

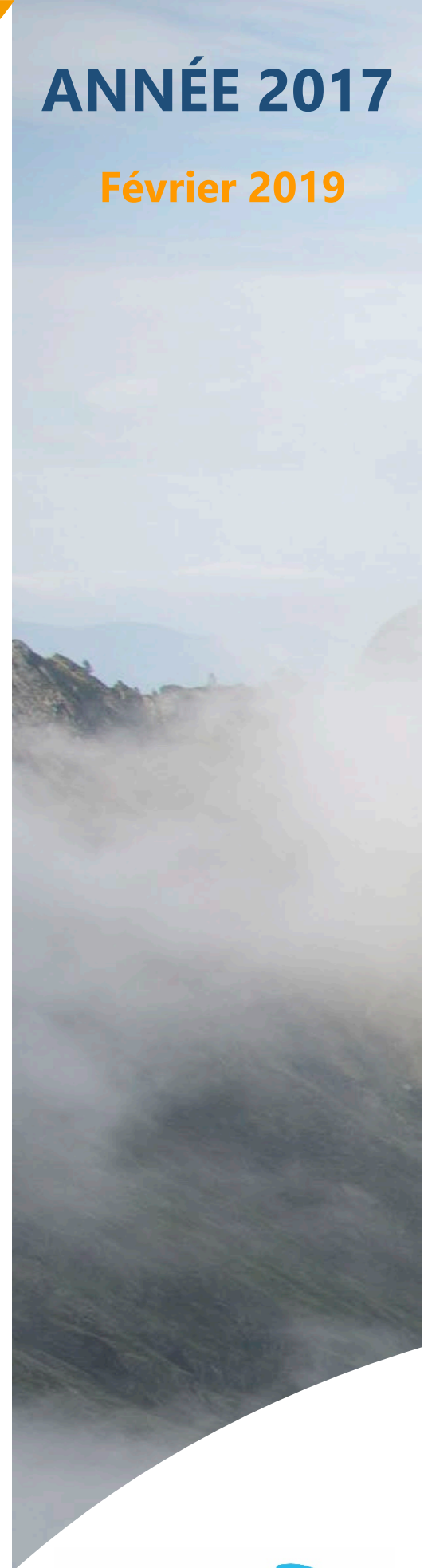
Votre observatoire régional de la

QUALITÉ de l'AIR

ANNÉE 2017

Février 2019

**Évaluation de la qualité
de l'air dans
l'environnement de la
rocade sud section
Ranguel Lespinet -
après installation des
murs antibruit**



CONDITIONS DE DIFFUSION

Atmo Occitanie, est une association de type loi 1901 agréée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de l'Occitanie. Atmo Occitanie fait partie de la fédération ATMO France.

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'État 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 Occitanie met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur le site <http://oramip.atmo-midipyrenees.org>.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Occitanie. Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit obligatoirement faire référence à Atmo Occitanie.

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Atmo Occitanie 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 Occitanie :

- depuis le formulaire de contact sur le site : <http://oramip.atmo-midipyrenees.org>
- par mail : contact@oramip.org
- par téléphone : 05.61.15.42.464321

SOMMAIRE

CONTEXTE ET OBJECTIFS	4
SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE D'IMPACT	6
ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN DIOXYDE D'AZOTE	9
ÉVALUATION INITIALE DE LA POLLUTION EN PARTICULES	14
ÉVALUATION INITIALE DE LA POLLUTION EN BENZÈNE	18
ANNEXE I : DISPOSITIF DE MESURE DE L'ÉTUDE	21
ANNEXE II : BILAN DES MESURES DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES DANS LES ETABLISSEMENTS SCOLAIRES	28
ANNEXE III : NOTES MÉTHODOLOGIQUES	46
PRESENTATION	48
LES DONNEES	48
CARTOGRAPHIE	49
ANNEXE IV - GENERALITES SUR LES POLLUANTS ÉTUDIÉS	54

CONTEXTE ET OBJECTIFS

DESCRIPTION DE L'EVALUATION

Les **études d'évaluation** des grandes infrastructures de déplacement ont pour objectif l'observation des modifications apportées par la nouvelle infrastructure au système de déplacement et à son environnement physique, économique et social, de façon à évaluer l'efficacité de l'investissement public.

Atmo Occitanie a été sollicité pour évaluer la qualité de l'air aux abords de la rocade sud de Toulouse sur la section Rangueil/Lespinet dans l'environnement et dans les établissements scolaires situés à proximité :

- avant travaux (état initial)
- après construction de murs anti-bruit,
- après mise à 2x3 voies de la rocade.

En 2016, l'évaluation est menée sur une **bande d'étude** de 300 mètres autour du périphérique sud section Rangueil/Lespinet. Cette bande d'étude est adaptée à l'étude de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique locale.

La cartographie de la dispersion du dioxyde d'azote à l'échelle de l'agglomération toulousaine réalisée par Atmo Occitanie met en évidence des zones dépassant la valeur limite sur ce secteur. Sur la section Rangueil Lespinet, les principales zones impactées par la pollution de l'air sont le périphérique ainsi que sur les axes permettant d'accéder au périphérique. La pollution de l'air sur ces secteurs ne s'étend généralement pas au-delà de d'une centaine de mètres des principaux axes routiers. Sur ces zones, la valeur limite annuelle en NO₂ pour la protection de la santé humaine est susceptible d'être dépassée.

Les outils de modélisation utilisées à l'échelle de Toulouse Métropole ne permettent pas d'établir finement la dispersion des polluants à l'échelle d'un

projet d'aménagement tel que l'implantation d'un mur antibruit. Une étude d'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air de la mise en place d'un mur antibruit sur une partie du quartier Rangueil Lespinet a donc été menée par Atmo Occitanie en s'appuyant sur une modélisation 3D.

En 2017, Atmo Occitanie a modélisé l'exposition au dioxyde d'azote et aux particules PM10 dans le quartier, puis l'exposition avec la mise en place d'un mur antibruit le long du périphérique.

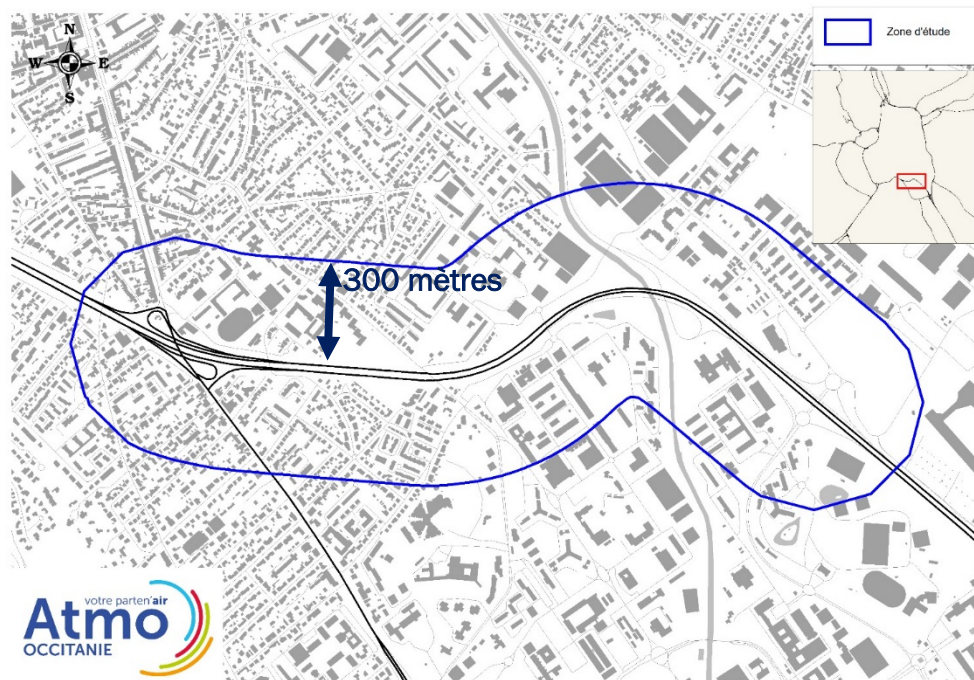
HYPOTHESES DE TRAVAIL

Les émissions des déplacements routiers ont été calculées à partir des données de comptage réelles fournies par la DREAL. Les émissions directes de polluants ont été déterminées selon les préconisations du guide national pour l'élaboration des inventaires des émissions atmosphériques (nov.2012) et de la méthode COPERT IV. La méthodologie de calcul des émissions pour l'ensemble des secteurs d'activité est précisée en annexe IIV.

L'évaluation des émissions des autres secteurs d'activité a été menée à partir de l'inventaire des émissions d'Atmo Occitanie. Pour ces secteurs, les émissions ont été considérées constantes entre l'état initial et les états futurs.

En outre, les cartes de dispersion ont été réalisées en prenant en compte les conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournies par la station météorologique de Toulouse-Blagnac, la plus proche de la zone d'études, pour l'année 2016. Elles intègrent les incertitudes associées au modèle de dispersion de la qualité de l'air.

Domaine d'études



Carte 1 : bande d'étude le long du périphérique sud

Polluants étudiés

Les **polluants** mesurés sont le dioxyde d'azote et les particules de diamètre inférieur à 10 μm , principaux indicateurs de l'impact du trafic routier sur l'air ambiant. Leurs sources d'émissions, leurs effets sur la santé et sur l'environnement sont décrits en **Annexe IV**.

Dans l'environnement extérieur, deux types de sites sont étudiés :

- Les sites en **proximité trafic**, afin d'estimer les niveaux maximaux auxquels sont soumises les personnes dans la rue,
- Les sites de **fond urbain**, représentatifs de la pollution respirée par la majorité de la population.

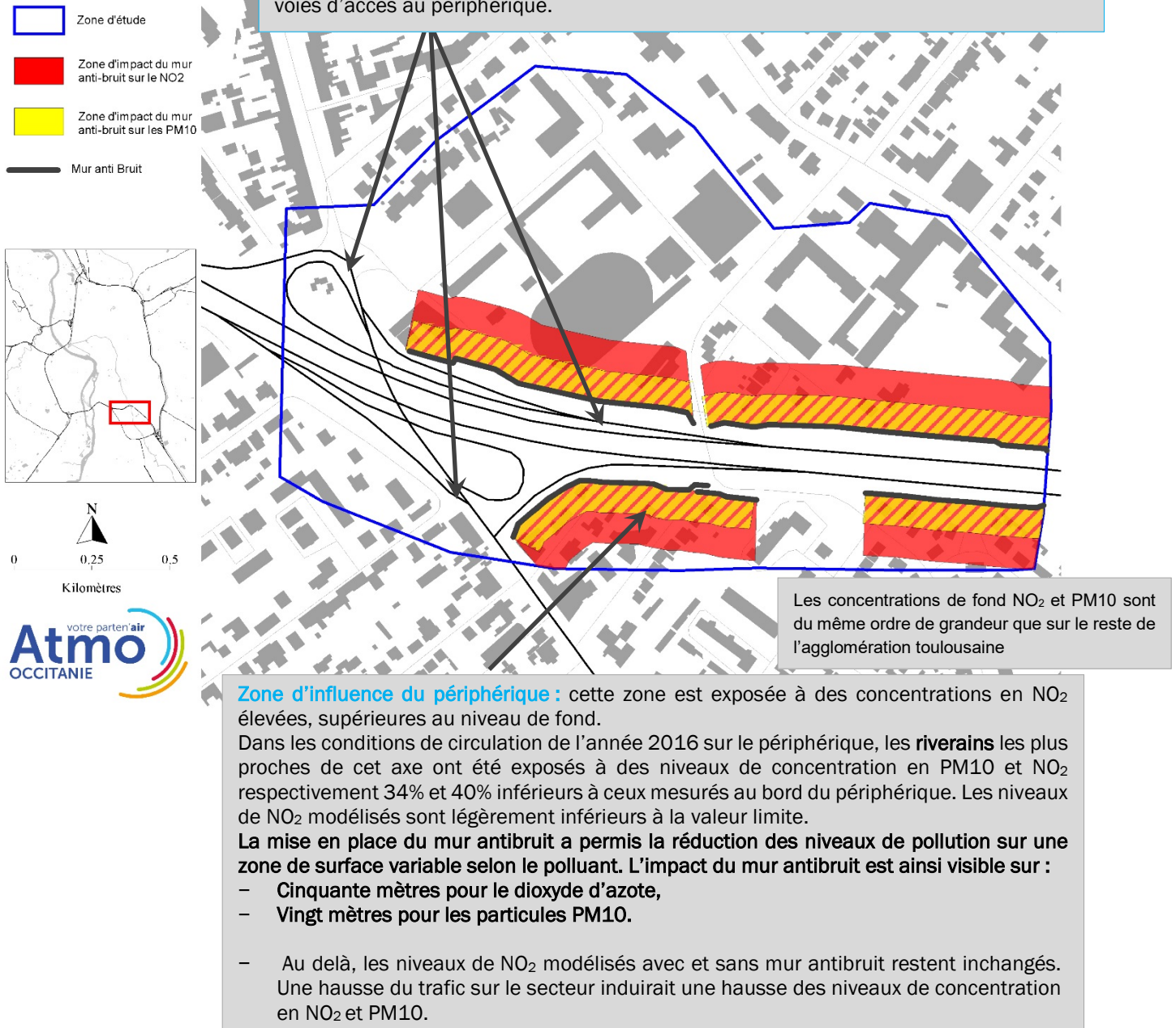
Le dispositif de mesure mis en place dans l'environnement extérieur et les résultats obtenus sont détaillés en Annexe I. Les méthodologies d'adaptation statistique des mesures, d'inventaire des sources de pollution, de modélisation et de validation du modèle sont décrites dans l'Annexe III.

Des mesures sont également réalisées à l'intérieur de tous les établissements scolaires du premier degré (écoles maternelles et élémentaires) implantés dans la zone d'études.

Le dispositif de mesure mis en place dans l'enceinte des établissements scolaires et les résultats complets sont, quant à eux, décrits dans l'**Annexe II**.

SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE D'IMPACT

«**Zone à risque**» : Les différentes études effectuées par Atmo Occitanie sur l'agglomération toulousaine : le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), le Plan de Déplacements Urbains (PDU), ainsi que la station « Périphérique » ont mis en évidence des niveaux élevés de dioxyde d'azote et de particules PM10 aux abords du périphérique. La modélisation fine échelle, réalisée pour l'année 2016, confirme ces niveaux élevés. Des niveaux de NO₂, supérieurs à la valeur limite annuelle, sont mesurés le long du périphérique, en bordure de la route de Narbonne et de la route Jules Julien et le long des voies d'accès au périphérique.



Carte 1 : Synthèse de l'évaluation de l'impact de la mise en place de murs antibruit sur la qualité de l'air sur la zone Lespinet Rangueil

DIOXYDE D'AZOTE				
Respect de la réglementation	Seuils réglementaires S	Quartier Lespinet Scénario 1 : état initial	Quartier Lespinet Scénario 2 avec mur antibruit	Impact moyen mur antibruit
Année 2016 concentration moyenne	Valeur limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (entre 21 et 45)	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (entre 21 et 45)	↗ -8%
	Valeur limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	↗
Environnement trafic -dans la zone d'influence des murs antibruit				
Environnement trafic -bande de 4 mètres à l'arrière du mur antibruit Environnement de fond urbain Lespinet				

PARTICULES PM10				
Respect de la réglementation	Seuils réglementaires S	Quartier Lespinet Scénario 1 : état initial	Quartier Lespinet Scénario 2 avec mur antibruit	Impact moyen mur antibruit
Année 2016 concentration moyenne	Valeur limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (entre 16 et 29)	19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (entre 16 et 29)	↗ -7%
	Objectif de qualité 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Valeur limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	↗
Objectif de qualité 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Environnement trafic -dans la zone d'influence des murs antibruit				
Environnement trafic -bande de 4 mètres à l'arrière du mur antibruit Environnement de fond urbain Lespinet				

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube

C₆H₆	BENZENE			
	Situation par rapport à la réglementation	Seuils réglementaires	Environnement <u>trafic et fond</u> Lespinet	Comparaison des niveaux
Concentration moyenne sur la période de mesures	INFERIEUR	Objectif qualité 2 µg/m³	0.8 µg/m³ (entre 0,6 et 0.9)	Lespinet =
	INFERIEUR	Valeur limite 5 µg/m³		Agglomération toulousaine

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Objectif de qualité

Niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble

Valeur cible

Niveau fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite

Niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

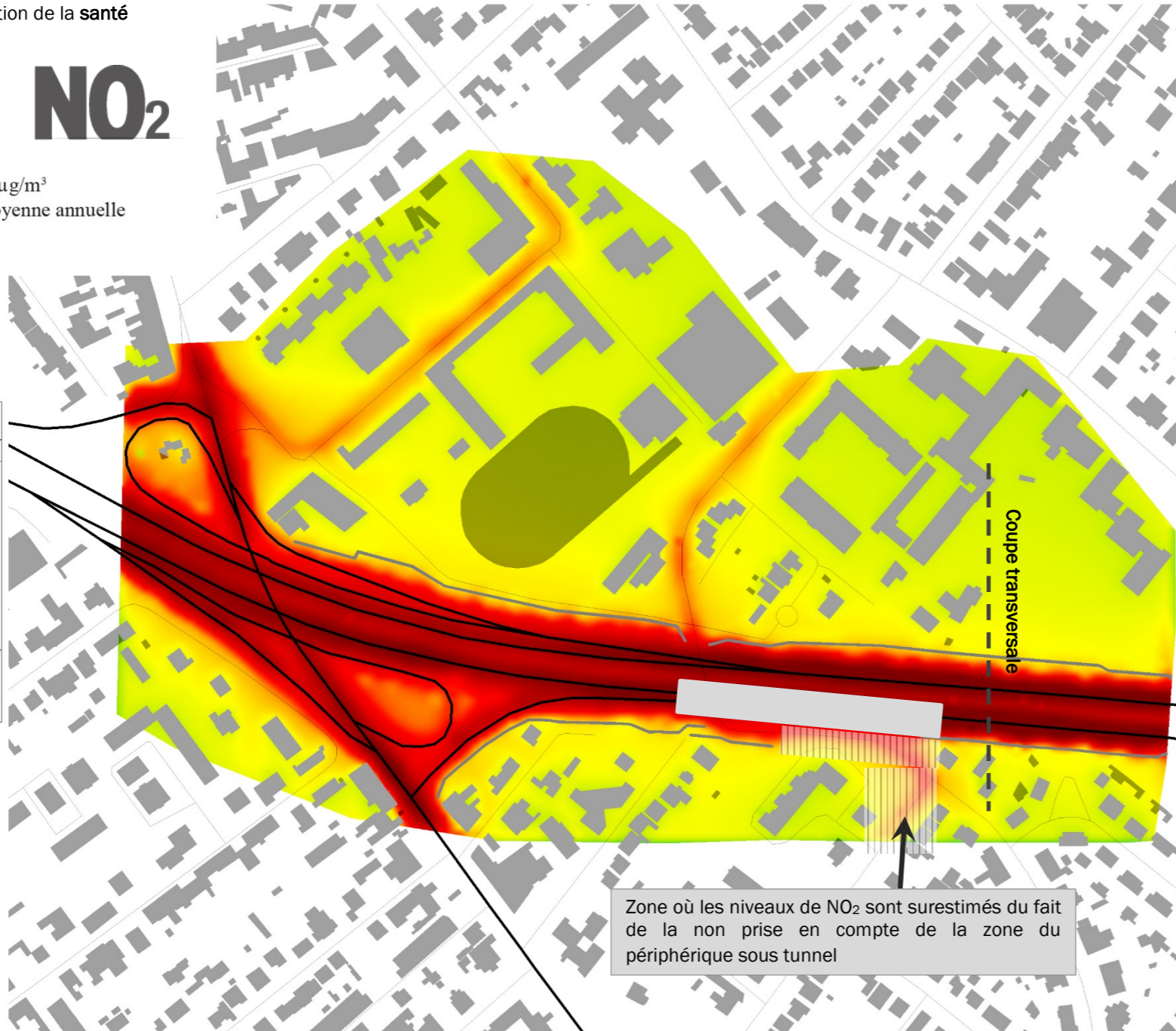
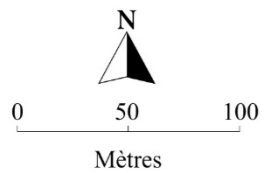
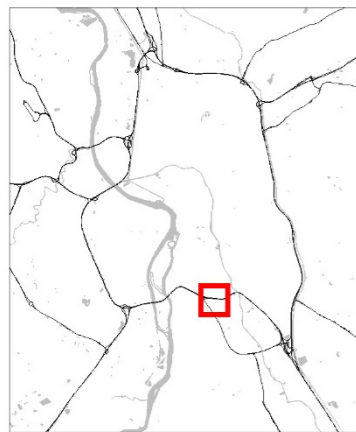
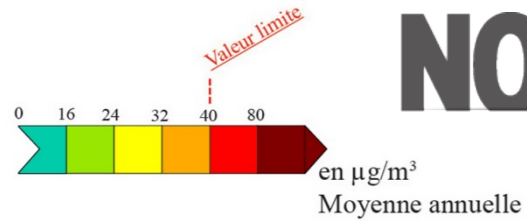


ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN DIOXYDE D'AZOTE

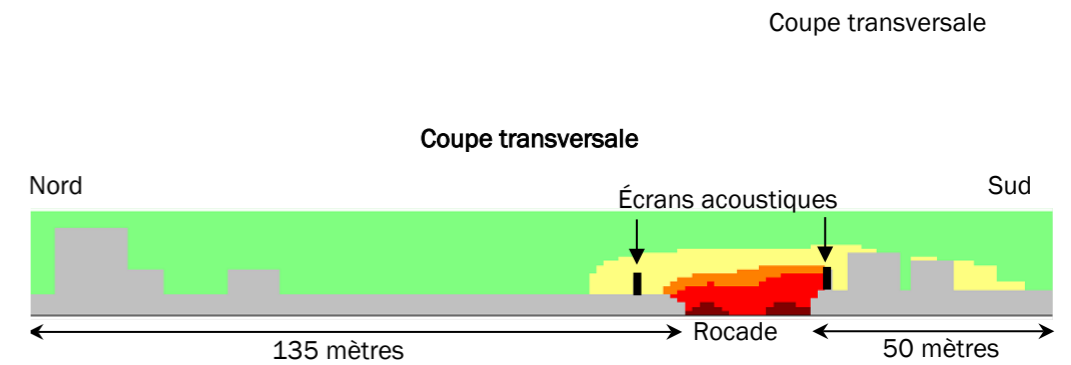
Dans l'environnement extérieur- Impact des murs antibruit

Une simulation a été faite pour modéliser la dispersion du dioxyde d'azote avec les murs antibruit.

Situation du **NO₂** pour la protection de la **santé**
2016 Projet



Un mur antibruit a un impact variable sur la qualité de l'air selon sa hauteur et selon la direction du vent. Les vents de direction obliques par rapport aux murs, comme c'est le cas ici, ont une efficacité plus importante en termes de réduction des niveaux de pollution que les vents parallèles¹. Cette configuration, associée à la hauteur des murs antibruit, induit la formation d'un système complexe de turbulences à l'avant et à l'arrière des murs antibruit. Ceux-ci font écran à la pollution issue du périphérique et de la bretelle d'accès. Les concentrations annuelles en NO₂ le long de l'axe routier augmentent légèrement tandis que les concentrations en NO₂ à l'arrière du mur antibruit diminuent. **Les murs antibruit ont donc pour conséquence une diminution des niveaux de NO₂ en moyenne de 2 µg/m³ dans la zone exposée au trafic routier à l'arrière des murs antibruit. La baisse moyenne des niveaux de NO₂ est ainsi de 8%. Les diminutions les plus fortes, jusqu'à 17 µg/m³ sont observées juste derrière le mur anti bruit. Au delà de 50 mètres des murs antibruit, les niveaux de NO₂ modélisés avec et sans mur antibruit sont similaires.**



Zone où les niveaux de NO₂ sont surestimés du fait de la non prise en compte de la zone du périphérique sous tunnel

Carte 2 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en NO₂ le long du périphérique avec les murs antibruit - Lespinet Rangueil, 2016

¹ Source : Rapport ADEME. Impact des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique : État de l'art des études traitant de l'impact des aménagements routiers (solutions antibruit, solutions spécifiques) sur la pollution atmosphérique. Marché ADEME n°1062c0037. Synthèse réalisée par Cap Environnement, 68 pages, Juillet 2011.

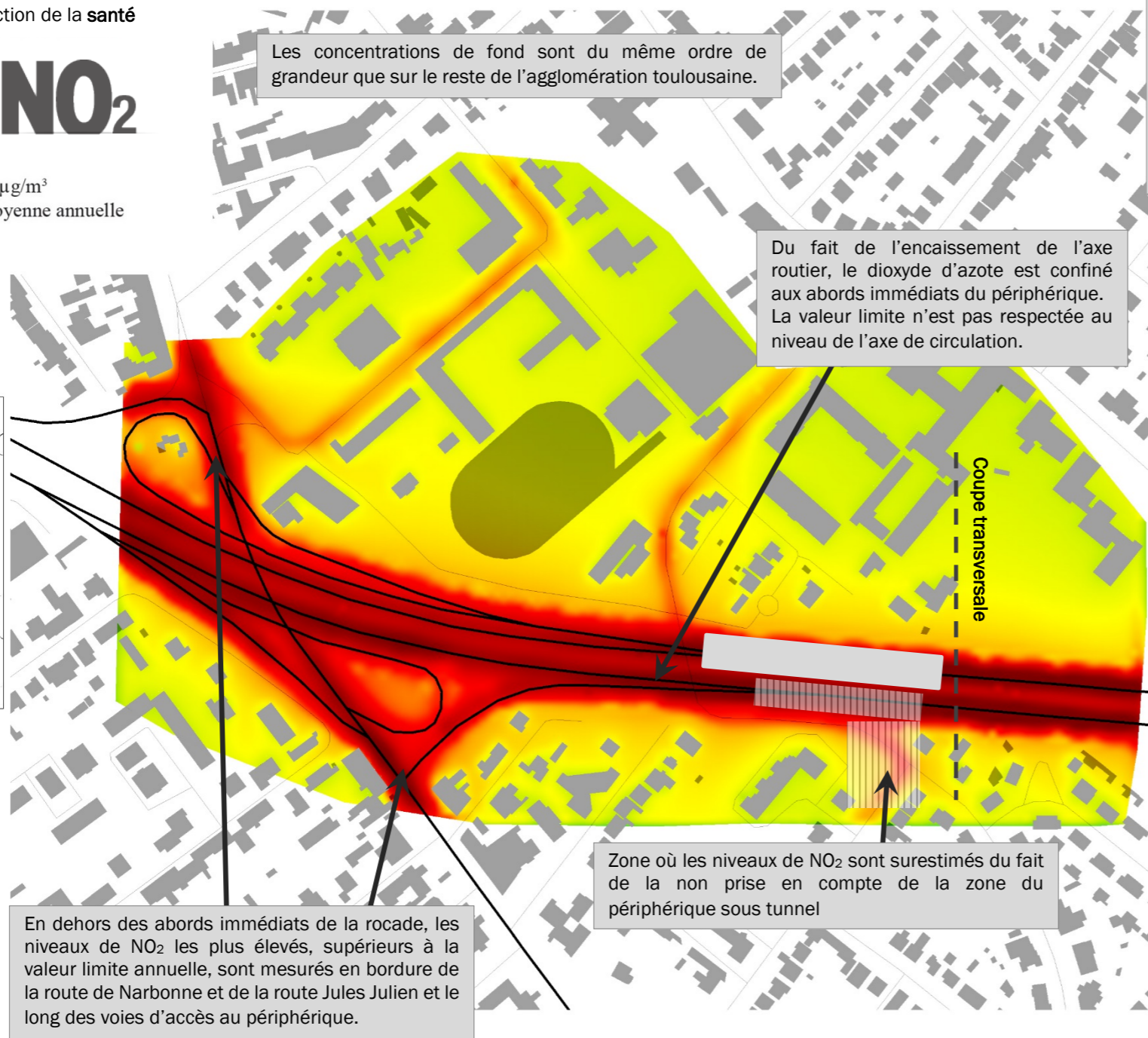
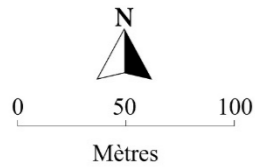
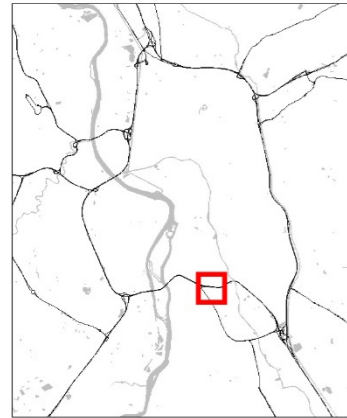
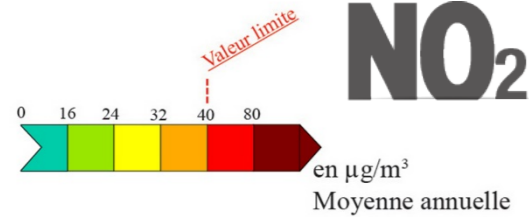
Dans l'environnement extérieur - État initial

Les différentes études effectuées par Atmo Occitanie sur l'agglomération toulousaine ; le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), le Plan de Déplacements Urbains (PDU), ainsi que la station « Périphérique » ont mis en évidence des dépassements

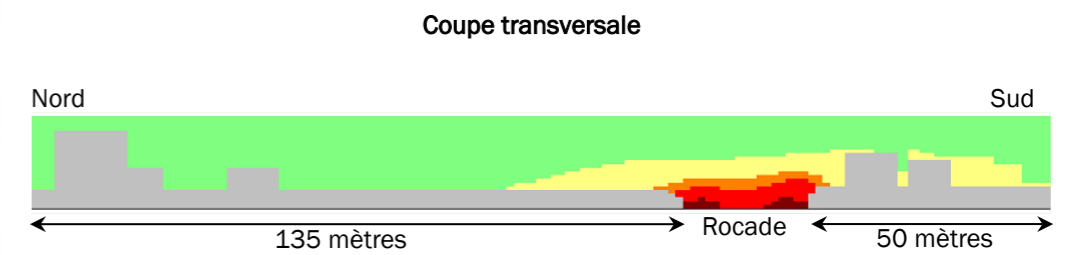
systematiques de la valeur limite aux abords du périphérique. La modélisation fine échelle, réalisée sur l'année 2016, confirme ces dépassements de la valeur limite le long du périphérique et de ces voies d'accès.

Situation du **NO₂** pour la protection de la santé

2016 Initial



La dispersion des polluants est fortement liée à la direction du vent. Sur l'agglomération toulousaine, les vents dominants sont de secteur Nord-Ouest et, dans une moindre mesure, de secteur Sud-Est. Sous l'influence du vent de nord-ouest dominant, des niveaux de dioxyde d'azote plus élevés sont enregistrés sur le talus du périphérique extérieur en comparaison à ceux mesurés sur le talus du périphérique intérieur. Ces niveaux sont du même ordre de grandeur que la valeur limite annuelle. Les niveaux de dioxyde d'azote diminuent ensuite rapidement en lien avec l'éloignement à la voie de circulation.



Carte 3 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en NO₂ le long du périphérique pour l'état initial- Lespinet Rangueil, 2016

Comparaison à la réglementation

Évaluation à proximité du trafic

Le non respect de la valeur limite pour la protection de la santé en moyenne annuelle est observé tout le long du périphérique. Le dioxyde d'azote est cependant confiné aux abords immédiats du périphérique grâce aux talus situés de part et d'autre de l'axe routier. Du fait du confinement et de la très forte densité du trafic, les concentrations en polluants (NOx et particules) peuvent atteindre des valeurs très élevées aux heures de pointe, posant la question du risque sanitaire pour les usagers.

Les riverains les plus proches du périphérique sont, quant à eux, exposés à des niveaux de concentration en NO₂ nettement inférieurs à ceux mesurés en bordure du périphérique. Modélisés pour l'année 2016, les niveaux de NO₂ sur le talus à l'aplomb du périphérique derrière le mur antibruit sont deux fois inférieurs à ceux mesurés au bord du périphérique. **Ces niveaux cependant proches à la valeur limite. Un éloignement de quelques mètres du**

SITUATION PAR RAPPORT A L'AGGLOMERATION TOULOUSAINE

Évaluation du fond urbain

En fond urbain dans la bande d'étude de Lespinet, les niveaux en NO₂ sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés sur le reste de l'agglomération toulousaine en 2016.

bord du talus induit, en outre, une diminution rapide des niveaux de NO₂.

Enfin, sur la bande d'études, en dehors des abords immédiats du périphérique, des niveaux en NO₂ élevés et supérieurs à la valeur limite sont mesurés le long des grands axes desservants le périphérique tels que l'avenue Jules Julien ou la route de Narbonne.



Sur le reste du domaine d'études, les valeurs limites sont respectées.

Évaluation du fond urbain

En fond urbain dans la bande d'étude de Lespinet, les concentrations en NO₂ respectent les valeurs limites pour la protection de la santé, sur l'ensemble de l'année 2016.

Évaluation à proximité du trafic

Le long des échangeurs et sur les talus à l'aplomb du périphérique, les niveaux en NO₂ sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés à proximité des principaux axes de circulation de l'agglomération toulousaine et supérieurs au fond urbain du reste de l'agglomération.

NO ₂					
	Lespinet Environnement de <u>fond urbain</u>	Agglo. toulousaine Environnement de <u>fond urbain</u>	Lespinet Environnement <u>Trafic</u> - Bande d'influence des murs antibruit	Agglo. toulousaine Environnement <u>trafic</u> [Route d'Albi]	Agglo. toulousaine Environnement <u>trafic</u> [périphérique]
Concentration moyenne annuelle 2016 Avec murs antibruit	22 µg/m ³		24 µg/m ³ (entre 21 et 45)		
Comparaison avec murs antibruit / état initial	→	19 µg/m ³	↘	44 µg/m ³	76 µg/m ³
Concentration moyenne annuelle 2016 Été initial	22 µg/m ³		26 µg/m ³ (entre 21 et 45)		

Des niveaux de NO₂ supérieurs à la valeur guide fixée sur un an dans 3 salles de l'école élémentaire Jules Julien

En mars 2013, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié ses propositions de valeurs guides pour le dioxyde d'azote. Ces propositions correspondent aux expositions sur le court (1 heure) et le long terme (pour une durée d'exposition supérieure à un an). Les concentrations mesurées dans les établissements scolaires sont comparées à la valeur guide fixée pour protéger des effets à long terme.

Dans 3 des 29 salles de classe instrumentées, les concentrations en NO₂ mesurées sont supérieures à la valeur guide fixée pour une exposition de longue durée. Les concentrations mesurées dans chaque établissement sont détaillées en **Annexe II**.

Sur la période de mesures, les niveaux de NO₂ dans l'air ambiant extérieur étaient également en hausse sur la bande d'études en comparaison de 2016.

		DIOXYDE D'AZOTE - NO ₂		
		Comparaison à la valeur guide fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 1 ^{er} avril au 15 avril 2016
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	SUPÉRIEUR Dans 3 salles de classe école élémentaire Jules Julien	20 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur 29 salles de classe investiguées : 14 µg/m ³ Minimum : 6 µg/m ³ – collège La Prairie Maximum : 23 µg/m ³ – école élémentaire Jules Julien

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Influence du périphérique sur les niveaux de dioxyde d'azote limitée dans les établissements scolaires

Malgré la proximité du périphérique, on constate une dispersion rapide du dioxyde d'azote permettant aux niveaux de concentration dans l'environnement extérieur des trois établissements scolaires instrumentés de se rapprocher, pour l'école élémentaire Jules Julien et pour l'établissement scolaire La Prairie, ou d'être comparables, pour l'école maternelle Jules Julien et pour le groupe scolaire Rangueil, aux niveaux relevés en sites de fond.

Dans tous les établissements scolaires, il n'existe pas de sources internes du dioxyde d'azote. Celui-ci provient de l'environnement extérieur et est introduit dans les bâtiments par l'aération, la ventilation... **Cependant, les niveaux mesurés dans les salles de classe ne sont pas similaires à ceux relevés dans l'environnement extérieur. Le transfert du dioxyde d'azote de l'extérieur vers l'intérieur s'accompagne d'un abattement des niveaux d'au moins 20%.**

Conclusions

NO₂

Les habitations les plus proches du périphérique sont influencées par la proximité du périphérique. Elles sont soumises à des niveaux de NO₂ supérieurs au niveau de fond urbain.

En 2016, sans murs antibruit, les concentrations moyennes en NO₂ modélisées à l'aplomb du périphérique sont du même ordre de grandeur que la valeur limite de la qualité de l'air.

Les murs antibruit permettent une réduction de 8% en moyenne de l'impact du périphérique sur les niveaux de NO₂ sur une cinquantaine de mètres. Au delà, les niveaux de NO₂ modélisés avec et sans mur antibruit sont similaires.

La modélisation a été réalisée avec les données trafic 2016 fournies par la DREAL. Une hausse du trafic sur le secteur induira une hausse des niveaux de concentration en NO₂.

Respect des valeurs limites réglementaires en fond urbain.

Niveaux de pollution à proximité du trafic et en fond urbain similaires à ceux rencontrés sur le reste de l'agglomération toulousaine.

Dans 3 des 8 salles de classe de l'école élémentaire Jules Julien, les concentrations en NO₂ mesurées sont supérieures à la valeur guide fixée pour une exposition de longue durée.

Dans tous les autres établissements scolaires instrumentés, les concentrations en NO₂ mesurées sont inférieures à la valeur guide fixée pour une exposition de longue durée.

