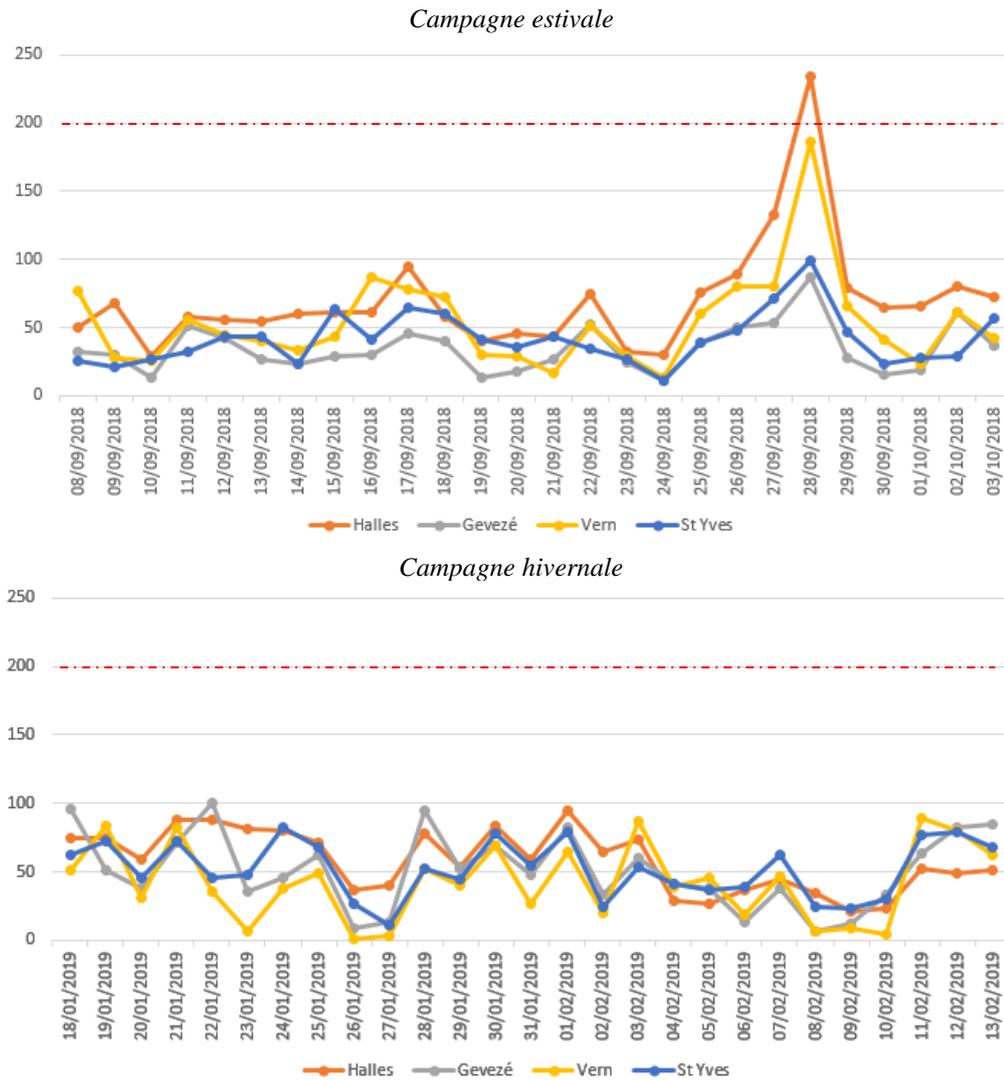


Figure 36 : Evolution des concentrations maximales horaires en NO₂ (en µg/m³)

Seule la station trafic Rennes Les Halles enregistre un dépassement de la valeur seuil de recommandations et d'informations durant la campagne estivale.

Les tendances observées sur les deux points de mesures de cette étude sont proches de celles observées sur les autres stations de mesures de Rennes.

En complément, une comparaison des concentrations maximales horaires pour les deux points Gévezé (G6) et Vern-sur-Seiche (V1) est réalisée ci-après (figure 37).

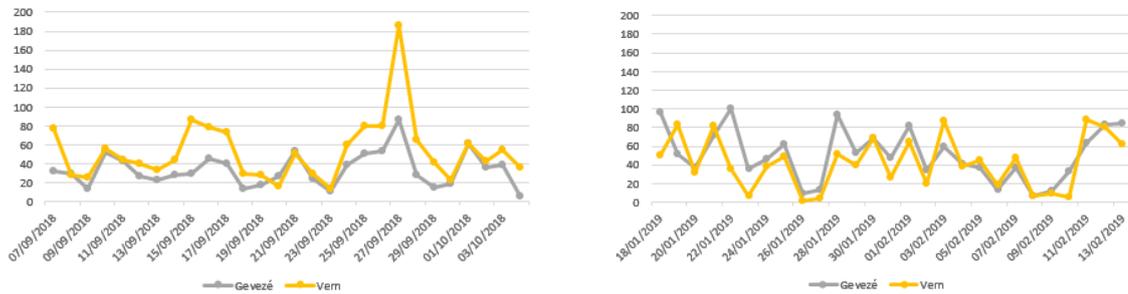


Figure 37 : Comparaison des concentrations maximales horaires en NO_2 (en $\mu g/m^3$) à Vern-sur-Seiche et Gévezé

Lors de la campagne estivale, les valeurs maximales horaires relevées à Vern-sur-Seiche (V1) étaient majoritairement supérieures à celles relevées en parallèle à Gévezé (G6) (ratio moyen de 1.8 sur l'ensemble de la campagne).

