

Ce rapport est protégé par les droits de propriété intellectuelle applicables. Il est notamment interdit de le publier, de le diffuser ou de le transmettre sans l'autorisation préalable et écrite du détenteur des droits.

## Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec



### Division des études de terrain

## Rapport d'expertise

Rapport d'expertise

## Caractérisation de la qualité de l'air ambiant

Secteur de la Diable  
Parc national du Mont-Tremblant  
Août à octobre 2023

Projet réalisé pour la Sépaq

---

Le 05 avril 2024

---



## AVANT-PROPOS

Ce rapport constitue un portrait de la situation qui prévalait au moment de la caractérisation, entre autres selon la nature des activités sur les sites et selon les conditions météorologiques locales ayant cours au moment des échantillonnages et des analyses réalisées sur le terrain.

Rédaction :



---

**Antoine Coquard**, M.Sc., M.Env., Chimiste  
Division des études de terrain

La réalisation du projet et la production du rapport ont été possibles grâce à l'implication et à la participation des personnes suivantes de la Sépaq :

René Charest, Spécialiste en conservation - Parcs nationaux et campings, Sépaq

Marc-André Villard, Biologiste, Sépaq

Hugues Tennier, Responsable du service de la conservation et de l'éducation, Parc national du Mont-Tremblant, Sépaq

Émilie Dorion, Garde-parc tech. en milieu naturel, Parc national du Mont-Tremblant, Sépaq



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>2</b>
2.1. OBJECTIFS .....	2
2.2. SPÉCIFICITÉS DES FEUX DE CAMP .....	2
2.3. MODE D'EXPOSITION .....	3
2.4. CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU .....	4
2.5. STRATÉGIES DE MESURE .....	5
2.6. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES .....	8
2.7. INSTRUMENTS DE MESURE .....	9
2.7.1. <i>Chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse</i> .....	9
2.7.2. <i>Analyseur à décalage de phase par cavité optique</i> .....	10
2.7.3. <i>Analyseur à diffraction de lumière</i> .....	10
2.7.4. <i>Analyseur à photo-ionisation</i> .....	10
2.7.5. <i>Microcapteur</i> .....	10
2.7.6. <i>Analyseur à comptage optique à partir d'une source de lumière blanche aux DEL</i> .....	11
<b>3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION .....</b>	<b>12</b>
3.1. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES .....	12
3.2. CARACTÉRISATION DE L'AIR AMBIANT PAR LABORATOIRE MOBILE .....	13
3.3. CARACTÉRISATION DES PARTICULES FINES DANS L'AIR AMBIANT EN CONTINU .....	17
3.3.1. <i>Concentrations horaires</i> .....	17
3.3.2. <i>Concentrations 10 minutes</i> .....	23
3.3.3. <i>Concentrations 24 heures</i> .....	24
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>26</b>
<b>5. Bibliographie .....</b>	<b>28</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Exemple de sites disponibles sur les terrains de la Sépaq (sepaq.com) .....	3
Figure 2 : Aménagement du secteur à l'étude et noms des stations de mesure de la qualité de l'air ambiant (sepaq.com) .....	4
Figure 3 : Vues des stations de caractérisation équipées de capteurs PurpleAir .....	7
Figure 4 : Photographie du mât météo installée à proximité du Lac Monroe .....	8
Figure 5 : Vitesses et directions des vents enregistrées lors de vitesses maximales 15 minutes avant l'heure .....	12
Figure 6 : Conditions météorologiques pendant la période de caractérisation .....	13
Figure 7 : Concentrations de PM <sub>2,5</sub> mesurées à l'aide de microcapteurs le 1 <sup>er</sup> septembre 2023 aux blocs sanitaires ...	14
Figure 8 : Localisation des points de mesure retenus pour les travaux de caractérisation avec le LEAE .....	15
Figure 9 : Concentrations horaires de PM <sub>2,5</sub> en comparaison au taux d'occupation et à la pluviométrie .....	19
Figure 10 : Concentrations horaires de PM <sub>2,5</sub> à la station Centre .....	20
Figure 11 : Concentrations horaires de PM <sub>2,5</sub> à la station Sud .....	21
Figure 12 : Concentrations horaires de PM <sub>2,5</sub> à la station Nord .....	22
Figure 13 : Concentrations horaires et 10 minutes de PM <sub>2,5</sub> en µg/m <sup>3</sup> mesurées du vendredi (J1) au lundi (J4) .....	24
Figure 14 : Concentration de PM <sub>2,5</sub> 24 h mesurée aux trois blocs sanitaires en comparaison au bruit de fond et au taux d'occupation .....	25
Figure 15 : Concentration de PM <sub>2,5</sub> 24 h mesurée aux trois blocs sanitaires après soustraction bruit de fond .....	25

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Techniques utilisées pour la caractérisation de l'air ambiant .....	9
Tableau 2 : Résultats de la caractérisation de l'air ambiant réalisée avec le LEAE – 1 <sup>er</sup> septembre 2023 – Secteur du Lac Monroe .....	16

## 1. INTRODUCTION

En 2023, suite à une revue de littérature effectuée sur les effets des feux de camp sur les écosystèmes et la santé humaine dans les parcs nationaux (Marc A. Villard, 2023), la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq) a contacté le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec (MELCCFP), afin d'obtenir une assistance pour l'étude des impacts des feux de camp sur la qualité de l'air dans les parcs nationaux du Québec. La Sépaq a exprimé, entre autres, le souhait de réaliser des mesures de la qualité de l'air ambiant au parc national du Mont-Tremblant - secteur de la Diable dès l'été 2023.

Pour la réalisation de ce mandat, c'est la Division des études de terrain (DÉT) de la Direction des expertises et des études (DEÉ) du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) qui a été mandatée.

La DÉT, spécialisée dans l'évaluation des problématiques environnementales et la mesure in situ des contaminants émis dans l'environnement, avait déjà mené, en 2009, une étude exploratoire pour la Sépaq au parc national de la Yamaska (CEAEQ, 2009). Cette étude visait à mesurer les principales substances émises lors de la combustion du bois à ciel ouvert en période d'achalandage maximal du camping. Elle avait permis de mettre en évidence que les feux de camp avaient un impact sur la qualité de l'air ambiant et, notamment, sur la concentration de particules fines en suspension dans l'air.

Une autre étude réalisée en Alberta en 2022 (Fort Air Partnership, 2022), et présentée dans la revue de littérature réalisée par la Sépaq (Marc A. Villard, 2023) documentait également l'impact des feux de camp sur les concentrations de particules fines en suspension dans l'air ambiant. Malgré ces deux études, la quantité de données disponibles reste faible, le nombre de sites de camping étudiés est très limité et les données ne sont pas directement comparables : équipements de mesures distincts, données statistiques présentées et protocoles de caractérisation différents. Il est donc actuellement impossible de quantifier le réel impact des feux de camp sur la qualité de l'air au niveau du réseau de la Sépaq à partir de la littérature existante.

Les objectifs de l'étude menée par la DÉT en 2023 étaient de réaliser une campagne de caractérisation supplémentaire afin de confirmer et compléter les données disponibles et de mettre en place un protocole de mesure fiable et efficace afin d'établir une base commune aux différentes études qui pourraient être réalisées dans les années subséquentes.

Les stratégies de caractérisation retenues en 2023 et les équipements de mesures utilisés sont présentés dans la première partie du rapport. Par la suite les résultats des travaux de caractérisation sont présentés puis analysés en tenant compte des particularités des sources d'émission étudiées. Finalement le rapport conclut sur l'efficacité du protocole de suivi mis en place et sur les principales informations qui ressortent des mesures de 2023.

## **2. MÉTHODOLOGIE**

La stratégie d'échantillonnage a été établie en prenant en compte le contexte et les objectifs du projet, de la nature de la source d'émission, des spécificités des récepteurs et des caractéristiques du milieu.

### **2.1. OBJECTIFS**

Le premier objectif des travaux réalisés en 2023 était de procéder à la caractérisation de la qualité de l'air ambiant au parc national du Mont-Tremblant - Secteur de la Diable, afin d'obtenir des données dans un secteur supplémentaire et de comparer ces résultats aux études existantes. Cette campagne de caractérisation supplémentaire devait permettre d'évaluer la variabilité des concentrations mesurées dans des contextes différents tout en participant à brosser un meilleur portrait des effets des feux de camp sur la qualité de l'air ambiant.

Le secteur de la Diable du Parc national du Mont-Tremblant a été retenu, car il a été évalué comme représentatifs par rapport à des secteurs de parcs nationaux les plus susceptibles de développer des problématiques de qualité de l'air et, par le fait que des problématiques de qualité de l'air ambiant ont déjà été rapporté par des usagers de ce parc, en particulier au niveau du centre de service du Lac Monroe dans le secteur de la Diable.

Le second objectif était de valider un protocole de mesure fiable et pertinent afin d'établir une base commune aux différentes études qui pourraient être réalisées sur le sujet dans les années subséquentes. En effet, le manque d'information disponible ne permettait pas d'envisager de déployer des campagnes de caractérisation à plus grande échelle sans avoir validé auparavant certaines hypothèses. Par exemple, il convenait de déterminer :

- L'amplitude des variations des concentrations de contaminants dans l'air ambiant à différents endroits dans un même secteur de camping (nécessaire pour l'évaluation de la représentativité des points de mesure retenus) ;
- La variation des concentrations maximales de contaminants dans l'air ambiant au cours de différentes soirées (nécessaire pour l'évaluation de la durée de la période de mesure retenue) ;
- L'impact des précipitations sur les émissions des feux de camp à moyen terme (nécessaire pour l'évaluation de la représentativité de la période de mesure retenue).