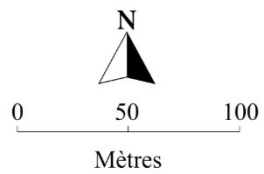
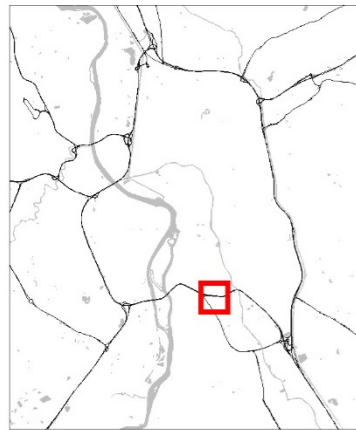
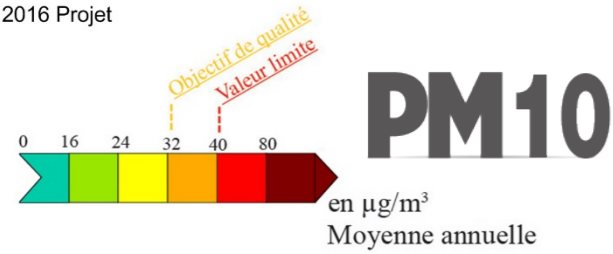
ÉVALUATION INITIALE DE LA POLLUTION EN PARTICULES

Dans l'environnement extérieur- Impact des murs antibruit

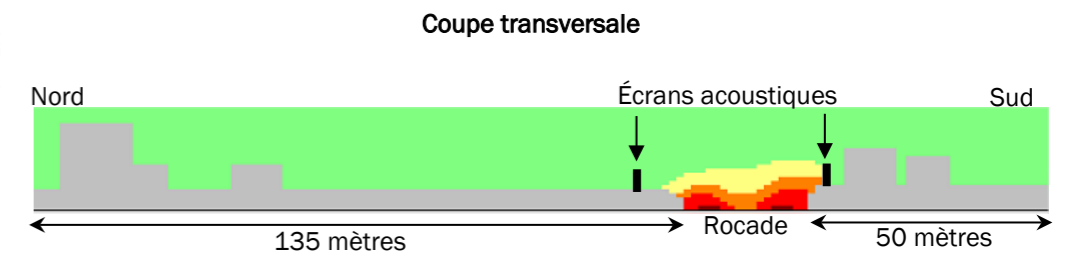
Une simulation a été faite pour modéliser la dispersion des particules PM10 avec les murs antibruit.

Situation des PM10 pour la protection de la santé

2016 Projet



Un mur antibruit a un impact variable sur la qualité de l'air selon sa hauteur et selon la direction du vent. Les vents de direction obliques par rapport aux murs, comme c'est le cas ici, ont une efficacité plus importante en termes de réduction des niveaux de pollution que les vents parallèles¹. Cette configuration, associée à la hauteur des murs antibruit, induit la formation d'un système complexe de tourbillons à l'avant et à l'arrière des murs antibruit. Ceux-ci font écran à la pollution issue du périphérique et de la bretelle d'accès. Les concentrations annuelles en particules PM10 le long de l'axe routier augmentent légèrement tandis que les concentrations en particules PM10 à l'arrière du mur antibruit diminuent. **Les murs antibruit ont donc pour conséquence une diminution des niveaux de particules PM10 en moyenne de 1 µg/m³ dans la zone exposée au trafic routier à l'arrière des murs antibruit. La baisse moyenne des niveaux de NO₂ est ainsi de 7%. Les diminutions les plus fortes, jusqu'à 8 µg/m³ sont observées juste derrière le mur anti bruit.** Au delà d'une distance de 20 mètres des murs antibruit, les niveaux de particules PM10 modélisés avec et sans mur antibruit sont similaires.



Carte 4 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en PM10 le long du périphérique avec les murs antibruit - Lespinet Rangueil, 2016

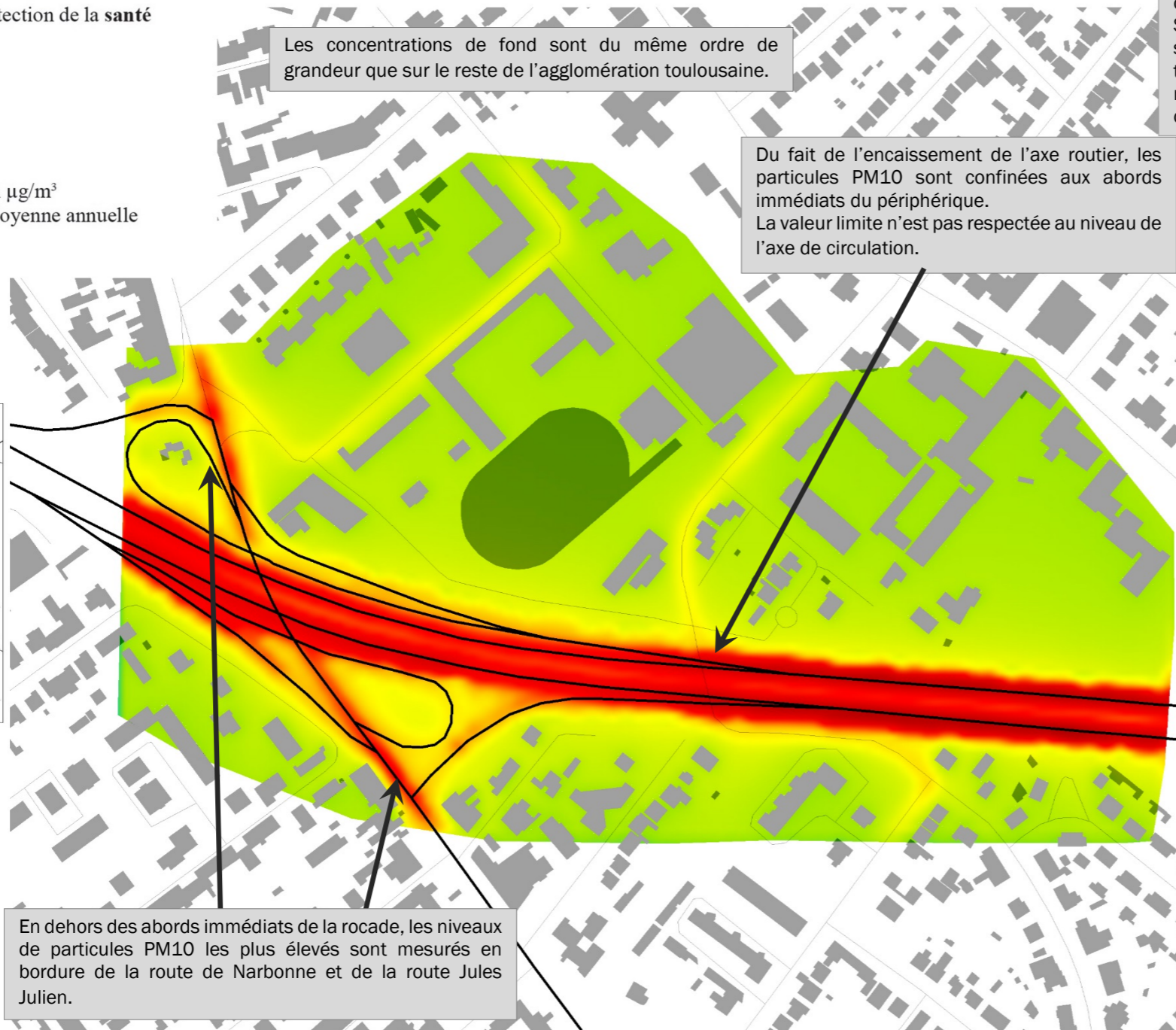
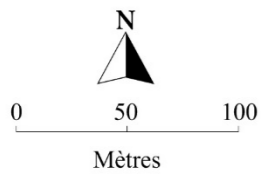
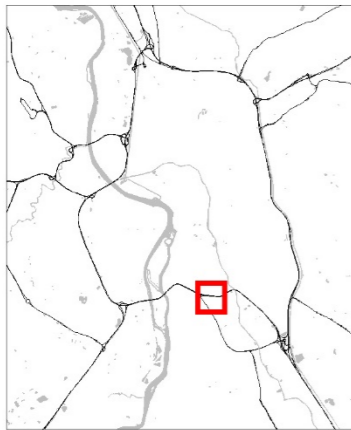
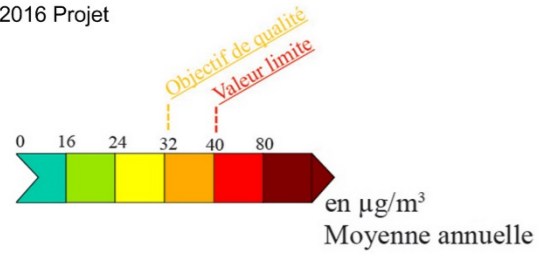
¹ Source : Rapport ADEME. Impact des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique : État de l'art des études traitant de l'impact des aménagements routiers (solutions antibruit, solutions spécifiques) sur la pollution atmosphérique. Marché ADEME n° 1062c0037. Synthèse réalisée par Cap Environnement, 68 pages, Juillet 2011.

Dans l'environnement extérieur - État initial

Les mesures faites à la station « Périphérique » met en évidence des niveaux élevés de particules PM10 le long du périphérique. La modélisation fine échelle, réalisée sur l'année 2016, confirme des niveaux élevés de particules PM10 le long du périphérique et des grands axes de circulation..

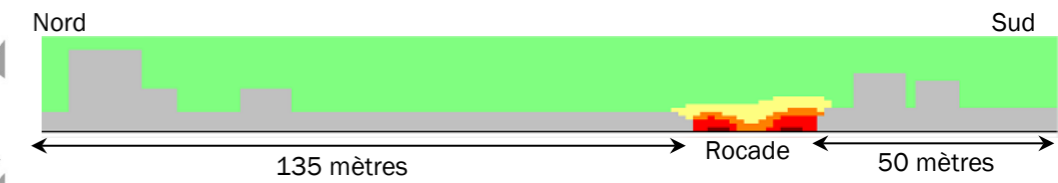
Situation des PM10 pour la protection de la santé

2016 Projet



La dispersion des polluants est fortement liée à la direction du vent. Sur l'agglomération toulousaine, les vents dominants sont de secteur Nord-Ouest et, dans une moindre mesure, de secteur Sud-Est. Sous l'influence du vent de nord-ouest dominant, des niveaux de particules PM10 plus élevés sont enregistrés sur le talus du périphérique extérieur en comparaison à ceux mesurés sur le talus du périphérique intérieur. Ces niveaux restent inférieurs à l'objectif de qualité. Les niveaux de particules PM10 diminuent ensuite rapidement en lien avec l'éloignement à la voie de circulation.

Coupe transversale



Comparaison à la réglementation

Évaluation à proximité du trafic

Comme pour le dioxyde d'azote, les niveaux de particules ne respectent pas les valeurs réglementaires tout le long du périphérique. Les particules sont en grande partie confinées aux abords immédiats du périphérique grâce aux talus situés de part et d'autre de l'axe routier. Du fait du confinement et de la très forte densité du trafic, les concentrations en polluants (NOx et particules) peuvent atteindre des valeurs très élevées aux heures de pointe, posant la question du risque sanitaire pour les usagers de cet axe de circulation.

Les riverains les plus proches du périphérique sont, quant à eux, exposés à des niveaux de concentration en particules nettement inférieurs à ceux mesurés en bordure du périphérique. **Sur l'année 2016, les niveaux de PM10 modélisés sur le talus à l'aplomb du périphérique sont en moyenne 34% plus faibles que ceux mesurés au niveau du périphérique. Ces niveaux sont inférieurs à l'objectif de qualité.**

Enfin, sur la bande d'études, en dehors des abords immédiats du périphérique, des niveaux en PM10 élevés et supérieurs à la valeur limite sont susceptibles d'être mesurés le long des grands axes desservants le périphérique tels que l'avenue Jules Julien ou la route de Narbonne.

Sur le reste du domaine d'études, les valeurs réglementaires sont respectées.

Évaluation du fond urbain

En fond urbain dans la bande d'étude de Lespinet, les concentrations en PM10 respectent les valeurs réglementaires, sur l'ensemble de l'année 2016.



Situation par rapport à l'agglomération toulousaine

Évaluation du fond urbain

En fond urbain dans la bande d'étude de Lespinet, la concentration moyenne annuelle en PM10 sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés dans l'agglomération toulousaine, en proximité de trafic et en fond urbain. Ces niveaux sont très inférieurs à ceux rencontrés à proximité du périphérique toulousain.

Évaluation à proximité du trafic

Le long des échangeurs et sur les talus à l'aplomb du périphérique, les niveaux en PM10 sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés à proximité des principaux axes de circulation de l'agglomération toulousaine et supérieurs au fond urbain du reste de l'agglomération.

PM10					
	Lespinet Environnement de <u>fond urbain</u>	Agglo. toulousaine Environnement de <u>fond urbain</u>	Lespinet Environnement <u>Trafic</u> - Bande d'influence des murs antibruit	Agglo. toulousaine Environnement <u>trafic</u> [Route d'Albi]	Agglo. toulousaine Environnement <u>trafic</u> [périphérique]
Concentration moyenne annuelle 2016 Avec murs antibruit	17 µg/m³		19 µg/m³ (entre 16 et 29)		
Comparaison avec murs antibruit / état initial	→	16 µg/m³	↘	21 µg/m³	29 µg/m³
Concentration moyenne annuelle 2016 Été initial	17 µg/m³		20 µg/m³ (entre 16 et 29)		

Conclusions

PM10

Les habitations les plus proches du périphérique sont influencées par la proximité du périphérique. Elles sont soumises à des niveaux de particules PM10 supérieurs au niveau de fond urbain.

En 2016, sans murs antibruit, les concentrations moyennes en PM10 modélisées à l'aplomb du périphérique respectent les seuils réglementaires.

Les murs antibruit permettent une réduction de 7% en moyenne de l'impact du périphérique sur les niveaux de PM10 sur 20 mètres au maximum. Au delà, les niveaux de PM10 modélisés avec et sans mur antibruit sont similaires.

La modélisation a été réalisée avec les données trafic 2016 fournies par la DREAL. Une hausse du trafic sur le secteur induira une hausse des niveaux de concentration en PM10 .

Respect des valeurs limites réglementaires en fond urbain.

Niveaux de pollution à proximité du trafic et en fond urbain similaires à ceux rencontrés sur le reste de l'agglomération toulousaine.

ÉVALUATION INITIALE DE LA POLLUTION EN BENZÈNE

Comparaison à la réglementation




La concentration moyenne en benzène sur 2017 est relativement faible. La valeur limite pour la santé ainsi

que l'objectif de qualité sont respectés dans la bande d'étude.

C₆H₆	Situation par rapport à la réglementation	Seuils réglementaires	Environnement <u>trafic et fond</u> Lespinet
Concentration moyenne 2017	INFERIEUR	Objectif qualité 2 µg/m ³	0.8 µg/m ³ (entre 0,6 et 0.9)
	INFERIEUR	Valeur limite 5 µg/m ³	

Situation par rapport à l'agglomération toulousaine

Les niveaux de benzène avec et sans mur antibruit sont similaires aux niveaux mesurés dans l'agglomération toulousaine en fond urbain.

C₆H₆	 Lespinet	 Agglo. toulousaine	 Agglo. toulousaine	
	Environnement <u>trafic et fond</u>	Environnement de <u>fond urbain</u>	Environnement <u>trafic</u> [Route d'Albi]	Environnement <u>trafic</u> [périphérique]
Concentration moyenne 2017 Avec murs antibruit	0.9 µg/m ³	0.9 µg/m ³	1,6 µg/m ³	1.9 µg/m ³
Comparaison avec murs antibruit / état initial	➔			
Concentration moyenne 2016 Été initial	0.8 µg/m			

Dans tous les établissements scolaires investigués, des niveaux en benzène inférieurs à la valeur guide fixée sur un an

Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène fixe la valeur de 2 µg/m³ pour une exposition de longue durée au benzène.

Dans tous établissements scolaires investigués, les niveaux de benzène sont inférieurs à la valeur guide fixée.

Les concentrations mesurées dans chaque établissement sont détaillées en **Annexe II**.

		BENZÈNE		
		Comparaison à la valeur guide fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 1 ^{er} avril au 15 avril 2016
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur		2 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur 15 salles de classe investiguées : 0.6 µg/m ³ Minimum : 0.5 µg/m ³ – Groupes scolaires la Prairie et Rangueil Maximum : 0.9 µg/m ³ – École maternelle Jules Julien

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Pas d'influence du périphérique sur les niveaux de benzène dans les établissements scolaires

Sur le domaine d'études, le benzène est très rapidement dispersé, les niveaux de concentration dans l'environnement extérieur des trois établissements scolaires instrumentés sont similaires aux niveaux relevés en sites de fond.

Le benzène dans l'air ambiant contribue aux concentrations de ce polluant relevées dans l'air intérieur des bâtiments. Les niveaux en benzène mesurés dans les groupes scolaires sont ainsi du même ordre de grandeur à ceux relevés dans l'environnement extérieur. On note, dans quelques salles de classe, des niveaux de benzène supérieurs aux niveaux mesurés dans l'air extérieur mettant en évidence l'apport de sources intérieures : les produits d'entretien, les fournitures scolaires peuvent être sources de benzène.

Conclusions



Respect des valeurs réglementaires sur l'ensemble de la zone d'étude.

Niveau de pollution similaire à celui rencontré en milieu urbain sur l'agglomération toulousaine.

Dans les trois établissements scolaires instrumentés, les concentrations en benzène mesurées sont inférieures à la valeur guide fixée pour une exposition de longue durée.

ANNEXE I : DISPOSITIF DE MESURE DE L'ÉTUDE

Présentation du dispositif mis en place

Les mesures réalisées doivent permettre à terme de quantifier l'impact réel des aménagements sur la qualité de l'air, en comparaison avec l'état initial.

Pour ce faire, plusieurs dispositifs de mesures sont temporairement installés sur la zone d'étude :

- Une **station mobile** mesure les indicateurs les plus pertinents de la qualité de l'air et pour les comparer aux stations fixes d'Atmo Occitanie implantées sur l'agglomération toulousaine. Cette station mobile fournit en temps réel une concentration moyenne sur tous les quarts d'heure.
- Des **échantillonneurs passifs** évaluent la dispersion de certains polluants. Ils fournissent une concentration moyenne sur l'ensemble du temps d'exposition.

A partir des concentrations mesurées, les **concentrations annuelles sont estimées** selon la méthode d'adaptation statistique des mesures. Les méthodologies d'exploitation des mesures pour la modélisation des émissions et la cartographie des niveaux de pollution, sont décrites en **Annexe III**.