Lors de la campagne hivernale, les valeurs maximales observées à Vern-sur-Seiche sont plus proches et mêmes souvent inférieures à celles observées à Gévezé (ratio moyen 0.8).

Le niveau de trafic à Gévezé a chuté de 25% entre les campagnes estivale et hivernale. Les concentrations en dioxyde d'azote ont toutefois augmentées du fait d'une hausse des niveaux de fond liées aux émissions du chauffage.

A Vern-sur-Seiche (point V1), nous n'avons pas d'enregistrement des niveaux de trafic. L'analyse fine des conditions météorologiques a toutefois mis en évidence un positionnement amont du point de mesures en campagne hivernale par rapport à l'axe routier en fonction de la direction majoritaire des vents.

V.4. Variabilité spatiale des niveaux de concentrations

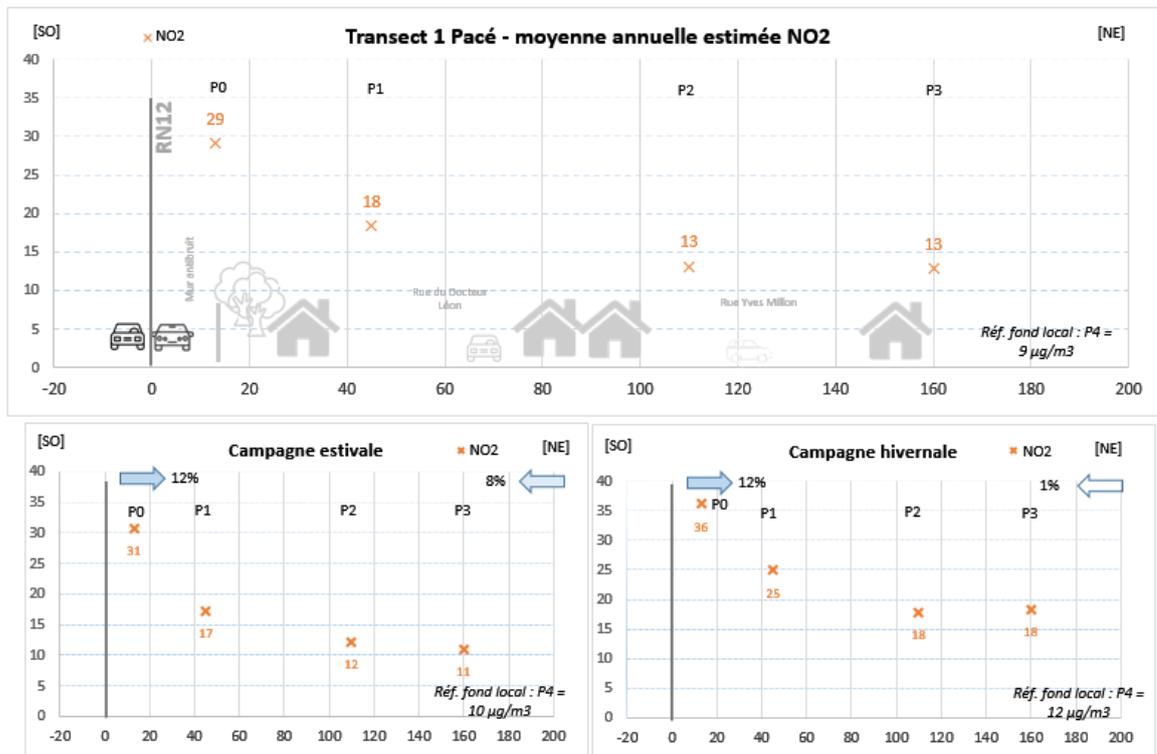
Sur chaque secteur d'étude, les points ont été positionnés selon un transect placé perpendiculairement à l'axe routier de manière à étudier la décroissance des niveaux de concentrations en fonction de l'éloignement de l'axe routier.

Pour chaque secteur sont présentés un premier graphique avec les résultats des concentrations moyennes annuelles estimées (après correction avec la fonction de transfert) puis 2 graphiques avec les résultats des concentrations moyennes mesurées pour les deux campagnes.

Les distances sont prises par rapport au centre de la voie la plus proche.

Les conditions de vents sont également précisées : il s'agit des pourcentages de vents de part et d'autre du transect.

a) Transect Pacé (RN12)



Les mesures sur ce transect ont bénéficié de conditions plutôt pénalisantes pendant les deux campagnes puisqu'il s'est trouvé majoritairement sous les vents de la RN12.

Ce secteur présente le niveau de trafic et la vitesse limite de circulation (110 km/h) les plus élevés parmi l'ensemble des secteurs étudiés.

Le point le plus proche a été positionné sur le mur antibruit qui présente une inclinaison à ce niveau. La concentration annuelle relevée était de 29 µg/m³.

A une vingtaine de mètres de ce point (soit 40 m du centre des voies), la concentration chute fortement : 18 µg/m³. La voie de circulation est séparée de son environnement par un mur antibruit ainsi que des arbres de grande hauteur.

