

Agglomération de Vichy

Création d'une station de
mesures de la qualité de l'air



CAMPAGNE D'ÉVALUATION – 2016/2017

www.atmo-auvergnerhonealpes.fr



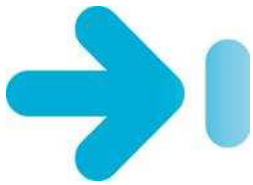
Diffusion : juillet 2017

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

contact@atmo-aura.fr





CONDITIONS DE DIFFUSION

Dans le cadre de la réforme des régions introduite par la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (loi NOTRe du 16 juillet 2015), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Auvergne (Atmo Auvergne) et de Rhône-Alpes (Air Rhône-Alpes) ont fusionné le 1^{er} juillet 2016 pour former **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes**.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « *loi 1901* » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de *l'article L.220-1 du Code de l'environnement*. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de *l'article L.220-2 du Code de l'Environnement*.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur les sites www.air-rhonealpes.fr et <http://www.atmoauvergne.asso.fr/>

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2017) Agglomération de Vichy – Création d'une station de mesure de la qualité de l'air**

Par ailleurs, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

- depuis le [formulaire de contact](#)
- par mail : contact@atmo-aura.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Financements

Cette étude a pu être réalisée grâce aux données de l'observatoire, financées par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Sommaire

1. Contexte et objectif de l'étude.....	5
2. Méthodologie.....	6
2.1. Sites étudiés.....	6
Caractéristiques du site d'étude « Centre Roland »	7
Caractéristiques du site d'étude « Ecole Sévigné »	8
Vérification des critères d'implantation pour un site « urbain de fond »	9
2.2. Sites de référence.....	10
2.3. Mesures par « tubes passifs »	11
2.4. Périodes de mesure	12
3. Résultat des mesures	13
3.1. L'ozone (O ₃).....	13
Campagne estivale.....	13
Campagne hivernale	15
3.2. Le dioxyde d'azote (NO ₂)	17
Campagne estivale.....	17
Campagne hivernale	19
3.3. Les particules fines (PM ₁₀).....	21
Campagne estivale.....	21
Campagne hivernale	22
3.4. Campagnes par « tubes passifs ».....	24
Validation des mesures de dioxyde d'azote par tubes	24
Résultats des tubes passifs	24
Comparaison des résultats par tubes avec les autres sites	29
4. Conclusion.....	30
5. Annexes	31
5.1. Techniques de mesure.....	31
Mesures par le moyen des laboratoires mobiles	31
Mesures par échantillonnage passif	32
5.2. Sites d'installation des tubes passifs	33
5.3. Détail des résultats des tubes	40

1. Contexte et objectif de l'étude

Dans le cadre de sa démarche globale, l'EPCI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale) de Vichy souhaite mieux appréhender les niveaux moyens de qualité de l'air auxquels ses habitants sont exposés.

Cette unité urbaine majeure de l'Allier, de plus de 66 000 habitants, n'a jamais fait l'objet d'une surveillance de la qualité de l'air alors que des mesures sont actives depuis plusieurs années sur Montluçon et Moulins. Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a donc décidé d'étendre son réseau de mesures de la qualité de l'air à l'agglomération de Vichy avec la création d'une station de mesures, et ceci, malgré un contexte plutôt tourné vers la rationalisation, et donc des fermetures de sites.

Dans un premier temps, il s'agit d'évaluer, sur plusieurs années, le niveau d'exposition moyen de la population, à savoir les concentrations moyennes auxquelles la majorité des habitants sont soumis.

Grâce à cette station de mesures, un indice quotidien de la qualité de l'air pourra être calculé et les données enregistrées permettront d'aider à la fourniture d'une prévision pour le lendemain. Prévision de la qualité de l'air également disponible sous forme cartographique, grâce à la modélisation, qui sera ainsi mieux ajustée avec ces mesures complémentaires. Le maintien de relevés sur plusieurs années pourra aussi renseigner sur l'évolution des niveaux des différents polluants dans le temps.

Le but recherché de cette surveillance se traduit par une typologie particulière de station, caractérisée par des critères réglementaires : une étude prospective est donc nécessaire afin de déterminer le meilleur emplacement pour l'implantation d'une station dite « urbaine de fond » dans l'agglomération de Vichy.

Ce rapport détaille les résultats de l'étude préalable au choix du futur site fixe.

2. Méthodologie

Afin de pouvoir déterminer le meilleur site pour l'installation de la station de mesures, une sélection de plusieurs secteurs a été effectuée à partir des critères à respecter, en particulier la densité de population et l'éloignement de sources particulières de polluants, mais aussi la possibilité matérielle d'implantation sur un terrain public.

Après une vérification physique du micro-environnement des sites potentiels pour écarter d'éventuels impacts parasites sur les mesures, les 2 sites qui présentent le plus d'atouts ont été au final testés avec l'installation de mesures temporaires.

Ces mesures ont été réalisées au cours des deux saisons les plus marquées par de forts niveaux, à savoir :

- La période hivernale, en particulier pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules fines (PM10)
- La période estivale, pour l'ozone (O₃).

En effet, lorsque les concentrations sont peu importantes, les sites ont tendance à être assez équivalents dans une agglomération de taille moyenne. C'est lors de périodes propices à la pollution, principalement en hiver et en été, que les différences entre stations peuvent apparaître. Ces observations permettent alors de choisir le site le plus sensible comme préconisé par la réglementation, à condition qu'il ne soit pas singulier et qu'il reste représentatif d'une situation assez ordinaire sur l'agglomération.

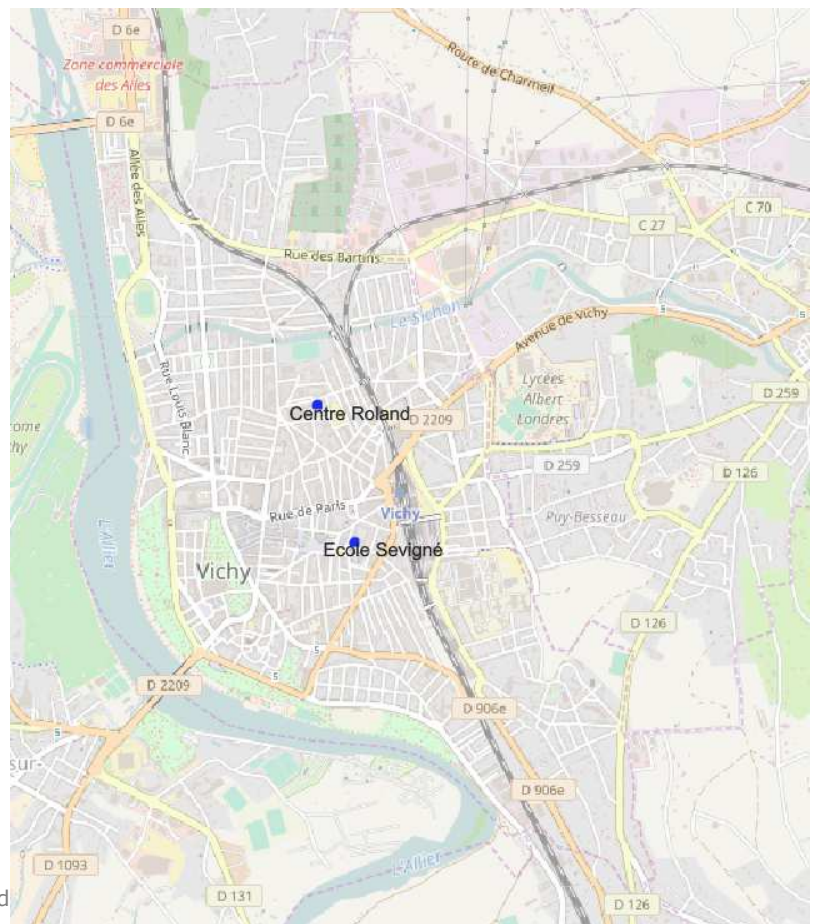
En complément, grâce à une méthode de mesure simplifiée et peu coûteuse (tubes) une trentaine de sites ont été investigués afin de contrôler la répartition spatiale des concentrations de NO₂ dans l'agglomération et de les comparer aux résultats cartographiques issus de la modélisation.

2.1. Sites étudiés

Après quelques rencontres et visites sur le terrain, organisées avec la mairie de Vichy, les deux emplacements qui ont été retenus pour les campagnes de mesures préliminaires sont :

- Le site « Centre Roland »
- Le site « Ecole Sévigné »

Situation des deux sites de mesures investigués dans l'agglomération Vichyssoise

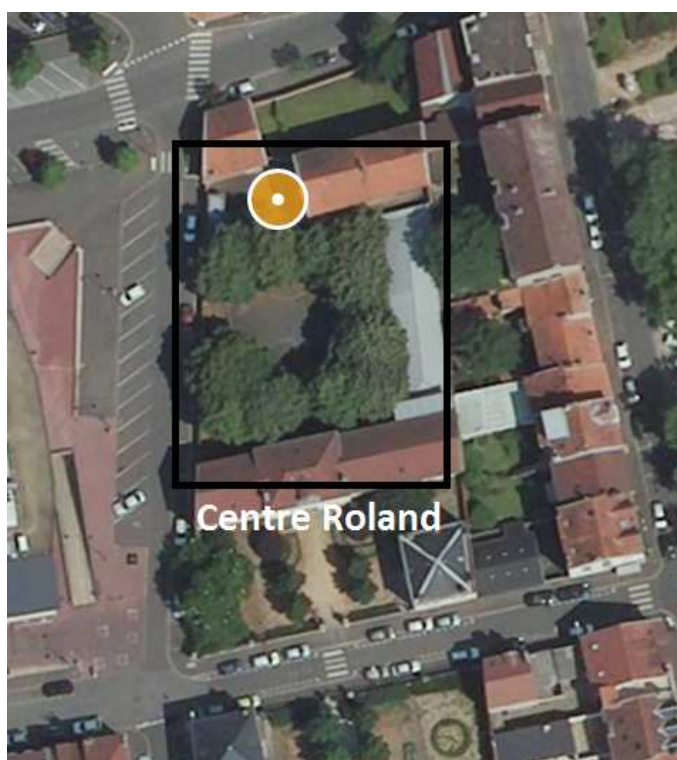
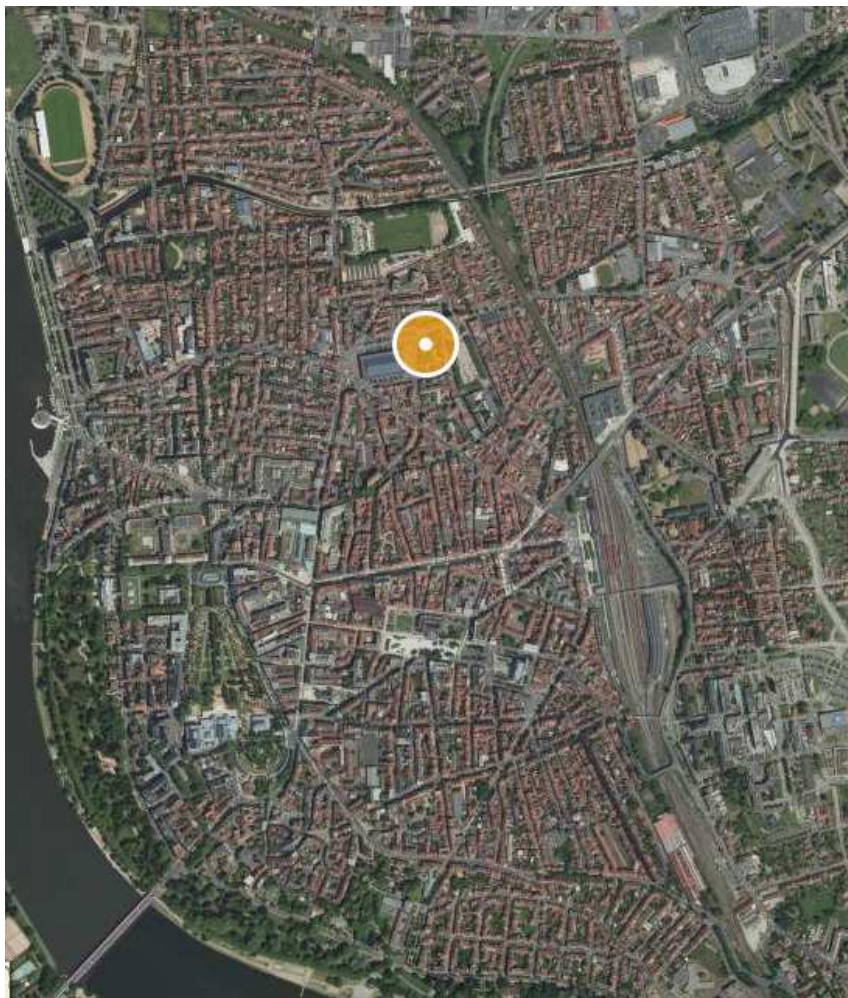