### **2.2. SPÉCIFICITÉS DES FEUX DE CAMP**

Pour cette étude, on considère que la source d'émission est composée de l'ensemble des sous-sources (chaque feu de camp) à l'échelle d'un secteur de camping.

Ces sous-sources sont considérées non identiques et non contrôlées. En effet l'intensité et la variation dans le temps des sous-sources d'émission dépendent fortement du comportement de celui qui alimente le feu (le groupe d'usager d'un site de camping). Cela étant dit, il est possible de concevoir qu'à l'échelle d'un secteur



de camping (composé généralement de plusieurs dizaines de sous-sources), il se dégage un comportement type qui serait rattaché à l'intensité moyenne d'une source.

Considérant les spécificités des feux de camp et les usages qu'il en est fait (chauffage, cuisine, récréatif), on peut faire l'hypothèse que l'intensité moyenne d'une source va varier en fonction du profil type des usagers pour le secteur de camping considéré, des conditions météorologiques (température, vent et pluie) et de la période de l'année (heures d'ensoleillement). Le profil type des usagers peut par exemple varier en fonction de la région, de la saison et du type de terrain dans le secteur considéré. En effet la Sépaq propose de multiples options pour profiter des terrains disponibles, qui impliquent, potentiellement, des usages différents du feu de camp (figure 1) : camping rustique, camping aménagé, chalet, terrain pour roulotte.

La stratégie d'échantillonnage pour l'année 2023 devait donc permettre l'étude des variations de cette intensité moyenne dans la saison de camping.



Figure 1 : Exemple de sites disponibles sur les terrains de la Sépaq (sepaq.com)

### 2.3. MODE D'EXPOSITION

Dans ce projet, le récepteur sensible à considérer pour établir la stratégie d'échantillonnage est l'utilisateur. Deux modes d'exposition sont considérés :

- Le mode direct qui consiste à être exposé à une sous-source que le récepteur a lui-même générée et qu'il peut donc contrôler (son propre feu de camp) ;
- Le mode indirect qui consiste à être exposé à un ensemble de sous-sources que le récepteur ne peut pas contrôler (les feux de camp des autres usagers).

Le nombre de récepteurs est très grand (plusieurs dizaines) et l'exposition de chaque récepteur est unique en raison du comportement qu'il adopte durant son séjour et notamment de : sa mobilité dans la période d'exposition, son exposition directe à une sous-source, sa position dans le secteur à l'étude, etc.

Étant donné qu'une exposition directe à une sous-source (exposition à des concentrations potentiellement élevées de particules si le récepteur demeure dans le panache) aurait un impact significatif sur les concentrations mesurées, la stratégie d'échantillonnage pour l'année 2023 était de cibler l'évaluation de l'exposition indirecte uniquement.

## 2.4. CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU

Afin d'établir les stratégies d'échantillonnage possibles, il est important d'établir les particularités du secteur visé en lien avec la dispersion des contaminants atmosphériques et leur mesure. Ainsi, il a été établi que le secteur à l'étude est :

- Isolé et donc que la seule autre source de contamination que celles à l'étude pourrait être la circulation sur les chemins non asphaltés;
- Caractérisé par un fort couvert forestier et une topographie de type vallée (relativement plate au niveau du sol, mais entourée de grand relief). Ainsi, il est probable que les vitesses de vent au niveau des sources d'émission soient faibles et variables.

On doit également prendre en compte les spécificités des terrains de camping de la Sépaq, soit :

- Que la majorité du temps les terrains de camping sont utilisés en totalité et donc occupés par des sous-sources de contamination ;
- Que chaque terrain est généralement isolé du voisin par un obstacle coupe-vent (une bande arbustive) et qu'il n'y a ainsi aucun dégagement autour de ces sites à part le chemin qui permet d'accéder à ce site (figure 2) ;
- Que les différents modes de camping (figure 1) sont regroupés en sous-secteurs (figure 2) ;
- Que les terrains de camping sont généralement organisés autour de blocs sanitaires (figure 2) ;
- Que le terrain autour d'un bloc sanitaire est significativement plus dégagé que les sites de campings;
- Que les sources d'électricité sont localisées sur les sites de camping et qu'il n'y a pas ou très peu de prises extérieures autour des blocs sanitaires.

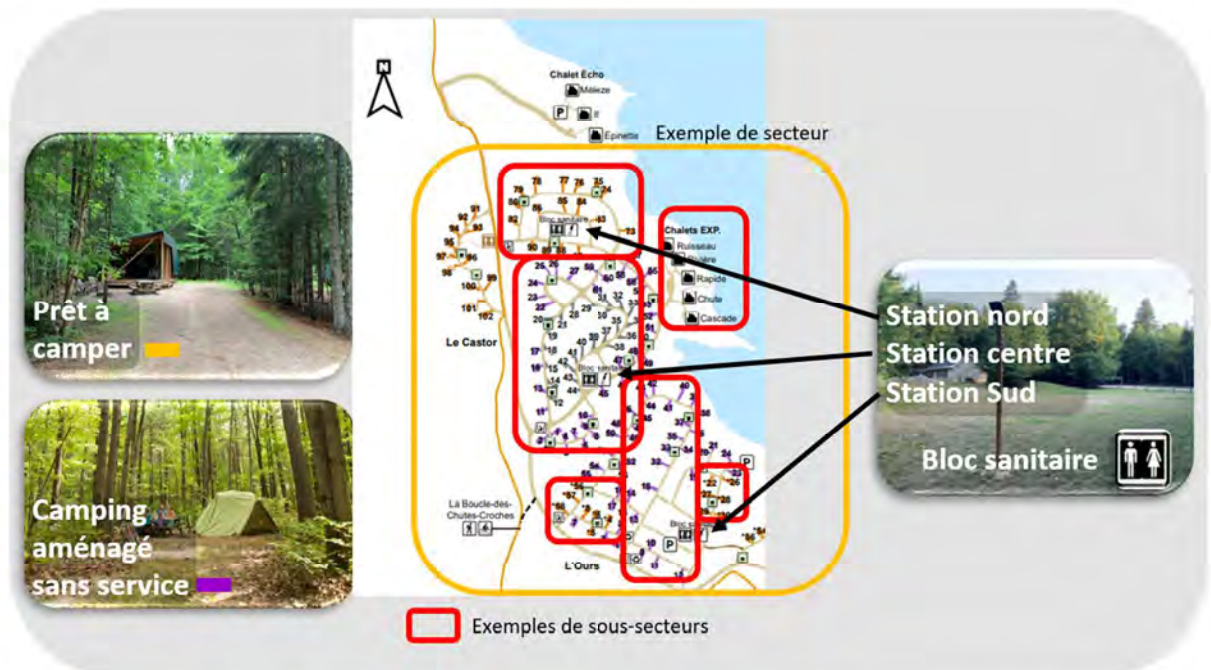


Figure 2 : Aménagement du secteur à l'étude et noms des stations de mesure de la qualité de l'air ambiant (sepaq.com)

## 2.5. STRATÉGIES DE MESURE

Considérant les éléments mentionnés précédemment, il a été décidé de mener deux campagnes de caractérisation en parallèle. Chacune de ces campagnes de mesures reflète une des stratégies utilisées dans les études existantes (CEAEQ, 2009 et Fort Air Partnership, 2022) et leur utilisation en parallèle avait pour objectif de faire un lien entre les différents résultats disponibles. La première stratégie fournit des données plus variées (plus grand nombre de paramètres et plus de points de mesure), sur une courte période tandis que la seconde stratégie se déroule sur une plus longue durée, mais en considérant un nombre de points de mesure et un nombre de paramètres plus restreints.

### Stratégie 1 – Utilisation d'un laboratoire mobile

Il a été décidé dans un premier temps de répéter le même type de mesures que celles réalisées en 2009, mais dans un autre parc national, afin de vérifier si les résultats obtenus étaient comparables à savoir le parc national du Mont-Tremblant - Secteur de la Diable.

Le protocole de 2009 a été optimisé en prenant en compte que deux stratégies de mesure étaient déployées en parallèle. Ainsi plutôt que de faire comme en 2009 un suivi en continu des émissions en poste fixe pendant une durée de quelques heures (ce qui nécessite plus d'équipements, limite le nombre de points de mesure et est déjà couvert par l'autre stratégie de mesure), la DÉT a proposé de faire des mesures à partir d'un laboratoire mobile équipé d'instruments de mesure identiques aux équipements utilisés en 2009. Cette stratégie a permis de multiplier le nombre de points de mesure et de les choisir en considérant les observations visuelles et olfactives, la météo et les résultats obtenus au cours de la soirée.

Cette stratégie a été déployée pendant une soirée en s'assurant au préalable que le camping était au maximum de sa capacité et que les prévisions météorologiques étaient favorables à la réalisation de feux de camp (période sans précipitation). La soirée retenue était la soirée du vendredi 1<sup>er</sup> septembre 2023 lors de la longue fin de semaine de la fête du Travail. Des mesures ont été réalisées entre 18 h et 23 h. Les contaminants caractérisés dans l'air ambiant et les instruments de mesure utilisés sont présentés dans la section 2.7. Les résultats de cette soirée de caractérisation sont présentés dans la section 3.

### Stratégie 2 – Utilisation d'instrument de mesure en continu

L'étude réalisée en 2009 a démontré que les particules d'un diamètre de 2,5 micromètres et moins ( $PM_{2,5}$ ) étaient un contaminant pertinent pour le suivi de l'impact des feux de camp sur la qualité de l'air ambiant. Afin de documenter cet impact à l'échelle d'un secteur de camping et sur une durée de plusieurs semaines, il a été décidé d'installer des instruments de mesure en continu des  $PM_{2,5}$  dans l'air ambiant. Après une visite du secteur de la Diable au parc national du Mont-Tremblant le 27 juin 2023 en présence de membres de la Sépaq et de la DÉT, il a été décidé que les blocs sanitaires constituaient (tout comme en 2009) la meilleure option pour l'installation d'instruments de mesure. Il a aussi été constaté que l'utilisation de microcapteurs, tels que les appareils utilisés dans l'étude réalisée en 2022 en Alberta était la meilleure avenue dans le contexte de cette étude.