La station mobile

La station mobile a été installée à proximité des riverains du périphérique sud coté extérieur, rue de l'Entraide du 14 mars au 04 octobre 2017. **Cette station est représentative de la qualité de l'air respiré par les riverains du périphérique, dans la bande d'étude.**

La station mobile était équipée d'analyseurs permettant la mesure des polluants suivants :

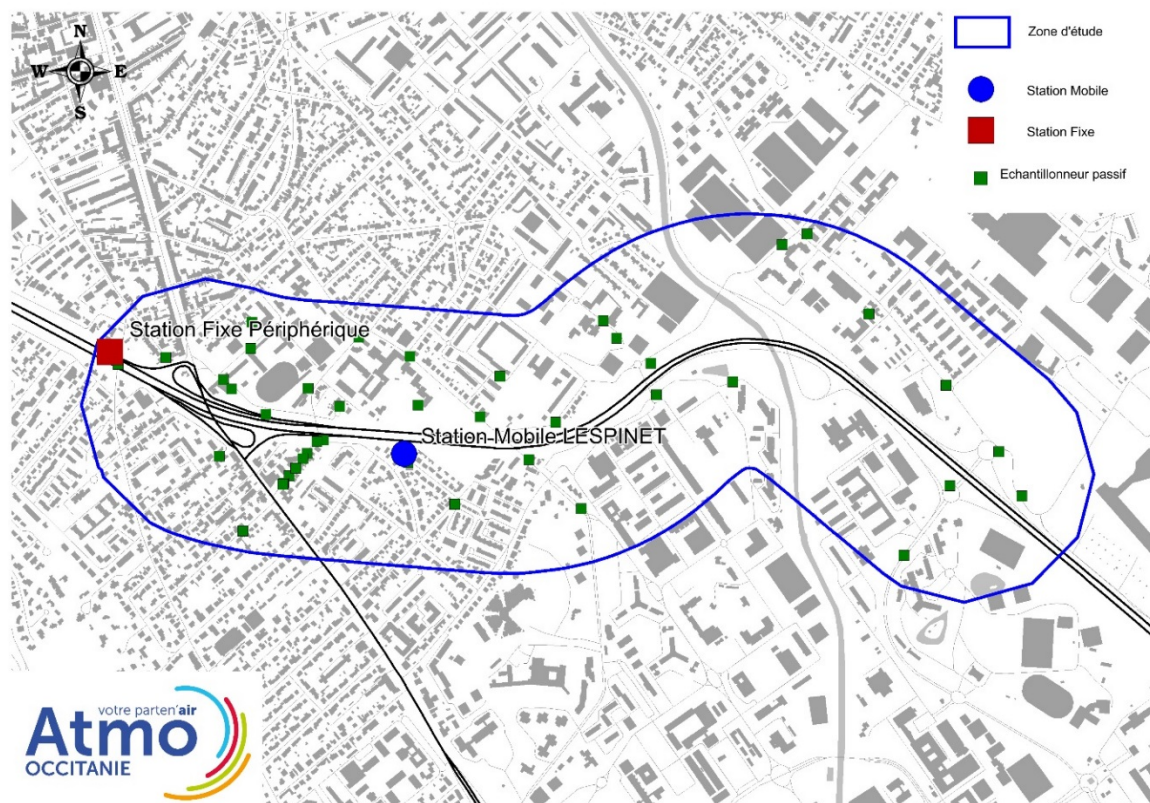
- - Dioxyde d'azote (NO₂),
- - Particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10).

Les échantillonneurs passifs

Les échantillonneurs passifs ont été installés :

- du 13 au 27 septembre dans l'environnement du périphérique,
- du 12 au 26 septembre dans l'enceinte des écoles du domaine d'études

Ces échantillonneurs passifs permettent d'évaluer la dispersion du dioxyde d'azote NO₂ et du benzène, par rapport à la distance à la voie. Pour cette étude, le niveau de pollution en NO₂ est évalué sur 48 sites (36 en proximité trafic et 12 de fond). La pollution en benzène est évaluée sur 8 sites (5 en proximité trafic et 3 de fond). La campagne de mesures par échantillonneurs passifs est réalisée simultanément à celle de la station mobile afin de comparer et ajuster les concentrations mesurées.



Carte 3 : Position de la station mobile et des échantillonneurs passifs sur le domaine d'études, 2017

Mesure du dioxyde d'azote

DISPOSITIF DE MESURES

Les niveaux en NO₂ sont évalués par la station mobile implantée rue de l'Entraide, ainsi que par échantillonneurs passifs sur 48 sites, dont 36 en proximité trafic et 12 en fond urbain.

NO ₂	Station rue de l'Entraide	Echantillonneurs passifs
	Concentration moyenne annuelle 2017	27 µg/m ³
Dépassement de 200 µg/m ³ en concentration horaire	0 dépassement	

Tableau 1 : Valeurs sur l'année sur le dispositif de mesures du NO₂, 2017

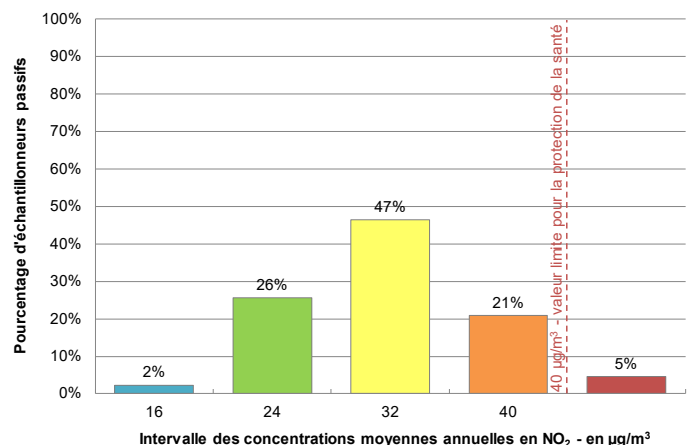
Le tableau ci-dessous décrit les statistiques issues des concentrations moyennes en NO₂ estimées sur l'année. Il met en évidence des variations de concentrations entre les sites de fond et les sites de proximité trafic.

En proximité trafic, les variations de concentration sont importantes selon le trafic routier, les concentrations sont plus hétérogènes qu'en situation de fond urbain ; l'écart-type est donc plus élevé.

NO ₂	Echantillonneurs passifs - statistiques 2017				
	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane	Ecart Type
Sites de fond	15 µg/m ³	25 µg/m ³	21 µg/m ³	22 µg/m ³	± 4 µg/m ³
Sites en proximité trafic	18 µg/m ³	65 µg/m ³	30 µg/m ³	29 µg/m ³	± 8 µg/m ³

Tableau 2 : Valeurs statistiques des mesures par échantillonneurs passifs NO₂, 2017

Le graphique ci-contre met en évidence la dispersion des concentrations des échantillonneurs passifs sur les sites de mesure choisis ; la grande majorité respecte la valeur limite réglementaire pour la santé, 5% sont en dépassement.



Graphe 1: Répartition des échantillonneurs passifs en fonction des intervalles de concentration en NO₂, 2017

Les concentrations moyennes sur 2017 obtenues pour les sites de fond urbains varient de 15 à 25 µg/m³. Les sites de fond respectent donc la valeur limite réglementaire, sur le domaine d'étude.

Cependant, les sites proches du trafic, varient de 18 à 65 µg/m³ avec trois sites en dépassement de la valeur limite réglementaire.

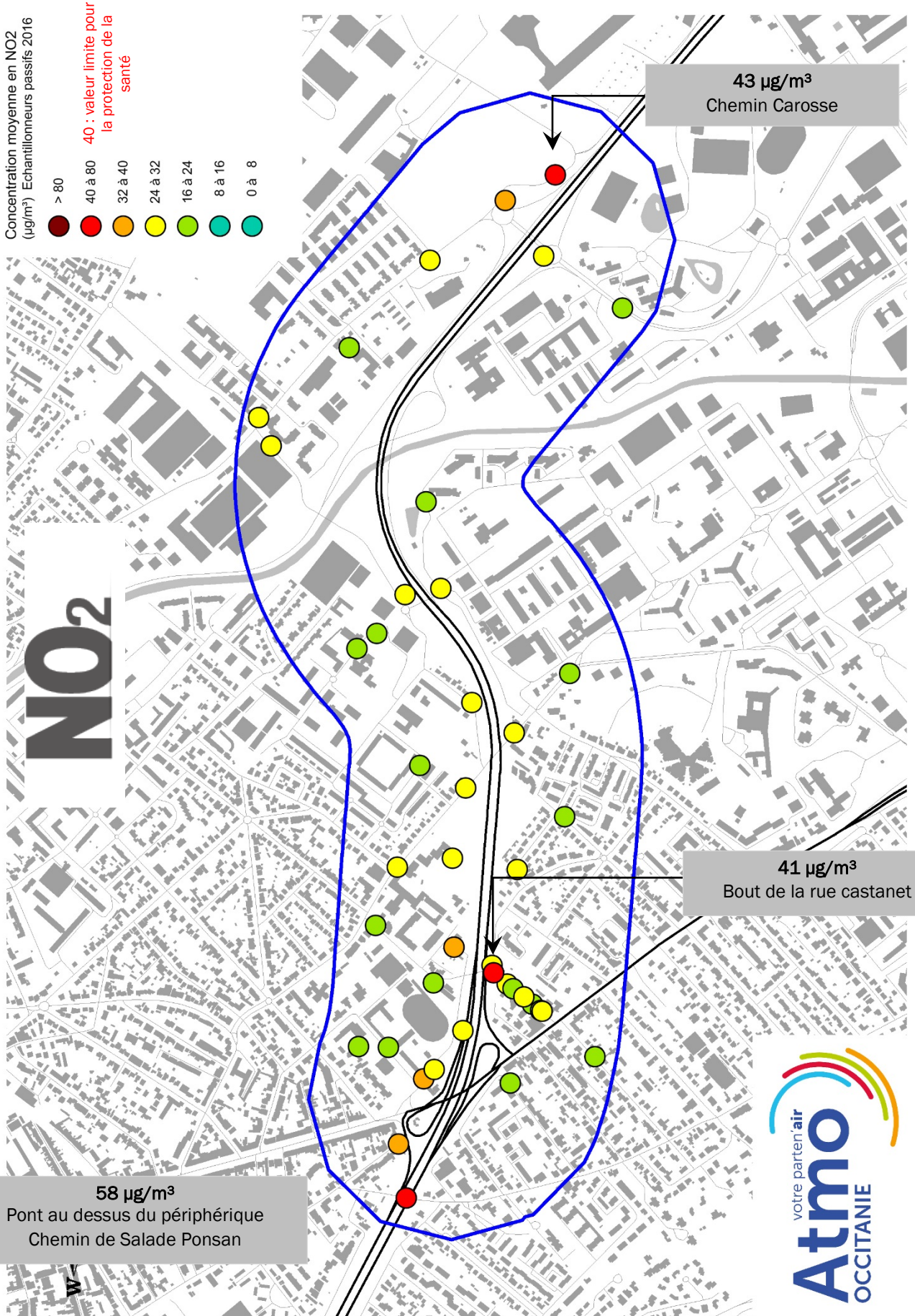
SITUATION PAR RAPPORT A L'AGGLOMERATION TOULOUSAINE

Sur le site de l'Entraide situé sur le talus au dessus du périphérique, les niveaux de NO₂ ont chuté de 29% entre 2016 et 2017 tandis que les niveaux en proximité trafic ont diminué de 3% en proximité du périphérique

toulousain. Ils sont restés stables pour le fond urbain toulousain. Le mur antibruit semble permettre une diminution des niveaux de NO₂ sur le site de l'Entraide.

NO₂	Lespinet	Agglo. toulousaine	Agglo. toulousaine	Agglo. toulousaine
	Station rue de l'Entraide	Environnement de <u>fond urbain</u>	Environnement <u>trafic</u> [Route d'Albi]	Environnement <u>trafic</u> [périphérique]
Concentration moyenne annuelle 2017	27 µg/m ³	19 µg/m ³	39 µg/ m ³	74 µg/ m ³
Évolution 2017 / 2016	↘	=	↘	↘
Concentration moyenne annuelle 2016	38 µg/m ³	19 µg/m ³	44 µg/ m ³	76 µg/ m ³

Tableau 3 : Comparaison de l'évolution des niveaux de NO₂ rue de l'Entraide avec ceux du le reste de l'agglomération toulousaine



Mesure des particules

DISPOSITIF DE MESURES

Les niveaux en PM10 sont évalués sur la bande d'étude.

PM10		Station rue de l'Entraide
Concentration moyenne annuelle 2017		19 µg/m ³
Dépassement de 50 µg/m ³ en concentration journalière		0 dépassement

Tableau 4 : Valeurs sur l'année sur le dispositif de mesures des PM10, 2017

SITUATION PAR RAPPORT A L'AGGLOMERATION TOULOUSAINE

Les niveaux de PM10 mesurés sur le site de l'Entraide situé sur le talus sont stables entre 2016 et 2017 comme les niveaux en proximité trafic et en fond urbain du reste de l'agglomération toulousaine. Le mur

antibruit ne semble pas avoir d'incidence sur les niveaux de PM10 sur le site de l'Entraide.

PM10	Lespinet	Agglo. toulousaine	Agglo. toulousaine	Agglo. toulousaine
	Station rue de l'Entraide	Environnement de fond urbain	Environnement trafic [Route d'Albi]	Environnement trafic [périphérique]
Concentration moyenne annuelle 2017	19 µg/m ³	16 µg/m ³	21 µg/ m ³	29 µg/ m ³
Évolution 2017 / 2016	=	=	=	=
Concentration moyenne annuelle 2016	20 µg/m ³	16 µg/m ³	21 µg/ m ³	29 µg/ m ³

Tableau 5 : Comparaison de l'évolution des niveaux de PM10 rue de l'Entraide avec ceux du le reste de l'agglomération toulousaine

Mesure du benzène

Les niveaux en benzène sont mesurés par échantillonneurs passifs sur 8 sites, (5 en proximité trafic et 3 en fond urbain).

Le tableau ci-dessous met en évidence l'homogénéité des concentrations sur la zone, la moyenne étant égale à la médiane des valeurs et l'écart type très faible.

C₆H₆	Moyenne sur la période	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart Type
	Zone d'étude	0.8 µg/m ³	0.7 µg/m ³	0,6 µg/m ³	0.9 µg/m ³

Tableau 6 : Valeurs statistiques de l'échantillon des mesures par échantillonneurs passifs benzène, période de mesures

SITUATION PAR RAPPORT A L'AGGLOMERATION TOULOUSAINE

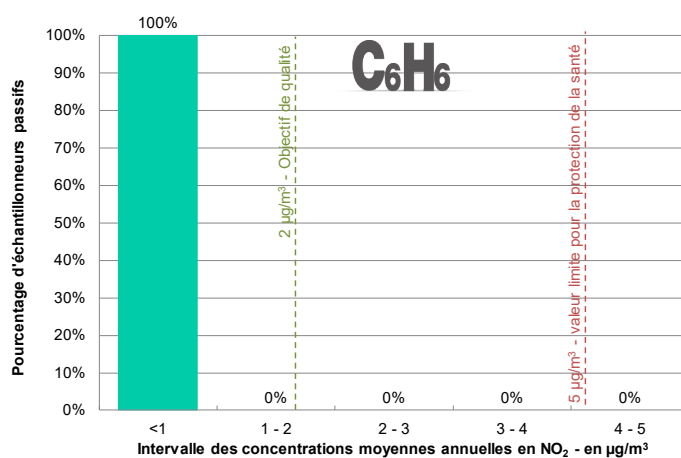
Sur le site de l'Entraide situé sur le talus, les niveaux de benzène mesurés sont du même ordre de grandeur que les niveaux relevés sur le reste de l'agglomération

toulousaine. Le mur antibruit ne semble pas avoir d'incidence sur les niveaux de benzène sur le site de l'Entraide.

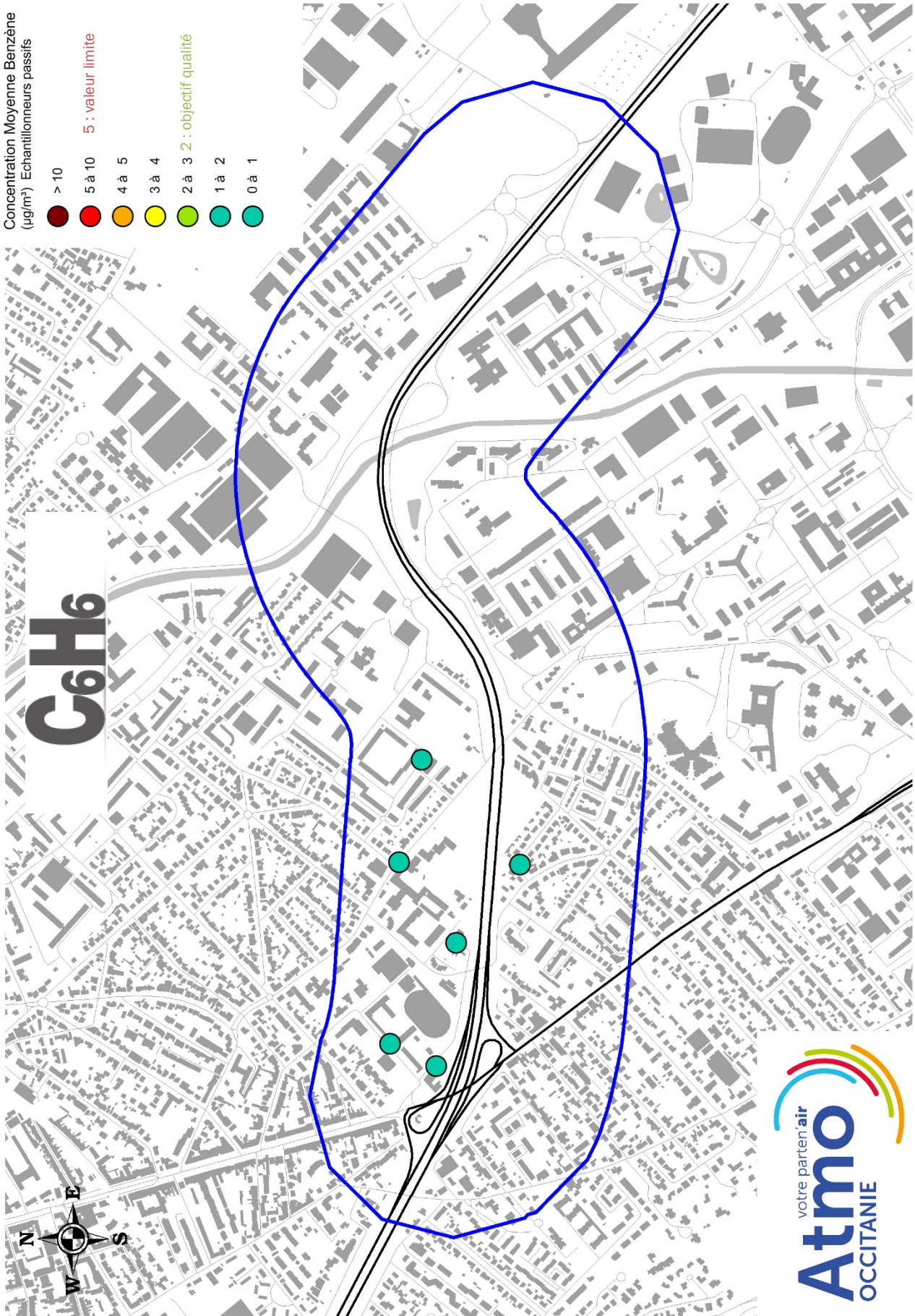
Concentration moyenne sur la période 2017	Lespinet Station rue de l'Entraide	0.8 µg/m ³	Agglo. toulousaine Environnement de fond périurbain	0.6 µg/m ³	Agglo. toulousaine Environnement trafic	1.2 µg/m ³

Le graphique ci-contre montre la dispersion des concentrations des échantillonneurs passifs sur les sites de mesure choisis dans la bande d'étude : elles sont toutes inférieures à l'objectif de qualité de 2 µg/m³

La carte ci-après présente les gammes de concentrations observées sur les sites de mesures du benzène dans le domaine d'étude.