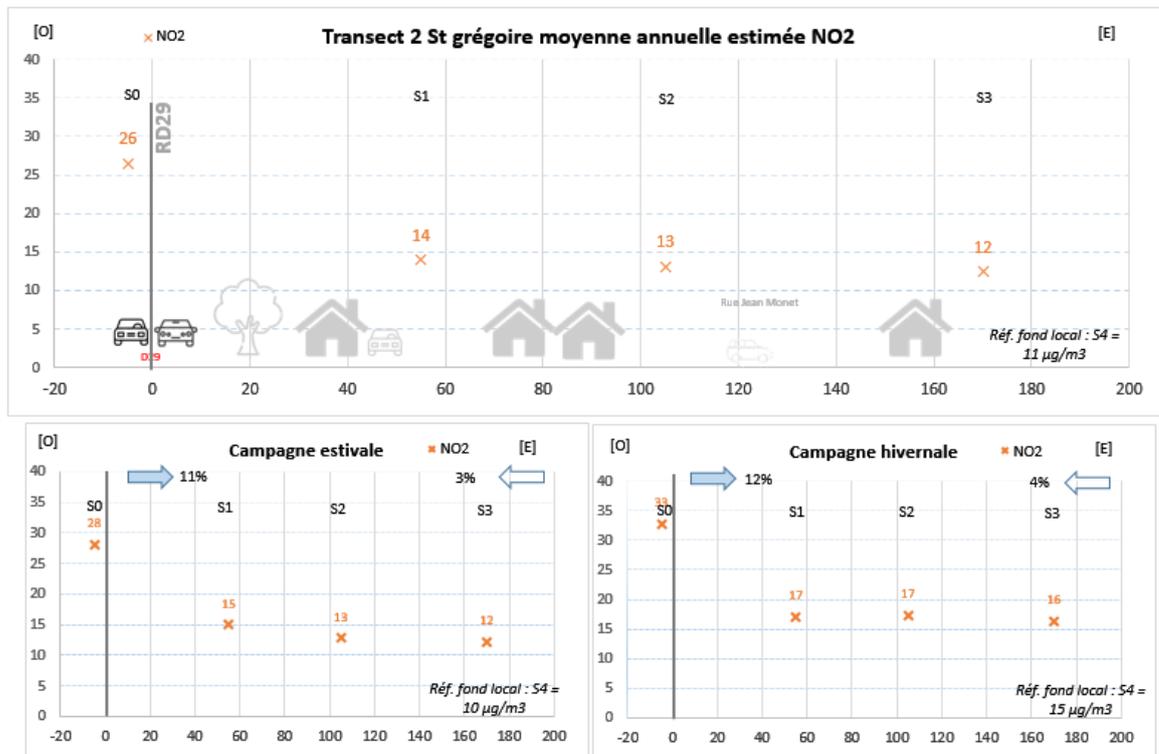
A plus de 100 mètres du centre des voies, la décroissance des niveaux est peu sensible et proche du bruit de fond (13 µg/m³).

Les deux graphiques des campagnes estivale et hivernale mettent en évidence des décroissances importantes des niveaux en fonction de l'éloignement dans les deux cas.

Les valeurs sont plus élevées en tous points lors de la campagne hivernale du fait de sources additionnelles (chauffage) et de conditions plaçant le transect majoritairement sous les vents de la RN12.

Dans les deux cas, l'influence des émissions de la RN12 est marquée dans les 40 premiers mètres du centre des voies. Elle diminue progressivement ensuite et devient peu sensible au-delà de 100 mètres.

b) Transect Saint-Grégoire (RD29)



A l'image du précédent, ce transect a également bénéficié de conditions pénalisantes, puisqu'il s'est trouvé majoritairement sous les vents de la RD29 durant les deux campagnes.

Pour des raisons de sécurité lors du positionnement des points, celui le plus proche des voies a été positionné sur le côté opposé de la voie par rapport au transect, soit en amont de la voie par rapport aux conditions de vents pendant les mesures. **Des concentrations plus élevées sont donc possibles au bord des voies dans ce secteur.**

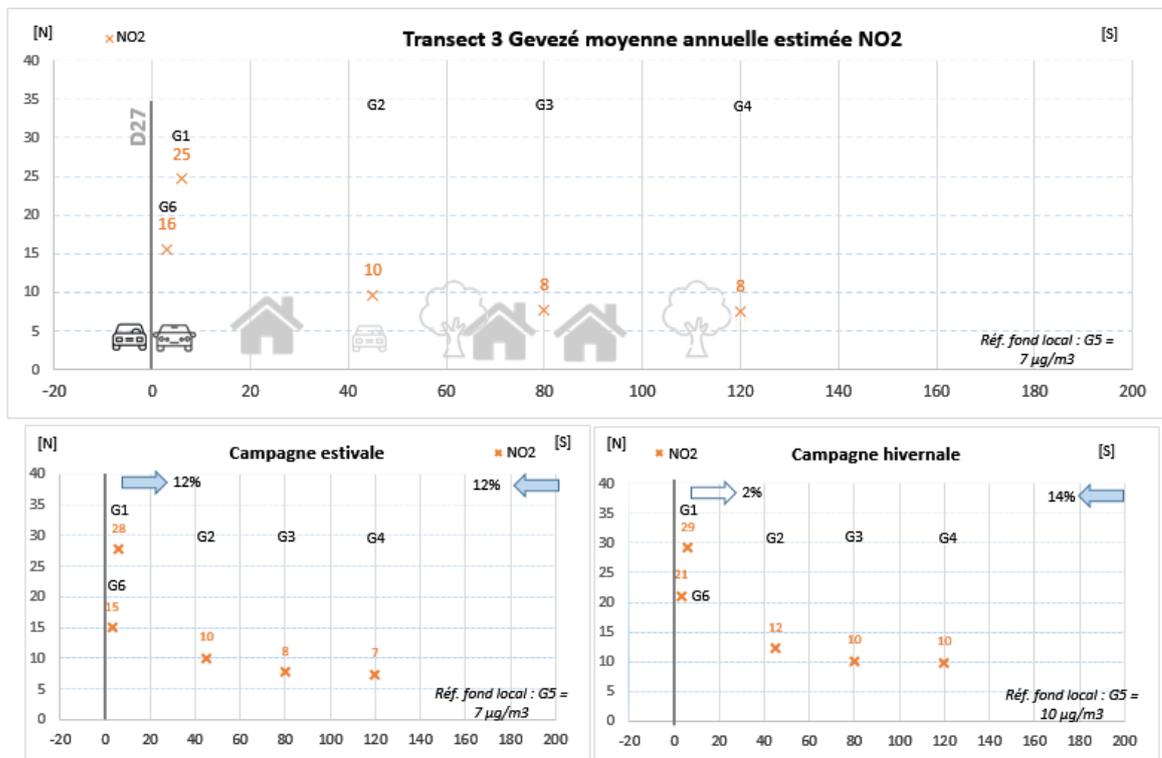
La concentration maximum relevée au bord de la voie est de 26 µg/m³ ce qui est peu différent du point précédent (Pacé P0), bien que le niveau de trafic soit 3 fois moins élevé.