Le recours à ce type d'équipement et, plus spécifiquement, au model PurpleAir découle des contraintes rencontrées sur le terrain (pas d'endroit sécurisé et pas d'alimentation électrique disponible dans un terrain

dégagé), des objectifs de l'étude, de la littérature disponible illustrant les capacités de ce modèle d'instrument et du retour d'expérience du MELCCFP avec ce type d'instrument. Pour des raisons pratiques, les stations étaient alimentées par un système de panneaux solaires (20 watts, 5 volts) et une batterie 5 V / 2 A (20 Ah).

La caractérisation de la qualité de l'air ambiant avec les microcapteurs s'est déroulée du 18 août au 7 octobre 2023 à trois stations installées dans le secteur des terrains de camping (figures 2 et 3) et d'une station dans un secteur considéré comme à l'écart des émissions atmosphériques des sites de camping. Les dates ont été choisies en fonction de la disponibilité du matériel de mesure et de la période d'activité de la Sépaq. On considère que la saison de camping se termine généralement après la fin de semaine de l'Action de grâce.

À chaque station de mesure, les critères principaux pour choisir l'emplacement du capteur étaient de:

- Ne pas avoir d'obstacle à la circulation de l'air localement sur 270 degrés (minimalement 180°) avec idéalement une pente de 45 degrés entre le capteur et le sommet de l'obstacle le plus proche ;
- Trouver un emplacement sans trop de passage (minimiser l'influence de sources hyper locale) ;
- Installer le capteur à moins de 3 m de hauteur, car les particules peuvent se concentrer au niveau du sol.



Figure 3 : Vues des stations de caractérisation équipées de capteurs PurpleAir

À la suite de la campagne de caractérisation et en raison d'un problème d'alimentation électrique du microcapteur installé dans le secteur considéré comme à l'écart des émissions atmosphériques des sites de camping, les concentrations de particules fines mesurées à la station de surveillance du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) situé à Saint-Faustin-Lac-Carré (station 06501) ont

été utilisées pour évaluer la teneur de fond ambiante. La comparaison des concentrations mesurées à cette station aux concentrations mesurées par les microcapteurs dans le Secteur de la Diable, en dehors des heures d'activités des feux de camp, a permis de démontrer que cette station pouvait être considérée comme représentative du secteur de l'étude.

Les instruments de mesure utilisés sont présentés dans la section 2.7. Les résultats de cette campagne de caractérisation sont présentés dans la section 3.

## 2.6. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La station météorologique la plus proche du secteur à l'étude est la station d'Environnement et Changement climatique Canada de Saint-Jovite, située à environ 29 km au sud du secteur de la Diable. Étant donné le fort relief autour du secteur à l'étude, il a été évalué que les mesures réalisées au niveau de cette station ne sont pas nécessairement représentatives des conditions à proximité des sources d'émissions considérées. Il a donc été décidé d'installer une station météorologique près des installations de la Sépaq du Lac Monroe.

La station installée (modèle Davis Vantage Vue) mesurait la température, l'humidité, la pluviométrie ainsi que la vitesse et la direction du vent. Il ne s'agissait cependant pas d'instruments de mesure de référence. Les données obtenues sont donc des mesures indicatives dont la précision est suffisante pour répondre aux objectifs du projet.

La station a été installée le 24 août 2023, à environ 6 m de hauteur, à proximité du centre de découverte du Lac-Monroe, situé à 1,5 km au sud-est du secteur à l'étude, dans une zone la plus dégagée possible, autour du lac Monroe, et la plus représentative du secteur à l'étude.



Figure 4 : Photographie du mât météo installée à proximité du Lac Monroe

## 2.7. INSTRUMENTS DE MESURE

Le tableau 1 résume les différentes techniques analytiques employées pour caractériser l'air ambiant au cours de ce projet.

Tableau 1 : Techniques utilisées pour la caractérisation de l'air ambiant

Instrument de mesure	Contaminants mesurés	Symboles
<b>Laboratoire Mobile</b>		
HAPSITE : Chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse	Composés organiques volatils : famille de composés chimiques formés d'au moins un atome de carbone et d'un atome d'hydrogène que l'on retrouve à l'état gazeux dans des conditions ambiantes de température et de pression	COV
T500U : Analyseur à décalage de phase par cavité optique	Dioxyde d'azote : gaz irritant généré par les processus de combustion	NO <sub>2</sub>
GRIMM EDM-180 : Analyseur à diffraction de lumière	Particules en suspension totales  Particules fines : particules atmosphériques fines d'un diamètre aérodynamique maximal de 2,5 µm.	PST, PM <sub>2,5</sub>
EcoChem PAS 1002i : Analyseur à photo-ionisation	Hydrocarbures aromatiques polycycliques particulaires totaux : composés organiques constitués de deux ou de plusieurs noyaux benzéniques	HAP
<b>Microcapteur</b>		
Microcapteur à comptage optique par laser: PurpleAir	Particules fines : particules atmosphériques fines d'un diamètre aérodynamique maximal de 2,5 µm.	PM <sub>2,5</sub>
<b>Station de référence</b>		
Analyseur à comptage optique à partir d'une source de lumière blanche aux DEL : T640	Particules fines : particules atmosphériques fines d'un diamètre aérodynamique maximal de 2,5 µm.	PM <sub>2,5</sub>

Les prochaines sections décrivent les caractéristiques et le principe de fonctionnement des différents instruments utilisés pour effectuer les analyses de l'air ambiant directement sur le terrain.

### 2.7.1. Chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse

Le chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse du laboratoire mobile est un instrument portable. Il est généralement utilisé pour effectuer des analyses ponctuelles de l'air ambiant dans des endroits moins accessibles par les laboratoires mobiles, par exemple des endroits isolés sans route d'accès ou des espaces clos. Il est principalement employé pour effectuer un balayage de l'air ambiant afin d'identifier la présence de diverses substances chimiques dans l'air. Il peut aussi servir à quantifier divers composés organiques volatils.

Lors d'une analyse, l'air ambiant est aspiré à l'intérieur de l'instrument pendant une période d'une ou de quatre minutes. Une cartouche servant à la concentration des contaminants en tête de colonne, avant leur injection dans le chromatographe, permet à l'instrument de détecter les composés organiques présents dans l'air à des concentrations de l'ordre de la partie par milliard (ppb).

### **2.7.2. Analyseur à décalage de phase par cavité optique**

L'analyseur à décalage de phase par cavité optique est utilisé pour détecter et quantifier en temps réel le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Les limites de détection de cet instrument sont de l'ordre du ppb. L'instrument utilisé est étalonné au besoin et au minimum deux fois par année. Un test au gaz est effectué sur l'appareil minimalement une fois par semaine, pour s'assurer de la justesse de sa réponse.

### **2.7.3. Analyseur à diffraction de lumière**

L'analyseur à diffraction de lumière est utilisé pour mesurer en temps réel la concentration des particules respirables et très fines dont les diamètres sont de 2,5 µm et moins (PM<sub>2,5</sub>) respectivement. Il permet également d'obtenir une estimation de la concentration de particules totales (PST) dans l'air ambiant. Les limites de détection sont de l'ordre du µg/m<sup>3</sup>. L'instrument est étalonné une fois par année, selon les recommandations du fabricant.

### **2.7.4. Analyseur à photo-ionisation**

L'analyseur à photo-ionisation du laboratoire mobile permet d'évaluer en temps réel la concentration totale en hydrocarbures aromatiques polycycliques particulaires (HAP) dans l'air ambiant. La limite de détection de l'instrument est de l'ordre du nanogramme par mètre cube (ng/m<sup>3</sup>). La présence d'HAP dans l'air est généralement associée à la combustion de matières organiques. Le chauffage au bois, les moteurs à combustion et l'incinération sont des sources importantes d'HAP particulaires.

### **2.7.2.5. Microcapteur**

Le microcapteur PurpleAir utilise deux compteurs laser de particules fines en suspension. Les mesures réalisées par les deux lasers sont traitées par le capteur à l'aide d'un algorithme complexe, qui permet de déterminer une concentration équivalente de PM<sub>2,5</sub> en µg/m<sup>3</sup>.

Chaque PurpleAir enregistre sur une mémoire interne les concentrations moyennes sur deux minutes des particules fines mesurées par les deux capteurs de l'appareil. Les mesures de ces deux capteurs sont ensuite comparées entre elles, afin de valider le bon fonctionnement de l'équipement (la différence absolue des deux valeurs doit être plus petite que 70% de leurs moyennes et la magnitude de la différence des deux valeurs doit être plus petite que 5 µg/m<sup>3</sup>).



Par la suite, la moyenne des lectures de ces deux capteurs est corrigée selon la formule de l'US EPA présentée ci-dessous (Karoline K. Barkjohn, 2021)).

$$PM_{2,5_{Cor}} = 0.524 \times PM_{2,5_{AB}} - 0.0862 \times RH + 5.75$$

$PM_{2,5_{Cor}}$ : Concentration corrigée de  $PM_{2,5}$  en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$PM_{2,5_{AB}}$ : Concentration moyenne de  $PM_{2,5}$  rapportée par les capteurs A et B en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

RH: humidité relative en %

Les données corrigées sont alors traitées afin de calculer des concentrations moyennes 10 minutes, 1 heure et 24 heures. Une concentration horaire ou sur 10 minutes est calculée à partir de concentrations 2 minutes rapportées pendant la période indiquée. Ainsi la concentration horaire de 19 h correspond aux mesures rapportées entre 19 h 00 et 19 h 58.