Caractéristiques du site d'étude « Centre Roland »

Adresse : **Centre universitaire Roland, rue du 4 septembre**

Coordonnées : Longitude **3°25'32,98"** ; Latitude **46°07'50,33"** ; Altitude **257 m**

Situation géographique :



Caractéristiques du site d'étude « Ecole Sévigné »

Adresse du site : **Ecole Sévigné, rue des écoles**

























Coordonnées : Longitude **3°25'40,63"** ; Latitude **46°07'30,36"** ; Altitude **257 m**

Situation géographique :



Vérification des critères d'implantation pour un site « urbain de fond »

Tous les critères sont respectés pour les deux sites :

Critères principaux réglementaires	Centre Roland	Ecole Sévigné
Le site doit être implanté dans une commune faisant partie d'une unité urbaine		
L'emplacement doit être situé dans une zone bâtie en continue, constituée de constructions d'au minimum 2 étages		
Le site doit être représentatif de la densité maximale de population de la zone surveillée, à savoir > 3.000 hab./km²	 5.409 hab./km ²	 5.355 hab./km ²
Le point de prélèvement ne doit pas être soumis à une influence industrielle ou trafic		
Le site doit être éloigné de la voirie principale : distance minimale à respecter entre le point de prélèvement et la voirie en fonction de son TMJA : 1.000 < TMJA < 3.000 véh/jour -> distance > 10 m	 Bd de la Mutualité Distance = 16m	 Av. Président Doumer Distance = 62m
Le site doit être distant par rapport à d'éventuels obstacles et arbres		
La station doit être accessible au public		
Critères techniques	Centre Roland	Ecole Sévigné
Le site doit être installé sur un terrain public		
Il ne doit pas y avoir de difficultés d'accessibilité au site afin d'assurer nos interventions techniques		
Un branchement électrique déjà présent (coffret EDF proche, alimentation électrique privée possible...) favorise le projet d'installation		
Un emplacement sécurisé est préférable		
Le site doit permettre l'installation une cabine (place pour un camion grue et ses manœuvres)		

2.2. Sites de référence

L'analyse des enregistrements obtenus sur les stations fixes du réseau régional de surveillance permet de situer les caractéristiques de la qualité de l'air durant une campagne de mesures ponctuelles par rapport aux niveaux habituellement observés.

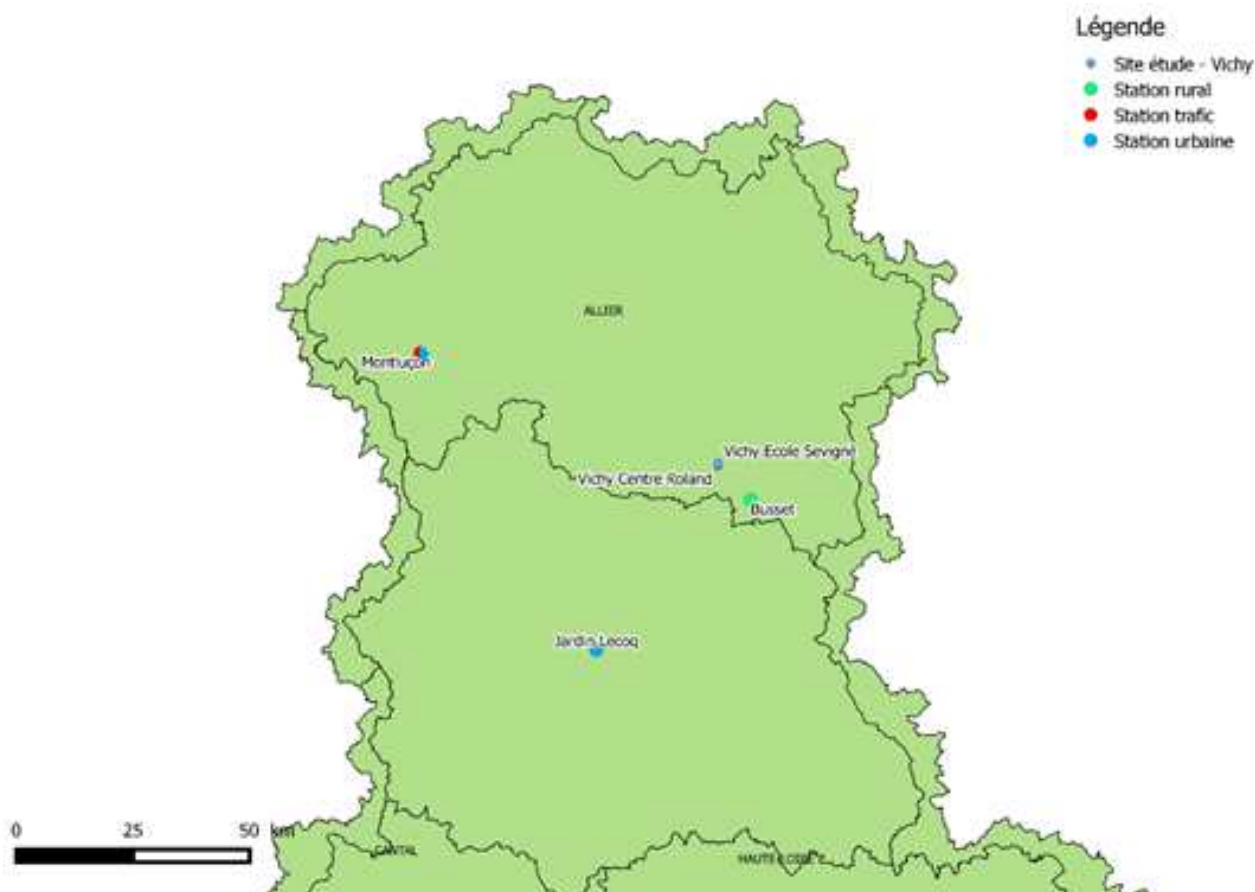
L'objectif est de quantifier, à partir des relevés de ces sites de référence, l'influence des paramètres météorologiques spécifiquement rencontrés durant la période de mesure, afin de généraliser les résultats de la campagne ponctuelle.

Dans la présente étude, les stations de référence choisies correspondent à certains sites fixes de l'Allier et un site de l'agglomération clermontoise :

- La station urbaine de fond du Jardin Lecoq dans l'agglomération clermontoise
- La station urbaine de fond de Montluçon-Château

Ces deux sites ayant été choisis pour leur typologie identique à celle recherchée pour le site de Vichy

- La station de proximité automobile de Montluçon centre, choisie pour comparer les données de particules fines à l'échelle départementale, car la station de Moulins, plus proche géographiquement, n'a pas pu être envisagée en raison de dysfonctionnement (travaux à proximité) durant la période de l'étude
- La station rurale de Busset, choisie pour sa proximité avec la ville de Vichy

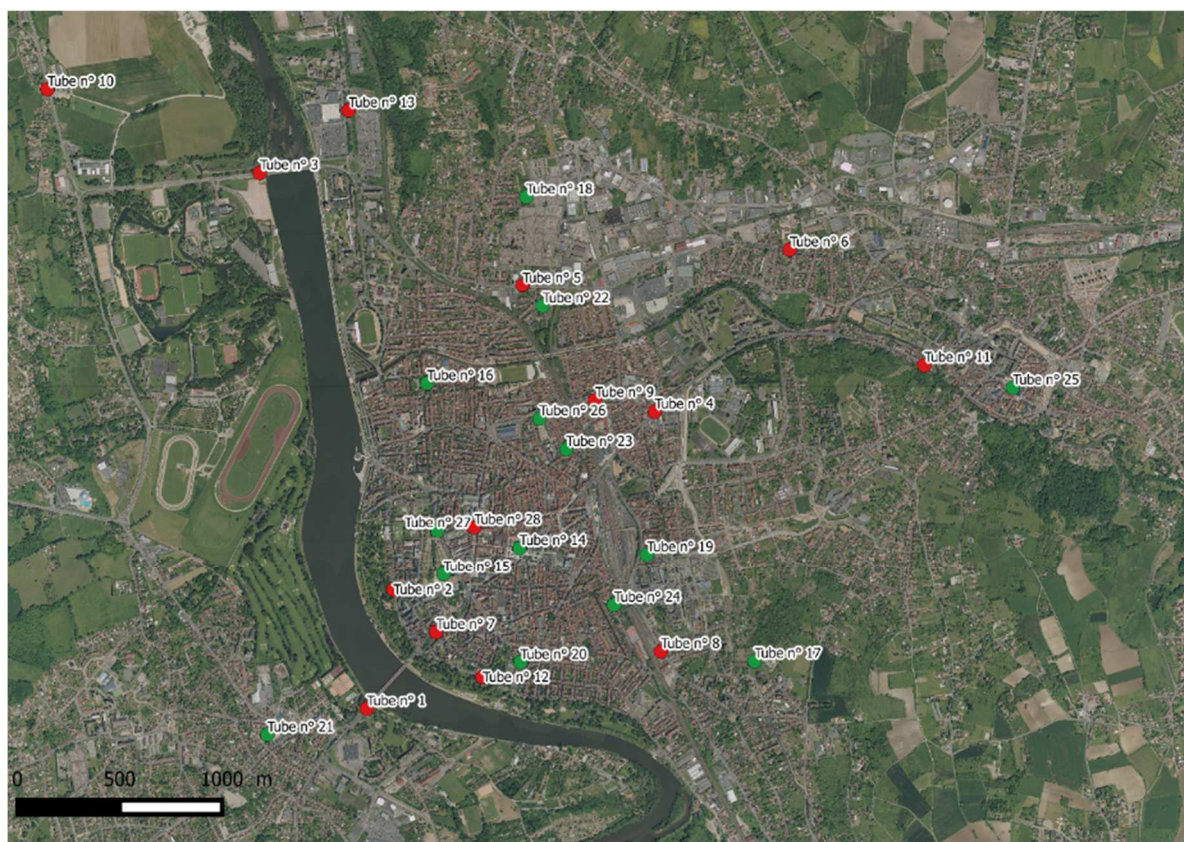


Situation des sites de référence

2.3. Mesures par « tubes passifs »

Les « tubes passifs » donnent la possibilité d'évaluer des niveaux de NO₂ (dioxyde d'azote) par une méthode peu coûteuse qui permet alors de multiplier les points de mesure et donc d'approcher la répartition spatiale des concentrations de ce polluant sans avoir recours à la modélisation : l'objectif des mesures par tubes passifs est d'obtenir une évaluation à la fois quantitative et qualitative des niveaux en plusieurs points et de pouvoir les comparer aux résultats cartographiques de la modélisation.

Les mesures ont été réalisées sur des sites de différentes typologies (fond et proximité automobile) afin d'approcher à la fois des concentrations moyennes et maximales, mais aussi lors de différentes périodes de l'année (printemps, été, hiver) pour tenir compte de la variation annuelle des concentrations de NO₂ : une trentaine de points de mesure, équitablement répartis entre site de fond (points verts) et site de proximité automobile (points rouges) ont été nécessaires dans le cas de la ville de Vichy.