Graphe 2 : Répartition des échantillonneurs passifs en fonction des intervalles de concentration en NO₂ – période de mesures



ANNEXE II : BILAN DES MESURES DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES DANS LES ETABLISSEMENTS SCOLAIRES

L'air extérieur influence la qualité de l'air intérieur

Les polluants extérieurs pénètrent dans les bâtiments via les systèmes de renouvellement d'air, les fenêtres, les portes... Leur taux de pénétration est régi par différents paramètres : les conditions de ventilation, la saison, le niveau de pollution extérieure et la présence de matériaux adsorbants et réactifs à l'intérieur du bâtiment. Ces taux de pénétration varient ainsi selon le polluant. Par exemple, le taux de transfert du benzène à l'intérieur des bâtiments est proche de 100%. Tandis que celui du dioxyde d'azote varie entre 40% et 80%. Source : étude expérimentale des conditions de transfert de la

pollution atmosphérique d'origine locale à l'intérieur des bâtiments d'habitation – CSTB 2001.

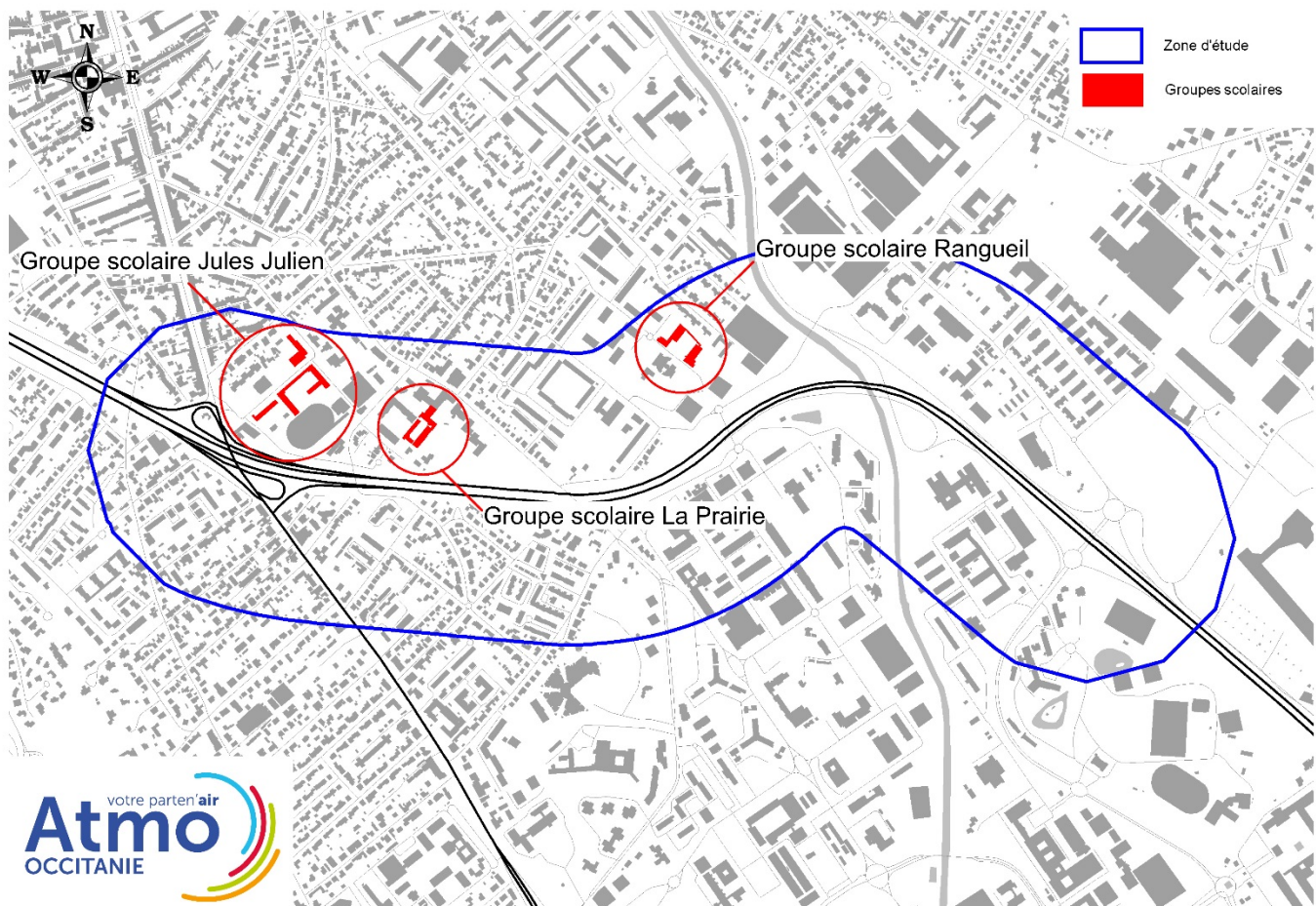
Aux polluants en provenance de l'air extérieur viennent s'ajouter les sources liées au bâtiment et à son usage.

Dans les établissements scolaires, il n'y a pas de source établie de dioxyde d'azote, nous considérons donc qu'il provient intégralement de l'air extérieur. En revanche, l'utilisation de fournitures scolaires et/ou de produits d'entretien peuvent être sources de benzène. Les niveaux de benzène dans l'air intérieur peuvent ainsi être plus élevés que dans l'air extérieur.

Trois établissements scolaires dans la zone d'études

Les niveaux de concentration des deux principaux indicateurs du trafic routier, le dioxyde d'azote et le benzène, ont été mesurés dans tous les établissements

scolaires du premier degré (écoles maternelles et élémentaires) implantés dans la zone d'études.



Plusieurs échantillonneurs passifs ont ainsi été installés dans des salles de classe des différents bâtiments.

ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE JULES JULIEN

Des niveaux en NO₂ légèrement supérieurs à la valeur guide fixée sur un an dans 3 des 12 salles de classe instrumentées

Des échantillonneurs passifs ont été installés dans les salles de classe de l'école élémentaire et de l'école maternelle.

En mars 2013, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié ses propositions de valeurs guides pour le dioxyde d'azote. Ces propositions correspondent aux expositions sur le court (1 heure) et le long terme (pour une durée d'exposition supérieure à un an). Les concentrations mesurées dans les établissements scolaires sont comparées à la valeur guide fixée pour protéger des effets à long terme.

Pour l'école maternelle Jules Julien, les niveaux de NO₂ sont inférieurs à la valeur guide fixée dans toutes les salles de classe instrumentées.

Pour l'école élémentaire Jules Julien, les niveaux de NO₂ sont inférieurs à la valeur guide dans cinq des huit classes instrumentées. Dans trois classes, les niveaux de NO₂ obtenus sont supérieurs à la valeur guide. Les concentrations mesurées dans ces salles sur 15 jours sont comprises entre 20 et 23 µg/m³.

DIOXYDE D'AZOTE - NO ₂				
NO ₂		Comparaison à la valeur guide fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 12 au 26 septembre 2017
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	SUPÉRIEUR Pour 3 salles sur 12	20 µg/m ³ en moyenne annuelle	École maternelle Jules Julien Moyenne sur les 4 salles de classe investiguées : 11 µg/m ³ Minimum : 8 µg/m ³ Maximum : 14 µg/m ³
				École élémentaire Jules Julien Moyenne sur les 8 salles de classe investiguées : 19 µg/m ³ Minimum : 14 µg/m ³ Maximum : 23 µg/m ³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des niveaux plus faibles dans les bâtiments que dans l'environnement extérieur

Dans l'environnement extérieur, au coin de l'école au plus proche du périphérique, 28 µg/m³ de dioxyde d'azote sont mesurés. Ce niveau est légèrement supérieur à ceux mesurés par les stations de typologie urbaine (18 µg/m³ en moyenne sur la même période de mesures). Ils sont en revanche très inférieurs aux 64 µg/m³ observés en bordure du périphérique.

Le long de l'avenue Jules Julien, on observe un gradient de concentration, avec une diminution des niveaux en NO₂ corrélée à l'éloignement au périphérique. A 130 mètres du 1^{er} site de mesures, les niveaux de NO₂ ont chuté à 23 µg/m³. Ils restent légèrement supérieurs à ceux mesurés par les stations de typologie urbaine.

Les observations faites sur les concentrations de NO₂ à l'intérieur des bâtiments scolaires sont les mêmes que lors de la campagne de 2016:

- un abattement des niveaux de dioxyde d'azote d'au moins 20% entre l'extérieur et l'intérieur,
- une homogénéité des niveaux de concentration par bâtiment,
- un gradient de concentration, avec une diminution des niveaux en NO₂ corrélée à l'éloignement au périphérique.

Pour le bâtiment de l'école élémentaire Jules Julien le plus proche du périphérique, les niveaux moyens observés sont de 19 µg/m³ au 1^{er} étage et de 21 µg/m³ au 2^{ème} étage. Contrairement à ce qui a été observé en 2016, les niveaux de NO₂ sont plus élevés au second étage qu'au premier étage. Ils sont légèrement supérieurs aux niveaux moyens relevés en sites urbains de fond.

Dans le second bâtiment, ainsi que dans l'école maternelle, les niveaux moyens diminuent et sont de 12 µg/m³ en moyenne. Ils sont ainsi inférieurs aux niveaux moyens relevés en sites urbains de fond.

Une influence du périphérique sur le dioxyde d'azote est observée dans les bâtiments les plus proches. Les niveaux de NO₂ constatés à l'intérieur des bâtiments sont sensiblement inférieurs à ceux mesurés à l'extérieur. Cependant, malgré cet abattement les niveaux constatés pendant cette campagne de mesures sont légèrement supérieurs à la valeur guide de qualité de l'air intérieur fixée sur une année de mesures pour les salles de classe les plus proches du périphérique.

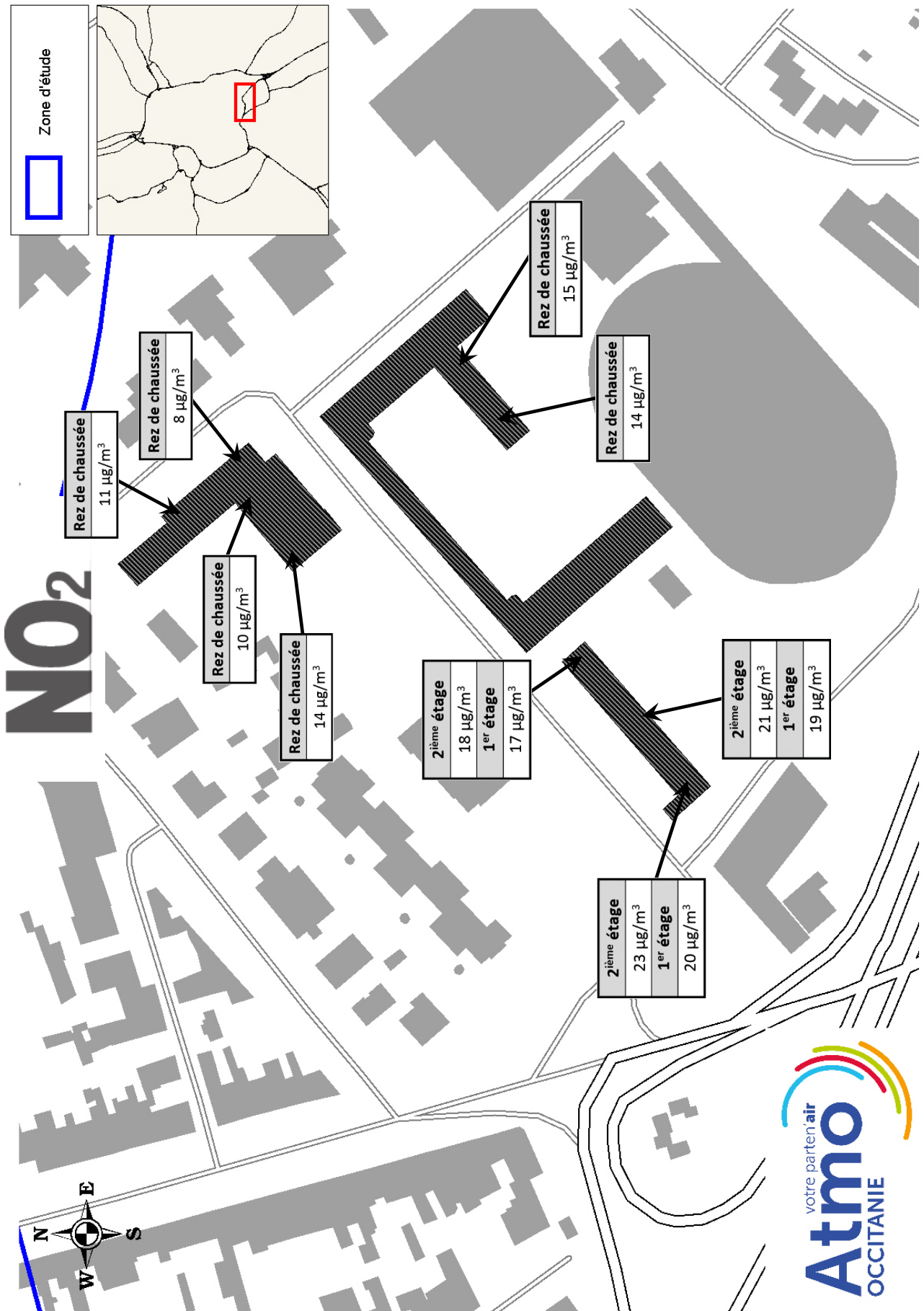
Des niveaux légèrement plus élevés en 2017

NO₂	École maternelle Jules Julien : 4 classes	École élémentaire Jules Julien : 8 classes
2017 Du 12 au 26 septembre 2017	Moyenne : 11 µg/m ³ Minimum : 8 µg/m ³ Maximum : 14 µg/m ³	Moyenne : 19 µg/m ³ Minimum : 14 µg/m ³ Maximum : 23 µg/m ³
Comparaison 2017 / 2016	=	↗
2016 Du 1er avril au 15 avril 2016	Moyenne : 12 µg/m ³ Minimum : 11 µg/m ³ Maximum : 13 µg/m ³	Moyenne : 16 µg/m ³ Minimum : 12 µg/m ³ Maximum : 19 µg/m ³

Les niveaux de NO₂ observés dans l'école maternelle Jules Julien située à plus de 200 mètres du périphérique sont similaires sur les deux campagnes de mesures.

En revanche, on note des niveaux de NO₂ dans l'école Jules Julien en hausse de 10 à 20% en comparaison de la campagne de mesures de 2016. Les niveaux de NO₂

dans l'environnement de l'école sont également légèrement plus élevés que lors de la campagne de 2016. Enfin, la campagne de mesures de 2017 a eu lieu en septembre. Les températures extérieures ont atteint ponctuellement plus de 25 °celsius ce qui a pu conduire les professeurs à ouvrir les fenêtres des salles de classe.



Des niveaux en benzène inférieurs à la valeur guide réglementaire fixée sur un an dans les cinq classes instrumentées

Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène fixe la valeur de 2 µg/m³ pour une exposition de longue durée au benzène.

Dans toutes les salles de classe instrumentées, les niveaux de benzène sont inférieurs à la valeur guide fixée.

		BENZÈNE		
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 12 au 26 septembre 2017
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	INFÉRIEUR	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	École maternelle Jules Julien Moyenne sur les 2 salles de classe investiguées : 0.8 µg/m ³ Minimum : 0.7 µg/m ³ Maximum : 0.9 µg/m ³
				École élémentaire Jules Julien Moyenne sur les 3 salles de classe investiguées : 0.7 µg/m ³ Minimum : 0.6 µg/m ³ Maximum : 0.7 µg/m ³

Des niveaux du même ordre de grandeur dans les bâtiments et dans l'environnement extérieur

Dans l'environnement extérieur, au coin de l'école au plus proche du périphérique, comme 130 mètres plus loin le long de l'avenue Jules Julien, 0.7 µg/m³ de benzène sont mesurés. Ce niveau est du même ordre de grandeur que ceux mesurés pour les sites de typologie urbaine (0.7 µg/m³) et inférieur aux 1.0 µg/m³ observés en bordure du périphérique.

A l'intérieur des bâtiments scolaires, on observe :

- des niveaux de benzène très homogènes dans les différents bâtiments,
- des concentrations du même ordre de grandeur ou légèrement supérieures à celles mesurées dans l'environnement extérieur de fond.

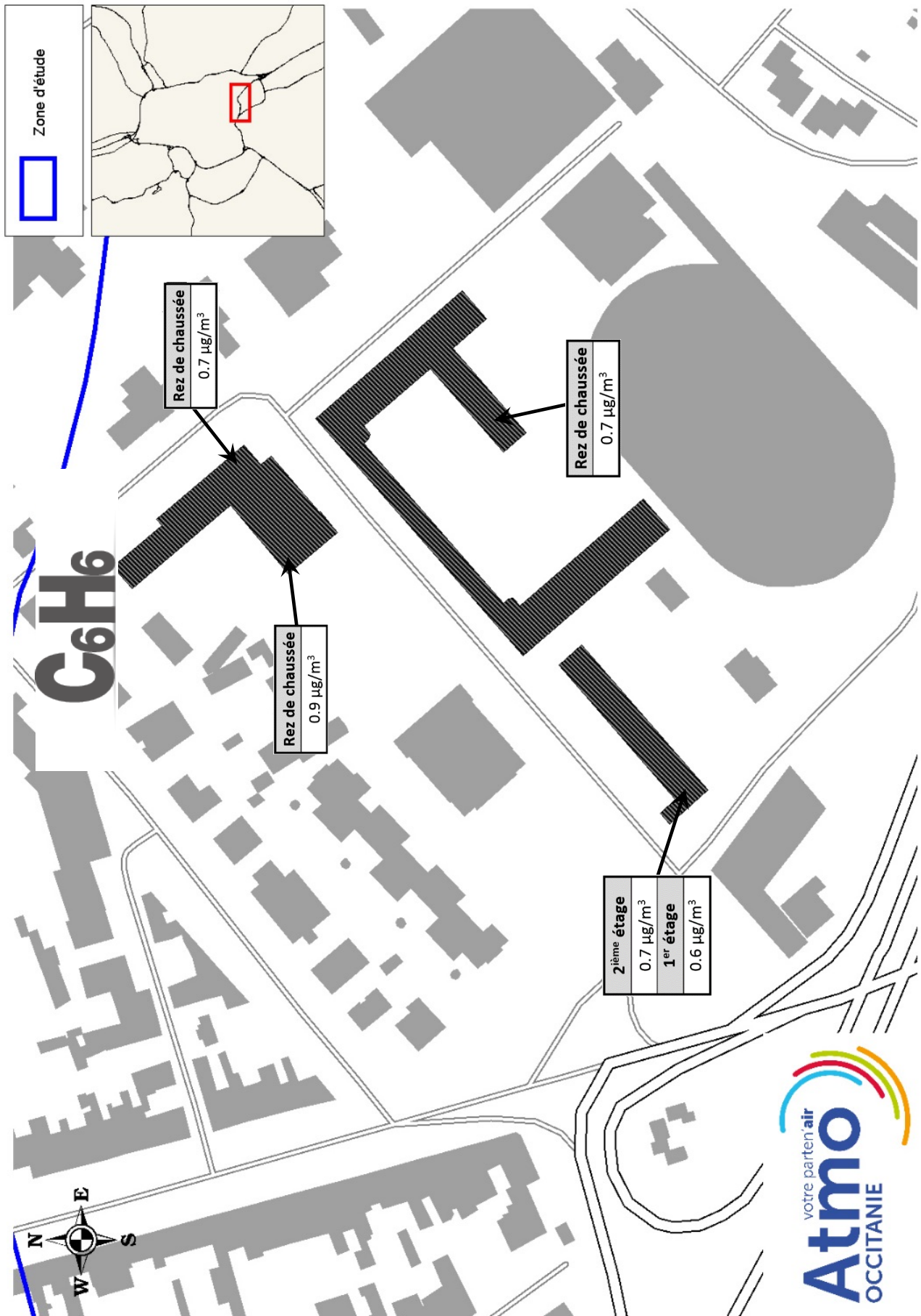
La proximité du périphérique ne semble pas avoir d'influence sur les niveaux de benzène dans les bâtiments scolaires. Les niveaux de benzène respectent la valeur guide de qualité de l'air intérieur dans toutes les classes.