#### **2.7.6. Analyseur à comptage optique à partir d'une source de lumière blanche aux DEL**

La station de référence utilisée pour mesurer la teneur ambiante régionale de particules dans l'air ambiant fait partie du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec. Cette station est équipée d'un analyseur de référence utilisant la technologie de comptage optique à partir d'une source de lumière blanche aux DEL (T640). L'échantillon d'air prélevé par l'instrument est d'abord soumis à la source de lumière, qui catégorise les particules en fonction de leur taille. La différence entre la lumière émise par l'appareil et la lumière réfléchiée par l'échantillon est proportionnelle à la quantité de particules dans l'échantillon d'air, laquelle est ensuite convertie en concentration massique en fonction de chacune des catégories de taille.

### 3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les prochaines sections présentent les conditions météorologiques rencontrées sur le terrain, les observations faites sur le terrain et l'ensemble des résultats obtenus.

#### 3.1. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Les vitesses de vents (moyennes sur 15 minutes), mesurées à la station météorologique de la Sépaq, autour du Lac Monroe, entre le 25 août et le 8 octobre 2023, sont inférieures à 0,5 m/s (vent calme) pendant 82% du temps. Cela confirme que la probabilité est grande pour que les vitesses de vent, près des sources d'émission, soient faibles et variables.

En raison du fort pourcentage de vent calme, la rose des vents présentée ci-dessous a été réalisée en considérant la vitesse et la direction du vent au moment où la vitesse maximale a été enregistrée dans la période de 15 minutes précédant l'heure. En considérant cette statistique, on a alors 34% de vents calmes.

Si on considère seulement les données météorologiques mesurées entre 17 h 45 et 0 h 00, 15 minutes avant l'heure, il y a eu 93 % de vents calmes si on considère les vitesses moyennes et 45 % si on considère les vitesses maximales.

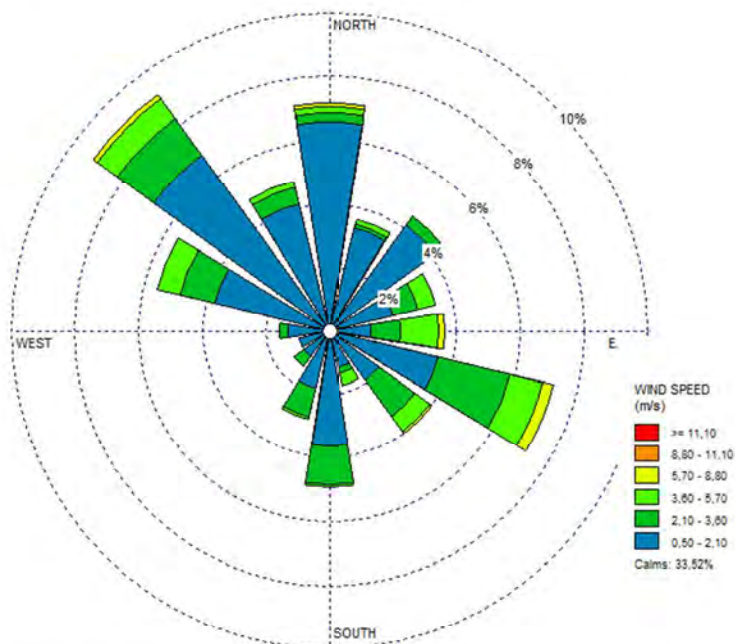


Figure 5 : Vitesses et directions des vents enregistrées lors de vitesses maximales 15 minutes avant l'heure

Les directions de vents dominantes (nord-ouest et est-sud-est) semblent parallèles au sens de la longueur du Lac Monroe dans le secteur à l'étude.

Le graphique ci-dessous présente les données de températures et de pluviométrie mesurées pendant l'étude. L'abondance des précipitations était plutôt faible avant le 6 octobre 2023 et les températures ont été relativement stables.

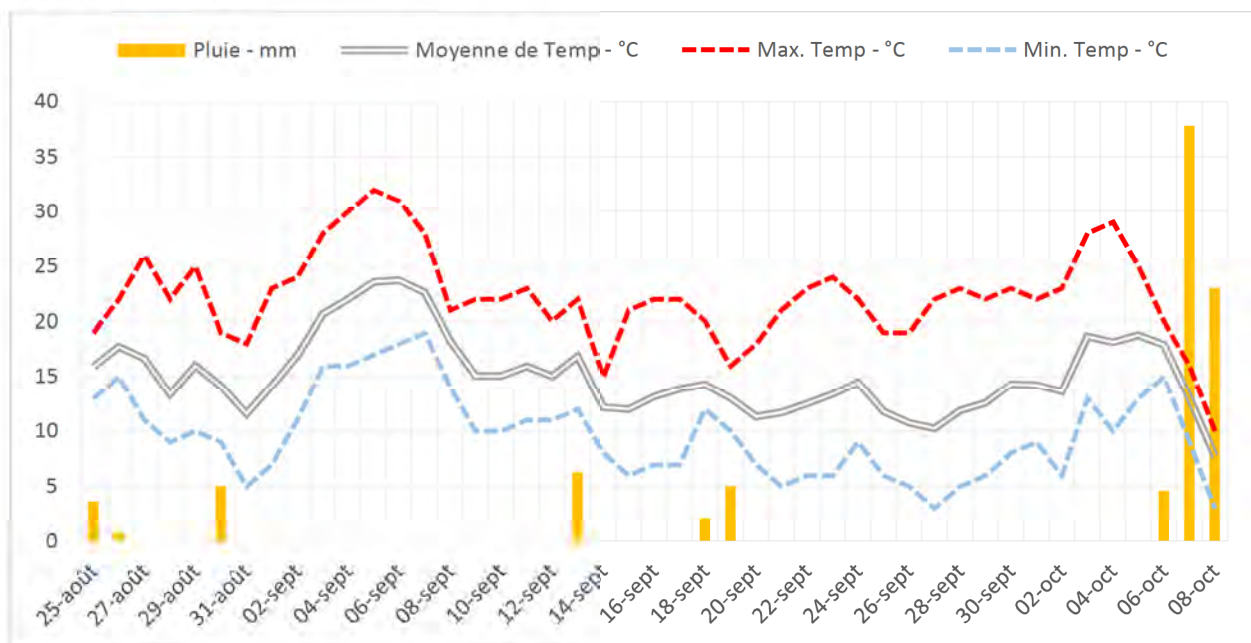


Figure 6 : Conditions météorologiques pendant la période de caractérisation

Lors de la soirée de mesure avec le laboratoire mobile (le 1<sup>er</sup> septembre 2023), les vents ont été calmes toute la soirée, il n'y avait pas eu de précipitation dans les dernières 24 h et les températures en soirée (18 h à minuit) étaient comprises entre 22 °C et 12 °C.

En raison de cette forte prédominance de vents calmes en soirée (et donc l'impossibilité d'établir précisément les directions), les mesures présentées dans les sections suivantes n'ont pas été interprétées en fonction des directions des vents.

### 3.2. CARACTÉRISATION DE L'AIR AMBIANT PAR LABORATOIRE MOBILE

Le 1<sup>er</sup> septembre 2023, le Laboratoire mobile d'expertise en analyse environnementale (LEAE) a été utilisé pour patrouiller les secteurs de camping autour du Lac Monroe et plus particulièrement les campings de l'Ours et du Castor. Lors de la patrouille, le LEAE s'est arrêté pendant quelques minutes à 14 points de mesures différents (figure 8 et tableau 2).

Le LEAE a patrouillé dans ces secteurs en prenant en compte les directions de vents et les observations olfactives. Deux points de mesures sont situés en amont des activités du camping, cinq points ont été choisis en raison de la perception d'odeurs de feux de bois et les autres points ont été retenus en raison de leur position par rapport à des feux visibles ou à la présence d'une zone plus dégagée, propice à la dispersion des fumées.

Le tableau 2 présente les concentrations de contaminants atmosphériques mesurées pendant cette soirée de caractérisation. Les concentrations indiquées sont les moyennes 5 minutes maximales mesurées pendant la période de suivi. Étant donné qu'il est apparu rapidement que les COV n'étaient pas un paramètre d'intérêt (résultats systématiquement sous la limite de détection) leur analyse n'a pas été systématiquement réalisée, afin de maximiser le temps de patrouille et l'étendue de la zone caractérisée.

Durant la soirée de caractérisation, il a été possible de faire le lien entre la perception d'odeurs de feux de bois et l'augmentation des concentrations de particules totales, de particules fines, de dioxyde d'azote et de HAP dans l'air ambiant. Ce soir-là, les concentrations les plus élevées ont été mesurées entre 20 h 00 et 22 h 30, autour du bloc sanitaire Nord (points 6, 7 et 11).

Lors de ces patrouilles, il a été possible de constater que les mesures réalisées variaient significativement dès que le laboratoire mobile était situé en aval des feux de bois et que l'amplitude des concentrations maximales mesurées était relativement similaire tout le long de la soirée aux différents points de mesures comparables. Il a aussi été constaté que les blocs sanitaires semblaient être des secteurs représentatifs des concentrations généralement mesurées dans les sentiers environnants.

Les travaux de caractérisation réalisés ont aussi permis de constater que les particules émises par les feux de camp et mesurées dans l'air ambiant par le LEAE sont majoritairement des particules fines (81% des particules totales mesurées lors de la présence d'odeurs de feux de bois contre 40% en amont).

