

AtmoSud

Inspirer un air meilleur



Projet BOREE

Novembre 2021

RÉSUMÉ :PROJET BOREE

Novembre 2021

La rocade L2 de Marseille, mise en service en octobre 2018, est constituée d'une succession de tranchées couvertes sur une dizaine de kilomètres, en milieu urbain dense. Tout au long de l'axe une attention particulièrement forte est portée sur quelques secteurs proches des têtes de tunnel, pour lesquels des questions sur les « sur-concentrations » observées sont soulevées.

Afin de disposer de plus amples informations sur l'exposition des populations les plus proches de ces zones spécifiques que représentent les têtes de tunnel, AtmoSud, en collaboration avec la Société de la Rocade L2 (SRL2) le Centre d'Etudes des Tunnels (CETU) et la Direction Interdépartementale des Routes MEDiterranée (DIRMED) ont mis en place, dans le cadre d'une convention avec la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur, **le projet d'expérimentation BOREE**, qui a pour objectif d'observer **l'impact de la ventilation dans les tunnels sur les niveaux de pollution aux têtes de tunnel, et par conséquent l'exposition des populations les plus impactées.**

Le projet d'expérimentation BOREE s'est déroulé en plusieurs phases, dont un premier **travail préalable** à la campagne de mesures (définition du plan d'échantillonnage, choix du matériel, ...), puis la réalisation de **mesures exploratoires sans ventilation** permettant de définir un protocole de ventilation, suivi de **mesures avec des tests de ventilation** ont été conduites. La dernière phase consistait à automatiser la ventilation en lien avec les niveaux mesurés par les capteurs ; elle n'a pu être mis en place en raison du confinement généralisé à partir de mars 2020 et les contraintes techniques qui en ont découlées interrompant les tests.

► Un emplacement et du matériel qui remplissent une grande quantité de critères techniques

Le choix de l'emplacement s'est porté sur la **tête de tunnel Sud de la tranchée couverte de Montolivet**, sur la base de plusieurs critères techniques (localisation en sortie d'une grande tranchée couverte de la rocade L2, présence de populations à proximité immédiate de cette tête de tunnel, présence d'une station de mesures mobile d'AtmoSud (L2_Kaddouz), présence de nombreux ventilateurs dans les deux tranchées couvertes et données de circulation disponibles.

Pour le matériel, la nécessité de disposer d'une fréquence de mesure importante est indispensable afin de pouvoir observer une éventuelle évolution temporelle des concentrations en polluant dans l'air ambiant selon des modifications ponctuelles telles qu'une ventilation dans les tunnels routiers. C'est pourquoi le choix du matériel pour ce projet s'est porté sur des **microcapteurs**, équipés d'une cellule de mesure **NO/NO₂** uniquement, qui ont permis de disposer de ce type d'information.

Pour pouvoir interpréter au mieux les résultats de la future ventilation, **8 microcapteurs** ont été déployés autour de la tranchée ouverte (selon certaines contraintes techniques), dont 1 au niveau de la voie de circulation.

Rédaction : Romain BOISSAT romain.boissat@atmosud.org	Revue : Edwige REVELAT edwige.revelat@atmosud.org	Approbation : Edwige REVELAT edwige.revelat@atmosud.org
Contact : Patricia LOZANO Patricia.lozano@atmosud.org	Date de parution : 11/2021	Références : Projet BOREE V1

► Des informations indispensables pour dimensionner le protocole de ventilation

Les mesures exploratoires ont été traitées de **mai à octobre 2019**, et ont permis de faire apparaître qu'il apparaît une corrélation **plutôt nette** entre **nombre de véhicules en circulation et concentration au niveau du point situé sur la voie** (point 2), qui réagit quasiment instantanément à l'évolution en nombre du trafic routier, et ce jusqu'à environ 9 heures (T.U.). Au cours de la journée, cette corrélation **semble moins évidente**, malgré le fait que les dynamiques des deux courbes (trafic et concentration au point de mesure n°2) soient proches. Une surestimation de ce microcapteur liée aux forts niveaux d'exposition en cours de matinée (saturation) n'est pas à exclure, tout comme un apport extérieur à la voie de circulation.

De plus, la présence de vent fort impacte directement et instantanément les concentrations en dioxyde d'azote mesurés par la station mobile ou les microcapteurs. Il a donc été nécessaire de s'affranchir au maximum de ce paramètre dans l'établissement du protocole de ventilation pour pouvoir interpréter une éventuelle décroissance des concentrations en lien avec le test. Ce paramètre est par ailleurs **prépondérant** sur celui relatif aux conditions de circulation.

► Des résultats encourageants mais non constants

Lors de la première phase de tests (novembre 2019), l'influence de la ventilation sur les concentrations mesurées par les différents appareils est très faible voire quasi nulle. Seulement 2 tests font apparaître une légère diminution ponctuelle des concentrations sur la voie sur une période très courte. Ainsi, sur cette première semaine de tests, il **n'apparaît pas d'impact reproductible de la ventilation forcée dans les tunnels sur les concentrations mesurées par les différents appareils positionnés tout autour de la zone d'étude, malgré le respect des conditions de tests spécifiques.**

En revanche, lors des tests menés début 2020, il est généralement observé une **diminution notable des concentrations lors des deux phases de ventilation sur la voie** qui apparaît comme décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation, et qui sont sur les périodes de tests réalisés de l'ordre de - 20 à - 30% de la concentration avant ventilation. En revanche, au niveau des riverains, cette diminution est nettement moins visible.

► A venir

Une analyse complémentaire des données existantes pourrait être menée pour permettre d'approfondir les résultats des tests de ventilation réalisés (Analyse des profils horaires obtenus, approfondissement du traitement des données du microcapteur sur la voie vis-à-vis des conditions de circulation et des concentrations en champ proche, détermination d'indicateurs spécifiques, réalisation d'une modélisation...), tout comme la prévision éventuelle de nouvelles mesures complémentaires, la station de mesures « Kaddouz » étant de nouveau installée au niveau de la tranchée ouverte.

Rédaction : Romain BOISSAT romain.boissat@atmosud.org	Revue : Edwige REVELAT edwige.revelat@atmosud.org	Approbation : Edwige REVELAT edwige.revelat@atmosud.org
Contact : Patricia LOZANO Patricia.lozano@atmosud.org	Date de parution : 11/2021	Références : Projet BOREE V1

REMERCIEMENTS

Mairie des 11^{ème} et 12^{ème} arrondissement de Marseille

PARTENAIRES

Société de la Rocade L2 (SRL2)

Direction Interdépartementale des Routes MEDiterranée (DIRMED)

Centre d'Etudes des TUnnels (CETU)

SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude.....	7
2. Phases du projet d'expérimentation BOREE.....	8
3. Phases 1 et 2 : travail préalable à la campagne de mesures	9
3.1 Sélection de l'emplacement du projet d'expérimentation	9
3.2 Sélection du matériel.....	10
3.3 Sélection des emplacements de mesures	10
4. Phase 3 : mesures exploratoires sans ventilation et établissement des protocoles de ventilation ..	12
4.1 Observations sur les mesures exploratoires	12
4.2 Établissement du protocole des tests de ventilation	22
5. Phase 4 : mesures avec ventilation forcée (application des protocoles)	24
5.1 Matériel mis en place lors de ces tests de ventilation forcée	24
5.2 Tests réalisés	24
5.2.1 Semaine 45 – Année 2019.....	25
5.2.2 Semaine 2 – Année 2020.....	30
5.2.3 Semaine 3 – Année 2020.....	33
5.2.4 Semaine 5 – Année 2020.....	36
6. Suite à donner.....	39
6.1 Analyse complémentaire des données existantes	39
6.2 Mesures complémentaires.....	39
7. Conclusions	40
GLOSSAIRE.....	43
ANNEXES	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs obtenues sur les 6 mois de mesures exploratoires	12
Tableau 2 : Contraintes pour la réalisation des tests de ventilation et préconisations	22
Tableau 3 : Contraintes pour la réalisation des tests de ventilation et préconisations	22
Tableau 4 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 04/11/2019	25
Tableau 5 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 06/11/2019	27
Tableau 6 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 07/11/2019	28
Tableau 7 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 08/11/2019	29
Tableau 8 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 07/01/2020	30
Tableau 9 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 08/01/2020	31
Tableau 10 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 09/01/2020	32
Tableau 11 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 14/01/2020	33
Tableau 12 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 16/01/2020	34
Tableau 13 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 17/01/2020	35
Tableau 14 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 29/01/2020	36
Tableau 15 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 30/01/2020	37
Tableau 16 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 31/01/2020	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la rocade L2	7
Figure 2 : Localisation de zone d'étude	9
Figure 3 : Microcapteur utilisé (AQMESH)	10
Figure 4 : Localisation des emplacements de mesures	11
Figure 5 : Rose des vents sur la station Kaddouz entre le 01/05/2019 et le 31/10/2019	13
Figure 6 : Occurrence des directions de vents sur la station Kaddouz entre le 01/05/2019 et le 31/10/2019	14
Figure 7 : Évolution de la concentration moyenne en dioxyde d'azote en fonction de la vitesse du vent par point de mesure	14
Figure 8 : Profil horaire des vitesses moyennes de vent au cours de la journée (mai octobre 2020)	15
Figure 9 : Evolution de la concentration en dioxyde d'azote entre le 3 et le 6 mai sur les différents appareils de mesure	15
Figure 10 : Evolution de la concentration moyenne en dioxyde d'azote en fonction de la direction du vent	16
Figure 11 : Évolution de la concentration en dioxyde d'azote le 13 mai sur les différents appareils de mesure	18
Figure 12 : Profil des concentrations sur les appareils de mesure et du nombre de véhicules	19
Figure 13 : Profil des concentrations sur les appareils de mesure et de la vitesse moyenne des véhicules	20
Figure 14 : Évolution des concentrations mesurées entre le 3 et le 6 mai en corrélation avec les données de circulation fournies et la vitesse du vent	21
Figure 15 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 4 novembre 2019	25
Figure 16 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 5 novembre 2019	26
Figure 17 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 6 novembre 2019	27
Figure 18 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 7 novembre 2019	28
Figure 19 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 8 novembre 2019	29
Figure 20 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 7 janvier 2020	30
Figure 21 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 8 janvier 2020	31
Figure 22 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 9 janvier 2020	32
Figure 23 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 14 janvier 2020	33
Figure 24 : Évolution des concentrations mesurées lors 16 janvier 2020	34
Figure 25 : Évolution des concentrations mesurées lors 17 janvier 2020	35
Figure 26 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 29 janvier 2020	36
Figure 27 : Évolution des concentrations mesurées lors du test de ventilation du 30 janvier 2020	37
Figure 28 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 14 janvier 2020	38

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS	48
---	----

2. Phases du projet d'expérimentation BOREE

Le projet d'expérimentation BOREE s'est déroulé en **4 phases principales** :

- Phases 1 et 2 : travail préalable à la campagne de mesures (définition du plan d'échantillonnage, choix du matériel, mise en place des protocoles de récupération des données, obtention des autorisations d'implantation...)
- Phase 3 : mesures exploratoires sans ventilation et établissement des protocoles de ventilation
- Phase 4 : mesures avec ventilation forcée (application des protocoles)

Une phase 5 relative à une automatisation de la ventilation basée sur les niveaux mesurés par les capteurs et les alertes potentielles devait être testé, mais n'a pu être mis en place dans les délais impartis.

Le planning des différentes phases réalisées est proposé ci-dessous :

- Phases 1 et 2 : août 2017 – décembre 2018
- Phase 3 : mars 2019 – octobre 2019
- Phase 4 : novembre 2019 – février 2020

A partir de mars 2020, en lien avec l'épidémie de COVID 19, le confinement généralisé et les contraintes techniques qui en ont découlé, ces tests n'ont pas pu être prolongés.

3. Phases 1 et 2 : travail préalable à la campagne de mesures

3.1 Sélection de l'emplacement du projet d'expérimentation

Le choix de l'emplacement s'est porté sur la **tête de tunnel Sud de la tranchée couverte de Montolivet**, sur la base :

- De la localisation en sortie de la plus grande tranchée couverte de la rocade L2 (Montolivet – Bois Luzy),
- De la présence de populations à proximité immédiate de cette tête de tunnel,
- De la présence d'une station de mesures mobile d'AtmoSud (L2_Kaddouz), permettant de disposer de données de référence en termes de mesures de polluant afin de suivre l'évolution de la réponse des appareils déployés, mais également de données météorologiques représentatives de la zone,
- De la présence de nombreux ventilateurs dans les deux tranchées couvertes,
- De données de circulation disponibles.

Figure 2 : Localisation de zone d'étude



3.2 Sélection du matériel

Une fréquence de mesure importante est indispensable afin de pouvoir observer une éventuelle évolution temporelle des concentrations en polluant dans l'air ambiant selon des modifications ponctuelles telles qu'une ventilation dans les tunnels routiers. C'est pourquoi le choix du matériel pour ce projet s'est porté sur des **microcapteurs** qui ont permis de disposer de ce type d'information. Les microcapteurs choisis sont des **AQMESH (fournis par ADDAIR)**, équipés d'une cellule de mesure **NO/NO₂** uniquement, alimentés par batterie ou sur secteur selon les emplacements. Ce matériel a l'avantage de pouvoir être facilement installé, de disposer d'une autonomie relativement importante lorsqu'il fonctionne sur batterie et de fournir des résultats exploitables au vu de la problématique du projet. Une première phase de réception du matériel a été menée avant son déploiement pour le projet.

Figure 3 : Microcapteur utilisé (AQMESH)



Source : <http://www.addair.fr/product/analyseur-multi-gaz-poussieres-aqmesh/>

3.3 Sélection des emplacements de mesures

La localisation des emplacements des microcapteurs est également un critère primordial pour une bonne analyse des futurs tests de ventilation et une réponse adaptée à la problématique. Dans cette optique, **8 microcapteurs** ont été déployés sur la zone d'étude, dont :

- 1 au niveau de la station mobile « L2_Kaddouz », située au plus près de la tête de tunnel, et permettant d'observer la réponse du microcapteur vis-à-vis de l'analyseur de référence (point 1),
- 1 dans la tranchée ouverte, au niveau de la voie de circulation, afin de pouvoir observer les éventuelles différences (niveaux, dynamiques...) entre les mesures obtenues sur la voie et celles au niveau des populations (point 2),
- 3 en bordure immédiate « Ouest » de la tranchée ouverte, au niveau des populations les plus proches (points 3, 4 et 6),
- 1 au niveau des populations situées au Sud-Est de la tranchée, à une distance plus éloignée de la voie, permettant d'observer une éventuelle décroissance de la concentration selon la distance à la source (point 7),
- 1 au niveau des populations situées au Nord de la tranchée (point 8) et caractéristique du fond urbain local,
- 1 au niveau de l'axe routier important que représente l'avenue de Saint Julien afin d'obtenir des informations sur l'impact potentiel de la circulation routière « hors rocade L2 » (point 5).

Figure 4 : Localisation des emplacements de mesures



La partie Nord-Est à est de la voie n'est pas surveillée, pour des raisons d'accès (zone privée de la SEM) et d'absence de population résidente présente à proximité.

Les dates de pose du matériel sont les suivantes :

- Les points « hors voie » (1, 3, 4, 5, 6, 7 et 8) ont été positionnés mi-février 2019,
- Le point sur la voie (2) a été positionné fin avril 2019.

L'alimentation électrique de ces appareils a été sélectionnée en fonction des contraintes et des possibilités techniques que donnaient les emplacements sélectionnés :

- Alimentation électrique en continu pour les points 1 et 2,
- Alimentation par batterie pour les points 3 à 8. Un remplacement régulier des batteries était prévu pour permettre un fonctionnement en continu des appareils. Cependant, quelques dysfonctionnements ont pu apparaître tout au long de la période de mesures, pouvant expliquer une absence de données ponctuelles.

4. Phase 3 : mesures exploratoires sans ventilation et établissement des protocoles de ventilation

4.1 Observations sur les mesures exploratoires

Les mesures exploratoires ont été traitées de **mai à octobre 2019**, correspondant à la période où nous disposions de toutes les informations permettant d'établir un protocole de ventilation (et notamment la présence du microcapteur sur la voie et des données de circulation). Cela représente 6 mois de données en continu, exprimées au pas de temps quart-horaire afin de permettre une comparaison avec l'analyseur de référence.

► Sélection du polluant retenu dans l'évaluation des tests

La corrélation obtenue pour les concentrations mesurées par l'appareil de référence et le microcapteur au niveau de la station (point 1) nous a conduit à retenir, dans un premier temps, uniquement le dioxyde d'azote (NO₂) comme polluant dans le cadre de cette première phase d'évaluation

► Traitement des résultats et valeurs générales

Le positionnement d'un microcapteur (point 1) au niveau de la station de référence de Kaddouz permet de pouvoir réestimer les concentrations fournies par les autres points de mesures en fonction de l'écart général observé en ce point entre les deux méthodes de mesures. Ainsi, pour chacun des 6 mois de mesures exploratoires, une équation de corrélation a été définie en fonction des couples de valeurs obtenus au niveau de la référence, et a été appliquée à chacun des autres points de mesures.