Points de mesure tubes

2.4. Périodes de mesure

En ce qui concerne les 2 sites investigués par les moyens mobiles, les dates des campagnes sont les suivantes :

	Centre Roland	Ecole Sévigné
Campagne estivale	Du 6 juillet au 14 septembre 2016	Du 7 juillet au 14 septembre 2016
Campagne hivernale	Du 25 octobre au 23 décembre 2016	Du 25 octobre au 23 décembre 2016

Pour les tubes passifs, installés sur site pendant 2 semaines, les périodes au cours desquelles les campagnes de mesures ont été mises en place sont les suivantes :

	Mesures par tube NO₂
Campagne 1 (printemps)	Du 25 avril au 23 mai 2016 Semaines 17 - 18 - 19 - 20
Campagne 2 (été)	Du 18 juillet au 29 août 2016 Semaines 27 - 28 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34
Campagne 3 (hiver)	Du 31 octobre au 26 décembre 2016 Semaines 44 - 45 - 46 - 47 - 48 - 49 - 50 - 51

3. Résultat des mesures

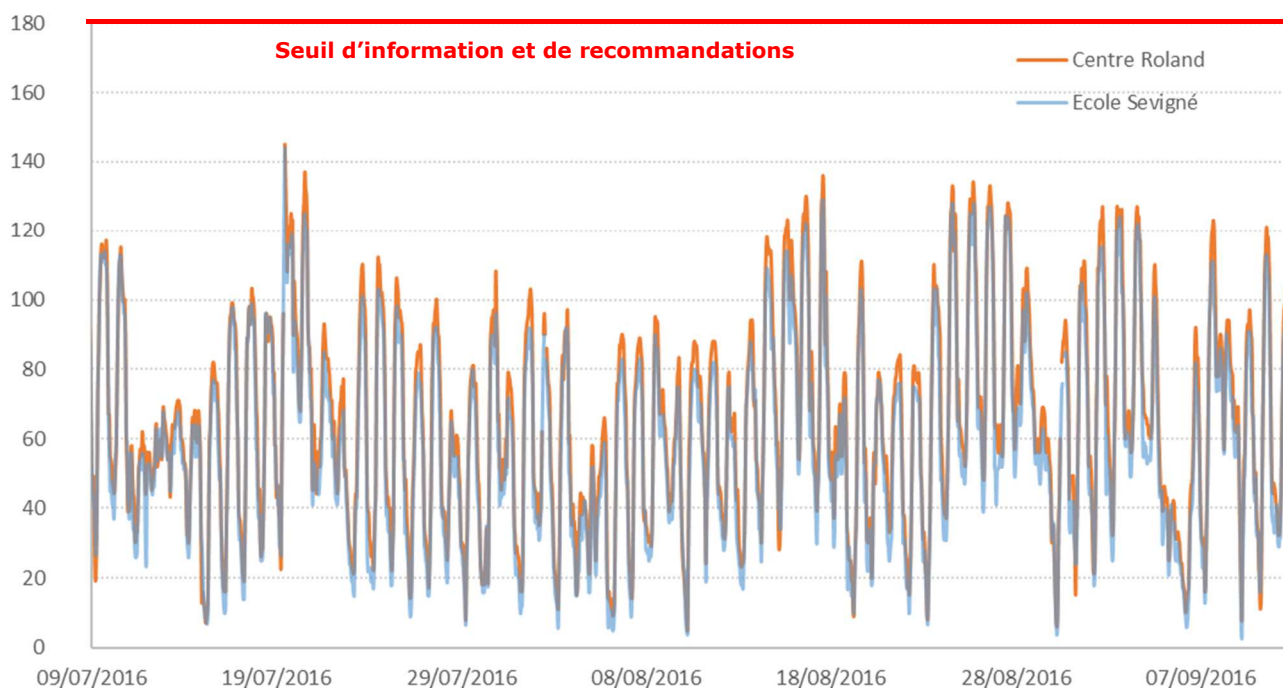
3.1. L'ozone (O₃)

L'ozone est un polluant dit « secondaire » car il n'est pas directement émis par une source naturelle ou anthropique, mais se trouve être le résultat de réactions chimiques qui ont lieu sous l'effet du rayonnement solaire et de la chaleur, à partir de composés précurseurs (produits en majorité par les activités humaines) : c'est donc un composé que l'on trouve en fortes quantités uniquement lors de la période estivale, et principalement lorsqu'il fait beau et chaud.

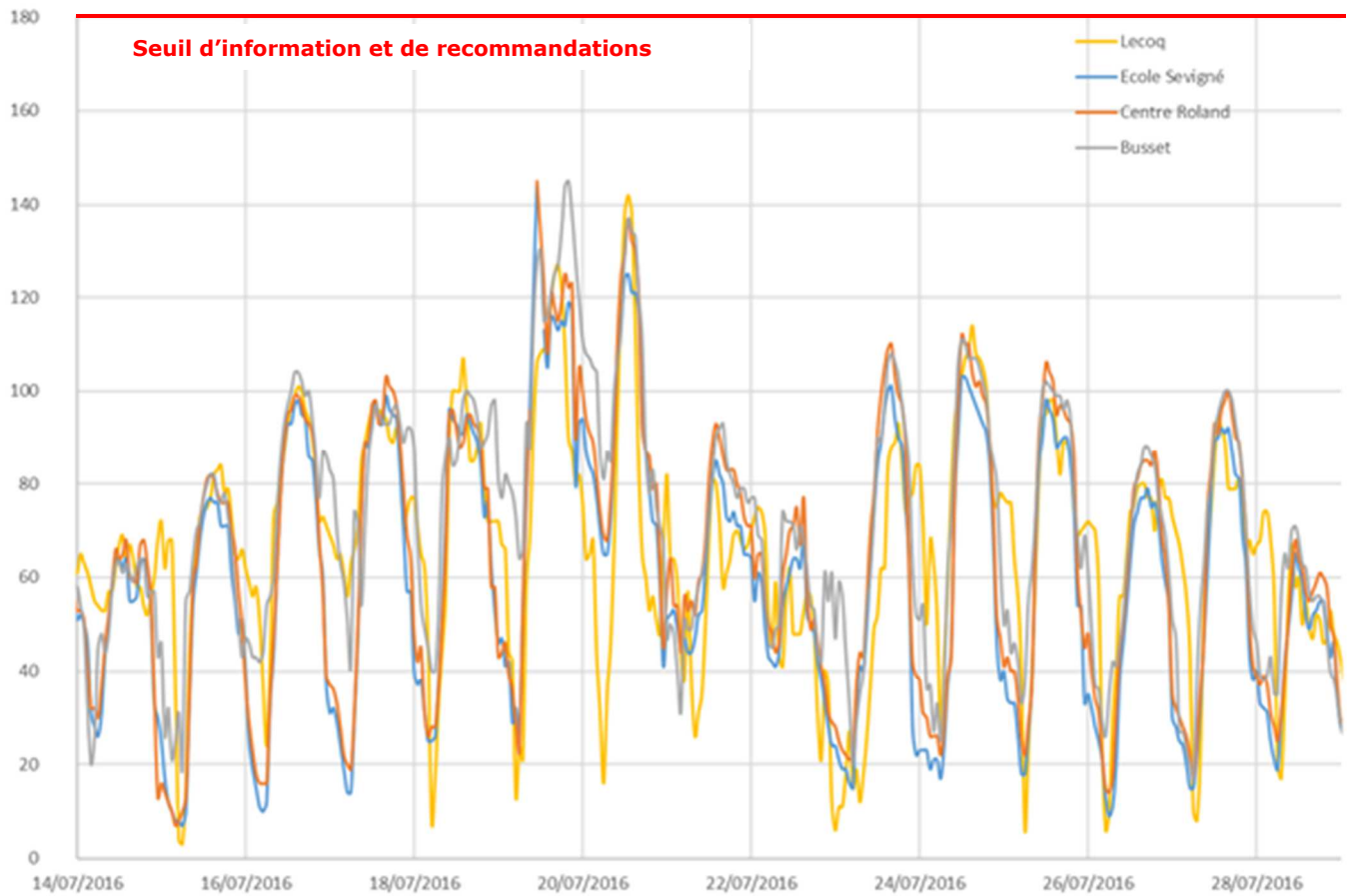
La réglementation fixe :

- un seuil d'information et de recommandations à 180 µg/m³ en moyenne horaire
- un objectif de qualité à 120 µg/m³ pour le maximum journalier des moyennes sur 8h