Des niveaux similaires en 2017

	École maternelle Jules Julien : 2 classes	École élémentaire Jules Julien : 3 classes
2017 Du 12 au 26 septembre 2017	Moyenne : 0.8 µg/m ³ Minimum : 0.7 µg/m ³ Maximum : 0.9 µg/m ³	Moyenne : 0.7 µg/m ³ Minimum : 0.6 µg/m ³ Maximum : 0.7 µg/m ³
Comparaison 2017 / 2016	=	=
2016 Du 1er avril au 15 avril 2016	Moyenne : 1.0 µg/m ³ Minimum : 0.9 µg/m ³ Maximum : 1.2 µg/m ³	Moyenne : 0.9 µg/m ³ Minimum : 0.8 µg/m ³ Maximum : 1.1 µg/m ³

Les niveaux de benzène observés dans les écoles maternelle et élémentaire Jules Julien sont légèrement plus faibles en 2017 en comparaison de 2016.

Les niveaux de benzène dans l'environnement extérieur des écoles sont également légèrement plus faibles que lors de la campagne de 2016.



ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE LA PRAIRIE

Des niveaux en NO₂ inférieurs à la valeur guide fixée sur un an dans les dix salles de classe instrumentées

Des échantillonneurs passifs ont été installés dans les salles de classe de l'école élémentaire et de l'école maternelle.

En mars 2013, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié ses propositions de valeurs guides pour le dioxyde d'azote. Ces propositions correspondent aux expositions sur le court (1 heure) et le long terme (pour

une durée d'exposition supérieure à un an). Les concentrations mesurées dans les établissements scolaires sont comparées à la valeur guide fixée pour protéger des effets à long terme.

Dans toutes les salles de classe instrumentées, les niveaux de NO₂ sont inférieurs à la valeur guide fixée.

		DIOXYDE D'AZOTE - NO ₂		
		Comparaison à la valeur guide fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 12 au 26 septembre 2017
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	INFÉRIEUR	20 µg/m ³ en moyenne annuelle	Groupe scolaire la Prairie Moyenne sur les 10 salles de classe investiguées : 12 µg/m ³ Minimum : 6 µg/m ³ Maximum : 19 µg/m ³
	NO ₂			

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des niveaux plus faibles dans les bâtiments que dans l'environnement extérieur

Dans l'environnement extérieur, les niveaux de dioxyde d'azote mesurés autour du groupe scolaire La Prairie se sont de l'ordre de 27 µg/m³. Ces niveaux sont supérieurs à ceux mesurés par les stations de typologie urbaine (18 µg/m³ en moyenne sur la même période de mesures). Ils mettent en évidence une influence du périphérique mais également des autres axes routiers proches sur les concentrations en dioxyde d'azote dans l'environnement extérieur du groupe scolaire La Prairie.

A l'intérieur du bâtiment, on observe, comme en 2016 :

- un abattement des niveaux de dioxyde d'azote d'au moins 20% entre l'extérieur et l'intérieur,
- des niveaux de NO₂ légèrement plus élevés dans les salles de classe situés sous l'influence du périphérique par vent de sud-est (vent d'Autan)
- une légère diminution des niveaux de NO₂ lorsque les salles de classe sont situées à l'étage.

Les niveaux moyens observés dans l'établissement scolaire La Prairie sont de 12 µg/m³. Ils sont inférieurs aux niveaux moyens relevés en sites urbains de fond.

L'environnement extérieur de l'établissement scolaire la Prairie présente des niveaux intermédiaires entre ceux mesurés à proximité du périphérique et ceux observés en site de fond.

Une influence du périphérique sur le dioxyde d'azote est observée dans les salles de classe situées dans l'axe des émissions du trafic routier par vent d'Autan. L'abattement des niveaux de NO₂ constaté à l'intérieur des bâtiments permet le respect de la valeur guide de qualité de l'air intérieur dans toutes les classes.

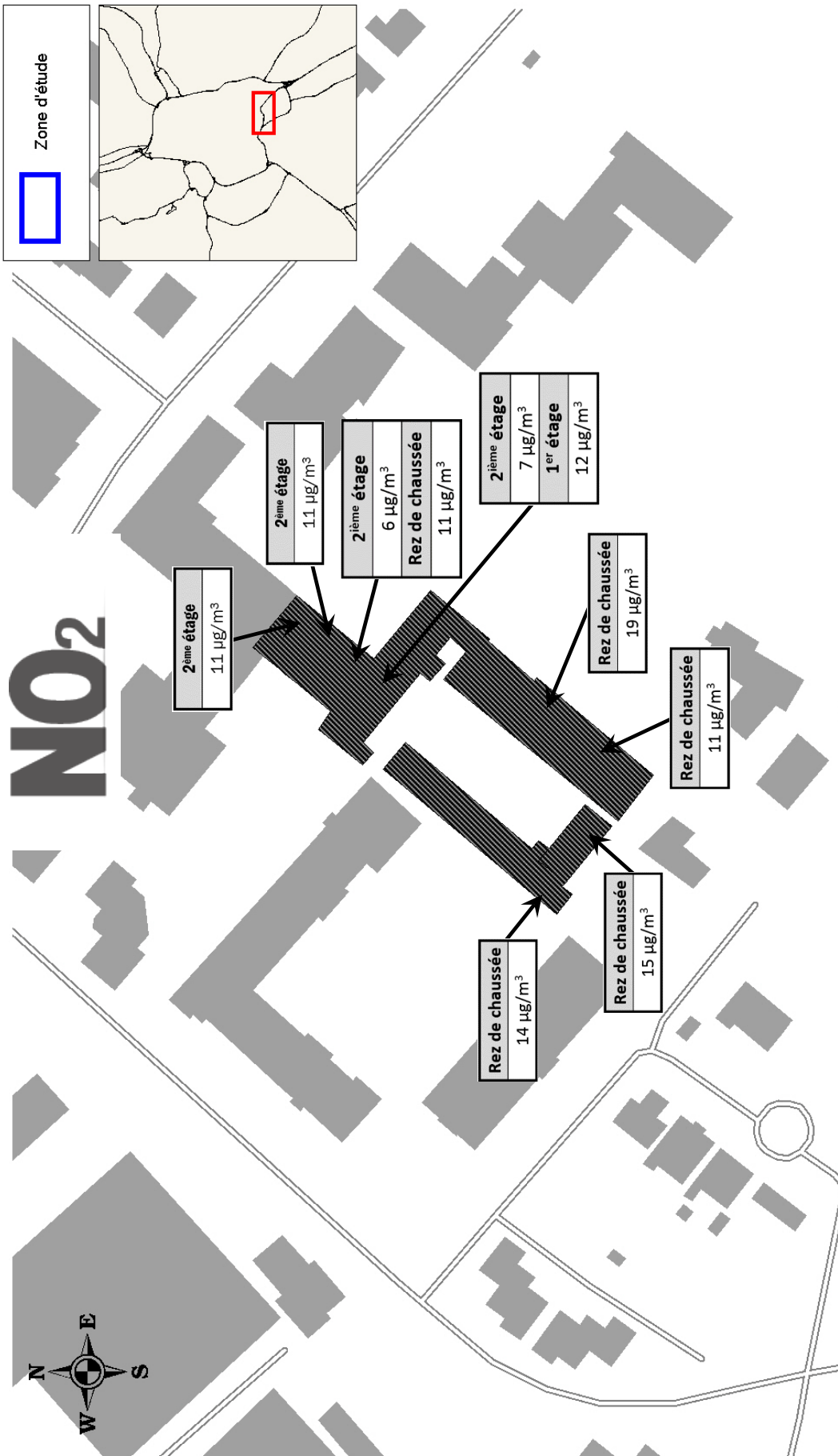
Des niveaux similaires à 2016

NO₂	
Groupe scolaire La Prairie : 10 classes	
2017 Du 12 au 26 septembre 2017	Moyenne : 12 µg/m ³ Minimum : 6 µg/m ³ Maximum : 19 µg/m ³
Comparaison 2017 / 2016	=
2016 Du 1er avril au 15 avril 2016	Moyenne : 12 µg/m ³ Minimum : 8 µg/m ³ Maximum : 15 µg/m ³

En moyenne, les niveaux de NO₂ observés dans le groupe scolaire La Prairie sont similaires sur les deux campagnes de mesures.

On note cependant une plus grande hétérogénéité des concentrations en NO₂ selon les salles de classe situés sous l'influence du périphérique par vent de sud-est pour la campagne du mois de septembre.

La campagne de mesures de 2017 ayant eu lieu en septembre, les températures extérieures ponctuellement élevées ont pu inciter les professeurs à ouvrir les fenêtres des salles de classe.



Des niveaux en benzène inférieurs à la valeur guide réglementaire fixée sur un an dans les quatre classes instrumentées

Le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène fixe la valeur de 2 µg/m³ pour une exposition de longue durée au benzène.

Dans toutes les salles de classe instrumentées, les niveaux de benzène sont inférieurs à la valeur guide fixée.

		BENZÈNE		
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 12 au 26 septembre 2017
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	INFÉRIEUR	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	Groupe scolaire la Prairie Moyenne sur les 6 salles de classe investiguées : 0.5 µg/m ³ Minimum : 0.5 µg/m ³ Maximum : 0.6 µg/m ³
	C₆H₆			

Des niveaux du même ordre de grandeur dans les bâtiments et dans l'environnement extérieur

Dans l'environnement extérieur, 0.8 µg/m³ de benzène sont mesurés en moyenne sur la bande d'études. Ce niveau est du même ordre de grandeur que ceux mesurés pour les sites de typologie urbaine (0.7 µg/m³) et légèrement inférieur aux 1.0 µg/m³ observés en bordure du périphérique.


- des concentrations du même ordre de grandeur que celles mesurées dans l'environnement extérieur de fond.

La proximité du périphérique ne semble pas avoir d'influence les niveaux de benzène dans les bâtiments scolaires. Les niveaux de benzène respectent la valeur guide de qualité de l'air intérieur dans toutes les classes.

A l'intérieur des bâtiments scolaires, on observe :

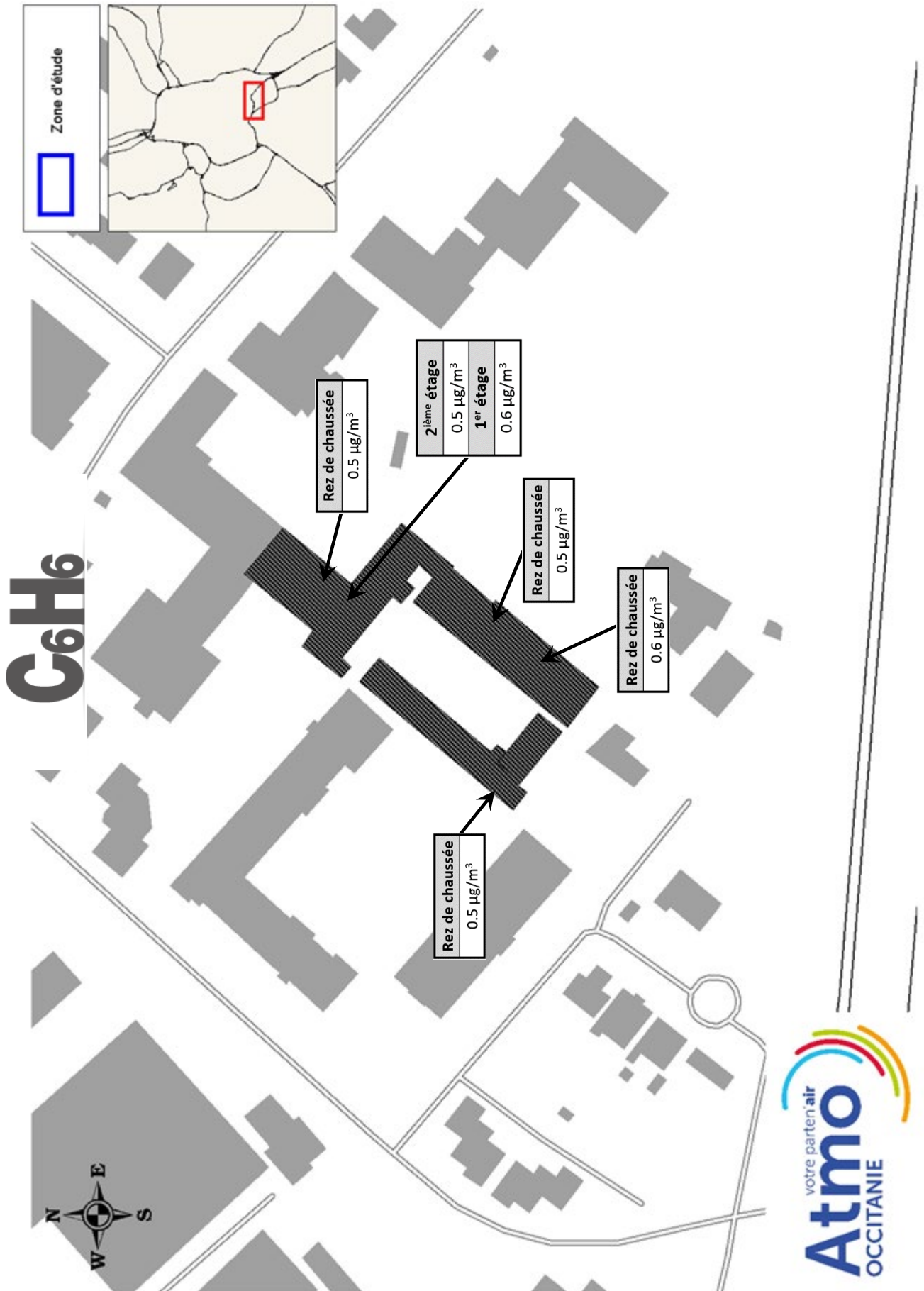
- des niveaux de benzène assez homogènes dans les différentes classes,

Des niveaux légèrement plus faibles en 2017

		Groupe scolaire La Prairie : 6 classes
2017 Du 12 au 26 septembre 2017		Moyenne : 0.5 µg/m ³ Minimum : 0.5 µg/m ³ Maximum : 0.6 µg/m ³
Comparaison 2017 / 2016		
2016 Du 1er avril au 15 avril 2016		Moyenne : 1.1 µg/m ³ Minimum : 0.8 µg/m ³ Maximum : 1.4 µg/m ³

Les niveaux de benzène mesurés dans les salles de classe du groupe scolaire la Prairie sont légèrement plus faibles en 2017 en comparaison de 2016.

Les niveaux de benzène dans l'environnement du groupe scolaire suivent cette même tendance.



ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE RANGUEIL

Des niveaux en NO₂ inférieurs à la valeur guide fixée sur un an dans les sept salles de classe instrumentées

Des échantillonneurs passifs ont été installés dans les salles de classe de l'école élémentaire et de l'école maternelle.

En mars 2013, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié ses propositions de valeurs guides pour le dioxyde d'azote. Ces propositions correspondent aux expositions sur le court (1 heure) et le long terme (pour

une durée d'exposition supérieure à un an). Les concentrations mesurées dans les établissements scolaires sont comparées à la valeur guide fixée pour protéger des effets à long terme.

Dans toutes les salles de classe instrumentées, les niveaux de NO₂ sont inférieurs à la valeur guide fixée.

		DIOXYDE D'AZOTE - NO ₂		
		Comparaison à la valeur guide fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 12 au 26 septembre 2017
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	INFÉRIEUR	20 µg/m ³ en moyenne annuelle	École maternelle Rangueil Moyenne sur les 3 salles de classe investiguées : 12 µg/m ³ Minimum : 9 µg/m ³ Maximum : 14 µg/m ³
				École élémentaire Rangueil Moyenne sur les 4 salles de classe investiguées : 13 µg/m ³ Minimum : 12 µg/m ³ Maximum : 14 µg/m ³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des niveaux plus faibles dans les bâtiments que dans l'environnement extérieur

Dans l'environnement extérieur, à proximité de l'école Rangueil, les niveaux de dioxyde d'azote mesurés décroissent très rapidement avec l'éloignement du périphérique. Ainsi, 20 µg/m³ de dioxyde d'azote sont mesurés sur un site situé à coté de l'école. Ces niveaux sont légèrement supérieurs à ceux mesurés par les stations de typologie urbaine (18 µg/m³ en moyenne sur la même période de mesures). Ces niveaux mettent donc en évidence une très faible influence du périphérique sur les concentrations en dioxyde d'azote extérieur dans l'environnement de l'école Rangueil.

A l'intérieur des bâtiments scolaires, on observe :

- un abattement des niveaux de dioxyde d'azote de l'ordre de 40% entre l'extérieur et l'intérieur,
- une homogénéité des niveaux de concentration dans les classes.

Les niveaux moyens observés dans l'établissement scolaire Rangueil sont de 13 µg/m³. Ils sont inférieurs aux niveaux moyens relevés en sites urbains de fond.