A l'aide de cette méthode de réestimation des concentrations, les valeurs moyennes et maximales obtenues sont présentées ci-dessous :

Tableau 1 : Valeurs obtenues sur les 6 mois de mesures exploratoires

Point	Valeur moyenne (µg/m ³)	Valeur maximale horaire (µg/m ³)	Valeur maximale quart-horaire (µg/m ³)
Station Kaddouz	39	144	168
Point 1	40	144	159
Point 2	203	979	1123
Point 3	46	197	218
Point 4	39	189	205
Point 5	27	144	173
Point 6	36	161	179
Point 7	41	157	245
Point 8	39	139	164

Il apparaît ainsi que les valeurs sont globalement cohérentes sur l'ensemble des points situés autour de la tranchée ouverte sur la période concernée, aussi bien en niveau moyen (aux alentours de 40 µg/m³, à ± 5 µg/m³) que maximum horaire (inférieur à 200 µg/m³).

Cependant :

- Le point situé sur la voie (point 2) présente des concentrations bien plus élevées qu'autour de la voie : 200 µg/m³ en moyenne et près de 1000 µg/m³ en maximum horaire, soit environ 5 fois plus qu'au niveau des points de mesures à proximité immédiate.
- Le point 5 situé au sud présente quant à lui des concentrations moyennes et maximales horaires plus faibles qu'autour de la tranchée ouverte.

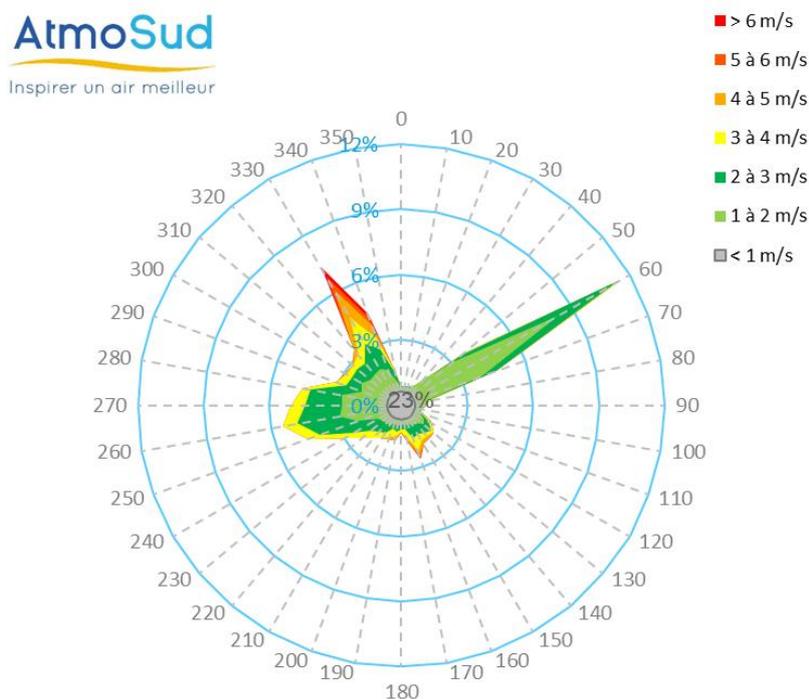
A titre informatif, la concentration moyenne en dioxyde d'azote sur l'année 2019 est de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et le maximum horaire de $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit des valeurs proches de celles obtenues sur les 6 mois de mesures exploratoires (respectivement 39 et $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

► Influence de la vitesse du vent sur les concentrations

Sur cette période d'interprétation, les conditions météorologiques enregistrées au niveau de la station mobile AtmoSud « L2_Kaddouz » présentent :

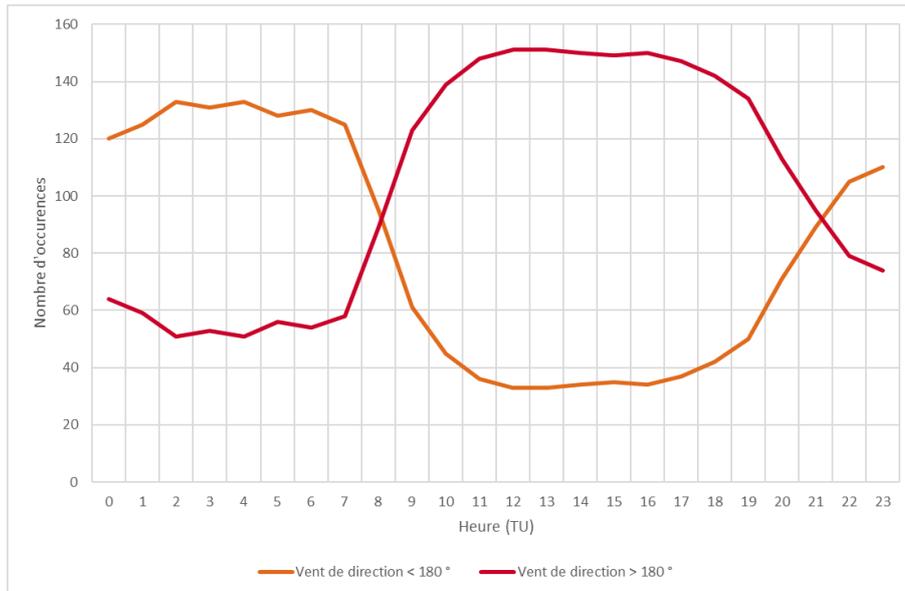
- Plus de 20% de vents très faibles (inférieurs à 1 m/s),
- Plus de 60 % de vents faibles (compris entre 1 et 3 m/s) provenant principalement du nord-est et d'un large secteur ouest,
- Environ 15% de vents modérés à forts (supérieurs à 3 m/s) qui proviennent majoritairement du nord/nord-ouest (mistral).

Figure 5 : Rose des vents sur la station Kaddouz entre le 01/05/2019 et le 31/10/2019



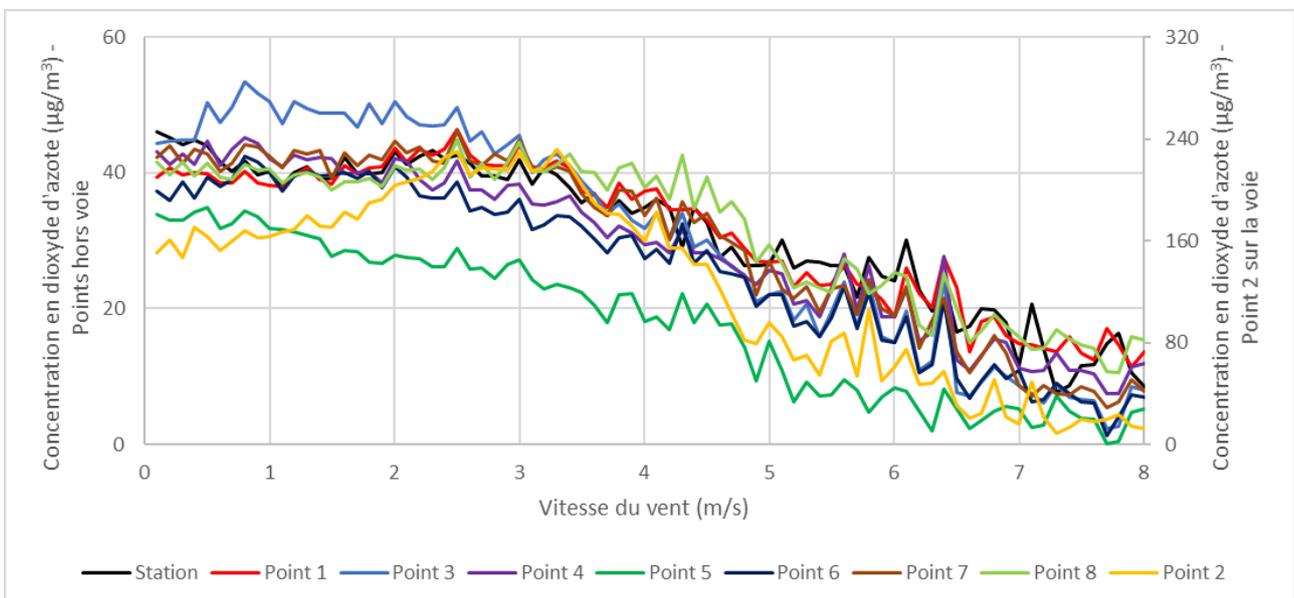
De plus, comme le montre le graphique ci-dessous, les vents « d'Est » (compris entre 0 et 180°) sont généralement présents **la nuit et le matin** alors que les vents « d'Ouest » (compris entre 180° et 360°) le sont **en cours de journée**. Ce changement de direction a généralement lieu aux alentours de 7 à 8 heures TU

Figure 6 : Occurrence des directions de vents sur la station Kaddouz entre le 01/05/2019 et le 31/10/2019



La présence de vent fort impacte directement et instantanément les concentrations en dioxyde d’azote mesurés par la station mobile ou les microcapteurs. En effet, comme le montre le graphique ci-dessous, qui représente la concentration moyenne par point de mesure en fonction de la vitesse du vent sur les 6 mois de mesures, les concentrations observées sur tous les points présentent une baisse de la concentration en lien avec l’augmentation de la vitesse du vent.

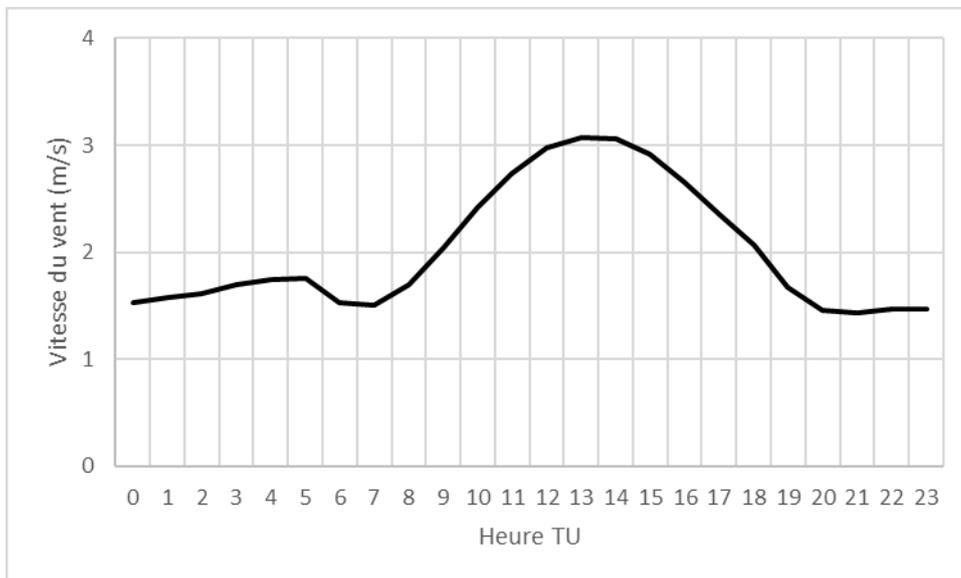
Figure 7 : Évolution de la concentration moyenne en dioxyde d’azote en fonction de la vitesse du vent par point de mesure



Cette évolution n'est pas liée à un autre paramètre spécifique que la vitesse du vent (notamment la diminution de la circulation) car :

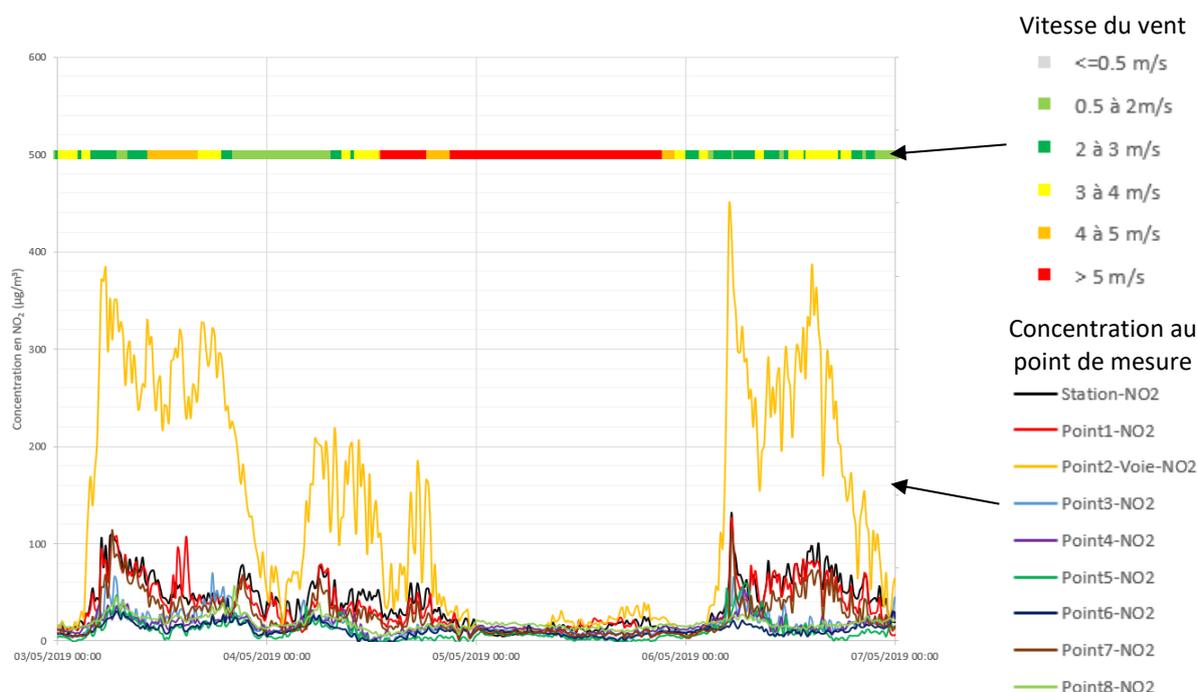
- Globalement, le profil horaire des vitesses de vent sur la station de mesures observé sur cette période présente des vents plus forts en **cours de journée**, soit sur une période où la circulation automobile est importante,

Figure 8 : Profil horaire des vitesses moyennes de vent au cours de la journée (mai octobre 2020)



- L'observation de l'apparition ponctuelle de vents forts fait **instantanément** diminuer les concentrations. **A titre d'exemple**, le graphique ci-dessous présente l'évolution des concentrations mesurées par les différents appareils entre le 3 et le 6 mai, où un épisode de fort mistral a eu lieu le 5 mai tout au long de la journée,

Figure 9 : Evolution de la concentration en dioxyde d'azote entre le 3 et le 6 mai sur les différents appareils de mesure



Si l'influence du vent sur les concentrations est très visible sur ce jour en particulier, il l'est également pour tous les autres jours où des vents forts ont été observés.

Il est donc primordial de s'assurer, lors de la réalisation des tests de ventilation, de ne pas avoir de vent fort afin de pouvoir potentiellement relier l'éventuelle diminution de la concentration à la ventilation et non pas au vent présent sur la zone.