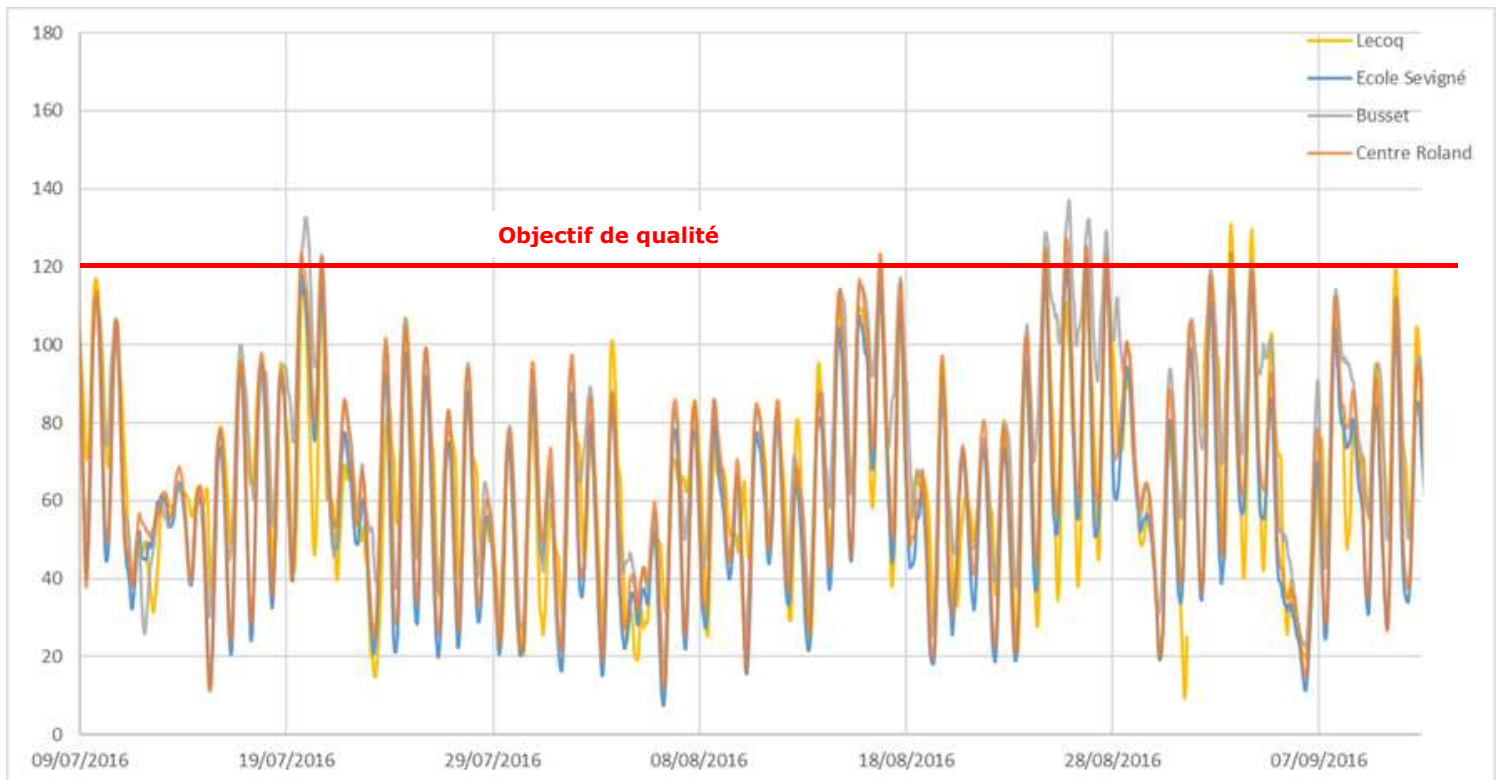
Campagne estivale



Evolution des valeurs horaires sur les 2 sites d'étude

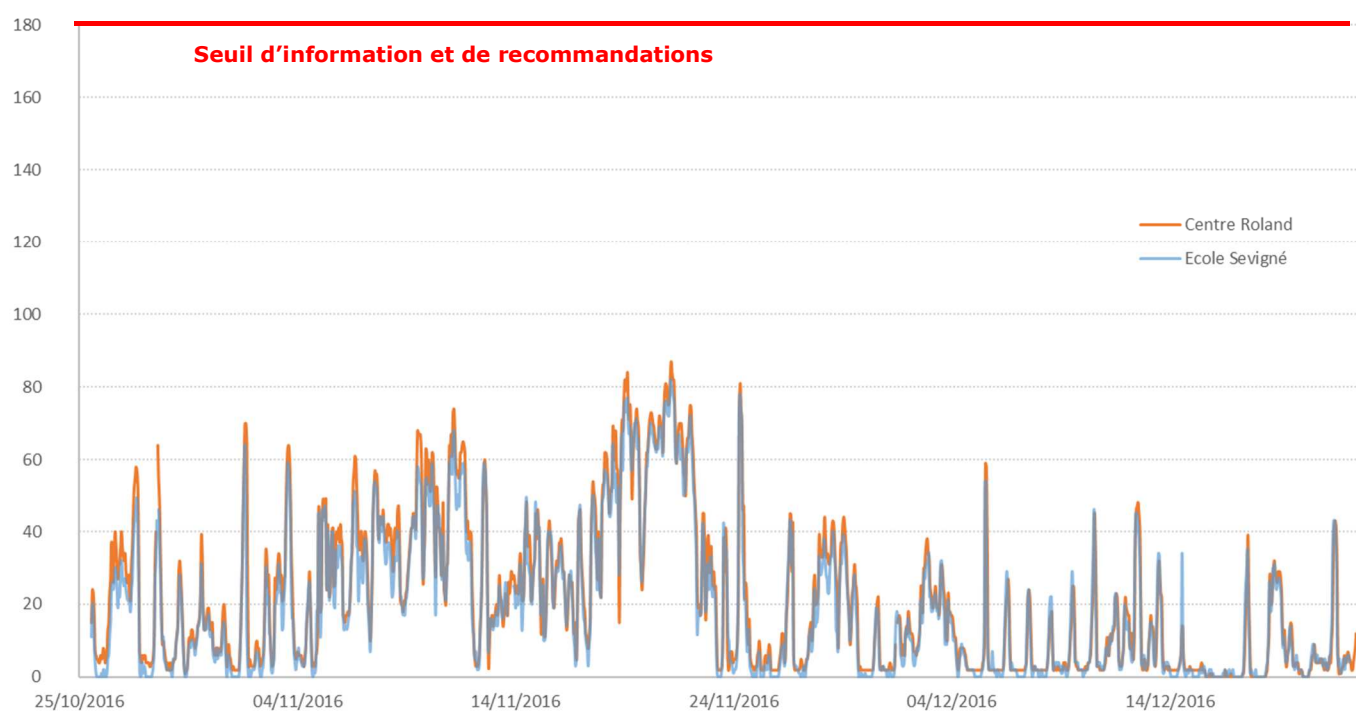


Evolution des valeurs horaires des sites d'études en regard des stations de référence, au moment des plus forts niveaux

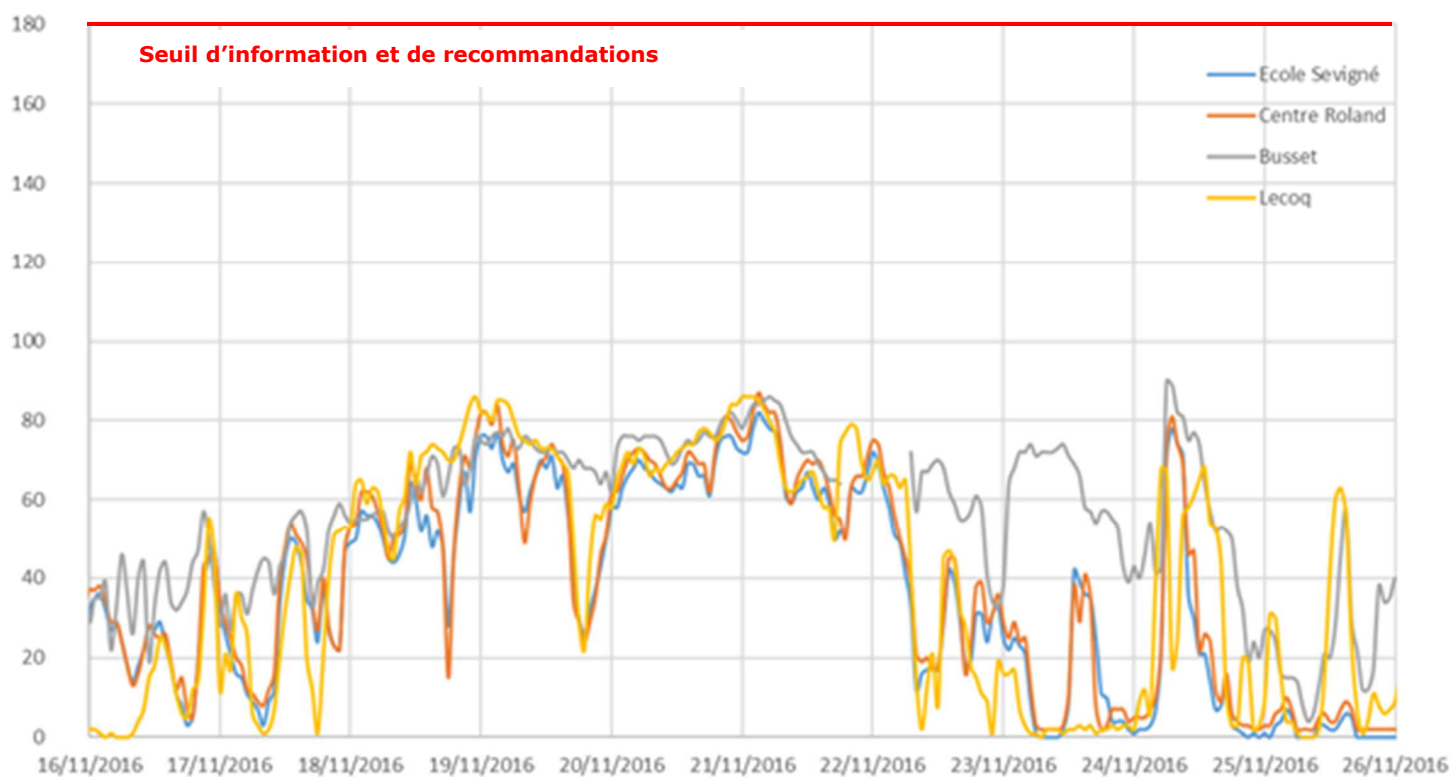


Evolution des moyennes glissantes sur 8h des sites d'études en regard des stations de référence

Campagne hivernale



Evolution des valeurs horaires sur les 2 sites d'études



Evolution des valeurs horaires des sites d'études en regard des stations de référence, au moment des plus forts niveaux

	Ecole Sévigné	Centre Roland	Busset	Clermont-Lecoq
Résultats de la campagne estivale				
Moyenne	61	66	74	67
Minimum	3	5	10	0
Maximum	144	145	148	147
Nombres de jours avec valeurs sur 8h>120	2	8	5	10
Résultats de la campagne hivernale				
Moyenne	19	21	42	21
Minimum	0	0	0	0
Maximum	82	87	90	86
Nombres de jours avec valeurs sur 8h>120	0	0	0	0

Les concentrations enregistrées sur les 2 sites investigués à Vichy sont bien corrélées entre elles : les 2 emplacements sont donc représentatifs du niveau de fond de l'agglomération et l'absence de particularités valide leur bon emplacement.

A noter que les niveaux sur le site du Centre Roland sont la plupart du temps légèrement supérieurs à ceux de la station de l'Ecole Sévigné, autant dans les valeurs maximales que minimales, ce qui se traduit par une moyenne estivale plus forte : 66 contre 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations des 2 emplacements de Vichy sont homogènes avec les sites de référence. Les valeurs sont assez proches de la station urbaine de fond de Clermont-Ferrand Lecoq mais cette dernière montre toutefois des valeurs nocturnes plus faibles car l'ozone est détruit en présence d'excès de NO_2 dont les concentrations sont plus importantes à Clermont-Ferrand.

A contrario, le site rural de Busset, très peu concerné par des excès de NO_2 , a des valeurs minimales plus élevées que les autres stations, et par conséquent, affiche les moyennes les plus fortes, que ce soit en été ou en hiver.

La campagne hivernale confirme l'absence de forts niveaux d'ozone. Les remarques avancées pour la période estivale valent aussi pour l'hiver.

Au niveau réglementaire, le seuil d'information et de recommandations n'a pas été atteint, le maximum horaire ayant été de 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, et ceci tout comme dans l'ensemble du territoire auvergnat. Quant à la moyenne glissante sur 8h, **l'objectif de qualité est dépassé sur les 2 poste de Vichy**, mais aussi sur les stations de référence, tout comme la quasi-totalité des sites régionaux. Le nombre de jours touchés par des dépassements de la valeur sur 8h de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est un peu plus important sur le site du Centre Roland.

Toutefois, si l'on détaille les résultats de certains jours concernés par des dépassements sur le Centre Roland mais pas sur le site de l'Ecole Sévigné, on s'aperçoit que les écarts sont relativement faibles :

	Ecole Sévigné	Centre Roland
19/07/2016 17:00	118	123
19/07/2016 18:00	117	123
16/08/2016 18:00	116	123
16/08/2016 19:00	115	123
24/08/2016 18:00	119	124
24/08/2016 19:00	118	123
02/09/2016 18:00	116	123
02/09/2016 19:00	116	123

3.2. Le dioxyde d'azote (NO₂)

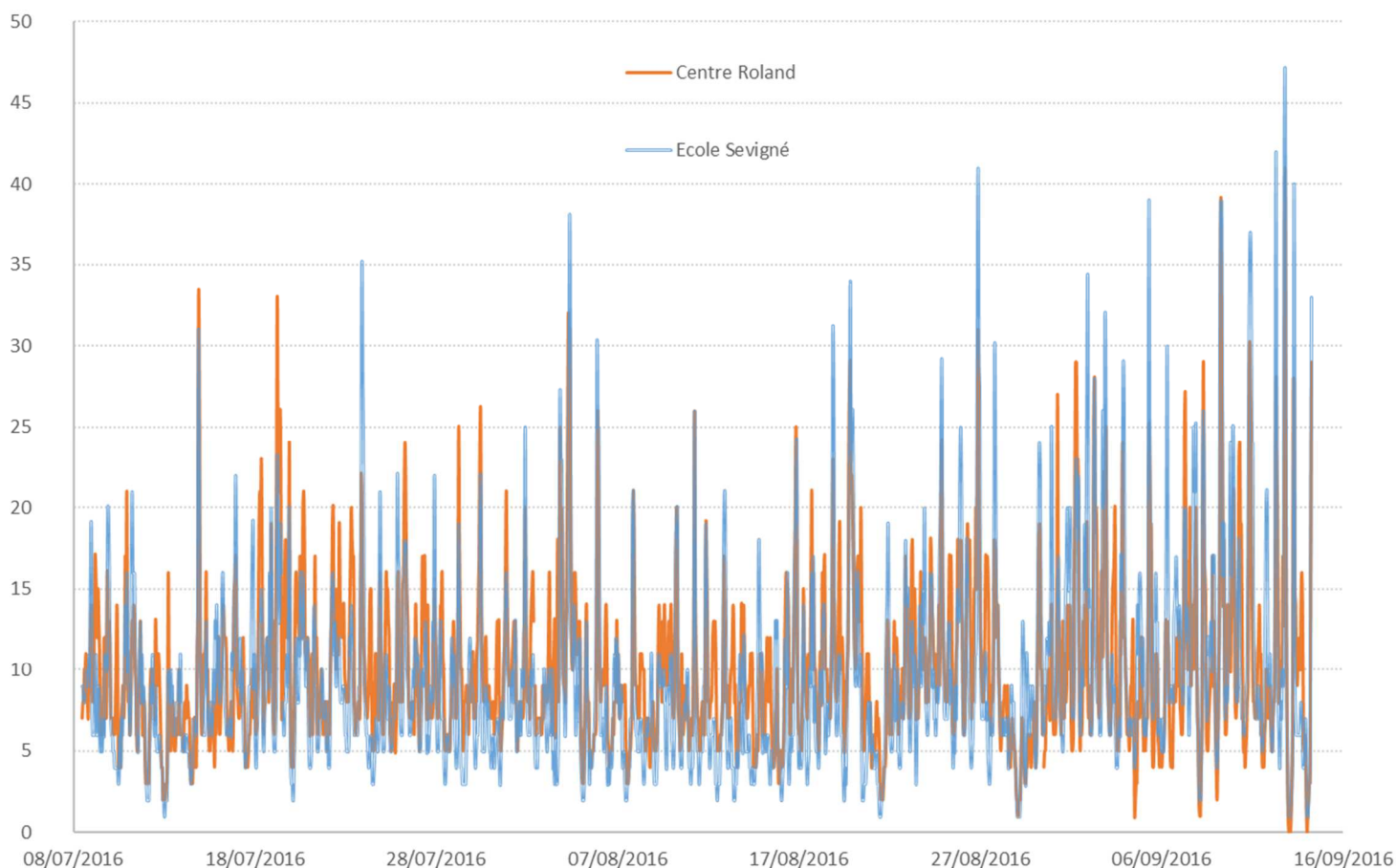
Le NO₂ est formé dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO) qui se dégage essentiellement lors de la combustion de combustibles fossiles : il constitue l'un des principaux traceurs de la pollution urbaine, en particulier automobile.