A 50 mètres du centre des voies, les niveaux sont de l'ordre du bruit de fond du secteur. La décroissance est donc très rapide. La voie est séparée de son environnement par un talus végétalisé.

Peu de différences sont observées dans la décroissance des niveaux entre les campagnes estivale et hivernale. Les niveaux sont toutefois plus élevés en période hivernale malgré des conditions de vents proches ce qui s'explique par des sources additionnelles comme les émissions du chauffage.

L'influence des émissions de la RD29 sur les niveaux de dioxyde d'azote dans ce secteur est inférieure à 50 mètres de l'axe des voies.

c) Transect Gévezé (RD27)



Concernant les conditions météorologiques, le transect a été peu exposé aux émissions de la D27 pendant la campagne hivernale. Une sous-estimation des niveaux est donc possible à cette période.

La particularité de ce transect concerne son environnement, puisque ce dernier se trouve dans le centre bourg de la commune de Gévezé. Il s'agit du seul secteur dépourvu d'obstacle entre les voies et son environnement. En outre, la vitesse du trafic est bien inférieure à celle des autres secteurs : la vitesse est limitée à 50 km/h mais la vitesse réelle est probablement bien inférieure.

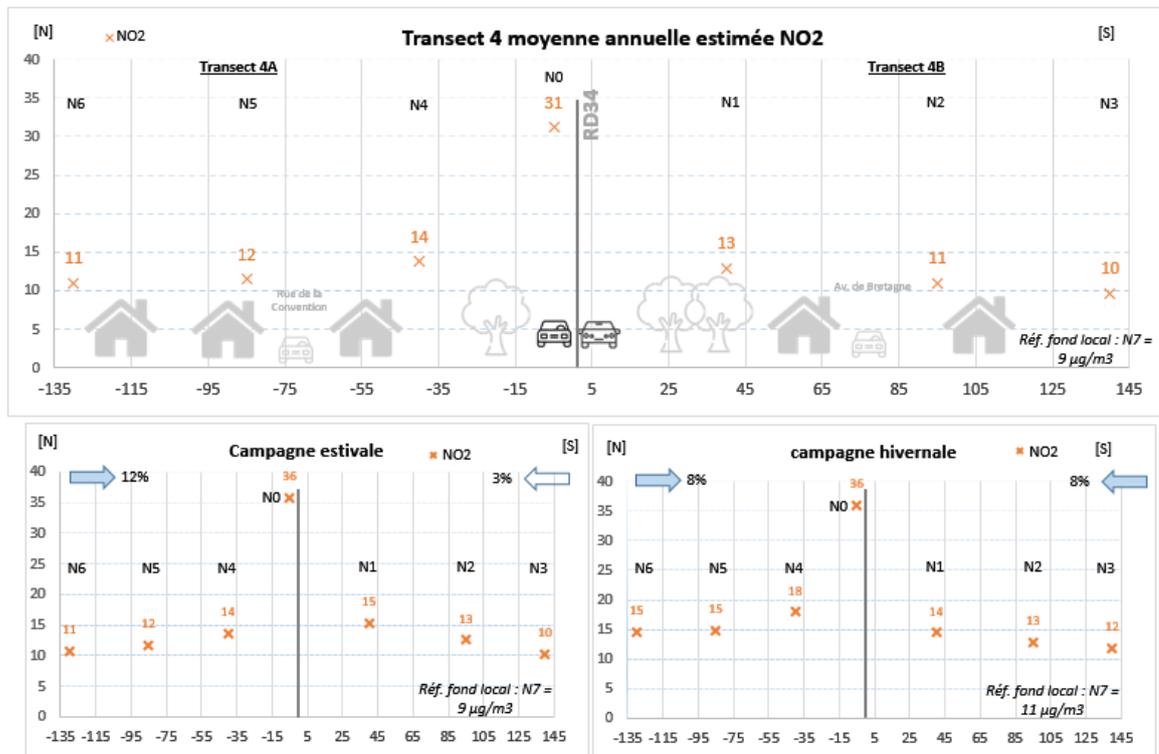
Au bord de la D27 traversant le bourg, les niveaux sont compris entre 16 et 25 µg/m³ en moyenne sur l'année.

A 50 mètres du centre de la voie, les niveaux sont de l'ordre du bruit de fond du secteur.

Du fait de conditions de vents peu favorables en hiver, les niveaux mesurés lors des deux campagnes sont peu différents. Une sous-estimation des niveaux mesurés en hiver est suspectée.