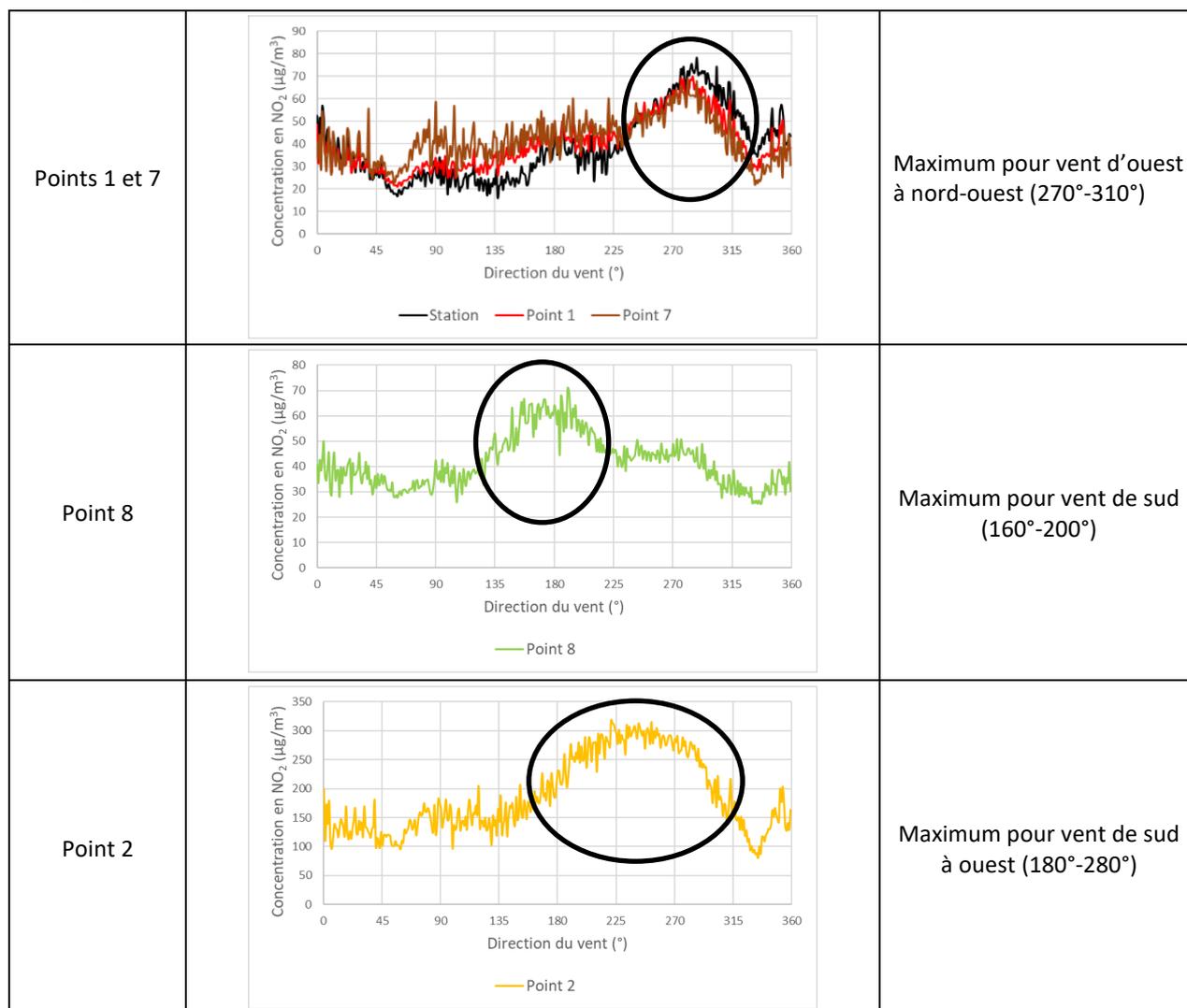
► Influence de la direction du vent sur les concentrations

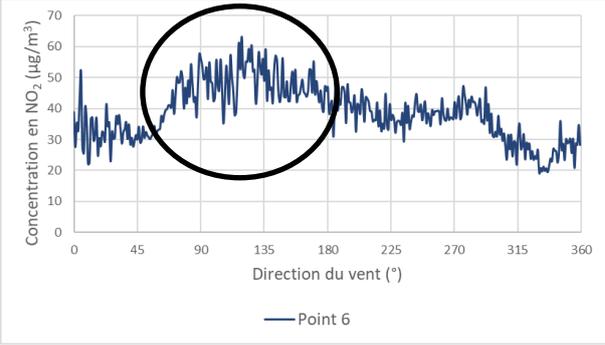
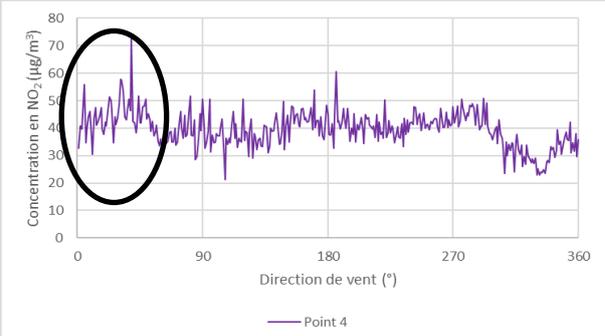
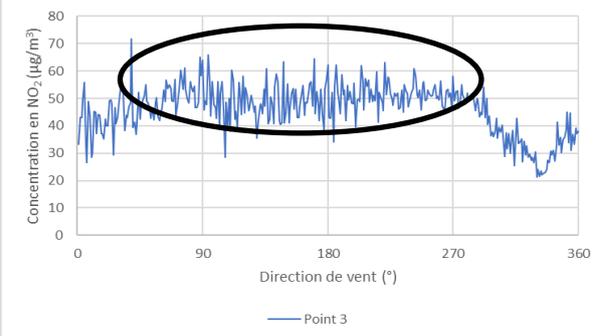
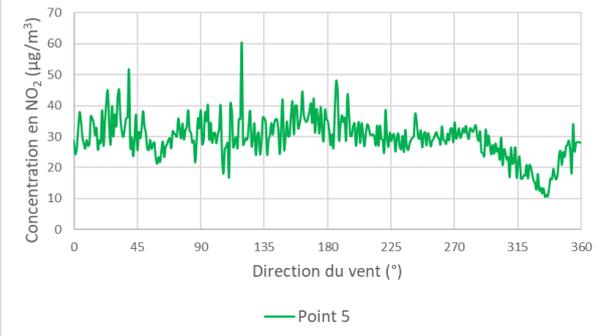
Comme indiqué précédemment, les microcapteurs sont positionnés tout autour de la voie et permettent d'observer les évolutions des concentrations en fonction des conditions météorologiques présentes. Il est ainsi possible d'établir une concentration moyenne en fonction de la direction du vent pour chaque point qui permet d'observer :

- L'influence des vents de Nord-Ouest pour les points 1 et 7,
- L'influence des vents de sud pour le point 8,
- L'influence des vents d'est à sud pour le point 6,
- Une absence de direction préférentielle sur les points 3 et 4.

De plus, malgré sa position « encaissée » sur la voie, le point 2 présente des maximums observés pour des vents d'un large secteur sud à nord-ouest (180° – 300°)

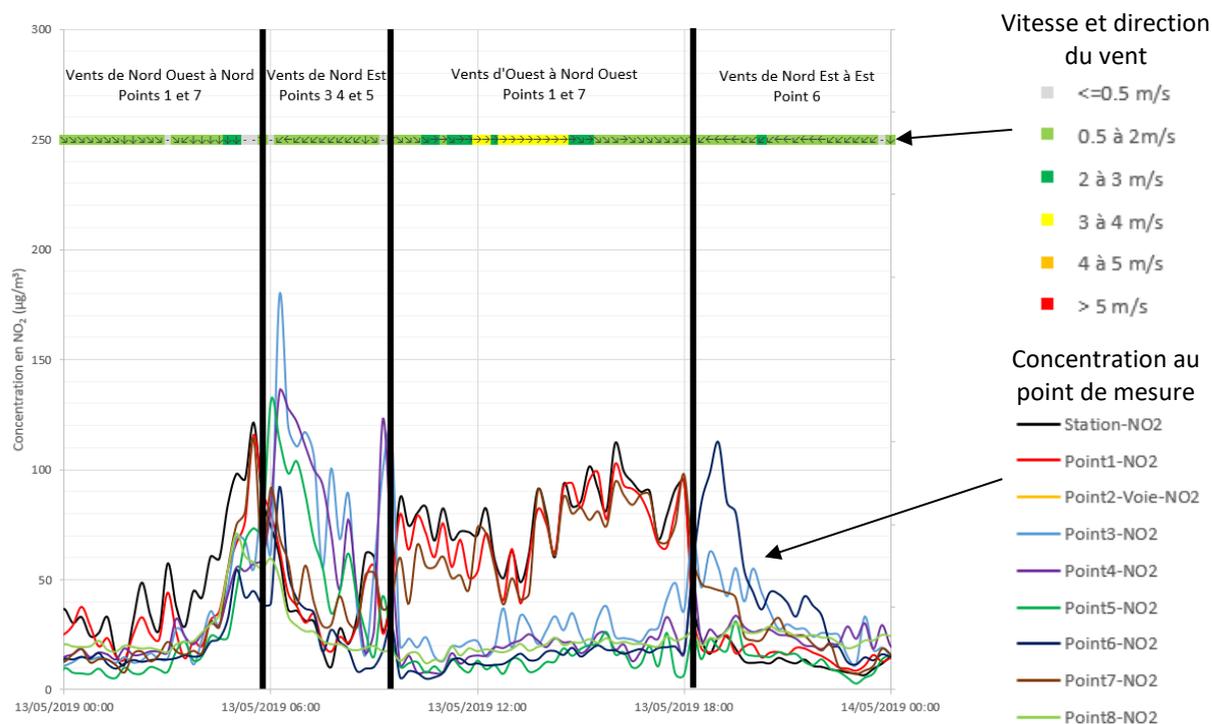
Figure 10 : Evolution de la concentration moyenne en dioxyde d'azote en fonction de la direction du vent



<p>Point 6</p>	 <p>Concentration en NO₂ (µg/m³)</p> <p>Direction du vent (°)</p> <p>— Point 6</p>	<p>Maximum pour vent d'est à sud (90° à 180°)</p>
<p>Point 4</p>	 <p>Concentration en NO₂ (µg/m³)</p> <p>Direction de vent (°)</p> <p>— Point 4</p>	<p>Légère valeur plus importante pour vent de nord-est (0° à 60°)</p>
<p>Point 3</p>	 <p>Concentration en NO₂ (µg/m³)</p> <p>Direction de vent (°)</p> <p>— Point 3</p>	<p>Maximums peu visibles Large secteur est à ouest (90° à 270°)</p>
<p>Point 5</p>	 <p>Concentration en NO₂ (µg/m³)</p> <p>Direction du vent (°)</p> <p>— Point 5</p>	<p>Maximums peu visibles.</p>

De plus, le matériel et le pas de temps d'intégration de la mesure permet de pouvoir observer les principaux changements de direction de vent et d'observer le signal suivi (impact de la voie sur la qualité de l'air) en continu.

Figure 11 : Évolution de la concentration en dioxyde d'azote le 13 mai sur les différents appareils de mesure



Cependant, pour des raisons d'accès, nous ne disposons pas de matériel au Nord-Est de la tranchée ouverte (zone privée de la SEM).

Aussi, il est important de s'assurer, lors de la réalisation des tests de ventilation, de ne pas avoir de vent de secteur Sud-Ouest, ne disposant pas de capteur au Nord-Est permettant d'observer un impact de la voie de circulation sur la qualité de l'air ambiant.

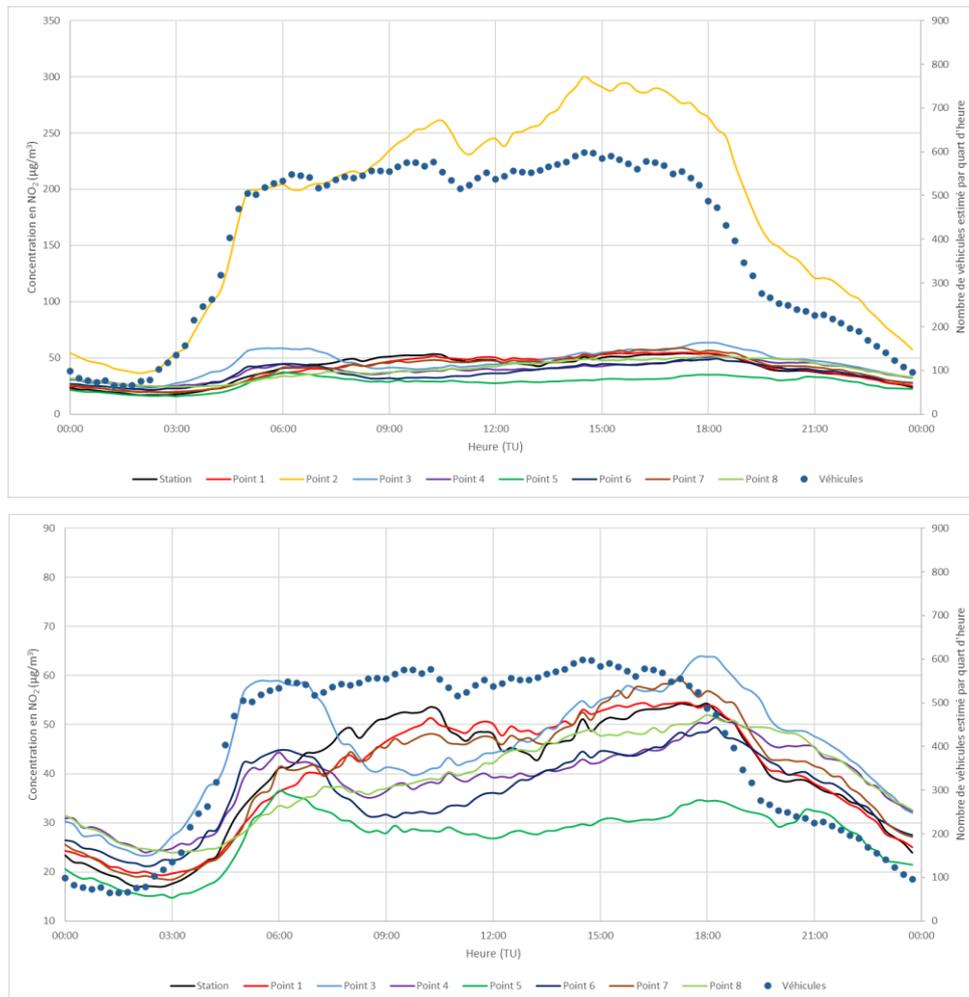
► Influence de la circulation sur les concentrations

La DIRMED a fourni des données de circulation au point de comptage le plus représentatif (point d'extraction PME-TMO-STC001) de la zone d'étude, au pas de temps 6 minutes, et concernent notamment les paramètres suivants :

- Sens de circulation : Intérieur (Nord-Sud) et extérieur (Sud-Nord),
- Nombre de véhicules, exprimé en somme par intervalle de 6 minutes,
- Vitesse moyenne, exprimée en km/h par intervalle de 6 minutes.

Il a donc pu être mis en relation, pour chacune des journées de ces 6 premiers mois de phase exploratoire, les niveaux de polluant mesurés sur l'ensemble des points de mesures (station mobile « L2_Kaddouz » et microcapteurs) avec ces données de circulation.

Figure 12 : Profil des concentrations sur les appareils de mesure et du nombre de véhicules

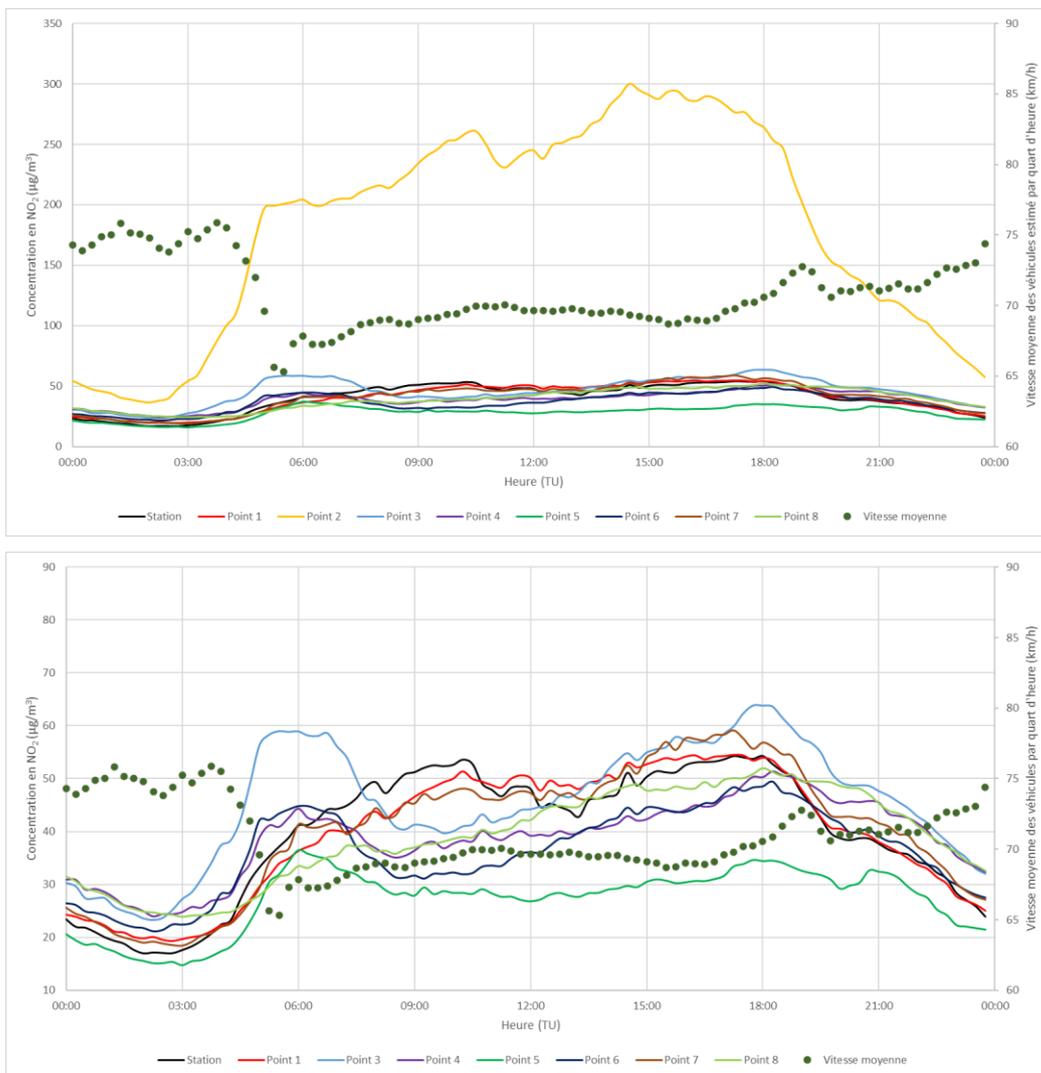


Il apparaît une corrélation **plutôt nette** entre **nombre de véhicules en circulation et concentration au niveau du point situé sur la voie** (point 2), qui réagit quasiment instantanément à l'évolution en nombre du trafic routier, et ce jusqu'à environ 9 heures (T.U.). Au cours de la journée, cette corrélation **semble moins évidente**, malgré le fait que les dynamiques des deux courbes (trafic et concentration au point de mesure n°2) soient proches. Une surestimation de ce microcapteur liée aux forts niveaux d'exposition en cours de matinée (saturation) n'est pas à exclure, tout comme un apport extérieur à la voie de circulation

Au niveau des points situés autour de la tranchée, cette corrélation est également visible en tout début de journée au niveau des points 3, 4 et 6, situés à l'ouest de la voie, et chute notablement aux alentours de 7 à 8 heures TU, **soit l'heure de changement de direction de vent**.