Ses émissions sont assez stables sur l'année, même si les chauffages en hiver peuvent contribuer à les augmenter. C'est surtout les conditions météorologiques hivernales peu dispersives qui contribuent à observer des concentrations parfois importantes par accumulation dans les basses couches de l'atmosphère. En été, les concentrations de NO₂ sont donc plus faibles, ceci également à cause de la chimie de l'Ozone qui détruit ce composé précurseur.

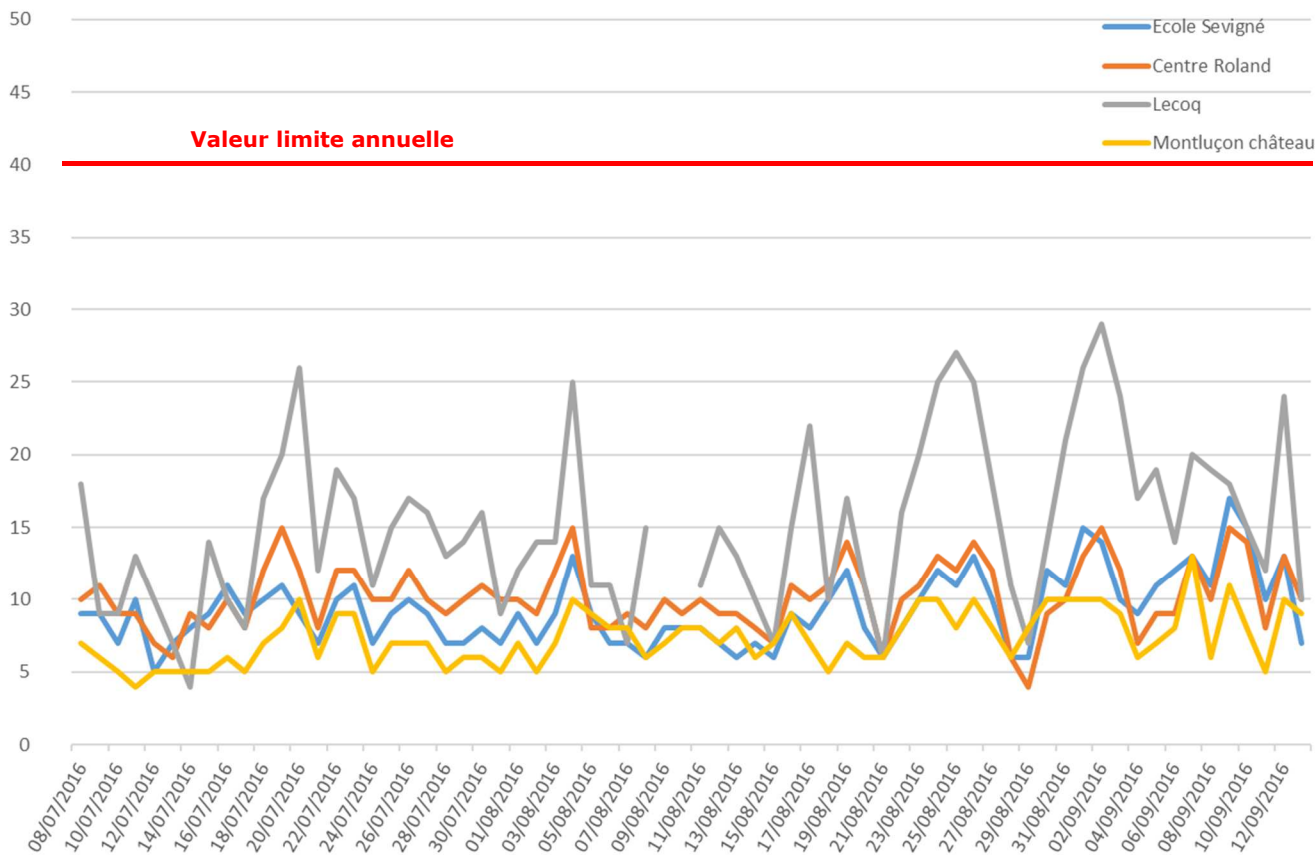
La réglementation fixe :

- une valeur limite à 40 µg/m³ en moyenne annuelle
- un seuil d'information et de recommandations à 200 µg/m³ en moyenne horaire

Campagne estivale

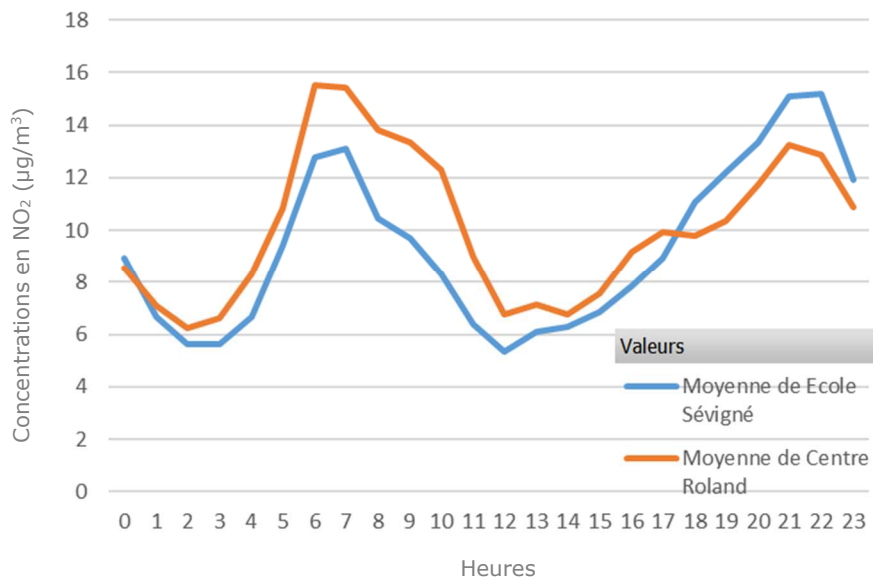


Evolution des valeurs horaires sur les 2 sites d'études



Evolution des valeurs journalières des sites d'études en regard des stations de référence

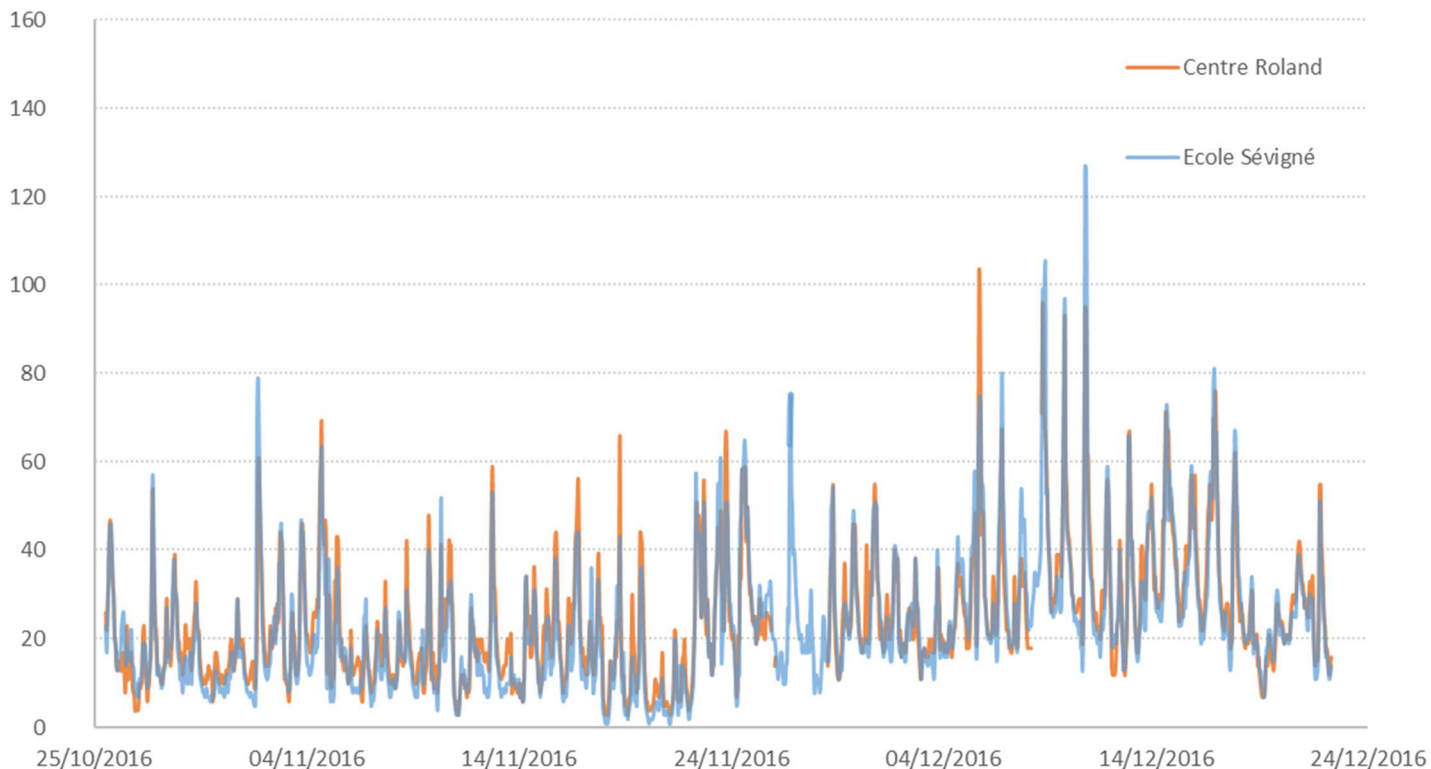
Profil journalier du 08/07 au 14/09/2016



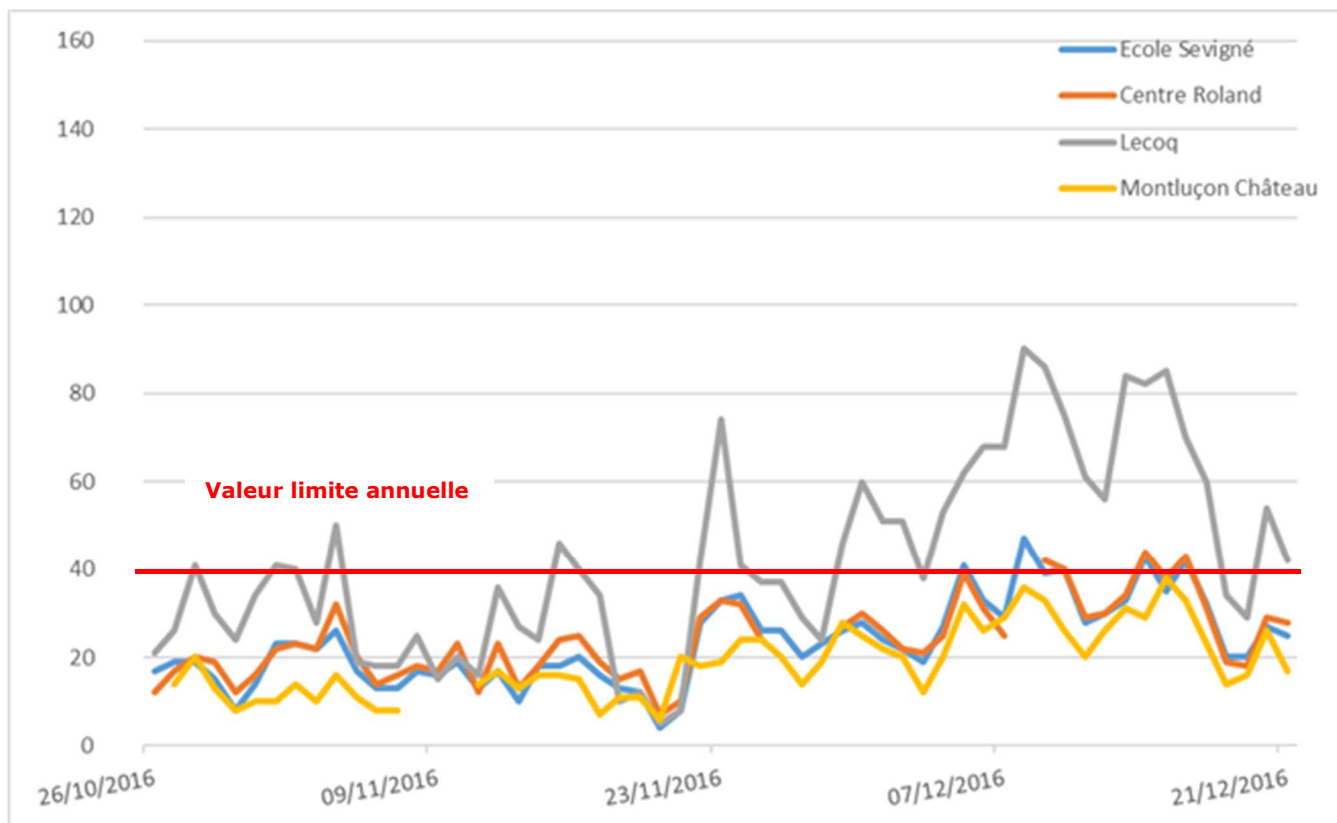
Les profils journaliers des concentrations horaires présentent deux pics qui correspondent, à la fois à l'activité du secteur routier (pointes de trafic du matin et du soir liées aux déplacements domicile - travail) et à la capacité dispersive de l'atmosphère, généralement plus importante en milieu de journée.