L'influence des émissions de la D27 semble limitée à moins de 40 mètres du centre des voies dans ce secteur urbanisé.

d) Transect Noyal-Châtillon-sur-Seiche (RD34)



Pour ce secteur, deux transects ont été réalisés de part et d'autre de la D34. Lors de la période estivale, les conditions ont été plus favorables à l'exposition du transect 4b. En campagne hivernale, les deux transects ont été exposés de manière identique.

La concentration maximum relevée aux abords des voies est de 31 µg/m³.

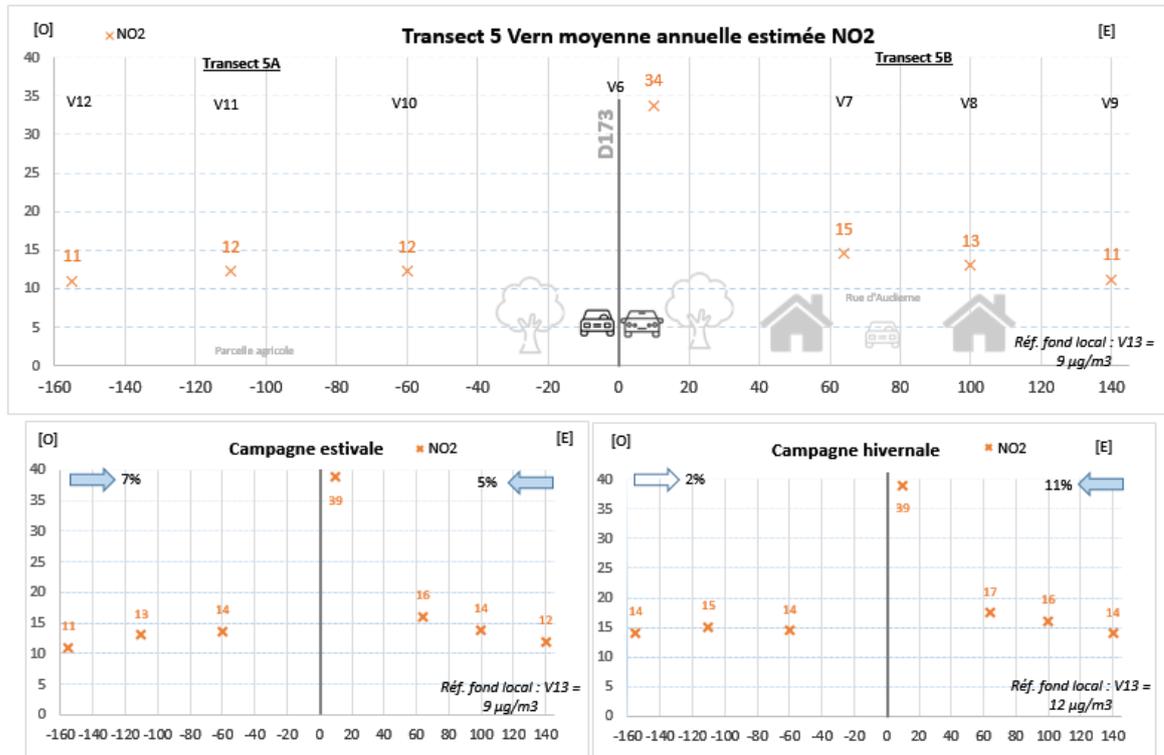
Elle diminue très rapidement dans les 40 premiers mètres de part et d'autres des voies (facteur 2.5). La voie est séparée de son environnement par des arbres de grande hauteur de part et d'autre.

Le niveau de fond du secteur est rejoint aux alentours de 50 mètres du centre des voies.

Peu de différences sont observées entre les niveaux des campagnes estivale et hivernale.

L'influence des émissions de la D34 sur les niveaux de dioxyde d'azote dans ce secteur est de l'ordre de 50 mètres du centre des voies.

e) Transect Vern-sur-Seiche (RD173)



A l'image du secteur précédent, deux transects ont été réalisés de part et d'autre de la D173. Les conditions de la campagne estivale ont exposé de manière homogène les deux transects par rapport aux émissions de la départementale.

A contrario, lors de la campagne hivernale, le transect 5A a été plus exposé. Pour cette période, les concentrations relevées sur la partie Est de l'axe routier, soit dans le secteur habité, peuvent donc être sous-estimées, y compris le point proche de la voie du fait de son positionnement.

La concentration moyenne annuelle maximum estimée au bord des voies est de 34 µg/m³. Elle pourrait s'expliquer par la conjonction d'un niveau de trafic important (2^{ème} secteur en termes de niveau de trafic) et d'un régime de vitesse pulsé (sortie d'un giratoire et passage à 110 km/h).

La concentration chute d'un facteur 2 à 3 à 60 mètres de l'axe des voies. Un talus végétalisé sépare la voie de son environnement sur ce secteur.

Au-delà de cette distance, les concentrations sont proches des niveaux de fond.

Entre les deux campagnes, les concentrations au bord des voies sont identiques. Une sous-estimation de la mesure en période hivernale est possible au regard des conditions de vents. Les niveaux mesurés sur les transects sont assez proches entre les deux campagnes.

Sur ce secteur, l'influence des émissions de la D173 sur les niveaux de dioxyde d'azote semble limitée à une 50^{aine} de mètres de l'axe des voies.

VI. Conclusion

Pour compléter les investigations menées en 2017-2018 dans le centre urbain de Rennes, à Saint-Jacques et à proximité de la rocade, Rennes Métropole a sollicité Air Breizh pour la réalisation d'une campagne de mesures au niveau de 5 axes à fort trafic extra-rocade aux typologies différenciées.