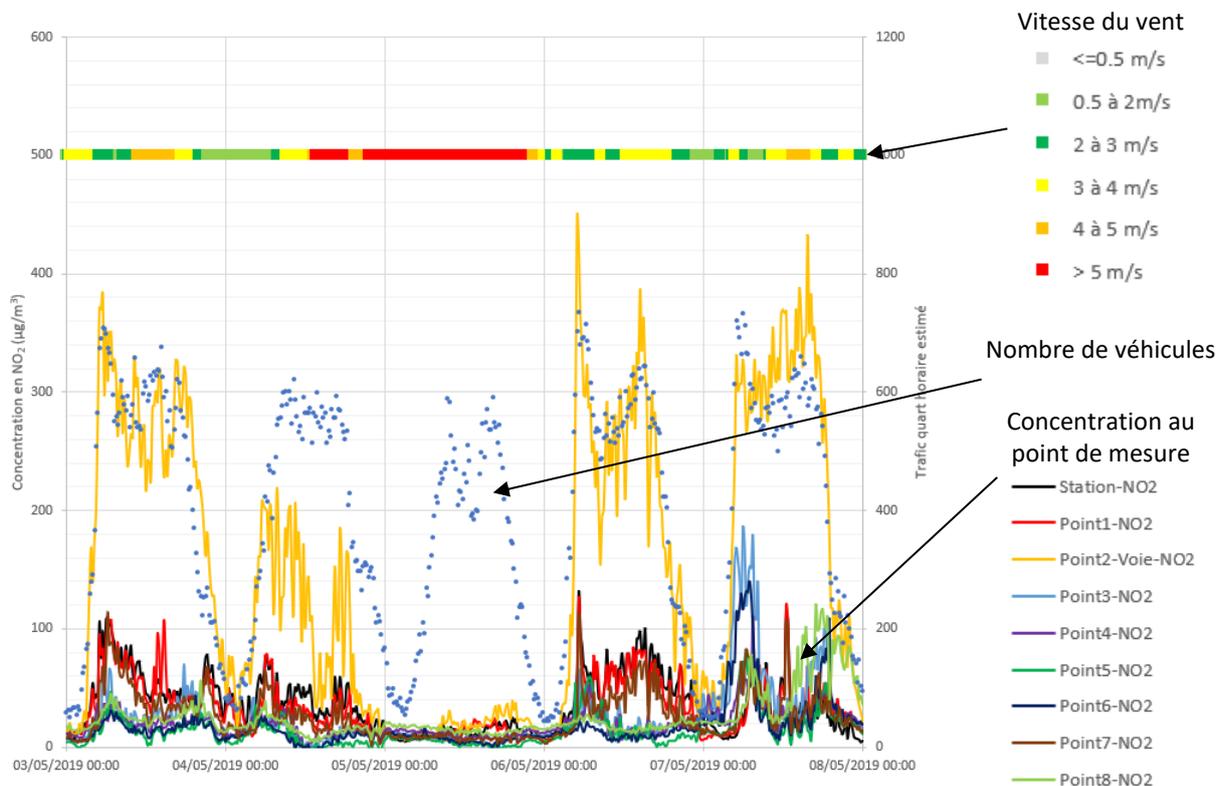
En revanche, de façon générale, la corrélation est **moins évidente** entre **vitesse moyenne sur les voies de circulation et concentration au niveau du point situé sur la voie (point 2)**, mais également sur les points situés autour de la tranchée, comme le montre la figure ci-dessous.

Figure 13 : Profil des concentrations sur les appareils de mesure et de la vitesse moyenne des véhicules



Il est de plus intéressant d'observer que le paramètre météorologique (et notamment la vitesse du vent) **est prépondérant** sur celui du nombre de véhicules en ce qui concerne son influence sur la concentration mesurée. En effet, en reprenant par exemple les journées de fort mistral présentées précédemment (du 3 au 6 mai), et en y faisant apparaître les données de circulation sur ces journées, il apparaît que les conditions de circulation fournies (en nombre de véhicules) étaient comparables sur les 4 jours, permettant ainsi d'affirmer que le mistral présent est très probablement à l'origine de cette baisse drastique des concentrations sur la journée du 5 mai 2020.

Figure 14 : Évolution des concentrations mesurées entre le 3 et le 6 mai en corrélation avec les données de circulation fournies et la vitesse du vent



4.2 Établissement du protocole des tests de ventilation

► Rappel de l'objectif

Observer si des diminutions de concentration peuvent être observées **en lien avec la ventilation dans les tunnels, au niveau des riverains mais également sur la voie**. Dans ce premier test de ventilation, il est surtout envisagé de voir l'influence de cette ventilation sur les concentrations sur ces deux zones.

► Hypothèses/paramètres à exclure

Le tableau ci-dessous permet de rappeler les principales contraintes à respecter afin de disposer de données exploitables, et des préconisations prises lors de ces premiers tests de ventilation.

Tableau 2 : Contraintes pour la réalisation des tests de ventilation et préconisations

Contrainte	Préconisation
Concentration supérieure à la limite de quantification de l'appareil	Réalisation des tests de ventilation en période d'affluence – Hors période nocturne
Absence de vent fort et de précipitations importantes	Observation des prévisions météorologiques la veille de la ventilation Vérification de l'exploitabilité des données
Pas de diminution importante du trafic routier	Prise en compte d'une période sur laquelle le trafic routier attendu est « connu » : période du matin Prise en compte du ratio concentration/trafic quart-horaire estimé dans l'interprétation des résultats
Absence d'autres sources potentielles de pollution	Réalisation des tests au plus tôt le matin afin de s'affranchir des autres sources potentielles présentes au cours de la journée

► Paramètres retenus pour ce premier test de ventilation

Le tableau ci-dessous permet de rappeler les principales hypothèses prises pour la réalisation de ces premiers tests de ventilation.

Tableau 3 : Contraintes pour la réalisation des tests de ventilation et préconisations

Paramètre de test	Préconisation
A quel moment de la journée doit-on ventiler ?	Il est nécessaire de ventiler lorsque les concentrations sont suffisamment importantes pour être mesurées par le microcapteur et la relation concentration/circulation est la plus visible. De plus, il faut essayer de ne pas être perturbé par d'autres sources de pollution potentielles notamment sur les points au niveau des riverains (autres voies de circulation, secteur résidentiel, ...) Aussi, dans un premier temps, la période d'augmentation notable du trafic le matin est privilégiée, permettant ainsi d'observer (ou non) une décroissance de la concentration mesurée au niveau des points de mesures en lien avec la circulation, et de s'affranchir au mieux de la présence d'une activité humaine trop importante
Quels jours de la semaine ventiler ?	Dans cette première phase de tests, il semble surtout pertinent d'observer une décroissance potentielle des concentrations lorsque leur augmentation est la plus notable, et par conséquent sur les jours de semaine. Aussi, dans un premier temps, ces tests seront réalisés du lundi au vendredi.
Quelles journées exclure ?	Comme présenté précédemment, les journées à exclure sont celles où les conditions météorologiques ne sont pas pertinentes (vent fort ou pluie, vent de sud-ouest).
Comment ventiler ?	Cette première phase de ventilation étant expérimentale, il est proposé, dans un premier temps, de ventiler au débit maximal des ventilateurs, sans variation.

Une fiche de ventilation, présentant les principales informations nécessaires, a ainsi été établie par AtmoSud à l'attention de la SRL2 afin de valider les périodes et les modes de ventilation. Ces fiches, établies à J-1, contiennent les informations suivantes pour assurer un bon suivi des tests :

- Prévisions météorologiques à J-1,
- Mode de ventilation souhaité pour chacune des tranchées couvertes : sens de circulation, sens de ventilation, horaires, mode de ventilation, régime de ventilation,
- Données attendues pour l'interprétation des résultats,
- Liste de diffusion.

5. Phase 4 : mesures avec ventilation forcée (application des protocoles)

5.1 Matériel mis en place lors de ces tests de ventilation forcée

En plus du matériel précédemment en place présenté précédemment (station kaddouz et microcapteurs), le CETU a déployé, à l'intérieur des tunnels de Montolivet et de Saint-Barnabé, des appareils de mesure du NO et du NO₂ sur des périodes de ventilation, afin de mettre potentiellement en relation les observations à l'intérieur du tunnel de celles hors tunnel (sur la voie et au niveau des riverains).

5.2 Tests réalisés

Entre novembre 2019 et février 2020, 13 tests de ventilation spécifiques ont pu être réalisés et interprétés :

- 5 en semaine 45 de l'année 2019
- 3 en semaine 2 de l'année 2020
- 2 en semaine 3 de l'année 2020
- 3 en semaine 5 de l'année 2020

A partir de mars 2020, la situation sanitaire liée à l'épidémie de COVID19 (et le confinement associé) n'a pas permis de poursuivre ces tests.

5.2.1 Semaine 45 – Année 2019

► 4 novembre 2019

Sur la journée du 4 novembre 2019, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 04/11/2019

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

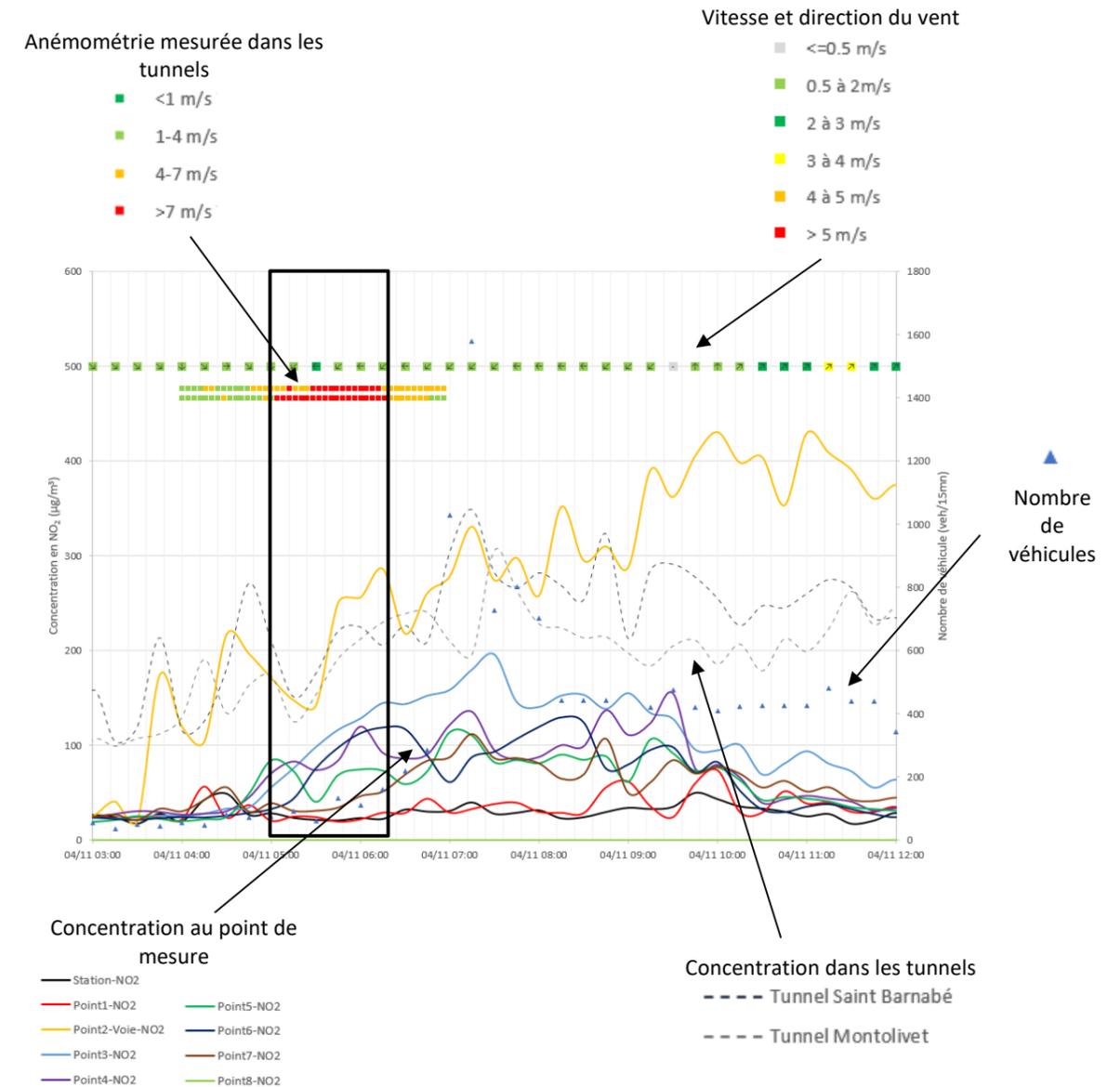
Il n'est pas observé de diminution notable de la concentration sur la totalité de la durée de la ventilation aussi bien :

- Sur les capteurs disposés par le CETU dans les tunnels (courbes en pointillé)
- Sur le microcapteur positionné sur la voie par AtmoSud (courbe jaune)
- Sur les points positionnés au niveau des riverains potentiellement impactés par des vents faibles de Nord-Est, soit aux points 3, 4 et 6.

Cependant, les données de circulation fournies sur cette période montrent des valeurs plus faibles que prévu jusqu' à 7 heures T.U. (moins de 100 véhicules), et une augmentation brutale très importante. L'analyse de la relation entre données de circulation et concentrations est soumise à une forte incertitude sur cette première matinée de test et ne sera pas proposée.

L'impact de la ventilation sur les concentrations ne semble cependant pas visible sur ce test spécifique (malgré les doutes sur la qualité des données de circulation fournies sur cette période), aussi bien sur la voie qu'au niveau des riverains, ou aucune diminution notable n'est observée.

Figure 15 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 4 novembre 2019



► 5 novembre 2019

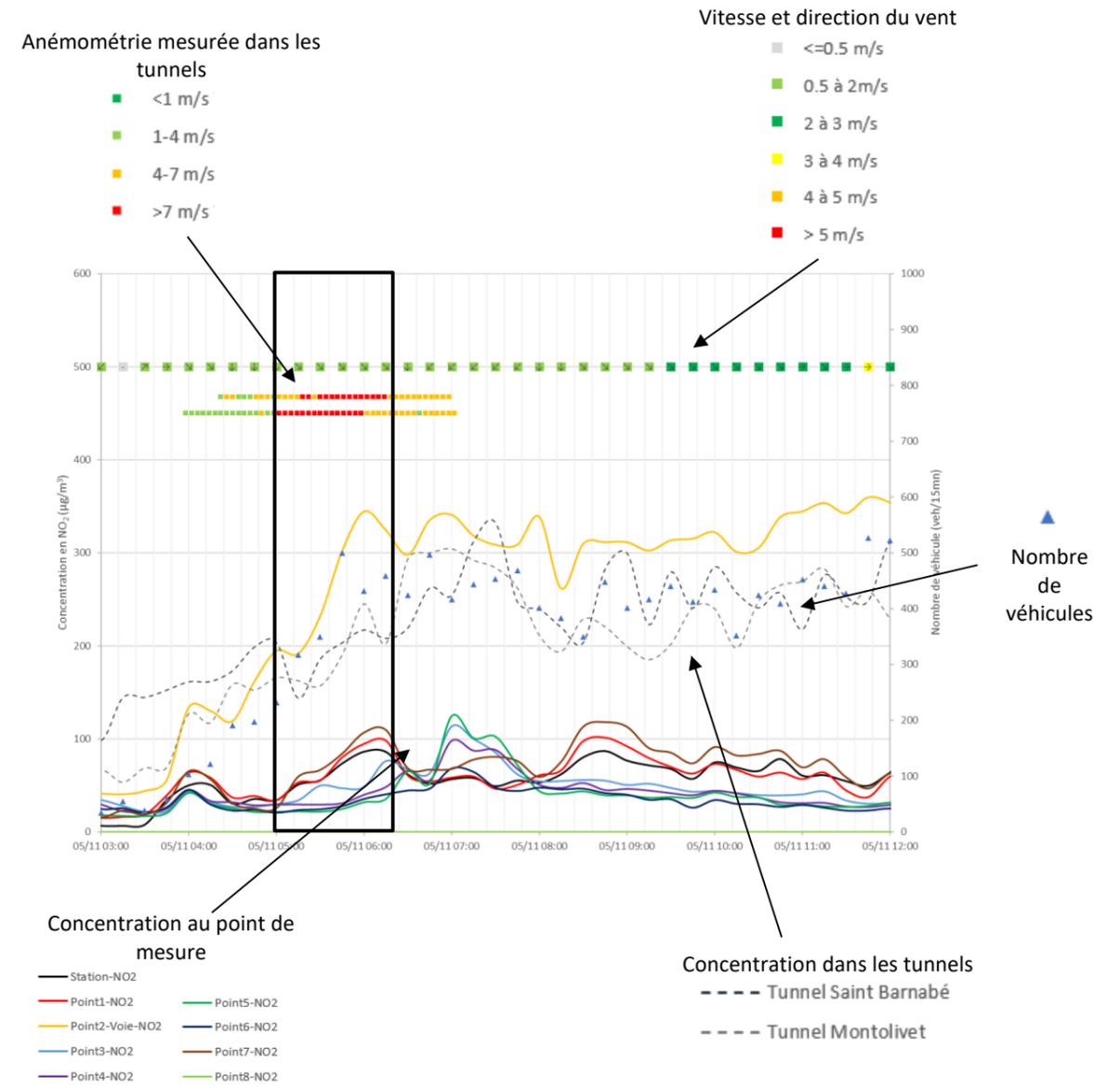
Sur la journée du 5 novembre 2019, même si des tests de ventilation n'ont pas été demandés auprès de la SRL2, des données anémométriques montrant une augmentation de la vitesse a été observée, sans vent présent, soit la réalisation d'un protocole identique à la journée précédente.