Les concentrations au niveau du site du Centre Roland sont légèrement supérieures le matin mais inférieures le soir à celles du site de l'Ecole Sévigné. Pour autant, la différence de concentrations est très faible et on peut considérer les profils comme semblables, de typologie urbaine.

Campagne hivernale

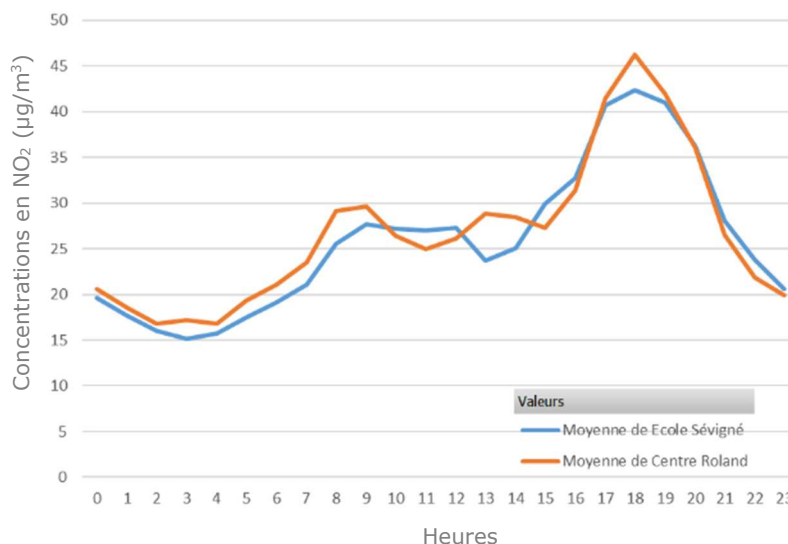


Evolution des valeurs horaires sur les 2 sites d'études



Evolution des valeurs journalières des sites d'études en regard des stations de référence

**Profil journalier du
25/10 au 22/12/2016**



A l’instar du profil effectué sur la période estivale, on observe le pic du matin qui correspond aux activités routières (principalement les déplacements domicile-travail). Par contre, ce profil journalier comporte un pic plus important en fin de journée, typique des sites de fond en période hivernale : aux émissions liées au trafic routier s’ajoutent en fin de journée celles liées aux chauffages.

De plus, les conditions dispersives de l’atmosphère sont moins favorables en période hivernale et l’accumulation des polluants est plus forte : les concentrations s’étagent entre 15 et 45 µg/m³ contre 6 à 16 µg/m³ sur le profil estival.

Les 2 sites gardent des profils très semblables, comme lors de la précédente période de mesures.

	Ecole Sévigné	Centre Roland	Clermont-Lecoq	Montluçon Château
Campagne estivale				
Moyenne	9	10	15	7
Minima horaire	1	0	0	1
Maxima horaire	47	41	99	40
Campagne hivernale				
Moyenne	23	24	42	19
Minima horaire	1	3	1	2
Maxima horaire	127	103	144	87

Comme attendu, que ce soit en valeurs horaires ou journalières et à l’instar des autres mesures régionales, les niveaux sont plus forts en période hivernale qu’en été.

Les deux sites de Vichy ont des niveaux et des évolutions temporelles très similaires et ne montrent pas de particularités qui auraient pu invalider leur emplacement.

Les concentrations sur Vichy sont légèrement plus importantes qu’à Montluçon en été lors de niveaux faibles, mais par contre du même ordre de grandeur en hiver. En revanche, la station urbaine de fond de l’agglomération clermontoise montre des niveaux supérieurs, quelle que soit la période, car la taille de l’agglomération est plus importante et donc caractérisée par des émissions proportionnellement plus fortes.

Au niveau réglementaire, les valeurs horaires sont assez faibles et **respectent le seuil d’information et de recommandations** de 200 µg/m³ : la **valeur limite** qui autorise 18 dépassements de ce seuil sur l’année a en conséquence une **grande probabilité d’être respectée**.

Quant à la valeur limite annuelle, elle n’est dépassée sur aucun site urbain de fond de la région, l’enjeu réglementaire étant limité aux situations de proximité routière. Compte tenu des moyennes hivernales de l’ordre de 20 à 25 µg/m³, il est **très peu probable** que les sites de Vichy **dépassent cette valeur limite annuelle**.

3.3. Les particules fines (PM₁₀)

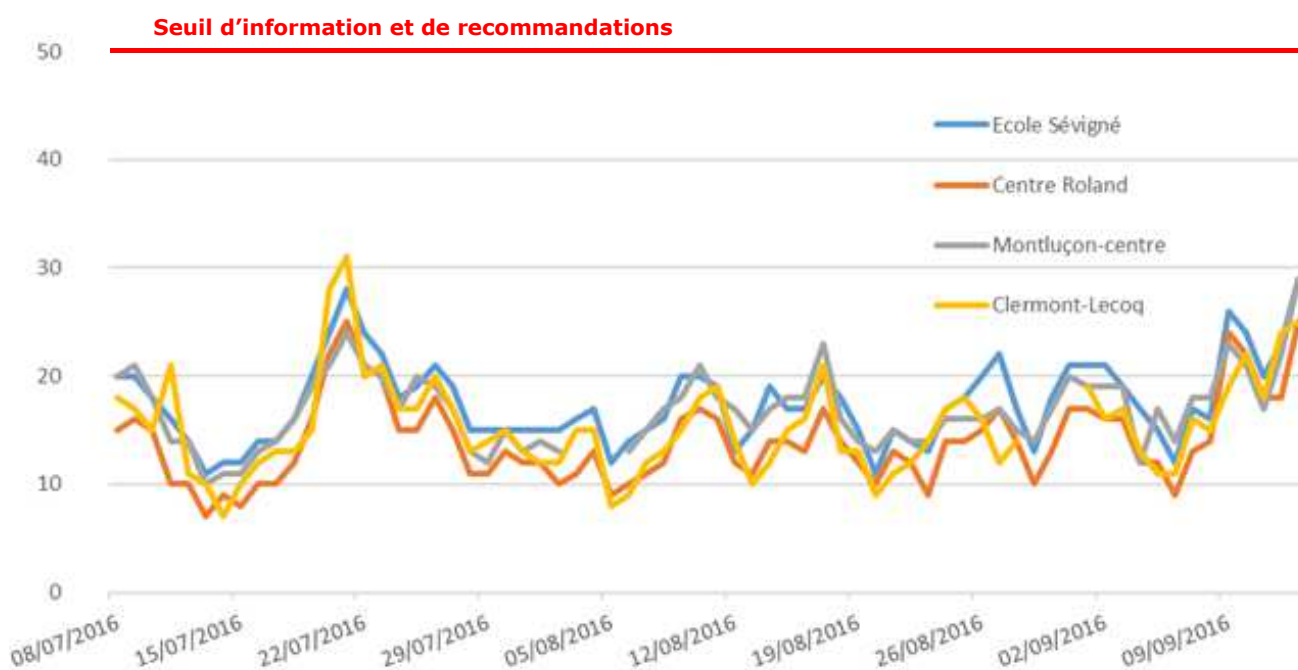
Les sources d'émissions des PM₁₀ sont très variées et proviennent à la fois de la combustion de différents matériaux à des fins énergétiques, du transport routier et d'activités industrielles très diverses.

Comme pour le NO₂, les particules fines montrent des concentrations plus fortes en hiver, à cause des conditions météorologiques moins dispersives et favorables à l'accumulation de la pollution. Par contre, les émissions en hiver sont largement impactées à la hausse par les combustions liées aux chauffages et particulièrement les chauffages au bois de mauvaise qualité.

La réglementation fixe :

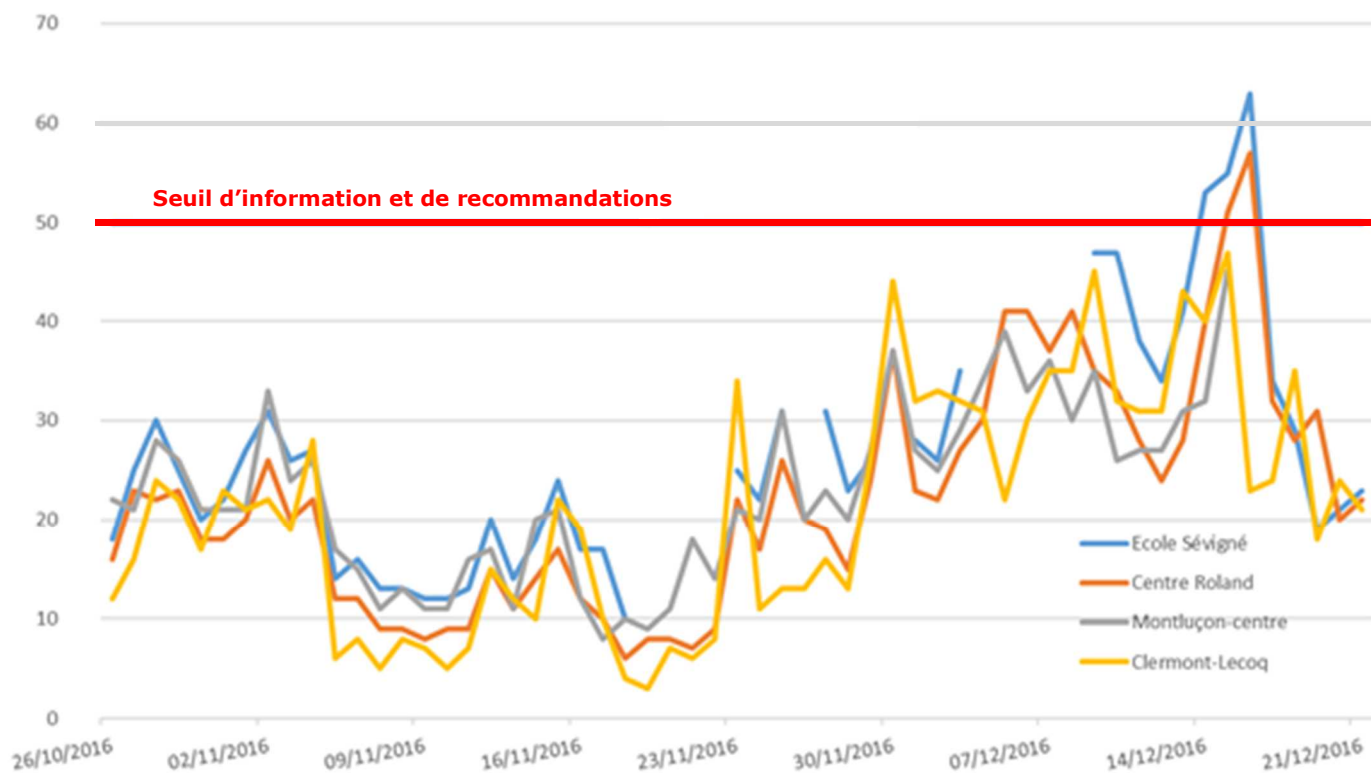
- une valeur limite à 40 µg/m³ en moyenne annuelle
- un seuil d'information et de recommandations à 50 µg/m³ en moyenne journalière

Campagne estivale



Evolution des valeurs journalières des sites d'études en regard des stations de référence

Campagne hivernale



Evolution des valeurs journalières des sites d'études en regard des stations de référence