Les concentrations mesurées par les microcapteurs pendant cette soirée de caractérisation sont présentées à la figure 7. Les concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur que les mesures réalisées avec le LEAE bien que parfois un peu plus élevées. Cela confirme aussi que le secteur Nord était le secteur le plus impacté par les feux de camp durant cette soirée.

Ce travail de caractérisation a donc permis de vérifier que l'utilisation d'instruments de mesure en continu des particules fines près des blocs sanitaires semblait être une stratégie valable pour évaluer l'exposition indirecte des usagers aux fumées des feux de camp.

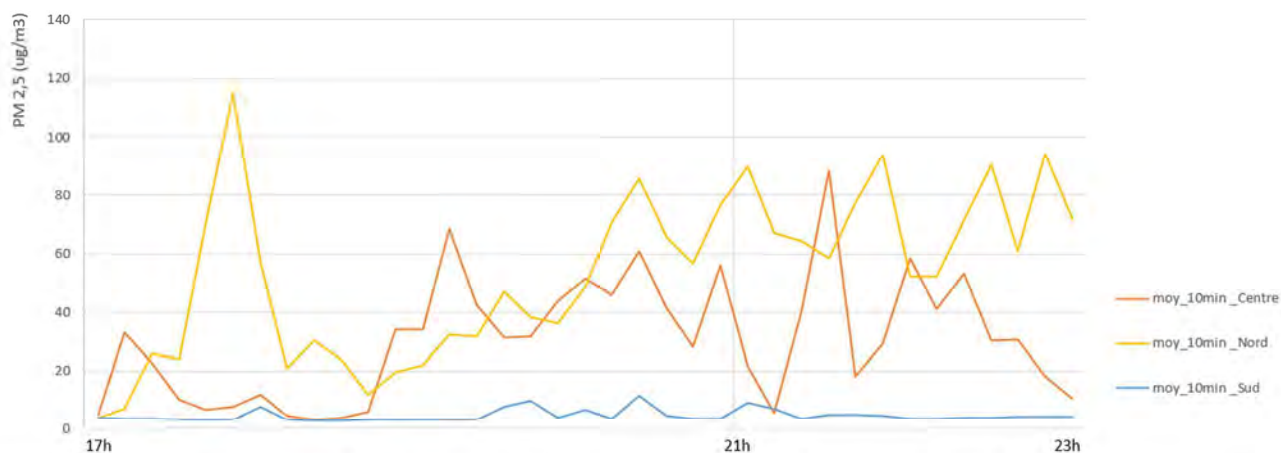


Figure 7 : Concentrations de  $PM_{2,5}$  mesurées à l'aide de microcapteurs le 1<sup>er</sup> septembre 2023 aux blocs sanitaires

Finalement bien que les concentrations maximales mesurées et les odeurs perçues soient inférieures aux mesures réalisées en 2009 (CEAEQ, 2009), les concentrations mesurées lors de la présence d'odeurs de feux de camp sont du même ordre de grandeur et les observations réalisées sont similaires (prédominance de particules fines entre autres).



Figure 8 : Localisation des points de mesure retenus pour les travaux de caractérisation avec le LEAE

Tableau 2 : Résultats de la caractérisation de l'air ambiant réalisée avec le LEAE – 1<sup>er</sup> septembre 2023 – Secteur du Lac Montrose

Heure	Pl. #	Localisation	DegC	mbar	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	Amont
18h17	1	Centre location	22	985	0,003	11	4	4	4	---
19h15	2	Bloc Sanitaire Centre	17	985	0,003	11	5	3	3	Quelques feux observés en faisant la tournée autour des blocs sanitaires Nord et Centre, vent nul, pas d'odeur et dispersion vers le haut.
19h38	3	Camping de l'Ours - site 26	16	985	0,003	12	6	4	4	Autour du bloc sanitaire Sud puis au bord du lac, quelques feux visibles mais aucun dans le secteur des prêts à camper, vent nul, pas d'odeur, dispersion vers le haut et vers lac.
20h09	4	Camping La Bacagrole - site 32,5	16	985	0,9	48	39	13	13	Pointe face au camping Le Castor, trois feux en amont (50m environ), fumée visible qui se disperse bien vers le haut et très légèrement vers le lac. Odeur de feux de bois.
20h31	5	Centre de découverte	16	985	0,003	13	6	4	4	Pas d'odeur face au camping de la grenouille, grand stationnement sans feu.
20h40	6	Camping Le Castor - site 77,5	15	985	1,2	60	49	23	23	Légère odeur, quelques feux dans le secteur autour du bloc sanitaire Nord.
20h55	7	Bloc sanitaire Nord	14	985	1,9	80	67	29	29	Légère odeur, quelques feux dans le secteur autour du bloc sanitaire Nord.
21h29	8	Camping de l'Ours - site 23,5	14	984	0,4	33	21	8	8	Pas d'odeur, trois feux dans le secteur des prêts à camper.
21h36	9	Bloc sanitaire Sud	14	984	0,06	25	14	2	2	Pas d'odeur, pas de feu visible autour du bloc sanitaire Sud.
21h46	10	Camping de l'Ours site 46	14	984	0,9	50	39	13	13	Pas d'odeur pas de feu visible,
22h05	11	Bloc sanitaire Nord - site 87	13	984	1,1	76	65	25	25	Légère odeur, quelques feux dans le secteur autour du bloc sanitaire Nord.
22h15	12	Camping Le Castor 28,5	13	984	1,7	60	47	19	19	Légère odeur, quelques feux dans le secteur.
22h32	13	Bloc sanitaire Centre	13	984	0,09	31	20	6	6	Pas d'odeur, pas de feu visible.
22h45	14	Poste de patrouille	13	984	0,006	13	8	3	3	Fin des mesures au poste de patrouille - Amont.

Paramètre	Légende
T <sup>Ext</sup>	Température extérieure
P	Pression atmosphérique
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
PST	Particules totales
PM <sub>2,5</sub>	Particules <2,5µm
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
COV	Composés organiques volatils

### 3.3. CARACTÉRISATION DES PARTICULES FINES DANS L'AIR AMBIANT EN CONTINU

Afin de documenter l'impact de feux de camp sur la qualité de l'air ambiant à l'échelle d'un secteur de camping et sur une durée de plusieurs semaines, trois microcapteurs de type PurpleAir ont été installés aux blocs sanitaires Nord, Centre et Sud du secteur à l'étude (figures 2 et 8).

Lors de l'analyse des données 10 minutes, il a été décidé d'invalider quatre périodes de données en raison d'incohérence par rapport à la problématique à l'étude. En effet lors de ces périodes des pics de concentrations ont été mesurés (entre 102 et 298  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur de très courtes périodes (environ 10 min) hors des heures habituelles des feux de camp (6 h 10, 9 h 40, 16 h 30 et 17 h 45) et les concentrations immédiatement avant et après ces pics étaient similaires au bruit de fond habituel (environ 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ces événements ne semblent donc pas représentatifs de la problématique à l'étude.

À partir de la moitié du mois de septembre, les microcapteurs ont parfois manqué de batterie entre 22 h 00 et 8 h 00 en raison de leur mode d'alimentation par panneaux solaires. Il a été évalué que ce n'était pas problématique en raison de la plage horaire concernée et de la problématique à l'étude.

#### 3.3.1. Concentrations horaires

Afin d'évaluer la variation des concentrations de particules fines dans l'air ambiant dans le secteur à l'étude, les concentrations horaires de particules fines mesurées aux trois stations ont été comparées graphiquement ainsi que les taux d'occupation du secteur et la pluviométrie (figure 9). Cette comparaison graphique permet de constater que :

- Les concentrations mesurées à la station Centre sont généralement supérieures aux concentrations mesurées aux stations Sud et Nord ;
- Des pics de concentrations sont observés régulièrement à toutes les stations et ces pics sont significatifs en comparaison au bruit de fond ;
- Les pics de concentrations observés semblent concorder avec l'augmentation du taux d'occupation ;
- L'amplitude des pics de concentration et la localisation de la station où sont observées les concentrations maximales sont significativement différentes d'une fin de semaine à l'autre même si le taux d'occupation est identique et que les vents demeurent calmes ce qui témoigne de la forte variabilité des mesures et de la difficulté de prévoir l'amplitude de ces pics;
- Les précipitations semblent avoir un effet immédiat sur la baisse des concentrations mesurées en raison probablement de la baisse du nombre de feux, la diminution de l'intensité des feux et le rabattement des particules au sol, mais à ce stade, il n'est pas possible d'en tirer des conclusions sur des tendances à moyen terme.

Les figures 10, 11 et 12 présentent les concentrations mesurées pour chaque station et identifient les pics horaires supérieurs à 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quatorze pics de concentration supérieurs à 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été identifiés à la station Centre, six à la station Sud et quatre à la station Nord. Ces pics ont eu lieu majoritairement la fin de semaine entre 19 h 00 et 21 h 00. Les pics à la station Nord ont tous lieux avant le 4 septembre et les pics à la station Sud ont tous lieux après le 4 septembre. Cela semble lié à une augmentation des vents provenant

du Nord après cette date et cela pourrait indiquer qu'il y a une certaine mobilité des particules fines d'un sous-secteur à l'autre malgré la prédominance de vents calmes en soirée.