Comme précédemment, il n'est pas observé de diminution notable de la concentration sur la totalité de la durée de la ventilation aussi bien :

- Sur les capteurs disposés par le CETU dans les tunnels (courbes en pointillé),
- Sur le microcapteur positionné sur la voie par AtmoSud (courbe jaune),
- Sur les points positionnés au niveau des riverains potentiellement impactés par des vents faibles de Nord-Ouest, soit aux points 1 (station) et 7.

L'impact de la ventilation sur les concentrations n'est ainsi pas nettement visible sur ce test spécifique, aussi bien sur la voie qu'au niveau des riverains.

Figure 16 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 5 novembre 2019



► 6 novembre 2019

Sur la journée du 6 novembre 2019, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 06/11/2019

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

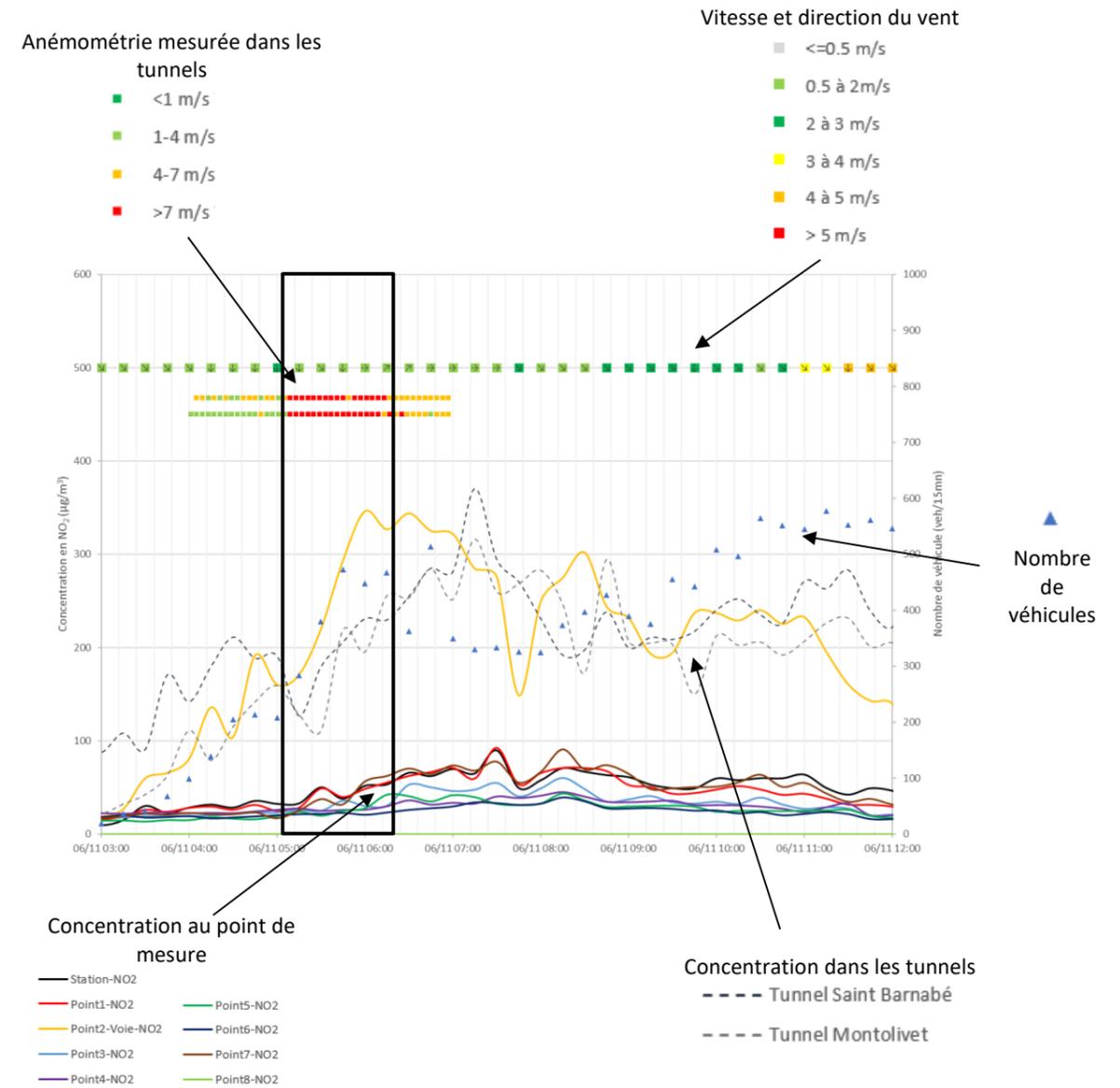
Comme précédemment, il n'est pas observé de diminution notable de la concentration sur la totalité de la durée de la ventilation aussi bien :

- Sur le microcapteur positionné sur la voie par AtmoSud
- Sur les points positionnés au niveau des riverains potentiellement impactés par des vents de Nord à Nord-Ouest, soit aux points 1 (station) et 7.

En revanche, une diminution ponctuelle en début de ventilation est observée sur les capteurs disposés par le CETU dans les tunnels

L'impact de la ventilation sur les concentrations n'est ainsi pas nettement visible sur ce test spécifique, aussi bien sur la voie extérieure qu'au niveau des riverains.

Figure 17 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 6 novembre 2019



► 7 novembre 2019

Sur la journée du 7 novembre 2019, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 07/11/2019

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

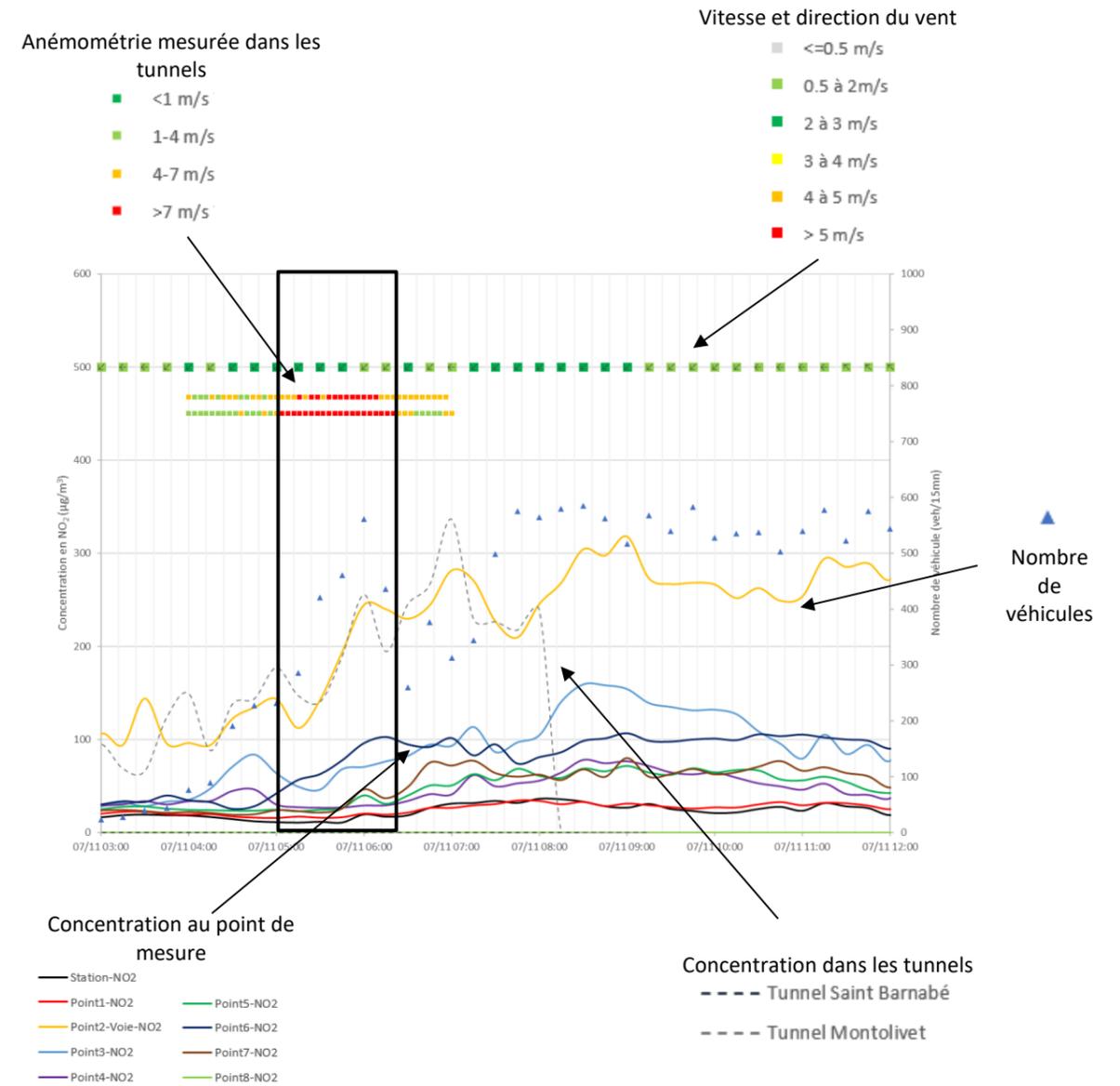
Il est observé une légère diminution ponctuelle :

- En début de ventilation des concentrations sur le microcapteur positionné sur la voie par AtmoSud et ceux disposés par le CETU dans les tunnels,
- Sur les points positionnés au niveau des riverains potentiellement impactés par des vents de Nord-Est en début de ventilation sur les points 3 et 4.

En revanche, aucune diminution n'est observée pour le point 6.

L'impact de la ventilation sur les concentrations apparait légèrement sur cette matinée de tests au niveau de la voie.

Figure 18 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 7 novembre 2019



► 8 novembre 2019

Sur la journée du 8 novembre 2019, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 08/11/2019

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu	06h00 – 07h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

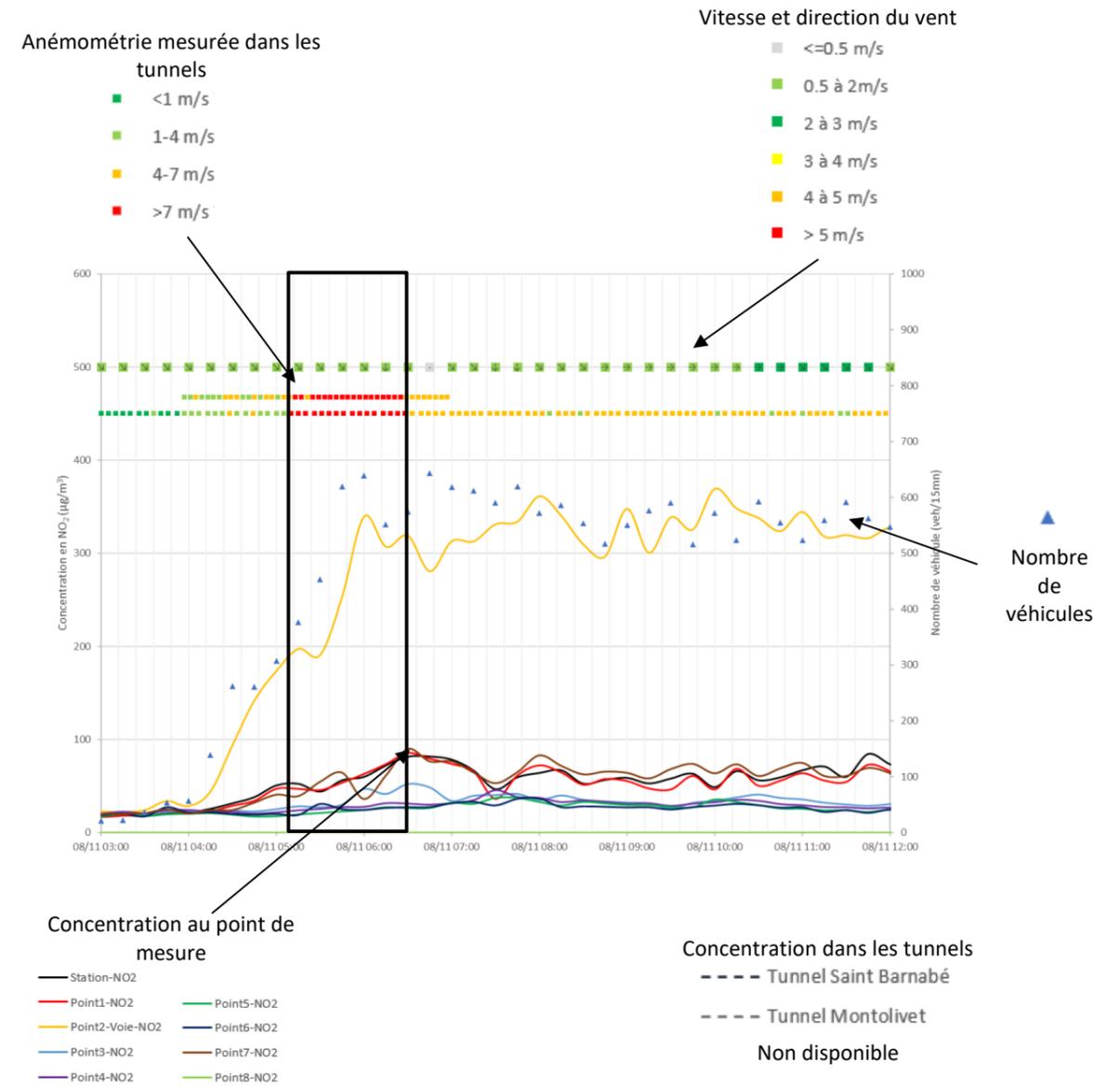
Comme précédemment, il est observé une légère diminution ponctuelle en début de ventilation des concentrations sur le microcapteur positionné sur la voie par AtmoSud.

En revanche, aucune diminution n'est observée pour les points positionnés au niveau des riverains potentiellement impactés par des vents de Nord-Ouest, soit aux points 1 (station) et 7.

L'impact de la ventilation sur les concentrations n'est ainsi pas nettement visible sur ce test spécifique, aussi bien sur la voie extérieure qu'au niveau des riverains.

Ainsi, sur cette première semaine de tests, il n'apparaît pas d'impact reproductible de la ventilation forcée dans les tunnels sur les concentrations mesurées par les différents appareils positionnés tout autour de la zone d'étude, malgré le respect des conditions de tests spécifiques. Seule une séquence de tests des 7 et 8 novembre laissent apparaître une très légère diminution ponctuelle en début de ventilation de la concentration au niveau des voies.