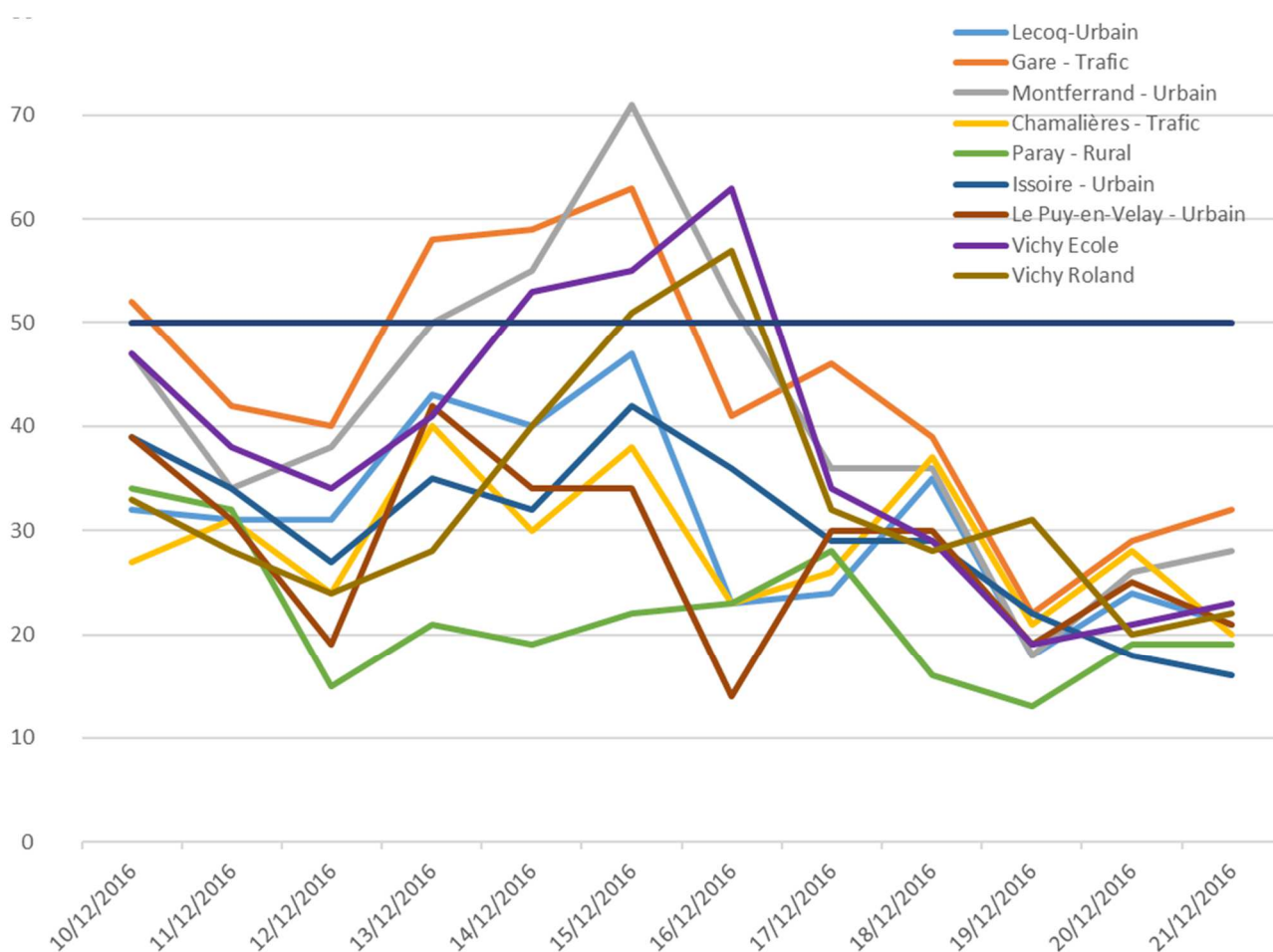
	Ecole Sévigné	Centre Roland	Montluçon-centre	Clermont-Lecoq
Campagne estivale				
Moyenne	18	14	17	15
Minimum	11	7	10	7
Maximum	29	25	29	31
Nombre jours >50	0	0	0	0
Campagne hivernale				
Moyenne	26	22	23	21
Minimum	10	6	8	3
Maximum	63	57	45	47
Nombre jours >50	3	2	0	0

Contrairement au NO₂, il y a très peu de différences entre les sites, les moyennes étant proches et les concentrations bien corrélées au niveau de la variation temporelle. De même, les niveaux de concentrations en particules fines sont plus homogènes entre des sites urbains de fond et des stations sous influence directe du trafic.

Cette relative homogénéité des niveaux, tant entre différentes typologies de sites qu'entre différentes tailles d'agglomérations, vient de la diversité des sources de ce polluant, contrairement au NO₂.

Malgré des valeurs assez faibles, un dépassement du seuil d'information et de recommandations est observé du 15 au 17 décembre : ce dépassement n'est pas constaté sur le site de Montluçon-centre ni sur celui du Jardin Lecoq à Clermont-Ferrand, mais à cette même période, un déclenchement d'un épisode de pollution a été effectué sur le département du Puy-de-Dôme.

Le graphique suivant permet d'observer les données issues de certains sites de mesure des PM10 en Auvergne à cette période :



Evolution des moyennes journalières de différents sites d’Auvergne

Un dépassement de la valeur de 50 µg/m³ a été observé, dans l’agglomération clermontoise, sur le site urbain de Montferrand, et sur la station trafic de la Gare.

3.4. Campagnes par « tubes passifs »

Validation des mesures de dioxyde d'azote par tubes

Analyse des valeurs de « blancs terrains »

Les tubes passifs utilisés comme « blanc terrain », c'est-à-dire, non exposés (ils restent fermés) permettent de contrôler l'absence d'une contamination pendant les transports, les manipulations et les analyses. Les deux tubes passifs utilisés en « blanc terrain » révèlent une quantité de dioxyde d'azote inférieure à la limite de quantification pour le premier et une concentration égale à 50 nanogrammes pour le second. Ces masses correspondraient respectivement, sur deux semaines d'exposition, à une concentration inférieure à 1.5 µg/m³ et une concentration de 2.7 µg/m³. Cette très faible valeur traduit donc l'absence de contamination particulière, pour l'ensemble du mode opératoire.

Analyse des mesures en doublons

Les tubes passifs installés en doublons sur les sites « 13 » et « 26 » permettent de contrôler la répétabilité des mesures. On définit pour cela l'écart relatif ER entre deux mesures conjointes CA et CB comme la valeur absolue de l'écart entre l'une des mesures et la moyenne des deux, rapportée à cette moyenne :

$$ER = \frac{\left\{C_A - \frac{C_A + C_B}{2}\right\}}{(C_A + C_B)/2}$$

L'évaluation des écarts relatifs ER est présentée dans le tableau suivant. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air (µg/m³).

		S17	S19	S27	S29	S31	S33	S44	S46	S48	S50
Tube n°13	Tube A	24.5	25.1	22,2	27,5	19,9	19.9	30.1	33.2	42.5	37.7
	Tube B	23.2	26.4	22,0	27,5	19,3	19.3	32.3	33.7	39.9	37.5
	Moyenne	23.9	25.7	22.1	27.5	19.6	19.6	31.2	33.4	41.2	37.6
	ER	3%	2%	0%	0%	2%	2%	3%	1%	3%	0%
Tube n°26	Tube A	17.6	12.7	11,0	13,0	11,8	11.8	22.5	26.7	34.9	31.1
	Tube B	17.2	13.0	10,9	12,9	10,7	10.7	24.0	27.6	37.4	32.4
	Moyenne	17.4	12.85	10.95	12.95	11.25	11.3	23.2	27.2	36.1	31.8
	ER	1%	1%	0%	0%	5%	5%	3%	2%	3%	2%

Les écarts relatifs obtenus sont faibles et confirment ainsi une répétabilité tout à fait satisfaisante de la mesure par échantillonnage passif au cours de la campagne. En effet, ces résultats sont cohérents avec une incertitude de mesure voisine de 15 %, admise pour cette technique.

Résultats des tubes passifs

Les trois cartes ci-après représentent les concentrations en NO₂ des 28 tubes posés, par période météorologique, la quatrième informant sur la moyenne des 3 campagnes.

Campagne 1 – Printemps (semaines 17 à 20)



La plus forte valeur est observée sur le tube n°7 situé 8 avenue Aristide Briand. Ce tube est situé sur un axe routier où circulent 15 à 20.000 véhicules par jour (données 2011).

Les valeurs sont faibles pour tous les sites de mesures de fond, les sites trafics quant à eux enregistrent des valeurs assez élevées et relativement proches de la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

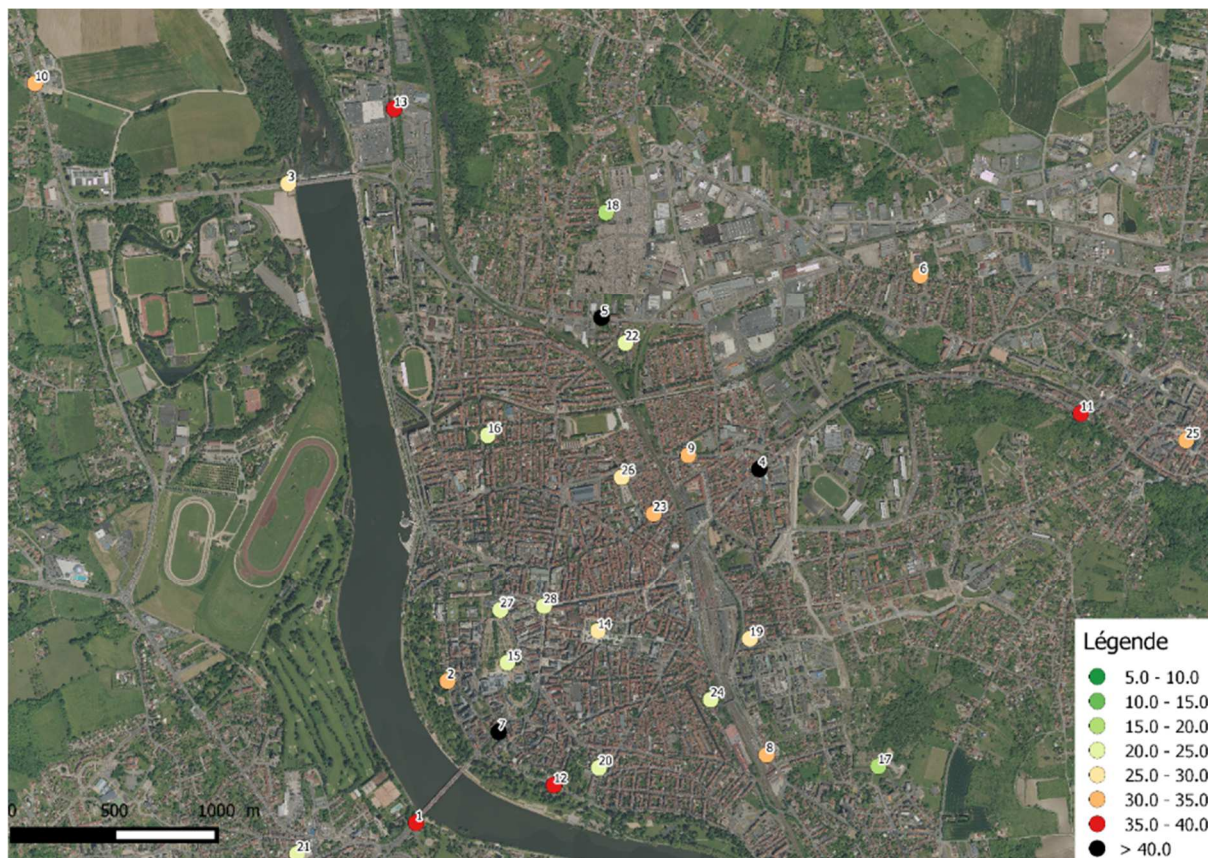
Campagne 2 – Eté (semaines 27 à 34)



La plus forte valeur de cette campagne est observée sur le tube n°12 situé 32 Boulevard Kennedy, un site sous influence trafic.

Pour le reste des points, les valeurs sont du même ordre de grandeur que celles de la première campagne, en grande majorité légèrement plus faibles.