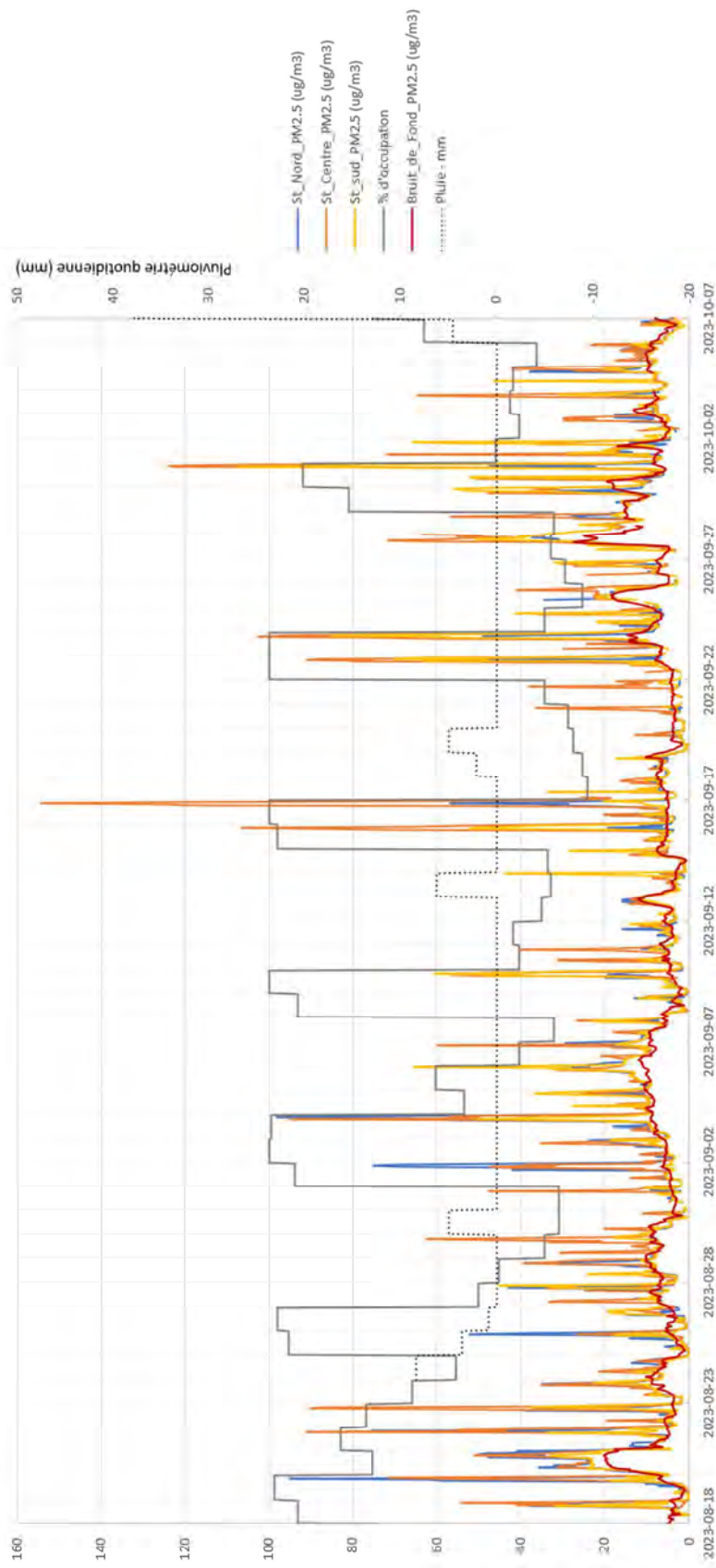


Figure 9 : Concentrations horaires de PM<sub>2,5</sub> en comparaison au taux d'occupation et à la pluviométrie