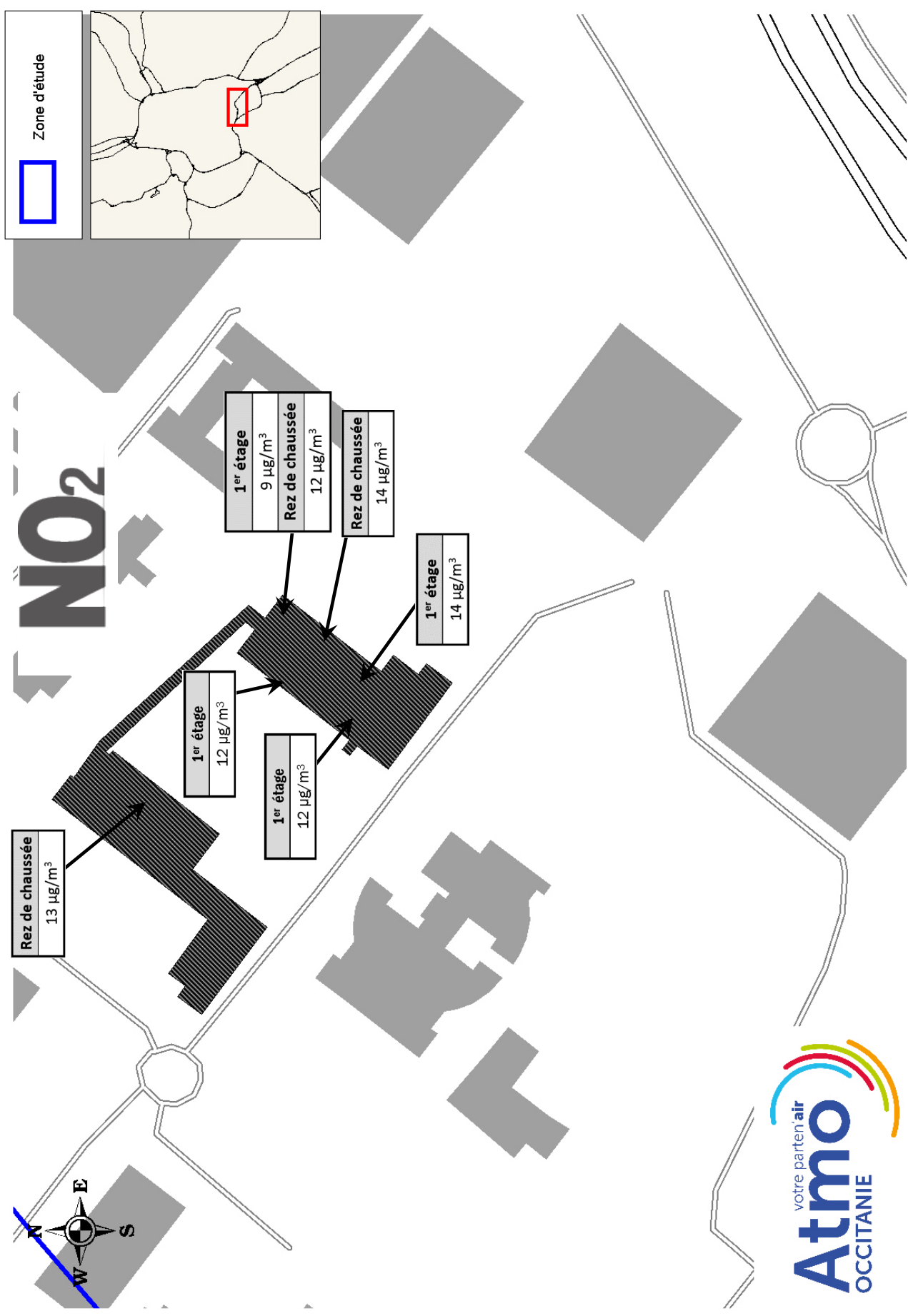
Les niveaux en dioxyde d'azote relevés dans l'environnement extérieur de l'établissement scolaire Rangueil, similaires à ceux observés en site urbain de fond, mettent en évidence une très faible influence du périphérique. En outre, l'abattement des niveaux de NO₂ constaté à l'intérieur des bâtiments permet le respect de la valeur guide de qualité de l'air intérieur dans toutes les classes.

Des niveaux du même ordre de grandeur en 2017

NO₂	École maternelle Rangueil : 3 classes	École élémentaire Rangueil : 4 classes
	2017 Du 12 au 26 septembre 2017	Moyenne : 12 µg/m ³ Minimum : 9 µg/m ³ Maximum : 14 µg/m ³
Comparaison 2017 / 2016	=	↗
2016 Du 1er avril au 15 avril 2016	Moyenne : 11 µg/m ³ Minimum : 10 µg/m ³ Maximum : 12 µg/m ³	Moyenne : 11 µg/m ³ Minimum : 10 µg/m ³ Maximum : 12 µg/m ³

En moyenne, les niveaux de NO₂ observés dans les écoles maternelle et élémentaire Rangueil sont en légère hausse entre les deux campagnes de mesures.

Cette hausse est également observée dans l'environnement extérieur.



Des niveaux en benzène inférieurs à la valeur guide réglementaire fixée sur un an dans les quatre classes instrumentées

Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène fixe la valeur de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de longue durée au benzène.

Dans toutes les salles de classe instrumentées, les niveaux de benzène sont inférieurs à la valeur guide fixée.

		BENZÈNE		
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période de mesures : Du 12 au 26 septembre 2017
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	INFÉRIEUR	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle	École maternelle Ranguel Moyenne sur les 2 salles de classe investiguées : $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Minimum : $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Maximum : $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
				École élémentaire Ranguel Moyenne sur les 2 salles de classe investiguées : $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Minimum : $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Maximum : $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Des niveaux du même ordre de grandeur dans les bâtiments et dans l'environnement extérieur

Dans l'environnement extérieur, $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benzène sont mesurés en moyenne sur la bande d'études. Ce niveau est du même ordre de grandeur que ceux mesurés pour les sites de typologie urbaine ($0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et légèrement inférieur aux $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ observés en bordure du périphérique.

A l'intérieur des bâtiments scolaires, on observe :

- des niveaux de benzène très homogènes homogènes dans les différentes classes,
- des concentrations du même ordre de grandeur que celles mesurées dans l'environnement extérieur de fond.

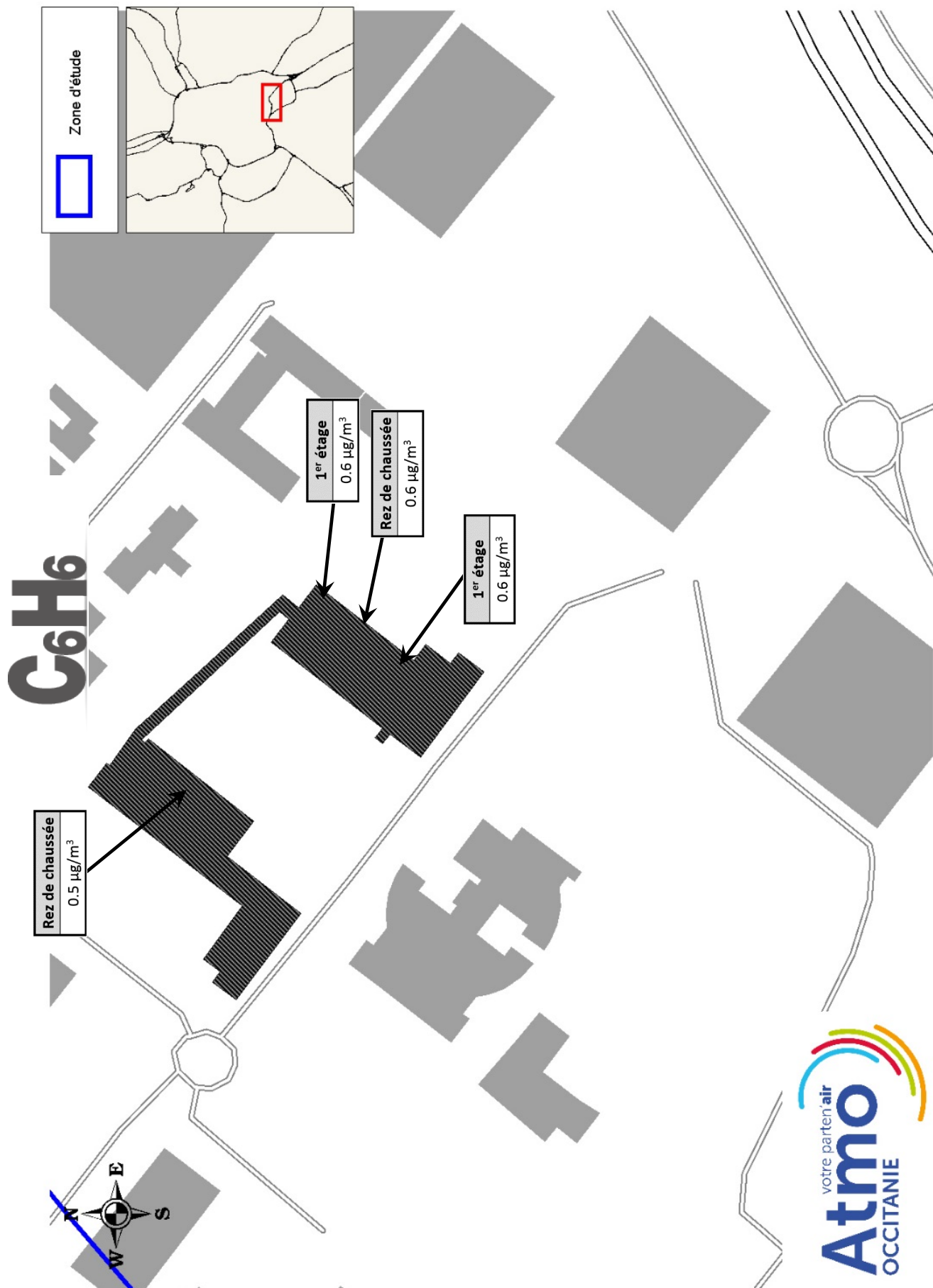
La proximité du périphérique ne semble pas avoir d'influence les niveaux de benzène dans les bâtiments scolaires. Les niveaux de benzène respectent la valeur guide de qualité de l'air intérieur dans toutes les classes.

Des niveaux légèrement plus faibles en 2017

	École maternelle Rangueil : 2 classes	École élémentaire Rangueil : 2 classes
2017 Du 12 au 26 septembre 2017	Moyenne : 0.6 µg/m ³ Minimum : 0.6 µg/m ³ Maximum : 0.6 µg/m ³	Moyenne : 0.6 µg/m ³ Minimum : 0.5 µg/m ³ Maximum : 0.6 µg/m ³
Comparaison 2017 / 2016	↘	↘
2016 Du 1er avril au 15 avril 2016	Moyenne : 1.0 µg/m ³ Minimum : 1.0 µg/m ³ Maximum : 1.0 µg/m ³	Moyenne : 1.0 µg/m ³ Minimum : 0.8 µg/m ³ Maximum : 1.2 µg/m ³

Les niveaux de benzène mesurés dans les salles de classe du groupe scolaire la Prairie sont légèrement plus faibles en 2017 en comparaison de 2016.

Les niveaux de benzène dans l'environnement du groupe scolaire suivent cette même tendance.



ANNEXE III : NOTES MÉTHODOLOGIQUES

Méthodologie de l'adaptation statistique des mesures

Adaptation statistique des échantillonneurs passifs

Les mesures des échantillonneurs passifs sont statistiquement corrigées par une équation de type linéaire. Cette équation correspond à la droite de

tendance des « moyennes pendant la période de campagne » sur les « moyennes annuelles » du réseau des stations fixes d'Atmo Occitanie.

Adaptation statistique des stations mobiles

HYPOTHESES

Nous avons cherché à mettre en avant une relation de dépendance entre les variables Y et $X1, X2, X3$. Y appelée variable endogène, est la variable que l'on cherche à expliquer (à prédire). Le modèle de régression linéaire simple s'écrit :

$$y_i = a \times x_i + b + \varepsilon_i$$

a et b sont les paramètres (les coefficients) du modèle. Dans le cas spécifique de la régression simple, a est la pente, b est la constante.

Avec le modèle de régression, on cherche à déterminer une droite qui représenterait au mieux la relation existant entre X et Y . La droite retenue est celle pour laquelle la somme des carrés des distances verticales de chaque point à la droite est minimale.

La régression linéaire simple permet de résumer la relation entre deux variables, et donc de prédire une variable Y en fonction d'une variable X . Mais la prédiction d'une variable donnée peut être plus fine si l'on prend en compte plus de variables prédictives X_j , ($j = 1, \dots, p$). La régression multiple permet de calculer une équation additive de forme :

L'équation de régression s'écrit :

$$y_i = a_0 + a_1x_{i,1} + \dots + a_px_{i,p} + \varepsilon_i$$

Nous devons estimer les valeurs des $(p + 1)$ paramètres (a_0, a_1, \dots, a_p) à partir d'un échantillon de n observations. Nous remarquons dans le modèle :

- $i = 1, \dots, n$ correspond au numéro des observations ;
- y_i est la i -ème observation de la variable Y ;
- $x_{i,j}$ est la i -ème observation de la j -ème variable ;
- ε_i est l'erreur du modèle, il résume les informations manquantes qui permettrait d'expliquer linéairement les valeurs de Y à l'aide des p variables X_j (ex. valeurs prédictives manquantes, etc.).

VARIABLES EXPLICATIVES

Afin d'obtenir les modèles les plus pertinents, nous avons pris en compte un maximum de variables pouvant jouer un rôle explicatif :

- Les niveaux mesurés par le réseau des stations fixes toulousaines
- Les conditions météorologiques relevées dans l'air ambiant toulousain (direction du vent, vitesse du vent, température, pression).

Une attention particulière a été portée au risque de colinéarité entre les variables explicatives. On parle de colinéarité entre deux ou plusieurs variables lorsqu'il existe une liaison linéaire entre elles. La colinéarité peut entraîner une instabilité dans l'estimation des coefficients et des variances, et par conséquent peut fausser complètement les résultats des tests. Il faut donc éviter d'introduire simultanément dans le modèle initial des variables explicatives qui sont liées ou susceptibles d'être liées linéairement entre elles.

Un programme a été créé grâce au logiciel R, afin de tester les différentes combinaisons de variables explicatives et de déterminer le modèle de régression le plus pertinent.

DETECTION DES POINTS ABERRANTS ET DES POINTS INFLUENTS

La recherche de la meilleure régression nécessite dans un premier temps d'étudier la distribution des concentrations quart-horaires mesurées afin de repérer les observations qui jouent un rôle anormal dans la modélisation.

Par définition, un point atypique (ou point aberrant), est une observation qui s'écarte résolument des autres. Cela peut être dû à une erreur de recueil des données, cela peut aussi correspondre à un individu qui n'appartient pas à la population étudié.

Les points influents sont des observations qui pèsent exagérément sur les résultats de la régression. On peut les distinguer de plusieurs manières : ils sont "isolés" des autres points, on constate alors que la distribution des résidus est asymétrique; ils

correspondent à des valeurs extrêmes des variables, en cela ils se rapprochent des points atypiques.

Bien souvent la distinction entre les points atypiques et les points influents est difficile. Un point peut être influent sans être atypique, il peut être atypique sans être influent.

La meilleure manière de le circonscrire est de recalculer les coefficients de la régression en écartant le point : si les résultats diffèrent significativement, en termes de prédiction ou terme de différence entre les coefficients estimés, le point est influent.

Les points atypiques peuvent être détectés par la construction d'une boîte à moustaches.

TESTS DE SIGNIFICATIVITE

La pertinence du modèle a été analysée à l'aide de plusieurs tests de significativité :

Le coefficient de détermination :

La part de la variance expliquée par le modèle est traduite par le coefficient de détermination R^2 .

Le coefficient de détermination R^2 est compris entre 0 et 1. Lorsqu'il est proche de 0, cela signifie que les variables explicatives choisies n'expliquent en rien les valeurs prises par Y tandis que plus il tend vers 1, meilleur est le modèle. Il permet ainsi de tester la significativité globale du modèle. Le R^2 est donc un indicateur de qualité mais il présente un défaut : plus le

nombre de variables explicatives augmentent (même non pertinentes) plus grande sera la valeur du R^2 , mécaniquement. Le R^2 n'est donc pas un bon outil pour évaluer le rôle de variables supplémentaires lors de la comparaison de modèles imbriqués. En augmentant le nombre de variables explicatives, la valeur du R^2 augmente de manière mécanique tandis que dans le même temps, le degré de liberté diminue. L'intégration du nombre de degrés de liberté permet de contrecarrer l'évolution du R^2 donne le R^2 ajusté. Le R^2 ajusté permet de comparer les modèles imbriqués.

Le test de significativité globale de la régression

Le test de significativité globale consiste à vérifier si le modèle, pris dans sa globalité, est pertinent.

L'hypothèse nulle correspond à la situation où aucune des variables explicatives n'emmène de l'information utile dans l'explication de Y c'est-à-dire que le modèle ne sert à rien. Sous l'hypothèse nulle, F suit une loi de Fisher. On considère que le modèle est globalement significatif lorsque F est supérieur au quantile d'ordre 1- risque choisi.

Le test de significativité d'un coefficient

Après avoir établi la significativité globale de la régression, nous devons évaluer la pertinence des variables prises individuellement. Si l'hypothèse nulle est avérée, Le retrait de la variable X_j de la régression est possible. Par rapport aux autres variables, la contribution de X_j dans l'explication de Y n'est pas significative.

Méthodologie de l'inventaire, de la modélisation et de la cartographie

Adaptation statistique des échantillonneurs passifs

Les mesures des échantillonneurs passifs sont statistiquement corrigées par une équation de type linéaire. Cette équation correspond à la droite de

tendance des « moyennes pendant la période de campagne » sur les moyennes annuelles » du réseau des stations fixes d'Atmo Occitanie.

Le modèle MISKAM

PRESENTATION

La modélisation de la pollution de l'air a été réalisée à l'aide du logiciel de modélisation 3D MISKAM, un modèle pronostique tridimensionnel d'écoulement de micro-échelle à travers des équations de la mécanique des fluides qui intègre les contraintes de dispersion des polluants du fait de la présence de bâtiments sur le domaine d'étude. Il permet ainsi la prise en compte plus précise de la configuration de l'urbanisation du quartier comme un facteur d'influence sur les conditions de dispersion des polluants émis sur la zone d'étude.

En effet, en plus des facteurs locaux, comme la topographie ou l'orientation des vents, la pollution de l'air en milieu urbain et notamment à l'échelle d'un quartier, est également fonction de la morphologie urbaine, à savoir orientation, formes et hauteur du bâti,

mais également orientation et dimensionnement des voiries.

Le modèle MISKAM permet de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en moyenne annuelle. Il permet également de calculer des percentiles et des fréquences de dépassements de valeurs réglementaires.

De nombreuses données sont nécessaires aux calculs de dispersion des polluants : hauteur des bâtiments et largeurs des rues, topographie de la zone, émissions des axes routiers, données météorologiques, données de pollution de fond....

LES DONNEES

Différentes données d'entrée sont nécessaires au fonctionnement du modèle.

Les émissions de trafic

Le calcul des émissions pour le trafic routier a été réalisé en utilisant la méthodologie COPERT IV (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport) et en se basant sur les données trafic les plus récentes du réseau structurant à la disposition d'Atmo Occitanie. Le réseau structurant représente les grands axes de circulation pour lesquels il existe des données de comptage fournies par les partenaires d'Atmo Occitanie (Conseils départementaux, ASF, DIRSO, DIRMC, Collectivités, modèles trafic (SGGD), etc.). Sur ces axes, la méthodologie COPERT IV permet le calcul des émissions en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA), de la vitesse autorisée et de la composition des véhicules pour chaque heure de la semaine en prenant en compte les surémissions liées aux ralentissements aux heures de pointe.

Pour cette étude, les données de trafic sur le périphérique ont été fournies par la DREAL pour l'année 2016.

Données météorologiques

Pour cette étude, les données météorologiques introduites dans le modèle proviennent de la station météorologique de Toulouse Blagnac. La modélisation est réalisée pour obtenir des concentrations horaires. Les calculs de dispersion ont donc été menés à partir des mesures horaires de plusieurs paramètres

météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournie par la station météorologique la plus proche de la zone d'études, la station météorologique de Toulouse Blagnac. La modélisation a été réalisée avec les données météorologiques de l'année 2016.

Niveau de fond

Afin de connaître l'impact du trafic routier sur un quartier, il est nécessaire de connaître son niveau de pollution de fond. La pollution de fond est générée par l'ensemble des activités extérieures à la zone d'étude (chauffage, industries, apports extérieurs...). La concentration de pollution de fond en dioxyde d'azote utilisée pour cette étude correspond à la moyenne des concentrations annuelles de NO₂ des trois stations de fond implantées sur l'agglomération toulousaine

Topographie des rues

Les caractéristiques des rues et notamment leur altitude ont été établies à partir de la BD-Alt.

Morphologie du bâti

Les caractéristiques des murs antibruit comme leur hauteur ont été fournis par la DREAL.