Campagne 3 – Hiver (semaines 44 à 51)



Concernant les résultats sur la période hivernale, 3 tubes dépassent la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ : les tubes n°4, 5 et 7, tous situés à proximité d'axes fréquentés (15 à 20.000 véhicules jour en 2011).

Les résultats des tubes sous influence du trafic sont élevés mais, excepté les trois tubes en dépassement de la valeur limite annuelle, les autres concentrations sont proches de celles des campagnes 1 et 2, ce qui démontre l'influence prédominante des émissions liées à la circulation sur les valeurs de dioxyde d'azote en ces points.

Les valeurs en situation de fond sont plus élevées que lors des deux campagnes précédentes, comme on pouvait s'y attendre compte tenu des variations saisonnières de ce polluant (plus fortes émissions et moins bonne dispersion en hiver).

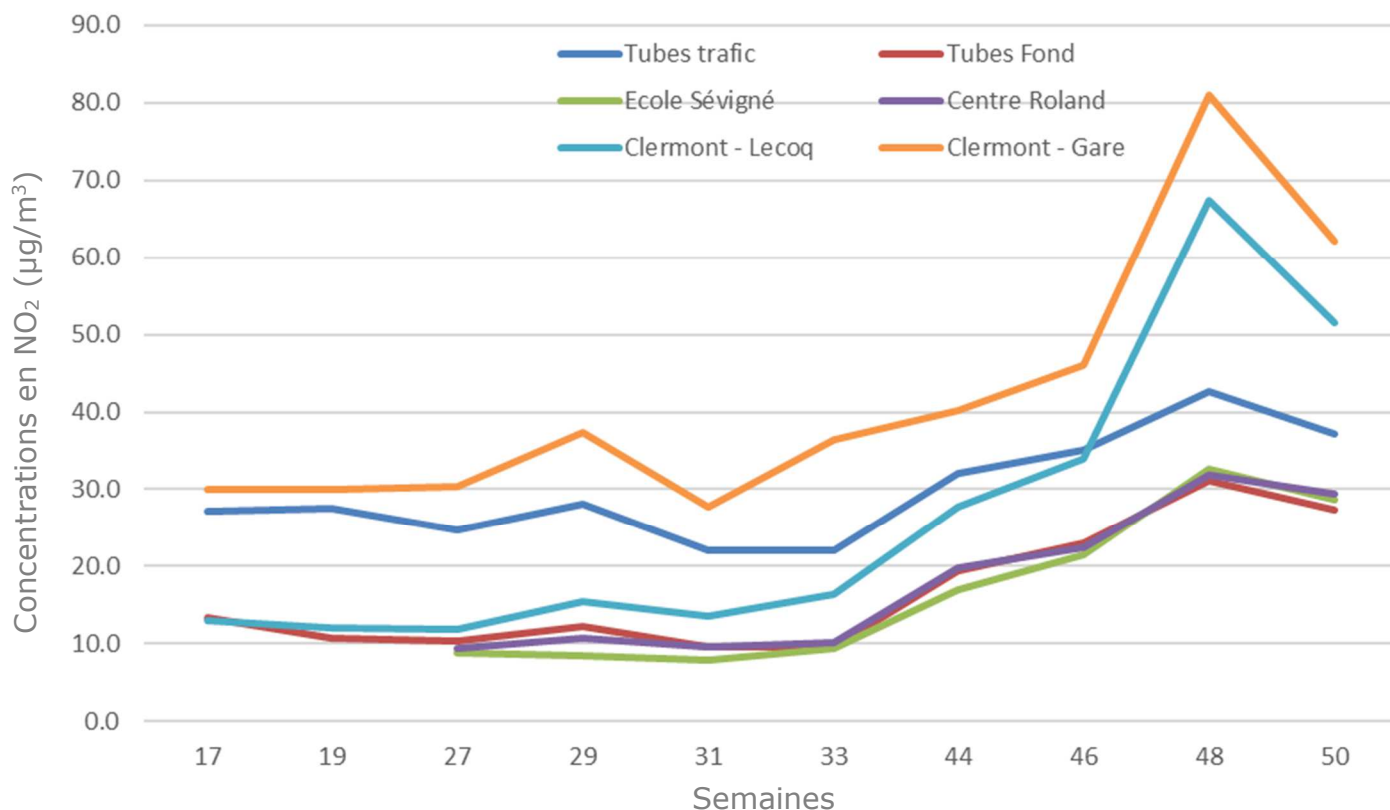
« Toutes les campagnes »



Cette carte représente les moyennes de toutes les campagnes : aucun dépassement de la valeur limite annuelle n'est observé et le risque de dépassement réglementaire se limite aux zones en proximité d'axes routiers majeurs : trois points sont très proches de la valeur limite annuelle, mais le respect de la réglementation est fort probable sur l'ensemble de l'agglomération.

Comparaison des résultats par tubes avec les autres sites

Le graphique ci-dessous représente les moyennes des tubes « de fond » et « trafic » sur toutes les séries en comparaison avec les données des stations mobiles et des sites de référence :



Évolution temporelle des concentrations hebdomadaires de NO₂ mesurées par échantillonneurs passifs et analyseurs, pendant les campagnes tubes

Les résultats obtenus sur des sites de fond sont très bien corrélés avec les 2 sites de Vichy (Ecole Sévigné et Centre Roland). Ce constat permet de justifier le choix de ces deux emplacements en tant que station urbaine de fond : ils sont bien représentatifs de l'exposition moyenne de la population à l'échelle de l'agglomération vichyssoise.

4. Conclusion

Pour tous les polluants mesurés, les niveaux entre les deux sites investigués sur Vichy sont similaires et les évolutions temporelles très bien corrélées. De plus, les résultats sont cohérents avec les sites de référence auvergnats.

A noter cependant, de légères différences de niveaux, mais pas assez significatives :

- en particules fines : le site de « l'Ecole Sévigné » montre des concentrations journalières légèrement supérieures à celui du « Centre Roland », été comme hiver
- en dioxyde d'azote : les concentrations journalières au « Centre Roland » sont légèrement supérieures à celles de « l'Ecole Sévigné », mais uniquement en période estivale lors des niveaux faibles. Par contre, les pointes horaires les plus fortes sont observées sur le site de « l'Ecole Sévigné »
- en ozone : les concentrations horaires au « Centre Roland » apparaissent légèrement supérieures à celles de « l'Ecole Sévigné », tout comme les niveaux moyens

La similitude des deux sites (Ecole sévigné et Centre Roland) est réelle car elle concerne à la fois la variation des niveaux au cours du temps, les concentrations en valeur absolue des différents polluants mais aussi l'observation de valeurs maximales au cours des mêmes journées.

Les moyennes des résultats des tubes en situation de fond urbain ont permis de confirmer la bonne représentativité spatiale des deux emplacements investigués quant aux niveaux moyens sur l'agglomération.

Concernant la réglementation, le dépassement de l'objectif de qualité en ozone est certain, ceci comme pour la quasi-totalité des sites de la région. Les autres valeurs réglementaires ont peu de probabilité d'être dépassées. Aucune spécificité à cette unité urbaine n'a été remarquée.

Pour l'implantation d'une station urbaine de fond dans la commune de Vichy, les mesures semblent donc indiquer que ces deux sites sont pertinents.

Le choix de l'emplacement définitif se fera par conséquent en concertation avec toutes les parties impliquées, la ville, l'agglomération et Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, et ce, au regard notamment des contraintes techniques et financières, ainsi que la potentielle pérennité du site.

5. Annexes

5.1. Techniques de mesure

Mesures par le moyen des laboratoires mobiles

Les analyseurs automatiques qui équipent les laboratoires mobiles permettent, par l'intermédiaire des différentes têtes de prélèvement, de fournir en temps réel les données de concentrations au pas de temps horaire. Cette finesse d'échantillonnage temporel permet de suivre les fluctuations des teneurs en polluants au cours de la journée.

L'instrumentation mise en œuvre est conforme aux méthodes normalisées spécifiées dans la réglementation européenne, à savoir la mesure de la concentration en :

- Dioxyde d'azote et en monoxyde d'azote par chimiluminescence (NF EN 14211)
- Ozone par photométrie ultra violette (NF EN 14625)

Pour les particules en suspension PM_{10} , la méthode normalisée consiste en un prélèvement par gravimétrie et une pesée différée : elle ne permet pas d'obtenir de valeurs horaires mais à minima journalières et pas non plus en temps réel. Afin d'obtenir une information en temps réel à l'instar de l'Ozone et du Dioxyde d'azote, nous avons utilisé une microbalance à élément oscillant (analyseur TEOM : Tapered Element Oscillating Microbalance). Elle est couplée à un module FDMS (Filter Dynamics Measurement System) permettant d'assurer l'équivalence avec la méthode de référence européenne NF EN 12341 (détermination de la fraction PM_{10} de matière particulaire en suspension), cette équivalence de mesurage étant valable a minima sur les valeurs journalières : c'est pour cela que les données horaires ne sont pas présentées.



Remorque installée sur le site
« Ecole Sévigné »



Remorque installée sur le site
« Centre Roland »

Mesures par échantillonnage passif

Parmi les solutions disponibles pour la mesure du dioxyde d'azote dans l'air ambiant, les échantillonneurs passifs sont bien adaptés et largement utilisés dans les études ponctuelles visant à quantifier l'exposition moyenne sur un nombre important de sites d'échantillonnage. Pour sa facilité de mise en œuvre et son faible coût, qui en constituent les principaux atouts, cette technique de mesure a été retenue dans la présente étude.

La mesure du dioxyde d'azote par échantillonnage passif est basée sur le piégeage de cette molécule sur un adsorbant, la triéthanolamine. L'échantillonneur utilisé consiste en un tube de polypropylène d'environ 7,5 cm de long et 10 mm de diamètre, où l'air à analyser circule par diffusion passive. La quantité de dioxyde d'azote adsorbée est proportionnelle à sa concentration moyenne dans l'air ambiant durant la période d'exposition. Cette quantité est déterminée par spectrométrie à 542 nm. Les échantillonneurs sont fournis et analysés par le laboratoire LASAIR d'Airparif.



Echantillonneur passif de marque
« PASSAM »



Tube installé dans sa boîte de protection

5.2. Sites d'installation des tubes passifs

1 : Pont de Bellerive (prox)



2 : 100 Boulevard des Etats-Unis (prox)



3 : Pont de l'Europe (prox)



4 : 77 Avenue de Gramont (prox)



5 : 25 rue des Bartins (prox)



6 : 63 avenue Gilbert Roux (prox)



7 : 8 avenue Aristide Briand (prox)



8 : 16 Boulevard de l'Hôpital (prox)



9 : Boulevard de la mutualité (prox)



10 : Route de Saint Pourcain (prox)



11 : 13 avenue de Vichy - Cusset (prox)



12 : 38 Boulevard John Kennedy (prox)



13 : 43-51 Allée des ailes (prox)



14 : Place Charles de Gaule (fond)



15 : rue du parc (fond)



16 : Place de la république (fond)



17 : Rue des pâquerettes (fond)



18 : Rue des cerisiers (fond)



19 : Plateau des fontaines (fond)



20 : 3-7 Avenue des Célestins (fond)



21 : 2 place de la source intermittente (fond)



22 : Avenue Durin (fond)



23 : 14 rue de Metz (fond)



24 : 59 Rue Fleury (fond)



25 : place Victor Hugo (fond)



26 : Place Jean Epinat (fond)



27 : 26 rue du président Wilson (fond)



28 : Rue de Paris (prox)



5.3. Détail des résultats des tubes

Typologie	Numéro du tube	Campagne 1 (µg/m ³)	Campagne 2 (µg/m ³)	Campagne 3 (µg/m ³)	Moyenne des 3 campagnes (µg/m ³)
Proximité automobile	1	34	35	36	35
	2	20	19	31	23
	3	19	17	30	22
	4	35	33	46	38
	5	33	30	51	38
	6	24	17	33	25
	7	38	32	44	38
	8	23	17	34	25
	9	19	14	33	22
	10	33	31	33	32
	11	26	18	37	27
	12	32	35	36	35
	13	25	22	36	28
Fond urbain	14	12	10	27	16
	15	8	8	22	13
	16	11	9	25	15
	17	6	6	17	10
	18	9	6	20	12
	19	17	13	28	19
	20	11	10	24	15
	21	9	9	22	13
	22	10	9	24	14
	23	16	14	31	20
	24	12	11	25	16
	25	17	13	31	20
	26	15	12	30	19
	27	12	14	23	17
Proximité automobile	28	Pas de prélèvement lors de la campagne 1	17	35	26