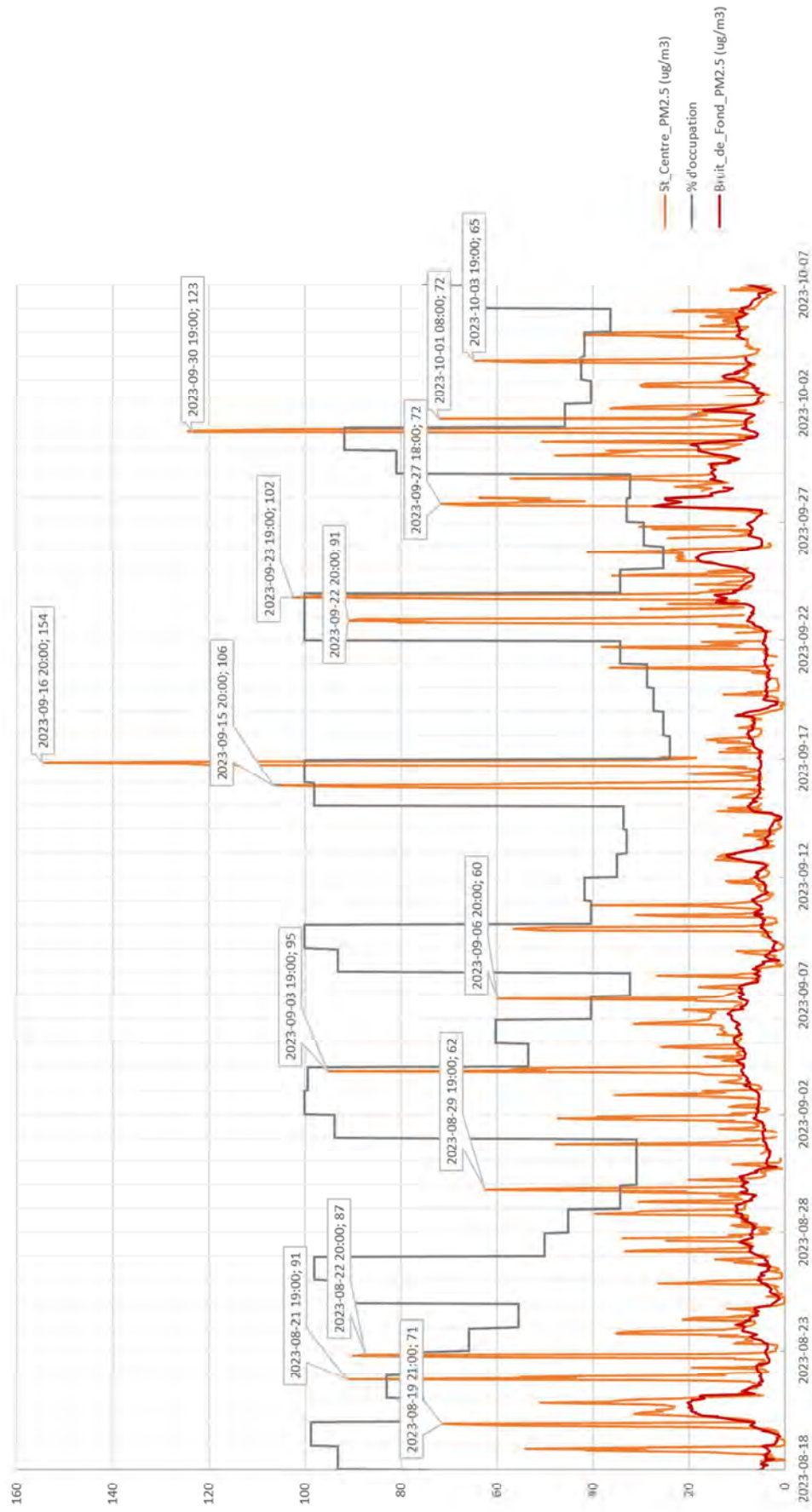


Figure 10 : Concentrations horaires de  $\text{PM}_{2.5}$  à la station Centre

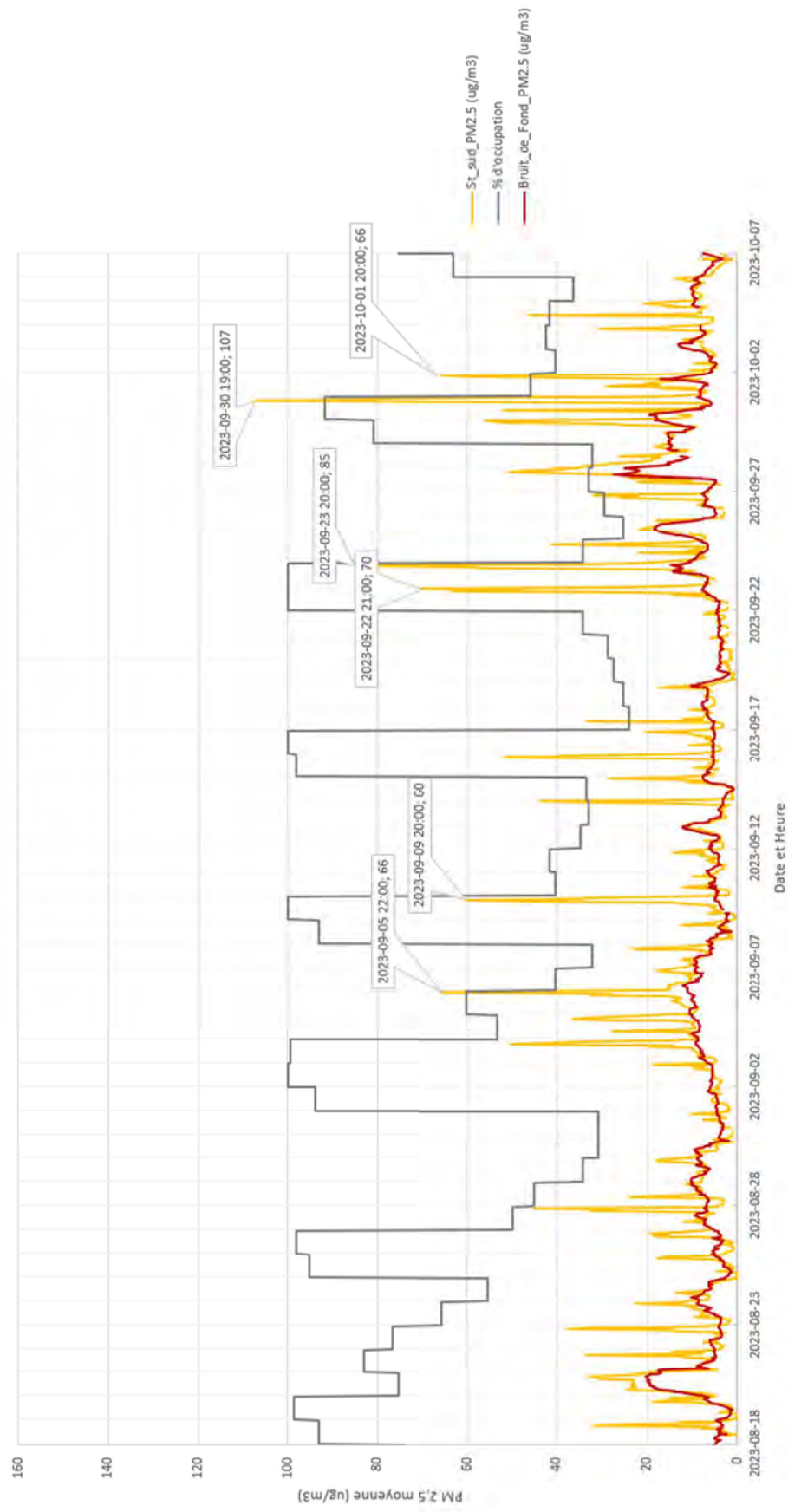


Figure 11 : Concentrations horaires de PM<sub>2.5</sub> à la station Sud

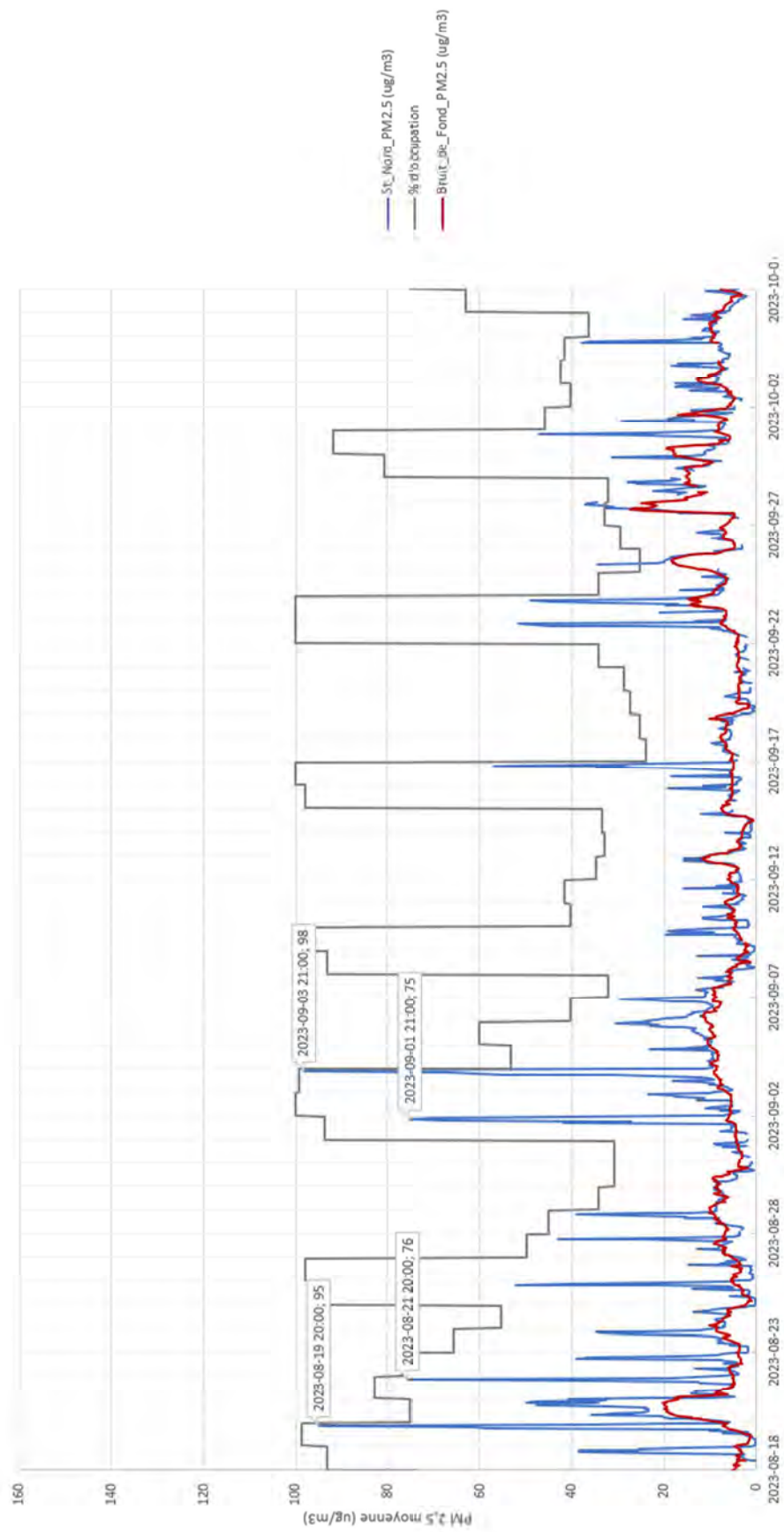


Figure 12 : Concentrations horaires de PM<sub>2.5</sub> à la station Nord

### 3.3.2. Concentrations 10 minutes

Après avoir identifié les heures où les récepteurs sont le plus susceptible d'être exposés à des concentrations élevées de particules fines sur une courte période et après avoir constaté les variations d'amplitudes des concentrations horaires en fonction des stations et des fins de semaine, les concentrations 10 minutes ont été analysées en regroupant les données allant du vendredi midi (J1-12) au lundi midi (J4-12). Les concentrations présentées sont les concentrations moyennes, maximales et le 90e percentile, calculées pour l'heure précédente à partir de sept fins de semaine de données disponibles.

Par exemple si on analyse sur le graphique présenté (figure 13) les données disponibles pour la station Centre le samedi (J2) à 21 h :

- La concentration maximale 10 minutes mesurée entre 20 h et 21 h durant ces 7 fins de semaine est de  $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- Le 90e percentile des moyennes 10 minutes mesurées entre 20 h et 21 h durant ces 7 fins de semaine est de  $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- La concentration moyenne mesurée entre 20 h et 21 h durant ces 7 fins de semaine est de  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ces graphiques permettent de constater que :

- Il y a des pics de concentrations de particules fines aux trois stations de mesure le vendredi le samedi et le dimanche soir ainsi que le samedi et dimanche matin dans une moindre mesure ;
- L'amplitude de ces pics est plus importante à la station Centre qu'aux stations Nord et Sud ;
- La durée de ces pics en soirée est relativement similaire (généralement entre 17 h 30 et 23 h 30) quelle que soit la journée et la station ;
- Il y a une différence importante entre les concentrations 10 minutes maximales ou les 90e percentiles mesurés et les concentrations moyennes. Cela indique qu'il y a une forte variabilité des concentrations mesurées au cours de la période ciblée.

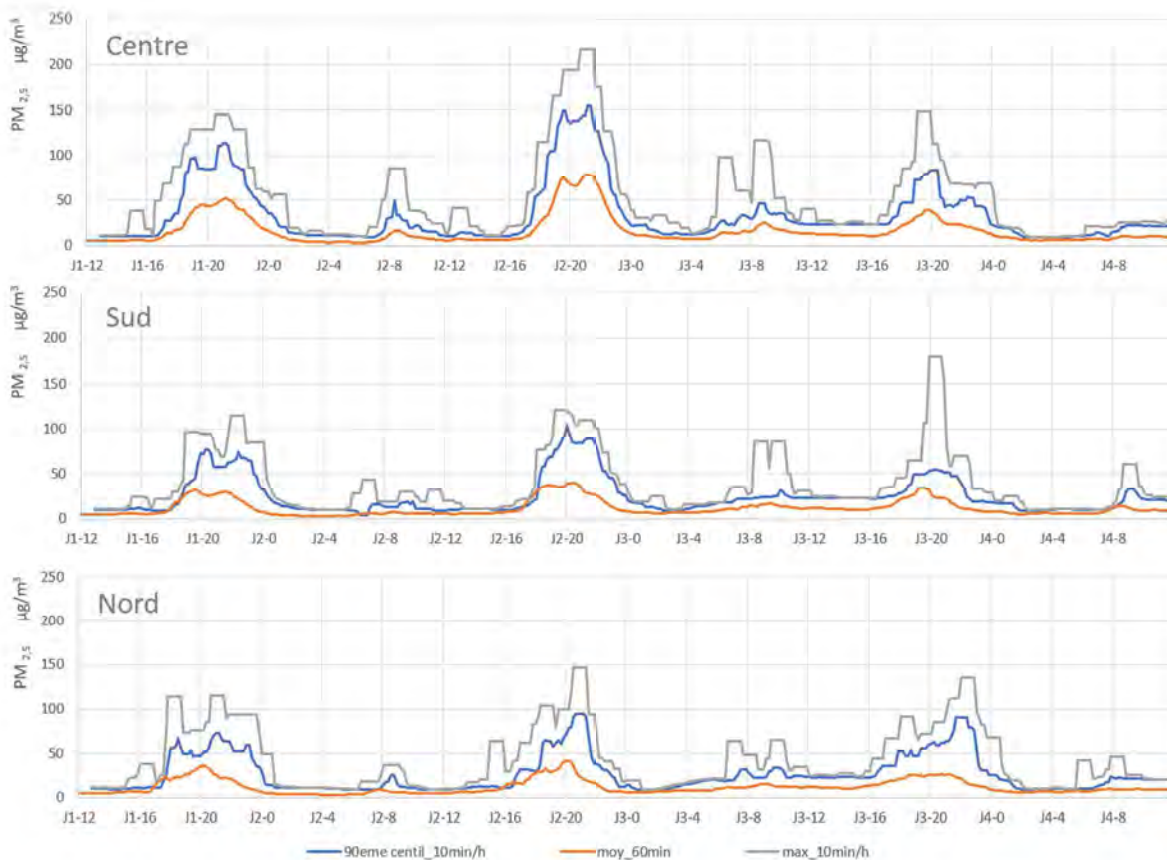


Figure 13 : Concentrations horaires et 10 minutes de  $PM_{2,5}$  en  $\mu g/m^3$  mesurées du vendredi (J1) au lundi (J4)

### 3.3.3. Concentrations 24 heures

En plus de l'effet des feux de camp sur les concentrations horaires et 10 minutes de particules fines dans l'air ambiant, il a été possible de mesurer leurs effets sur les concentrations moyennes calculées sur 24 h. La norme 24 h de  $30 \mu g/m^3$ , du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère du MELCCFP, a été utilisée pour référence.