Figure 19 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 8 novembre 2019



5.2.2 Semaine 2 – Année 2020

► 7 janvier 2020

Sur la journée du 7 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

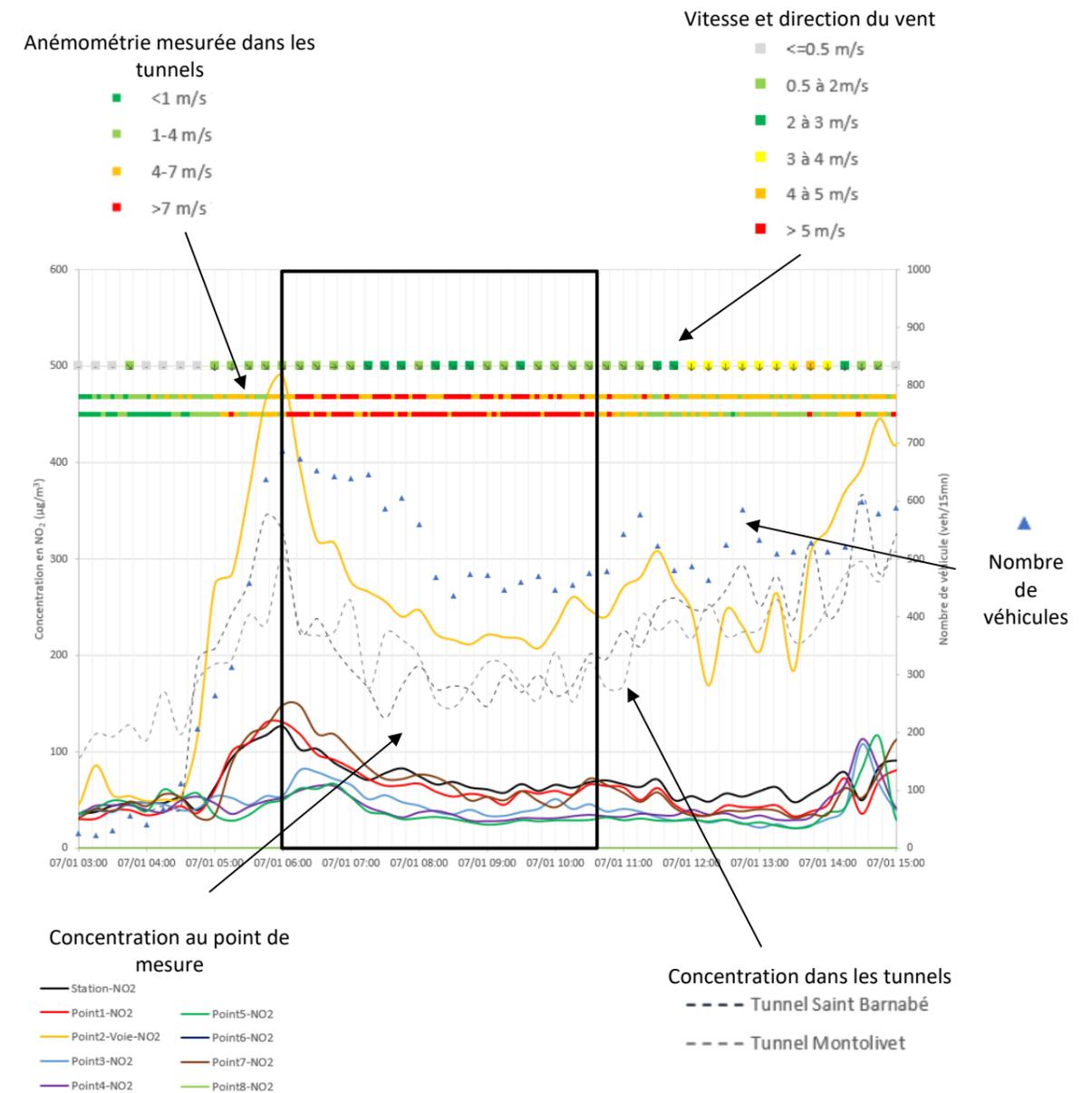
Tableau 8 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 07/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	07h00 – 09h00 (heure locale) en continu	07h00 – 09h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur une plus grande plage que la période demandée.

Il est observé une diminution notable des concentrations au début de la ventilation, notamment sur les points au niveau de la voie (point 2 et appareils CETU dans les tunnels), et dans une moindre mesure au niveau des riverains (points 1 et 7). Cette diminution étant décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation.

Figure 20 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 7 janvier 2020



► 8 janvier 2020

Sur la journée du 8 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

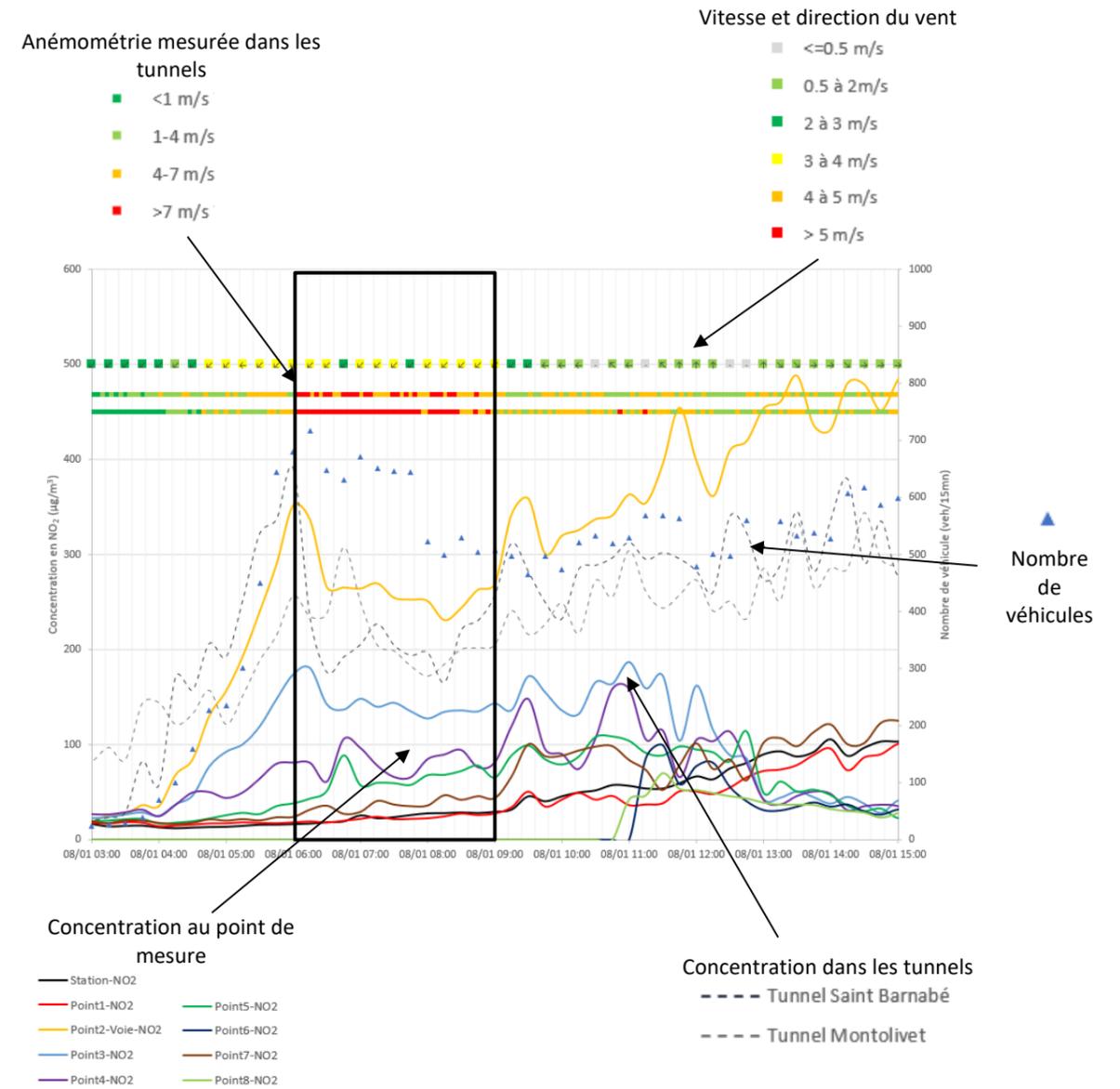
Tableau 9 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 08/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	07h00 – 09h00 (heure locale) en continu	07h00 – 09h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

A nouveau, et malgré des vents plus soutenus que la veille, il est observé une diminution notable des concentrations lors de la ventilation sur la voie (point 2 et appareils CETU dans les tunnels), qui apparait comme décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation. En revanche, au niveau des riverains, cette diminution est moins marquée.

Figure 21 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 8 janvier 2020



► 9 janvier 2020

Sur la journée du 9 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

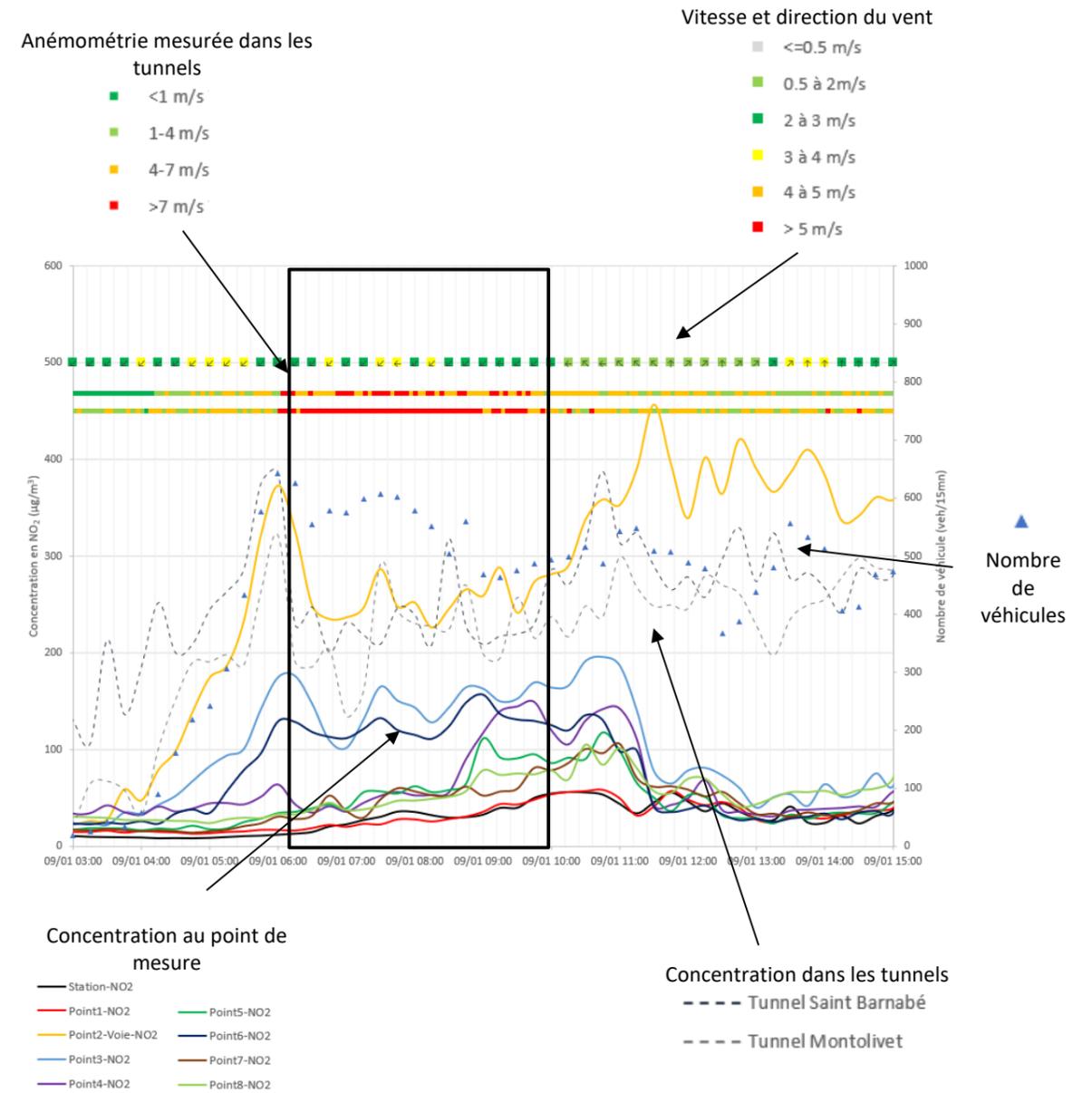
Tableau 10 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 09/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	07h00 – 09h00 (heure locale) en continu	07h00 – 09h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

Comme précédemment, il est observé une diminution notable des concentrations lors de la ventilation sur la voie (point 2 et appareils CETU dans les tunnels), qui apparaît comme décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation. En revanche, au niveau des riverains, cette diminution est moins marquée.

Figure 22 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 9 janvier 2020



5.2.3 Semaine 3 – Année 2020

► 14 janvier 2020

Sur la journée du 14 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

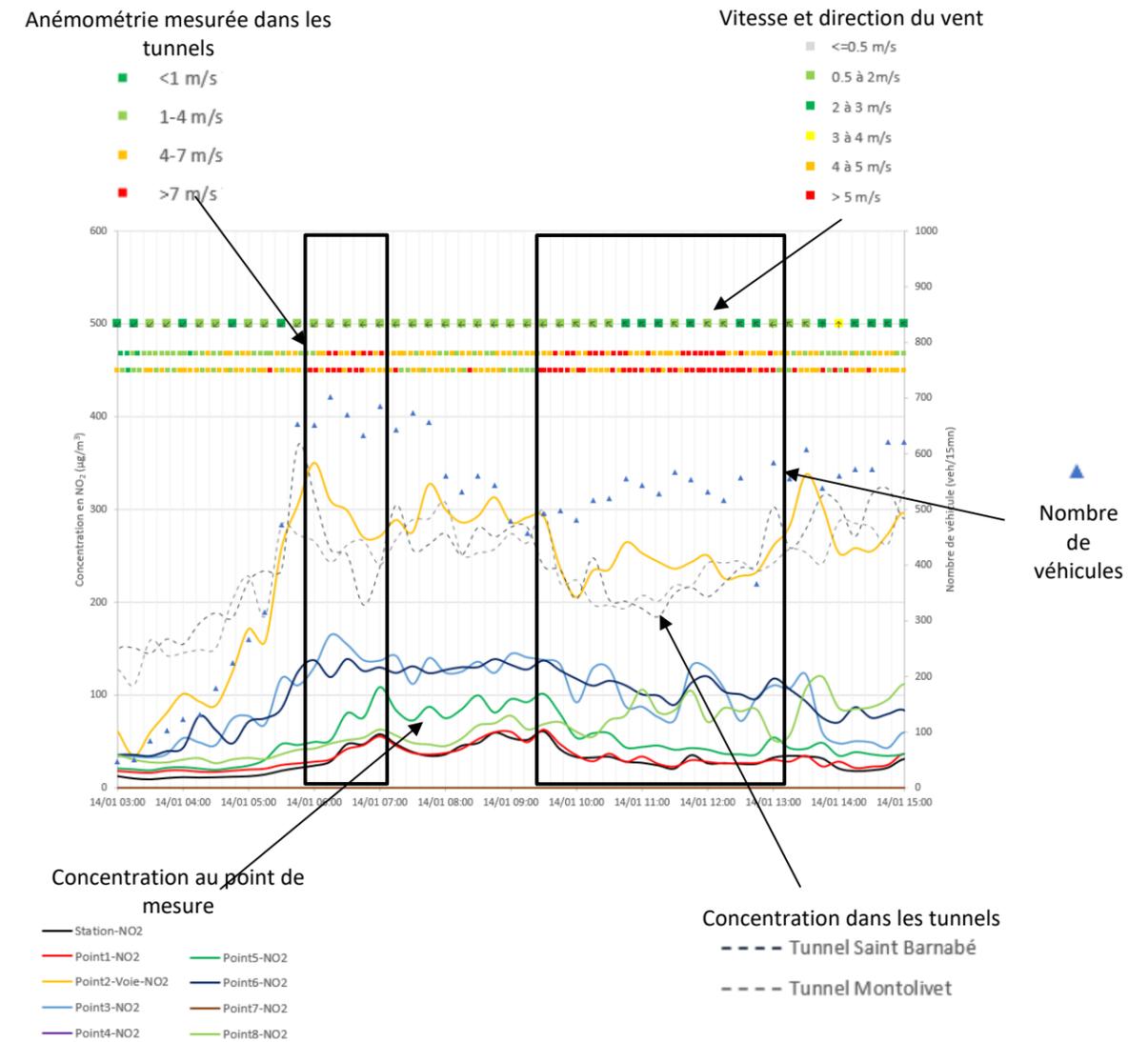
Tableau 11 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 14/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	07h00 – 07h30 (heure locale) en continu 10h00 – 12h00 (heure locale) en continu	07h00 – 07h30 (heure locale) en continu 10h00 – 12h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur plus que la période demandée (jusqu'à 13 heures TU, soit 14 heures localement).

Il est observé une diminution notable des concentrations lors des deux phases de ventilation sur la voie (point 2 et appareils CETU dans les tunnels), qui apparaît comme décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation. En revanche, au niveau des riverains, cette diminution est moins marquée lors de la première phase de 7h à 7h30, mais visible lors de la seconde (10h-12h).

Figure 23 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 14 janvier 2020



► 16 janvier 2020

Sur la journée du 16 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, mais ils n'ont été réalisés qu'en partie (de 7 heures à 7 heures 30) et n'ont pu être relancés sur la deuxième partie.