Deux campagnes d'un mois ont été réalisées en septembre 2018, puis en janvier/février 2019. Le dioxyde d'azote a fait l'objet de mesures lors de cette étude, étant considéré comme le traceur des émissions du trafic routier.

❖ **Protocole retenu :**

En concertation avec Rennes métropole, 5 secteurs de configurations différentes ont été retenus car considérés pertinents en termes de représentativité sur l'ensemble du territoire 'extra-rocade'.

De manière à apprécier l'évolution des concentrations au fur et mesure de l'éloignement des axes routiers pour chacun des secteurs, des points de prélèvements ont été positionnés perpendiculairement aux axes routiers entre 0 et 150 mètres des voies.

Au vue des précédentes études réalisées, cette distance a été jugée suffisante pour déterminer l'influence des émissions liées à l'axe routier sur les concentrations en dioxyde d'azote. Ceci a été confirmé par cette étude.

Chacun des points de prélèvement a été équipé d'un tube passif qui permet de déterminer la concentration moyenne en dioxyde d'azote sur un pas de temps de prélèvement d'une semaine. En complément, deux analyseurs réglementaires ont été positionnés sur deux des secteurs étudiés de manière à étudier les variations horaires des niveaux et à les confronter aux mesures sur d'autres stations du réseau d'Air Breizh dotées d'un dispositif équivalent.

❖ **Représentativité des mesures :**

Les conditions météorologiques durant les campagnes ont été analysées et comparées aux normales saisonnières. La période de la campagne estivale a été jugée conforme aux normales saisonnières avec des conditions de vents dominées par des vents de Sud-Ouest à Nord-Est et des précipitations faibles. Au contraire, la période de la campagne hivernale a été particulièrement pluvieuse sans conditions anticycloniques marquées qui sont souvent associées à des élévations des concentrations dans l'air. Un risque de **sous-estimation des mesures** lors de cette période a été soulevé.

Concernant les données trafic, un des secteurs a fait l'objet de comptage durant les deux campagnes à savoir celui de Gévezé. Les données font apparaître une baisse de trafic de 25% entre les campagnes estivale et hivernale, ce qui est significatif. Des variations sont également possibles sur les autres secteurs bien que les périodes de congés aient été évitées.

❖ **Comparaison aux normes de qualité de l'air :**

→ Pollution moyenne :

A partir des mesures sur les deux campagnes, des moyennes annuelles en dioxyde d'azote ont été calculées et corrigées sur la base de mesures réalisées en continu sur l'année sur une des stations du réseau d'Air Breizh.

Les moyennes annuelles estimées sur l'ensemble des points de mesures sont inférieures à la valeur limite de 40 µg/m³.

Les concentrations les plus élevées ont été mesurées en bordure immédiate des axes routiers. Elles sont comprises entre 16 et 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ suivant la configuration des lieux et les caractéristiques du trafic.

Les comparaisons réalisées avec les stations trafic de Rennes montrent que pour des niveaux de fréquentation proche, les moyennes annuelles sont moins élevées sur les secteurs extra-rocade.

C'est le cas du point de mesures de Gévezé (G6), qui présente un niveau de trafic proche de celui de la station Laënnec, alors que la moyenne annuelle en dioxyde d'azote est 2 fois moins élevée en moyenne sur l'année.

Cela signifie que d'autres facteurs influencent les concentrations dans l'air en dioxyde d'azote comme la densité de bâti autour des points (sources additionnelles comme le chauffage), les conditions de dispersion.

→ Pollution ponctuelle :

Concernant les expositions ponctuelles, les mesures en continu sur deux des cinq secteurs extra-rocade montrent que dans certaines configurations les concentrations peuvent approcher voire dépasser les niveaux rencontrés en situation trafic dans le centre urbain de Rennes. C'est le cas du point de Vern-sur-Seiche pendant la campagne estivale (186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aux Halles le 28/09/19) et Gévezé (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aux Halles le 22/01/19).

Bien qu'à l'échelle de l'année les concentrations moyennes en dioxyde d'azote restent bien inférieures à la valeur limite dans les secteurs extra-rocade étudiés, des dépassements du seuil de recommandations de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont possibles sur de courte période (horaire) à proximité des voies lors de pics de circulation.

❖ **Evolution spatiale des niveaux de dioxyde d'azote au fur et à mesure de l'éloignement des voies**

Le plan d'échantillonnage dimensionné avait pour objectif d'étudier la décroissance des niveaux de dioxyde d'azote au fur et à mesure de l'éloignement des voies.

A l'image de ce qui avait été observé lors de l'étude réalisée par Air Breizh à proximité de la rocade Sud-Ouest de Rennes, **la décroissance des niveaux est très rapide dans les 50 premiers mètres de l'axe des voies.**

Entre 50 et 100 mètres du centre des voies, les niveaux de fond sont atteints pour l'ensemble des secteurs d'étude alors que dans le cas de la rocade, ils sont atteints entre 100 et 150 mètres des voies suivants les secteurs étudiés. Cela s'explique par des niveaux de trafic plus faibles sur les voies extra-rocade et une densité de bâti autour des points moins importante qui limite les sources additionnelles.

L'étude à proximité de la rocade avait également mis en évidence l'influence des aménagements routiers au bord des voies sur les niveaux de dioxyde d'azote, comme les merlons et écrans acoustiques. Ceux-ci contribuent à abaisser plus rapidement les niveaux.

Dans le cas de cette étude, 4 des 5 secteurs présentaient des obstacles (type mur antibruit, merlon végétalisé ou haies d'arbres) entre les voies et leur environnement. Ces éléments peuvent expliquer la décroissance rapide des niveaux observés.