CARTOGRAPHIE

Les cartes de dispersion de la pollution sont obtenues en géo référençant l'interpolation des données décrites précédemment avec un Système d'Information Géographique (SIG).

Les cartes issues du SIG permettent de suivre l'évolution de la pollution sur une zone donnée en comparant les cartes sur plusieurs années.

Incertitudes

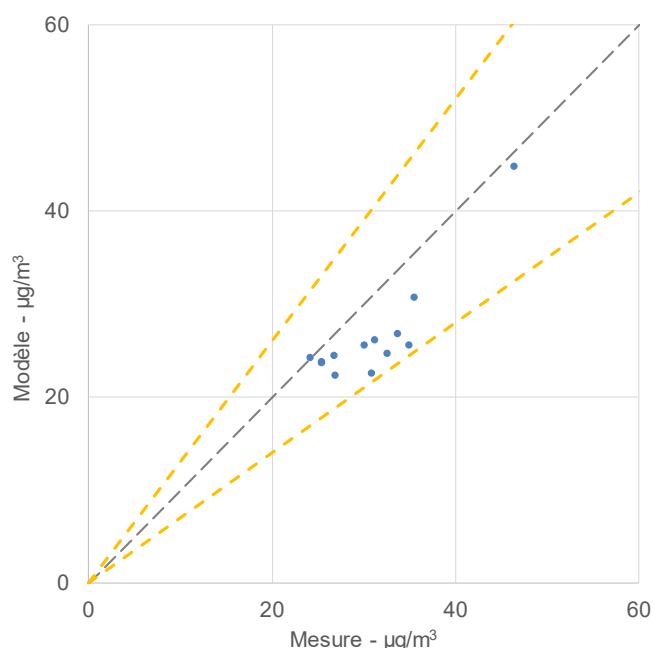
Toute démarche scientifique est entachée d'incertitude. Il est important d'estimer la part d'incertitude liée à une présentation de résultats. Nous essayons, dans la mesure du possible et basé sur notre expérience en la matière, de donner une idée de l'incertitude et de la représentativité des valeurs citées.

Les émissions du trafic

Le plus grand facteur d'incertitude pour le résultat de la modélisation est l'incertitude sur les émissions de NO₂ par le trafic routier. La connaissance des émissions réelles est prépondérante. Or, nous ne disposons pas de données réelles de trafic et de composition de la flotte sur l'ensemble du domaine d'études.

Méthodologie de la validation des modèles

Un modèle performant



Les critères statistiques utilisés pour valider le modèle ont été choisis en tenant compte des recommandations du faites par J.C. Chang et S. R. Hanna dans leurs mesures de la performance de modèles de qualité de l'air¹.

Dans le tableau ci après, nous indiquons les performances statistiques du modèle relativement aux concentrations moyennes annuelles en NO₂ modélisées et observées sur le domaine d'études. Seuls les points communs aux différentes phases sont pris en compte dans cette comparaison mesure/modèle.

Indicateurs statistiques	Modèle 13 observations	Caractéristiques d'un modèle performant
FB	0.15	-0.3 < FB < 0.3
MG	1.17	-0.7 < MG < 1.3
NMSE	0.03	NMSE <=2
VG	1.03	VG < 1.6
FAC2	1	FAC2 > 0.5
r	0.88	Le plus proche de 1

Les valeurs proches de 0 du biais fractionnel (FB) indiquent qu'en moyenne, le modèle tend à bien estimer les valeurs observées. Le tracé mesure / modèle indique une sous-estimation des entre concentrations modélisées sur l'ensemble de la gamme de concentrations observées.

NMSE permet de juger de l'erreur relative commise par le modèle. Plus NMSE est faible, plus les concentrations simulées par le modèle sont proches des observations. Les NMSE obtenus pour le modèle est correct.

L'indicateur logarithmique VG est autant sensible aux valeurs fortes qu'aux valeurs faibles. Proche de 1, l'écart entre mesure et observation est assez faible.

FAC2 renseigne sur la proportion des valeurs simulées à moins d'un facteur 2 des observations. 100% des valeurs simulées sont ainsi à moins d'un facteur 2 des observations.

La corrélation mesure la capacité du modèle à reproduire les variations temporelles des observations. Dans le cas du modèle MISKAM, **88%** des concentrations modélisées sont corrélées avec les mesures.

La directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe fixe des objectifs de qualité pour les concentrations modélisées.

Pour le NO₂, l'erreur sur la moyenne annuelle doit être inférieure à ±30%. (cette incertitude est représentée par les lignes oranges sur le graphe).

L'erreur sur la moyenne annuelle est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Erreur} = \frac{(\text{modèle} - \text{mesure})}{\text{mesure}}$$

Pour les sites de fond, les erreurs sur la moyenne annuelle obtenues en NO₂ sont inférieures à 30% et respectent donc la directive européenne.

Pour les sites en proximité trafic, les erreurs sont comprises entre 1% et -27%. Le modèle tend à sous estimer les concentrations influencées par le trafic routier. La sous estimation est de l'ordre de 15%.

Les critères de performance trouvés dans la littérature sont atteints pour le modèle utilisé lequel peut être considéré comme relativement performant.

Les concentrations sont donc correctement modélisées.

¹ J.C Chang and S. R Hanna: Air quality model performance evaluation, Meteorology and Atmospheric Physics 87, 167-196 (2004)

Principe de la méthode

Afin de vérifier la validité des résultats obtenus par la modélisation, nous avons utilisé des paramètres statistiques permettant de comparer les résultats de la modélisation aux résultats fournis par les échantillonneurs passifs.

Il existe dans la littérature de nombreux indicateurs ou outils de performance statistiques afin d'évaluer quantitativement la qualité d'un modèle de dispersion atmosphérique.

Le guide "evaluating the performance of Air Quality Models -3 juin 2010" du department for environment, food & Rural Affairs of United Kingdom recommande une certaine simplification et rationalisation en adoptant un nombre limité d'indicateurs statistiques.

Les indicateurs statistiques ont été choisis en suivant les recommandations faites par Chang et Hanna dans leurs mesures de la performance de modèles de qualité de l'air.

Les équations suivantes incluant le biais fractionnaire (FB), l'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE), la variance géométrique (VG), le coefficient de corrélation et la fraction de prédiction comprise dans un facteur 2 (FAC2) ont ainsi été utilisées :

Les performances des deux modèles sont évalués par les indicateurs statistiques suivants (formule indiquée ci-après) :

- le biais fractionnel (fractional bias) FB,
- le biais moyen géométrique (MG),
- L'erreur quadratique normalisée ("normalized mean square error") NMSE,
- la variance géométrique (VG),
- Le coefficient de corrélation Corr,
- la fraction de prédiction comprise dans un facteur 2 FAC2.

Un modèle parfait aurait MG, VG, R et FAC2 =1; et FB et NMSE = 0.

Notons que, d'après les conventions utilisées (annexe A), les valeurs de FB sont négatives en cas de sur-estimation, et positives en cas de sous-estimation des valeurs.

Des critères de performances acceptables ont été développés dans Chang et Hanna [2004] et Hanna et al [2004] à partir de l'évaluation de nombreux modèles sur un grand nombre d'expériences.

Un modèle est considéré comme acceptable si :

- $-0.3 < FB < 0.3$;
- $0.7 < MG < 1.3$
- $NMSE < 0.5$,
- $VG < 0.6$
- $0.5 < FAC2$

Présentation des indicateurs statistiques utilisés

On utilise les notations suivantes :

- C_o : observation au temps i
- C_p : valeur modélisée au temps i
- N : nombre de couple de valeurs
- Les termes surmontés d'un trait désignent la moyenne temporelle de la grandeur indiquée.

Les différents paramètres présentés ici permettent de quantifier trois types d'erreur :

- l'erreur systématique, qui détermine si le modèle a tendance à sous-estimer ou surestimer globalement la réalité
- l'erreur locale, qui caractérise la "précision" des données du modèle (c'est à dire leur étalement autour de leur moyenne),
- l'erreur totale, qui caractérise la "justesse" globale des données du modèle par rapport à la réalité.

Il est intéressant lorsque l'on compare deux jeux de données de pouvoir estimer ces différents types d'erreur. Dans la suite, le type d'erreur que permet de quantifier chaque paramètre est indiqué.

FB : Biais fractionnel

$$FB = \frac{(\overline{C_o} - \overline{C_p})}{0.5 (\overline{C_o} + \overline{C_p})}$$

Signification : Le biais fractionnel est une normalisation de la valeur du biais. Ceci présente l'avantage de permettre la comparaison des valeurs de ce paramètre obtenues sur des échantillons différents. Ceci permet aussi de pouvoir interpréter la valeur du biais sans avoir à se référer aux données considérées : une même valeur de FB correspond à peu près au même type d'erreur quel que soit le cas étudié ou l'unité utilisée pour exprimer les grandeurs considérées.

Valeur recherchée : 0

Interprétation des valeurs : FB peut être positif ou négatif. Il est sans dimension. Si les valeurs observées et mesurées sont positives ou nulles (comme dans le cas de concentrations), FB est compris entre -2 et 2. Une valeur nulle indique que les données d'observations et les données modélisées ont la même moyenne. Le modèle est donc en mesure de bien restituer la valeur moyenne du paramètre considéré. Toutefois les écarts peuvent être ponctuellement ou systématiquement très importants : il suffit que les écarts positifs compensent les écarts négatifs.

Une valeur négative implique, qu'en moyenne, le modèle sous estime la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus faible que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur supérieure à la mesure.

Une valeur positive implique qu'en moyenne, le modèle surestime globalement la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus forte que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur inférieure à la mesure.

Type d'erreur : systématique

NMSE : Normalised mean square error

$$NMSE = \frac{(C_o - C_p)^2}{C_o C_p}$$

Signification : ce terme qualifie l'erreur totale existant entre observation et mesure. Il est normalisé ce qui présente l'avantage de permettre la comparaison des valeurs de ce paramètre obtenu sur des échantillons différents. Ceci permet aussi de pouvoir interpréter la valeur du NMSE sans avoir à se référer aux données considérées : une même valeur de NMSE correspond à peu près au même type d'erreur quel que soit le cas étudié ou l'unité utilisée pour exprimer les grandeurs considérées.

Valeur recherchée : 0

Interprétation des valeurs : La NMSE est une grandeur positive ou nulle. Elle est sans dimension. Si elle est nulle, les valeurs du modèle sont toutes égales aux valeurs observées. Plus la NMSE est grande, plus l'écart entre mesure et observation est grand. La NMSE ne donne toutefois pas d'indication sur la distribution de cette erreur. Une grande valeur de NMSE peut correspondre soit à un biais fort, soit à un écart type des erreurs fort, soit aux deux à la fois.

Type d'erreur : totale

MG : Geometric Mean Bias

$$MG = \exp(\overline{\ln C_o - \ln C_p})$$

Signification : MG est l'exponentielle du biais calculé à partir des logarithmes népériens des valeurs d'observations et des valeurs modélisées. Il donne le même type d'information que la valeur du biais. Toutefois les propriétés du logarithme font que ce paramètre est influencé par l'écart relatif entre les valeurs et non pas par l'écart brut.

Concrètement, pour une même erreur relative, le biais est plus sensible à un écart sur des valeurs fortes que sur des valeurs faibles car la même erreur relative conduira alors à un écart plus grand. MG sera aussi sensible à l'un qu'à l'autre.

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : MG est une grandeur strictement positive. C'est un nombre sans dimension.

Une valeur égale à 1 indique que les données d'observations et les données modélisées ont la même moyenne. Le modèle est donc en mesure de bien restituer la valeur moyenne du paramètre considéré. Toutefois les écarts peuvent être ponctuellement ou systématiquement très importants : il suffit que les écarts positifs compensent les écarts négatifs.

Une valeur supérieure 1 implique qu'en moyenne, le modèle sous estime la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus faible que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur supérieure à la mesure.

Une valeur inférieure à 1 implique, qu'en moyenne, le modèle surestime globalement la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus forte que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur inférieure à la mesure.

Type d'erreur : systématique

VG : Geometric Mean Variance

$$VG = \exp\left[\overline{(\ln C_o - \ln C_p)^2}\right]$$

Signification : VG est l'exponentielle du carré du RMSE calculé à partir des logarithmes népériens des valeurs d'observations et des valeurs modélisées. Il donne le même type d'information que la valeur du RMSE.

Toutefois les propriétés du logarithme font que ce paramètre est influencé par l'écart relatif entre les valeurs et non pas par l'écart brut. Concrètement, pour une même erreur relative, le RMSE est beaucoup plus sensible à un écart sur des valeurs fortes que sur des valeurs faibles car la même erreur relative conduira alors à un écart plus grand. VG sera aussi sensible à l'un qu'à l'autre.

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : VG est une grandeur supérieure ou égale à 1. C'est un nombre sans dimension. Si elle est égale à 1, les valeurs du modèle sont toutes égales aux valeurs observées. Plus VG est grand, plus l'écart entre mesure et observation est grand. La VG ne donne toutefois pas d'indication sur la distribution de cette erreur. Une grande valeur de VG peut correspondre soit à un biais fort, soit à un écart type des erreurs fort, soit aux deux à la fois.

Type d'erreur : locale

FAC2 :Factor of Two

$$FAC2 = \text{fraction of data that satisfy } 0.5 \leq \frac{C_p}{C_o} \leq 2.0$$

Signification : Le FAC2 représente la fraction des données simulées qui sont en accord avec les données mesurées à un facteur 2 près.

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : FAC2 est une grandeur comprise entre 0 et 1. Il est sans dimension. Une valeur nulle indique qu'aucune des données modélisées ne se trouve dans l'intervalle cité plus haut. Une valeur égale à 1 implique que les inégalités citées plus haut sont vérifiées pour chacune des valeurs simulées. Elle ne garantit pas une adéquation parfaite entre mesure et observation.

Type d'erreur : totale

R : Coefficient de corrélation linéaire

$$R = \frac{(\overline{C_o - C_o})(\overline{C_p - C_p})}{\sigma_{C_p} \sigma_{C_o}}$$

Signification : Ce paramètre permet de qualifier l'intensité de la liaison linéaire existante entre observation et valeur modélisée. Autrement dit, il évalue s'il existe une fonction affine du type $x_i = a \cdot x_i + b$ (avec a et b, 2 constantes) permettant une bonne restitution des valeurs des observations. D'un point de vue graphique, il permet de savoir s'il est possible de tracer une droite constituant une bonne approximation du nuage de points représentant les couples "observations/valeurs modélisées".

Valeur recherchée : 1 ou -1 (une valeur proche de -1 dénote toutefois un comportement étrange du modèle mais démontre sa bonne capacité de prévision moyennant une correction simple. Ce genre de cas met

souvent en évidence une erreur grossière et facilement corrigible au sein du modèle, ou dans le traitement des données).

Interprétation des valeurs : R est toujours compris entre -1 et 1. Si la valeur absolue de R est égale à 1, l'ensemble des valeurs observées peut être calculé à partir des valeurs modélisées par l'application d'une fonction affine (facilement calculable). Autrement dit, il est possible de construire une droite passant exactement par l'ensemble des points correspondant aux couples "observations/valeurs modélisée". Le signe de R donne alors le signe de la pente de cette droite ou encore le sens de variation de la fonction linéaire reliant observation et modèle : croissante si R est positif, décroissante si R est négatif.

Une valeur égale à 0, implique une absence de liaison linéaire entre les deux séries de données (modélisées et mesurées) c'est à dire qu'il n'existe pas de fonction affine qui, appliquée aux données modélisées, permette une amélioration de l'estimation des valeurs observées.

Les valeurs intermédiaires traduisent une plus ou moins grande importance de la liaison linéaire existante entre les valeurs observées et les valeurs modélisées. Le signe de R donne alors le comportement relatif global des données modélisées et observées : si R est positif, les valeurs modélisées tendent à croître lorsque les valeurs observées croissent. L'inverse se produit lorsque R est négatif.

Type d'erreur : locale

ANNEXE IV - GENERALITES SUR LES POLLUANTS ÉTUDIÉS

NO₂ le dioxyde d'azote

SOURCES

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont émis lors des phénomènes de combustion. Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du NO. Les sources principales sont les véhicules (près de 60%) et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffages...).

Le pot catalytique a permis, depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence. Néanmoins, l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de l'âge moyen des véhicules et de l'augmentation forte du trafic automobile. Des études montrent qu'une fois sur 2 les européens prennent leur voiture pour faire moins de 3 km, une fois sur 4 pour faire moins de 1 km et une fois sur 8 pour faire moins de 500m ; or le pot catalytique n'a une action sur les émissions qu'à partir de 10 km.

PM₁₀, PM_{2,5} les particules

PM = Particulate Matter (matière particulaire)

SOURCES

Les particules peuvent être d'origine naturelle (embruns océaniques, éruption volcaniques, feux de forêt, érosion éolienne des sols, pollens ...) ou anthropique (liées à l'activité humaine). Dans ce cas, elles sont issues majoritairement de la combustion incomplète des combustibles fossiles (circulation automobile, centrale thermique, sidérurgie, cimenteries, incinération de déchets, manutention de produits pondéreux, minerais et matériaux,...).

EFFETS SUR LA SANTE

Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer également des effets cardio-vasculaires. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les effets de salissures des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

EFFETS SUR LA SANTE

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Dès que sa concentration atteint 200 µg/m³, il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les oxydes d'azote participent aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont ils sont l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Une partie d'entre elles, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs comme les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les COV. On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM₁₀), à 2,5 microns (PM_{2.5}) et à 1 micron (PM₁).

notamment le cas de certaines particules émises par les moteurs diesel qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM₁₀ et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardiovasculaires.

Ces particules sont quantifiées en masse mais leur nombre peut varier fortement en fonction de leur taille.

C₆H₆ le benzène

SOURCES

La contamination de l'air extérieur résulte des émissions du secteur résidentiel et tertiaire – chauffage au bois notamment – du trafic routier et de certaines industries telles que la pétrochimie.

Dans les lieux clos, la présence de benzène résulte, quant à elle, à la fois des sources intérieures et du transfert de la pollution atmosphérique extérieure. Les principales sources intérieures identifiées sont les combustions domestiques et le tabagisme mais on ne peut exclure, dans certaines situations, une contribution des produits de construction, de décoration, d'ameublement ainsi que d'entretien ou de bricolage (diluants, solvants,...).

EFFETS SUR LA SANTE

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique dont les propriétés cancérogènes sont connues depuis longtemps. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le benzène cancérogène certain pour l'homme (groupe 1) sur la base d'excès de leucémies observés lors d'expositions professionnelles. Ce composé est également classé cancérogène de catégorie 1 par l'Union européenne et par l'Agence américaine de l'environnement (US-EPA). À ce titre, il est soumis à d'importantes restrictions d'usage.

Procédure d'information et d'alerte

Sur la Haute Garonne, l'arrêté préfectoral du 12 octobre 2012 instaure les modalités de déclenchement des procédures d'information et d'alerte, conformément au dispositif à l'échelle nationale.

Les déclenchements se font sur prévision de dépassement, ou sur constat pour 3 polluants :

- l'ozone (O₃),
- le dioxyde d'azote (NO₂)
- les particules en suspension (PM₁₀).



L'information sur la **qualité de l'air** en **Occitanie**

www.atmo-occitanie.org