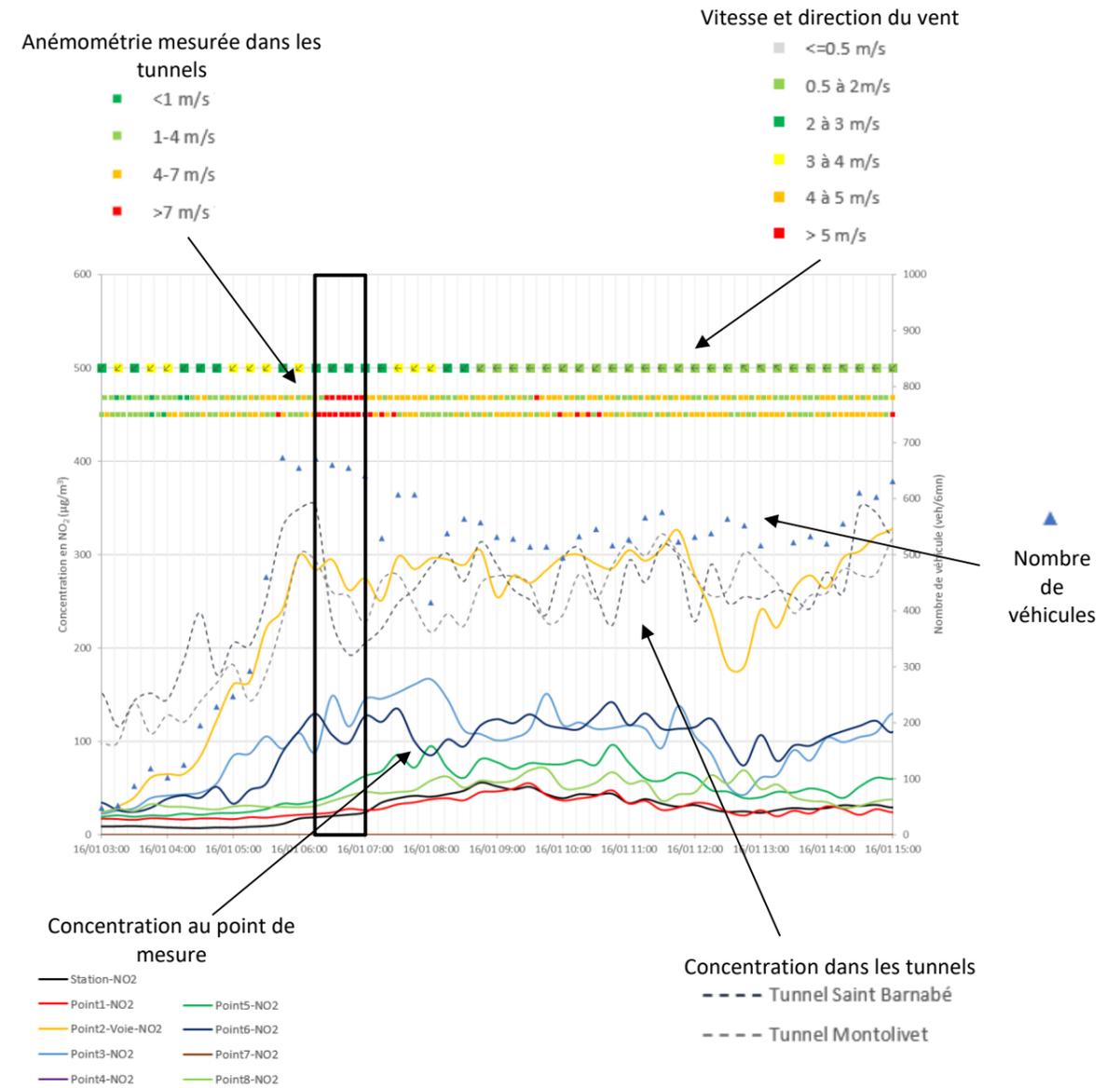
Tableau 12 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 16/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	07h00 – 07h30 (heure locale) en continu 10h00 – 12h00 (heure locale) en continu	07h00 – 07h30 (heure locale) en continu 10h00 – 12h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective entre 6 et 7 heures TU, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

La diminution de la concentration au début de la ventilation est observée sur les appareils à l'intérieur du tunnel, mais pas sur les microcapteurs situés sur la voie ou au niveau des riverains.

Figure 24 : Évolution des concentrations mesurées lors 16 janvier 2020



► 17 janvier 2020

Sur la journée du 17 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, mais ils n'ont à nouveau été réalisés qu'en partie (de 7 heures à 7 heures 30) et n'ont pu être relancés sur la deuxième partie.

Tableau 13 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 17/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	07h00 – 07h30 (heure locale) en continu 10h00 – 12h00 (heure locale) en continu	07h00 – 07h30 (heure locale) en continu 10h00 – 12h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

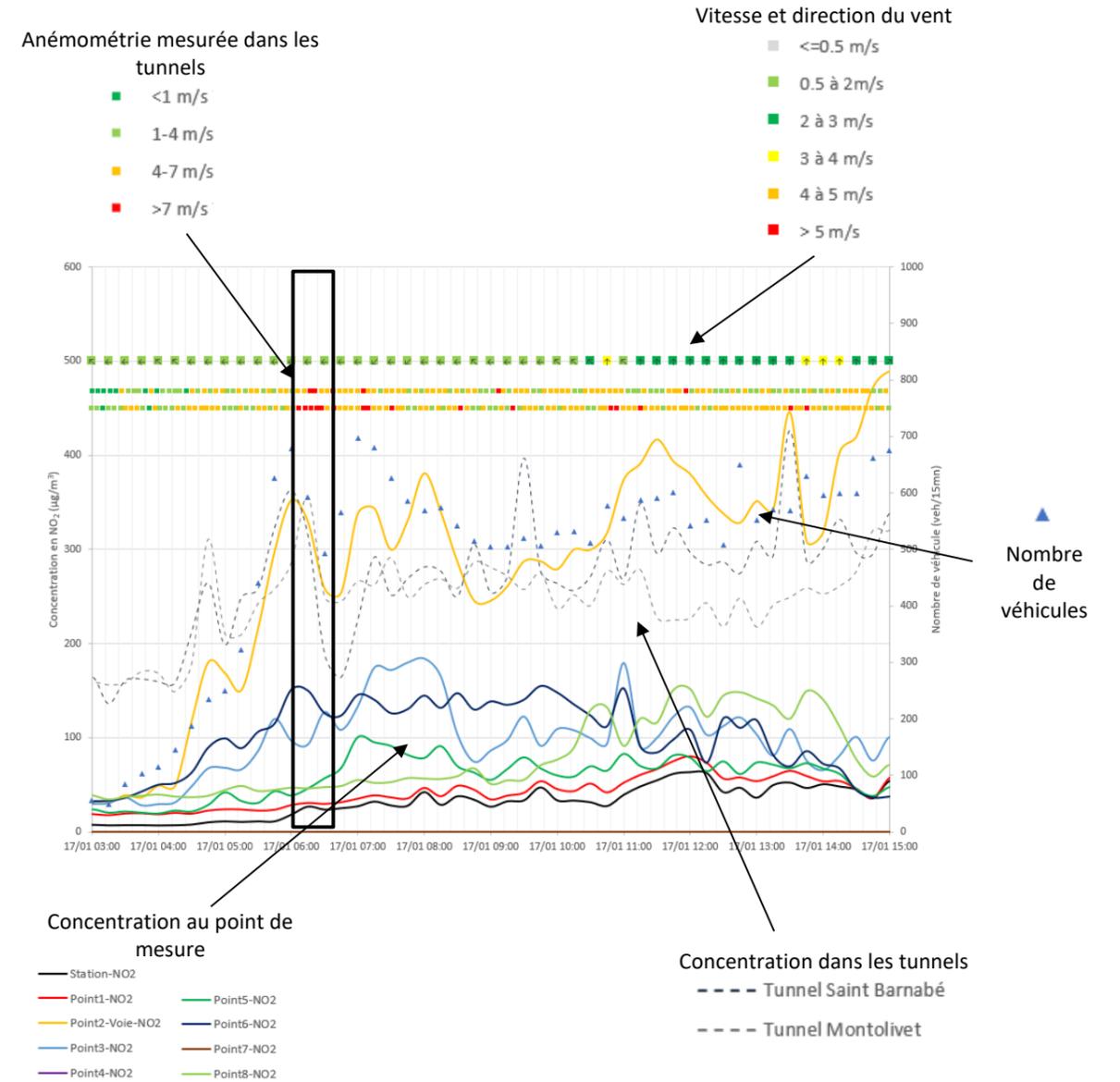
Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective entre 6 et 7 heures TU dans un seul tunnel, en observant une augmentation de la vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels (supérieure à 7 m/s) sur la période demandée.

L'impact de la ventilation sur les concentrations n'est ainsi pas visible sur ce test spécifique, aussi bien sur la voie extérieure qu'au niveau des riverains.

Ainsi, sur cette troisième semaine de tests, un seul protocole de ventilation a pu être réalisé sur un pas de temps suffisant pour observer une évolution (14 janvier) et une diminution notable de la concentration au niveau de la voie, mais peu visible au niveau des riverains.

Concernant les deux autres tests du 16 et 17 janvier, il apparaît que la durée de ventilation semble trop courte pour permettre une observation d'une évolution des concentrations.

Figure 25 : Évolution des concentrations mesurées lors 17 janvier 2020



5.2.4 Semaine 5 – Année 2020

► 29 janvier 2020

Sur la journée du 29 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 29/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	09h00 – 10h00 (heure locale) en continu	09h00 – 10h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

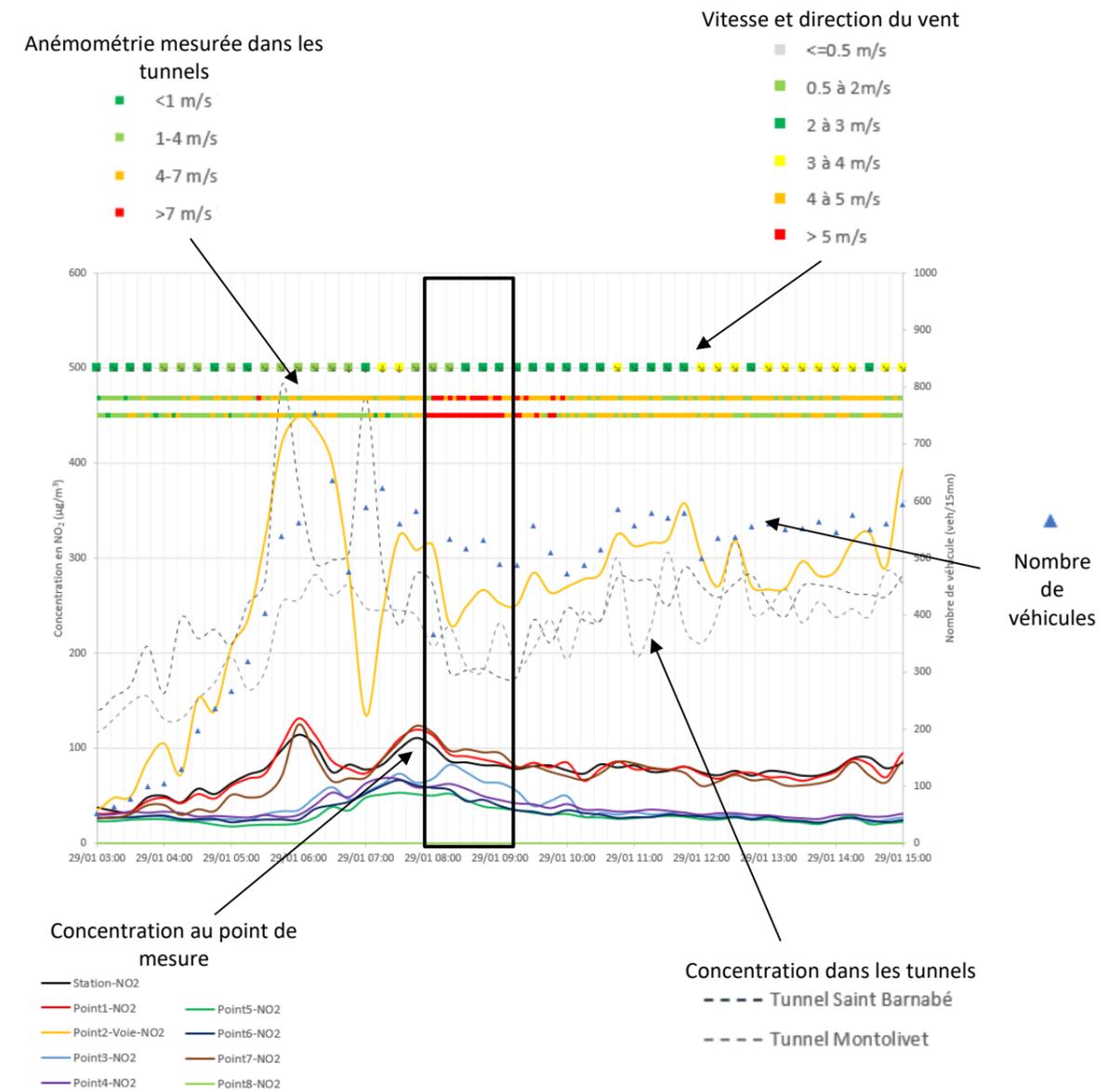
Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels qui sont supérieurs à 7 m/s dans les tunnels entre 8 et 9 heures en temps universel (soit entre 9 et 10 heures localement).

Il est observé une faible diminution des concentrations au début de la ventilation, notamment sur les points au niveau de la voie (point 2 et appareils CETU dans les tunnels), et dans une moindre mesure au niveau des points 1 et 7 (sous les vents de Nord-Ouest).

Le ratio calculé entre concentration et trafic quart horaire estimé est sur la voie en nette diminution, comme le montre le tableau ci-dessous :

Une diminution de la concentration en dioxyde d'azote est observée au niveau de la voie au moment du début de la ventilation, se décorrélant du paramètre du nombre de véhicules sur la voie. Cette diminution n'est cependant que peu à pas visible au niveau des riverains.

Figure 26 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 29 janvier 2020



► 30 janvier 2020

Sur la journée du 30 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 30/01/2020

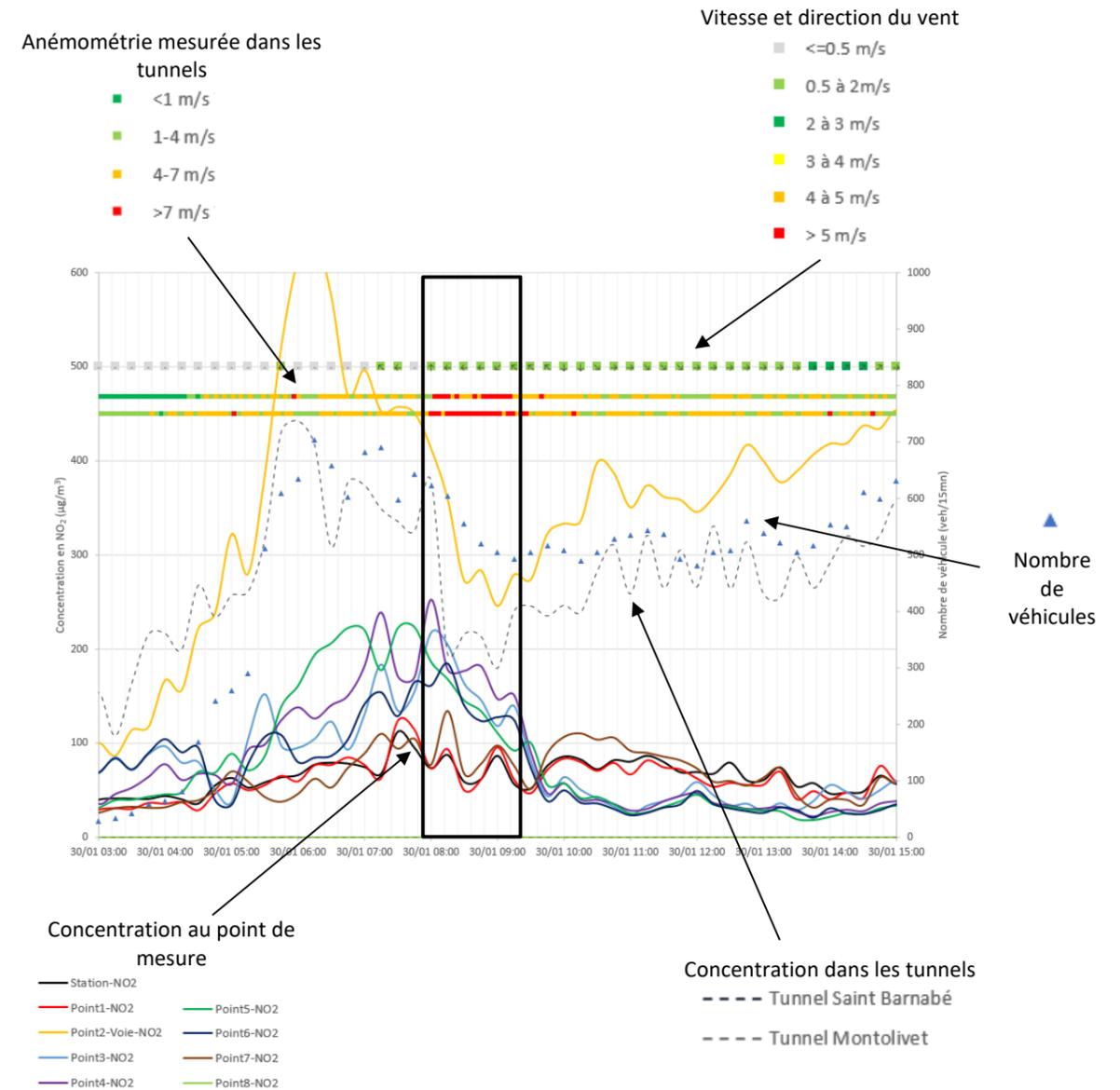
Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	09h00 – 10h00 (heure locale) en continu	09h00 – 10h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation a bien été effective, en observant une vitesse mesurée par les anémomètres présents dans les tunnels qui sont supérieurs à 7 m/s dans les tunnels entre 8 et 9 heures en temps universel (soit entre 9 et 10 heures localement).