Ces conclusions restent valables pour des conditions moyennes sur l'année. Cela n'exclut pas des concentrations plus élevées sur des périodes plus courtes et pour des secteurs placés sous les vents des axes routiers.

❖ **Recommandations :**

Les variations à la fois des conditions météorologiques suivants les mois de mesures et également des niveaux de trafic entraînent nécessairement des incertitudes sur les estimations des moyennes annuelles. Pour y pallier et améliorer la représentativité des mesures, il conviendrait de mesurer le

dioxyde d'azote dans des situations proches de celles observées dans cette étude mais sur une période plus longue que la campagne effectuée (2 x 1 mois).

Par ailleurs, au vu de l'amélioration récente des connaissances sur l'impact des particules fines sur la santé, il serait pertinent de compléter ces mesures de dioxyde d'azote par des mesures complémentaires des particules fines PM2.5 (avec une spéciation des particules). Le transport routier est en effet le principal secteur émetteur de particules fines sur le territoire de Rennes Métropole (37% des émissions de PM2.5 – source cadastre des émissions Air Breizh v3).

VII. Limites de l'étude

L'objectif de ce chapitre est de porter un avis critique sur le protocole retenu et sur les données utilisées, afin de dégager les limites de cette étude.

a) Sources des données météorologiques

Dans le cadre de cette étude, les données météorologiques utilisées sont celles de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude à savoir celle de St Jacques de la Lande (35). Au vu de la distance jugée réduite séparant cette station des secteurs d'étude, nous considérons que les mesures utilisées sont globalement représentatives des conditions des zones d'étude. Des influences micro-locales, liées à l'environnement propre de chacun des points ne peuvent toutefois être écartées, même si le choix de ces derniers a été réalisé afin de minimiser ces risques (éloignement des masses arborées dans la mesure du possible, structures porteuses pouvant influencer le déplacement des masses d'air par exemple).

b) Conditions durant les mesures

Les campagnes de mesures ne sont représentatives que des périodes étudiées. En effet, les résultats sont tributaires des conditions météorologiques, ainsi que des émissions sur la zone d'étude. En aucun cas, ils ne peuvent être assimilés à une autre période sans traitement spécifique.

Une analyse des conditions météorologiques et de trafic durant les mesures a été réalisée, afin de juger de la représentativité des campagnes par rapport aux conditions normales à ces périodes. Il en ressort globalement une représentativité satisfaisante excepté toutefois pendant la campagne hivernale où les conditions ont pu entraîner une sous-estimation des concentrations mesurées (précipitations abondantes et absence de vents de Nord-Est).

Par ailleurs, dans le cas précis de ces mesures réalisées à proximité immédiate des sources, la direction des vents est un paramètre déterminant pour expliquer les niveaux rencontrés. La réalisation de deux campagnes avait justement pour objectif de relativiser ces variations.

c) Durée de la campagne

L'étude a été réalisée sur deux périodes d'un mois à des saisons différentes de l'année ce qui correspond à la période de couverture minimale recommandée par la réglementation pour estimer une moyenne annuelle (14% de l'année).

Malgré cela, les estimations des concentrations annuelles sont entachées d'une incertitude. Il serait pertinent de renouveler ces mesures sur l'un des secteurs sur une durée plus longue.

d) Paramètres mesurés

Au vu de l'objet de l'étude consistant à évaluer l'impact des émissions liées au trafic routier sur la rocade, un seul polluant a été retenu d'après nos connaissances et les résultats de nos travaux d'inventaire des émissions. Il s'agit du dioxyde d'azote, dont les méthodes de mesures disponibles à ce jour permettent de multiplier le nombre de points de prélèvements.

D'autres paramètres pourraient être étudiés et notamment les particules fines PM2.5.

e) Méthodes de mesures

Deux méthodes de mesures ont été déployées dans cette étude. D'une part, la mesure automatique, qui constitue la méthode de référence réglementaire à ce jour. Au vu de l'investissement lourd que représente l'achat de ce dispositif et du parc disponible, seuls deux analyseurs ont été mobilisés pour cette étude.

D'autre part, des prélèvements par tube passif ont été réalisés sur une cinquantaine de points. Cette méthode, largement utilisée pour ce type d'étude, présente une incertitude sur les résultats plus importante que dans le cas de la mesure automatique, ce qui doit être pris en compte dans l'interprétation des résultats.

f) Choix des points de prélèvements et des secteurs d'étude

37 points ont fait l'objet de mesures, répartis sur 5 secteurs de configurations différentes, sous la forme de transect comprenant des points distants de 0 à 150 mètres des voies. Cette distance a été jugée suffisante pour répondre à l'objectif de l'étude.

L'hétérogénéité des secteurs retenus nous a semblé suffisante pour garantir une bonne représentativité de l'exposition de la population aux abords des voies à fort trafic en zone extra-rocade.



Annexe I : Présentation d'Air Breizh

Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, ont pour missions de base, la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au Préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils de recommandation et d'information du public et des seuils d'alerte.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose en 2017, de 18 stations de mesure, réparties sur le territoire breton, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.

L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web...,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation.
- Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant extérieur et intérieur.

Réseau de surveillance en continu

La surveillance de la qualité de l'air pour les polluants réglementés est assurée via des d'analyseurs répartis au niveau des grandes agglomérations bretonnes. Ce dispositif est complété par d'autres outils comme l'inventaire et la modélisation, qui permettent d'assurer une meilleure couverture de notre région.