Il est observé une nette diminution des concentrations au début de la ventilation, notamment sur les points au niveau de la voie (point 2 et appareils CETU dans les tunnels), et dans une moindre mesure au niveau des points 3, 4 et 6 (sous les vents d'Est). Il s'agit cependant d'une période où le nombre de véhicules est également en légère diminution, pouvant expliquer une part de la diminution observée.

Ainsi, sur cette deuxième période de tests (début 2020), il est généralement observé une diminution notable des concentrations lors des deux phases de ventilation sur la voie qui apparaît comme décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation, et qui sont sur les périodes de tests réalisés de l'ordre de - 20 à - 30% de la concentration avant ventilation. En revanche, au niveau des riverains, cette diminution est nettement moins visible.

Figure 27 : Évolution des concentrations mesurées lors du test de ventilation du 30 janvier 2020



► 31 janvier 2020

Sur la journée du 31 janvier 2020, des tests de ventilation ont été demandés auprès de la SRL2, résumés dans le tableau ci-dessous.

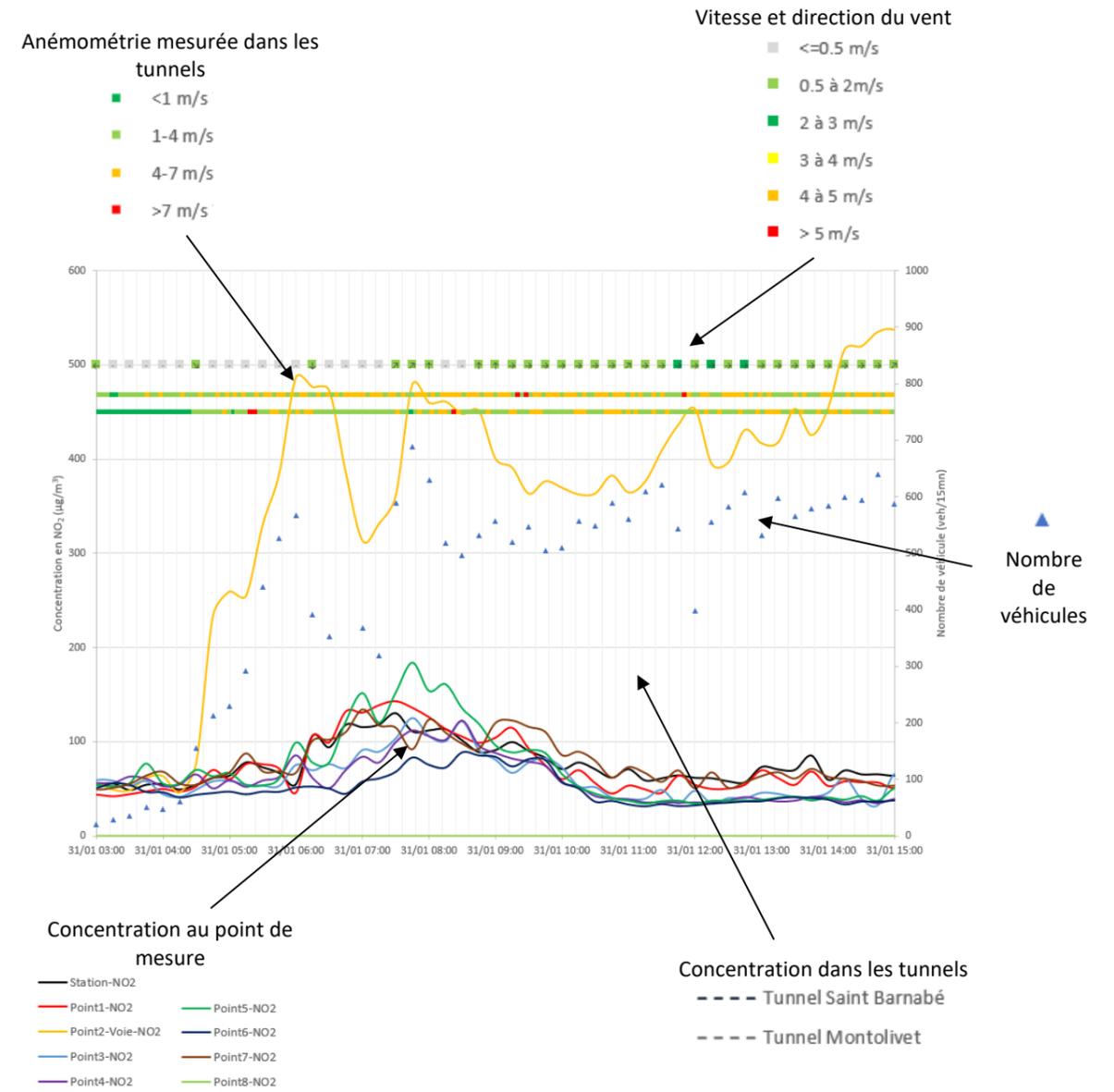
Tableau 16 : Synthèse des demandes de ventilation pour le 31/01/2020

Paramètre	Tranchée couverte de Montolivet	Tranchée couverte de Saint Barnabé
Sens concerné	Sens intérieur	Sens extérieur
Horaires de ventilation forcée	09h00 – 10h00 (heure locale) en continu	09h00 – 10h00 (heure locale) en continu
Sens de ventilation	Mode sanitaire	Mode sanitaire
Mode de ventilation	Marche forcée	Marche forcée
Régime de ventilation	R8 (10 accélérateurs)	R8 (12 accélérateurs)

Le graphique ci-contre indique que la ventilation n'a pas été effective, n'observant pas d'augmentation des vitesses mesurées par les anémomètres présents dans les tunnels.

Ainsi, sur cette journée de tests, il ne peut être réalisé d'analyse de l'efficacité éventuelle de la ventilation sur les concentrations.

Figure 28 : Évolution des concentrations mesurées lors du premier test de ventilation – 14 janvier 2020



6. Suite à donner

6.1 Analyse complémentaire des données existantes

Une analyse complémentaire des données existantes pourrait être menée pour permettre d'approfondir les résultats des tests de ventilation réalisés, pouvant consister à :

- Analyser les profils horaires obtenus pendant la période de mesures exploratoires et apporter des éléments d'informations complémentaires quant aux divergences entre les courbes des concentrations et des conditions de circulation (apport extérieur, problématique technique, ...),
- Approfondir le traitement des données du microcapteur sur la voie vis-à-vis des conditions de circulation et des concentrations en champ proche,
- Approfondir les analyses sur les tests, en réalisant par exemple,
 - une analyse sur des indicateurs (détermination de ratios spécifiques, comparaison à des valeurs moyennes...),
 - un approfondissement de l'influence de la pollution globale sur les résultats,
- Apporter des informations complémentaires à l'aide de la réalisation d'une modélisation éventuelle.

6.2 Mesures complémentaires

Quelques tests de ventilation en période hivernale ont pu être menés. La station de mesures « Kaddouz » étant de nouveau installée au niveau de la tranchée ouverte, il pourrait être intéressant de prévoir de nouvelles mesures lors d'éventuels tests de ventilation complémentaires permettant de disposer de plus de données (influence de conditions météorologiques différentes, influence saisonnière...)

7. Conclusions

La rocade L2 de Marseille (ou autoroute A507), reliant l'A7 à l'A50 et mise en service en intégralité en octobre 2018, constitue un ouvrage majeur structurant à terme pour le trafic routier et la mobilité au niveau de l'agglomération marseillaise, devant permettre notamment de délester le centre-ville. Cet axe est constitué d'une succession de tranchées couvertes sur une dizaine de kilomètres, en milieu urbain dense, tout au long duquel une attention particulièrement forte est portée sur quelques secteurs proches des têtes de tunnel, pour lesquels des questions sur les niveaux observés en ces points sont soulevées.

Afin de disposer de plus amples informations sur l'exposition des populations les plus proches de ces zones spécifiques que représentent les têtes de tunnel, AtmoSud, en collaboration avec la Société de la Rcade L2 (SRL2) le Centre d'Etudes des Tunnels (CETU) et la Direction Interdépartementale des Routes MEDiterranée (DIRMED) ont mis en place, dans le cadre d'une convention avec la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur, **le projet d'expérimentation BOREE**, qui a pour objectif d'observer **l'impact de la ventilation dans les tunnels sur les niveaux de pollution aux têtes de tunnel, et par conséquent l'exposition des populations les plus impactées**.

Ce projet d'expérimentation devait se dérouler en **4 phases principales** :

- Phases 1 et 2 : travail préalable à la campagne de mesures (définition du plan d'échantillonnage, choix du matériel, mise en place des protocoles de récupération des données, obtention des autorisations d'implantation...)
- Phase 3 : Mesures exploratoires sans ventilation et établissement des protocoles de ventilation
- Phase 4 : Mesures avec ventilation forcée (application des protocoles)

Une phase 5 relative à une automatisation de la ventilation basée sur les niveaux mesurés par les capteurs et les alertes potentielles devait être testé, mais n'a pu être mis en place dans les délais impartis.

Cependant, à partir de mars 2020, en lien avec l'épidémie de COVID 19, le confinement généralisé et les contraintes techniques qui en ont découlé, ces tests n'ont pas pu être prolongés. Le planning des différentes phases réalisées est proposé ci-dessous :

- Phases 1 et 2 : août 2017 – décembre 2018
- Phase 3 : mars 2019 – octobre 2019
- Phase 4 : novembre 2019 – février 2020

► Phases 1 et 2 : travail préalable à la campagne de mesures

Le choix de l'emplacement s'est porté sur la **tête de tunnel Sud de la tranchée couverte de Montolivet**, sur la base de plusieurs critères techniques (localisation en sortie d'une grande tranchée couverte de la rocade L2, présence de populations à proximité immédiate de cette tête de tunnel, présence d'une station de mesures mobile d'AtmoSud (L2_Kaddouz), présence de nombreux ventilateurs dans les deux tranchées couvertes et données de circulation disponibles.

Pour le matériel, la nécessité de disposer d'une fréquence de mesure importante est indispensable afin de pouvoir observer une éventuelle évolution temporelle des concentrations en polluant dans l'air ambiant selon des modifications ponctuelles telles qu'une ventilation dans les tunnels routiers. C'est pourquoi le choix du matériel pour ce projet s'est porté sur des **microcapteurs**, équipés d'une cellule de mesure **NO/NO₂** uniquement, qui ont permis de disposer de ce type d'information.

Pour permettre de pouvoir interpréter au mieux les résultats de la future ventilation, **8 microcapteurs** ont été déployés autour de la tranchée ouverte (selon certaines contraintes techniques), dont 1 au niveau de la voie de circulation.

► Phase 3 : Mesures exploratoires sans ventilation et établissement des protocoles de ventilation

Les mesures exploratoires ont été traitées de **mai à octobre 2019**, correspondant à la période où nous disposions de toutes les informations permettant d'établir un protocole de ventilation (et notamment la présence du microcapteur sur la voie et des données de circulation). Elles ont permis de faire apparaître les observations suivantes :

- Les valeurs (moyennes et maximales) sont globalement cohérentes sur l'ensemble des points situés autour de la tranchée ouverte sur la période concernée, aussi bien en niveau moyen (aux alentours de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que maximum horaire (inférieur à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cependant, le point situé sur la voie (point 2) présente des concentrations bien plus élevées qu'autour de la voie : $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne et près de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum horaire, soit environ 5 fois plus qu'au niveau des points de mesures à proximité immédiate.
- La présence de vent fort impacte directement et instantanément les concentrations en dioxyde d'azote mesurés par la station mobile ou les microcapteurs. Il a donc été nécessaire de s'affranchir au maximum de ce paramètre dans l'établissement du protocole de ventilation pour pouvoir interpréter une éventuelle décroissance des concentrations en lien avec le test. Ce paramètre est par ailleurs **prépondérant** sur celui relatif aux conditions de circulation.
- Le matériel choisi et les emplacements permettent d'observer une éventuelle influence de la ventilation pour la quasi-intégralité des conditions de vent présentes sur la zone, mais également à un pas de temps suffisant pour permettre de suivre le signal.
- Il apparaît une corrélation **plutôt nette** entre **nombre de véhicules en circulation et concentration au niveau du point situé sur la voie** (point 2), qui réagit quasiment instantanément à l'évolution en nombre du trafic routier, et ce jusqu'à environ 9 heures (T.U.). Au cours de la journée, cette corrélation **semble moins évidente**, malgré le fait que les dynamiques des deux courbes (trafic et concentration au point de mesure n°2) soient proches. Une surestimation de ce microcapteur liée aux forts niveaux d'exposition en cours de matinée (saturation) n'est pas à exclure, tout comme un apport extérieur à la voie de circulation.

Toutes ces observations ont permis d'établir un protocole de tests de ventilation, en accord avec les partenaires, en rappelant :

- D'une part les principales contraintes dont il fallait s'affranchir (météorologie, trafic routier...)
- Quelles étaient les consignes de ventilation (sens de ventilation, puissance de ventilation, nombre de ventilateurs, durée...)

► Phase 4 : Mesures avec ventilation forcée (application des protocoles)

Entre novembre 2019 et février 2020, 13 tests de ventilation spécifiques ont pu être réalisés et interprétés. **A partir de mars 2020, la situation sanitaire liée à l'épidémie de COVID19 (et le confinement associé) n'a pas permis de poursuivre ces tests.** Des observations différentes ont eu lieu lors de ces tests.

Lors de la première phase de tests (novembre 2019), l'influence de la ventilation sur les concentrations mesurées par les différents appareils est très faible voire quasi nulle. Seulement 2 tests font apparaître une légère diminution ponctuelle des concentrations sur la voie sur une période très courte. Ainsi, sur cette première semaine de tests, il **n'apparaît pas d'impact reproductible de la ventilation forcée dans les tunnels sur les concentrations mesurées par les différents appareils positionnés tout autour de la zone d'étude, malgré le respect des conditions de tests spécifiques.**

En revanche, lors des tests menés début 2020, il est généralement observé une **diminution notable des concentrations lors des deux phases de ventilation sur la voie** qui apparaît comme décorrélée de l'évolution de la circulation sur la durée de la ventilation, et qui sont sur les périodes de tests réalisés de l'ordre de - 20 à - 30% de la concentration avant ventilation. En revanche, au niveau des riverains, cette diminution est nettement moins visible.

► A venir

Une analyse complémentaire des données existantes pourrait être menée pour permettre d'approfondir les résultats des tests de ventilation réalisés (Analyse des profils horaires obtenus, approfondissement du traitement des données du microcapteur sur la voie vis-à-vis des conditions de circulation et des concentrations en champ proche, détermination d'indicateurs spécifiques, réalisation d'une modélisation...), tout comme la prévision éventuelle de nouvelles mesures complémentaires, la station de mesures « Kaddouz » étant de nouveau installée au niveau de la tranchée ouverte.

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Maximum journalier de la moyenne sur huit heures : Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur huit heures ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Pollution de pointe : La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

Procédures préfectorales : Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

Seuil d'alerte à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Seuil d'information-recommandations à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

Objectif de qualité : n 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.

Valeur cible : Un niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Couche limite : Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief, ...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

Particules d'origine secondaires : Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH₃). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

AOT 40 : Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m³ (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m³ pour la période du 1er mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

Percentile 99,8 (P 99,8) : Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

Sigles

AASQA : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANTS : Association Nationale des Techniques Sanitaires

ARS : Agence Régionale de Santé

CSA : Carte Stratégique Air

CERC : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

EQAIR : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

IARC : International Agency for Research on Cancer

ISA : Indice Synthétique Air

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PLU : Plan local d'Urbanisme

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

ZAS : Zone Administrative de Surveillance

Unité de mesures

mg/m³ : milligramme par mètre cube d'air
(1 mg = 10⁻³ g = 0,001 g)

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air
(1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air
(1 ng = 10⁻⁹ g = 0,000000001 g)

TU : Temps Universel

Polluants

As : Arsenic

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

BTEX : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

C₆H₆ : Benzène

Cd : Cadmium

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

Ni : Nickel

NO / NO₂ : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

O₃ : Ozone

Pb : Plomb

PM non volatile : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

PM volatile : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM 2.5 : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

SO₂ : Dioxyde de soufre

Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

Environnement d'implantation

- **Implantation urbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages
- **Implantation périurbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre
- **Implantation rurale** : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

Influence des sources

- **Influence Industrielle** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence Trafic** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence de Fond** : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km².

ANNEXES

ANNEXE 1 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
NO_x Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.

Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
NO_x Oxydes d'azote	<ul style="list-style-type: none"> - irritation des voies respiratoires - dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires 	<ul style="list-style-type: none"> - pluies acides - précurseur de la formation d'ozone - effet de serre déséquilibre les sols sur le plan nutritif

Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée d'exposition
NO₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année

Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
NO₂ Dioxyde d'azote	Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an

AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances

Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



Siège social : 146, rue Paradis « Le Noilly Paradis » - 13294 Marseille cedex 06
Établissement de Martigues : route de la Vierge 13500 Martigues
Établissement de Nice : 37 bis, avenue Henri Matisse - 06200 Nice
Tél. 04 91 32 38 00 - Télécopie 04 91 32 38 29 - contact.air@atmosud.org



Suivez-nous sur