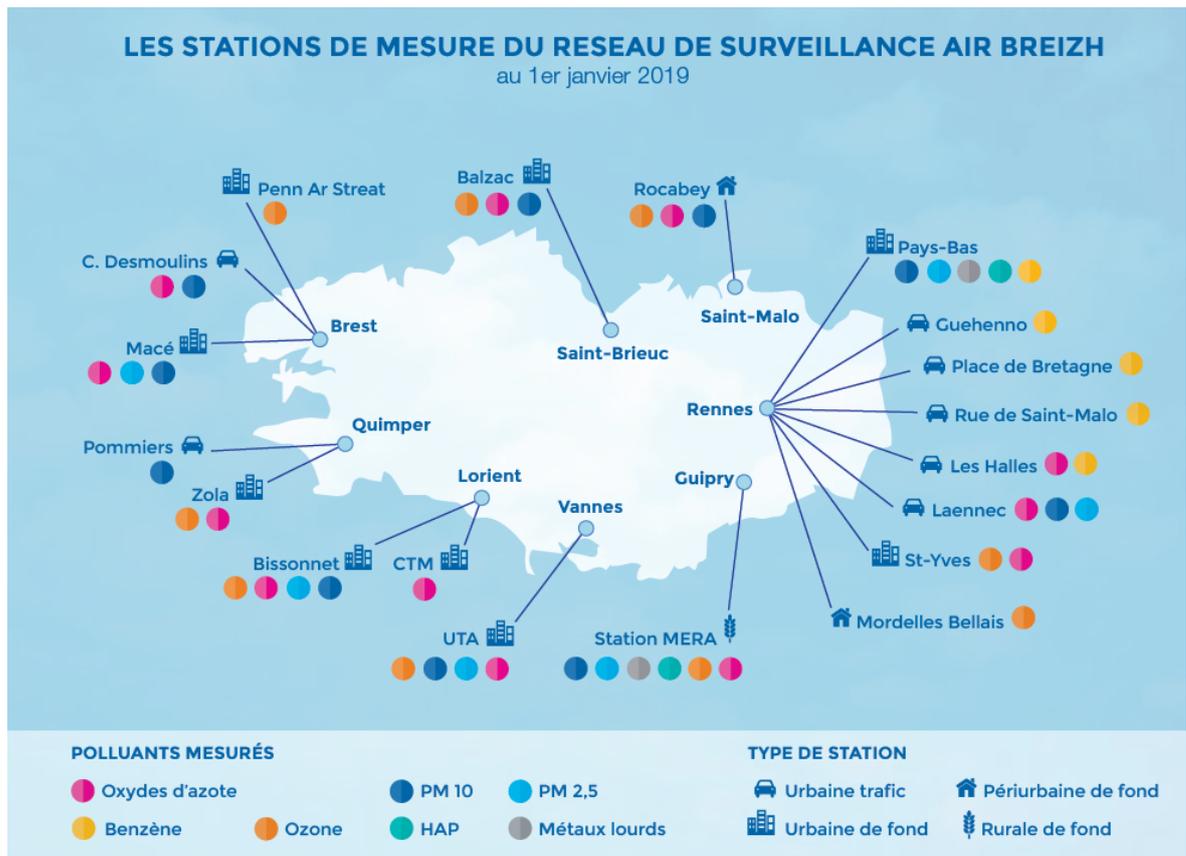


Figure 38: Implantation des stations de mesures d’Air Breizh

Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte treize salariés, et dispose d’un budget annuel de l’ordre d’1,6 million d’euros, financé par l’Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d’intérêt général et produits divers.

Annexe II : Références des points de mesures et résultats
des concentrations en dioxyde d'azote

Dioxyde d'azote (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	X (Lambert 93)	Y (Lambert 93)	moyenne été (6/09 au 4/10/18)	moyenne hiver (17/01 au 14/02/19)	moyenne annuelle corrigée avec facteur correctif
P0	344054,37	6793819,98	31	36	29
P1	344144,45	6793793,31	17	25	18
P2	344180,62	6793841,77	12	18	13
P3	344226,05	6793860,81	11	18	13
P4 (T)	344309,29	6794142,08	10	12	9
S0	351008,43	6794699,07	28	33	26
S1	351124,62	6794721,51	15	17	14
S2	351165,84	6794693,31	13	17	13
S3	351237,5	6794685,88	12	16	12
S4 (T)	351367,07	6794329,26	10	15	11
G1	344341,82	6802007,86	28	29	25
G2	344352,51	6801967,13	10	12	10
G3	344330,35	6801934,3	8	10	8
G4	344312,34	6801898,65	7	10	8
G5 (T)	344061,33	6801874,64	7	10	7
G6	344476,07	6801991,25	15	21	16
N0	353136,71	6781853,95	36	36	31
N1	353178,73	6781804,08	15	14	13
N2	353179,59	6781754,66	13	13	11
N3	353179,58	6781709,08	10	12	10
N4	353103,62	6781887,8	14	18	14
N5	353087,75	6781932,65	12	15	12
N6	353090,17	6781972,24	11	15	11
N7 (T)	353004,47	6782172,96	9	11	9
V1	356773,38	6781707,72	17	18	15
V2	356656,52	6781422,1	13	16	13
V3	356885,04	6781395,87	20	20	18
V4	356958,66	6781433,81	20	21	18
V5	357102,02	6781387,99	13	16	13
V6	357042,62	6781165,82	39	39	34
V7	357108,91	6781145,93	16	17	15
V8	357135,62	6781175,86	14	16	13
V9	357177,82	6781180,84	12	14	11
V10	356992,18	6781107,16	14	14	12
V11	356943,7	6781099,53	13	15	12
V12	356896,97	6781096,27	11	14	11
V13 (T)	357419,26	6781308,59	9	12	9