Lors des journées avec plus de 70 % de données disponibles (respectivement 43, 44 et 49 journées aux stations Nord Centre et Sud), les concentrations moyennes de  $PM_{2,5}$  sur 24 heures ont dépassé 3 fois la concentration de  $30 \mu g/m^3$ . Ces dépassements (figure 14) ont toujours eu lieu à la station Centre lorsque le taux d'occupation était compris entre 90 et 100%. La concentration 24 h maximale ( $38 \mu g/m^3$ ) a été mesurée le 16 septembre, le même jour où la concentration horaire maximale a été mesurée.

Étant donné que le bruit de fond mesuré est similaire aux mesures réalisées hors des périodes d'activité des feux de camp (voir la figure 9) il est possible de faire l'hypothèse que seuls les feux de camp sont une source contributive supplémentaire aux particules fines dans l'air ambiant localement, au moment où les mesures ont été effectuées. La contribution de cette source de  $PM_{2,5}$  aux concentrations moyennes 24 h a pu être évaluée en soustrayant le bruit de fond mesuré mesurée à la station de St-Faustin de la concentration mesurée aux stations Nord, Centre et Sud. La figure 15 permet de constater qu'en dehors du 16 septembre les dépassements constatés sont partiellement dus à la contribution du bruit de fond.

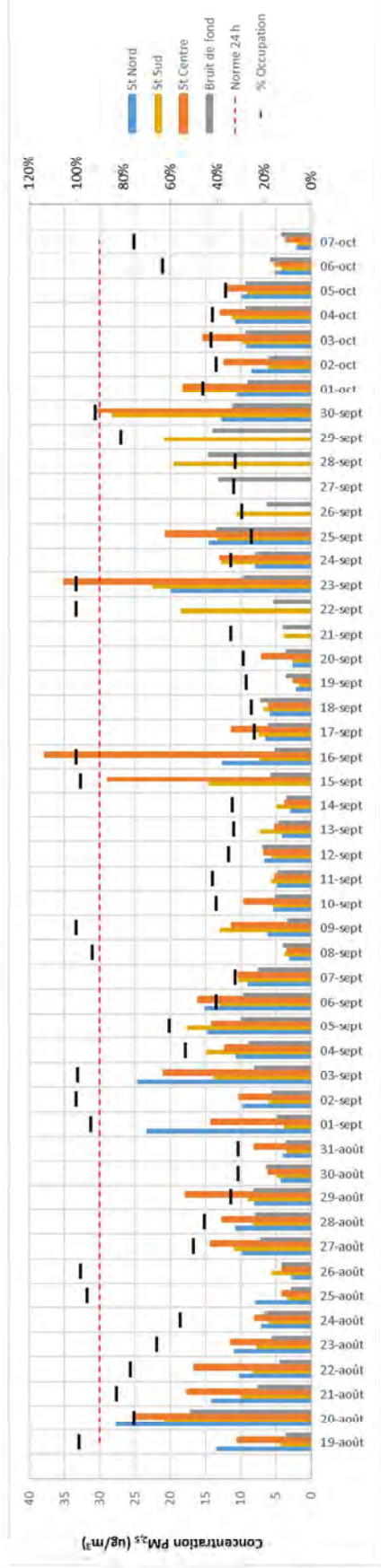


Figure 14 : Concentration de  $PM_{2.5}$  24 h mesurée aux trois blocs sanitaires en comparaison au bruit de fond et au taux d'occupation

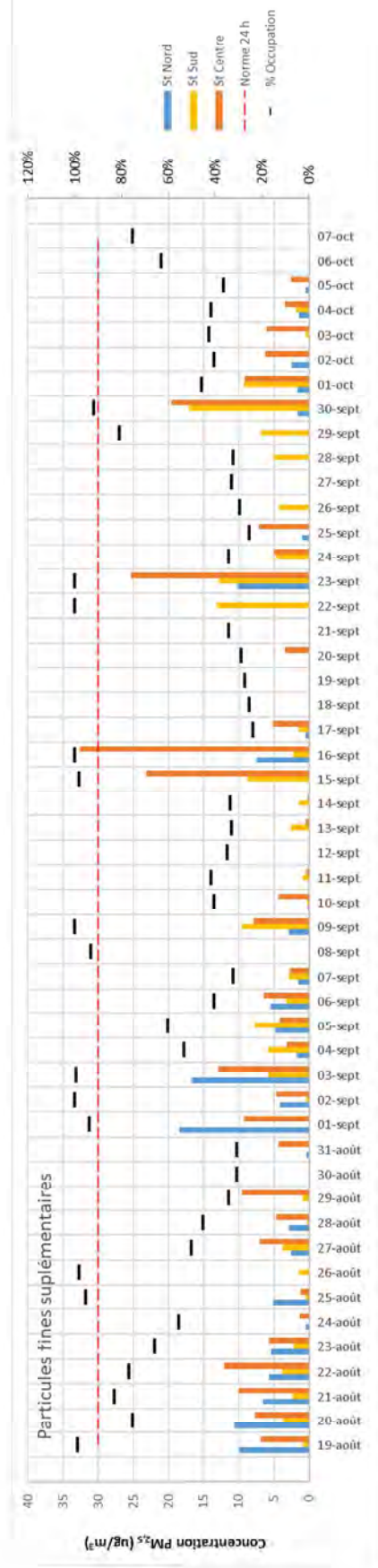


Figure 15 : Concentration de  $PM_{2.5}$  24 h mesurée aux trois blocs sanitaires après soustraction bruit de fond

## 4. CONCLUSION

En 2023, la Sépaq a mandaté la Division des études de terrain (DÉT) de la Direction des expertises et des études (DEÉ) du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) pour réaliser des mesures de la qualité de l'air ambiant dans un camping du secteur de la Diable au Parc national du Mont-Tremblant. La DÉT, spécialisée dans l'évaluation des problématiques environnementales et la mesure *in situ* des contaminants émis dans l'environnement, avait déjà mené en 2009 une étude exploratoire pour la Sépaq au Parc national de la Yamaska (CEAEQ, 2009).

Les objectifs de l'étude, menée par la DÉT en 2023, étaient de réaliser une campagne de caractérisation supplémentaire afin de compléter les données disponibles en prolongeant entre autres la période de caractérisation par rapport à l'étude de 2009. L'étude devait aussi permettre de mettre en place un protocole de mesure fiable et efficace afin d'établir une base commune aux différentes études qui pourraient être réalisées dans les années subséquentes.

Il a alors été décidé de mener deux campagnes de caractérisation en parallèle, afin de faire un lien entre les différents résultats disponibles. La première stratégie a consisté à réaliser une soirée de caractérisation avec un laboratoire mobile pour obtenir des données sur un plus grand nombre de paramètres à des points de mesure plus variés alors que la seconde stratégie a consisté à utiliser des microcapteurs en considérant trois points de mesure, sur une plus longue durée (50 jours) et un seul paramètre : les  $PM_{2,5}$ .

Les résultats de la caractérisation de la qualité de l'air ambiant, effectuée avec un laboratoire mobile du CEAEQ, ont permis de confirmer les résultats et les observations de la campagne réalisée en 2009 et de valider les emplacements des microcapteurs installés. Lors de ces travaux de caractérisation, il a été possible de faire le lien entre la perception d'odeurs de feux de bois et l'augmentation des concentrations de particules totales, de particules fines, de dioxyde d'azote et d'HAP dans l'air ambiant. Il a aussi été constaté que la majorité des particules émises dans l'air ambiant par les feux de camp sont des particules fines (les  $PM_{2,5}$  représentent 81% des particules totales mesurées lors de la présence d'odeur de feux de bois contre 40% en amont). Finalement, cela a permis de constater que les blocs sanitaires semblaient être des secteurs représentatifs des concentrations généralement mesurées dans les sentiers environnants et, donc, que l'installation de microcapteurs à ces emplacements était un bon moyen d'évaluer l'exposition indirecte à la source étudiée (les émissions d'un ensemble de feux de camp).

Les résultats des mesures réalisées avec des microcapteurs aux trois stations de caractérisation entre le 18 août 2023 et le 7 octobre 2023 ont permis de constater que des pics de concentrations sont observés régulièrement à toutes les stations et que la hauteur de ces pics augmente avec l'augmentation du taux d'occupation. Bien que l'amplitude des pics observés varie significativement d'une journée à l'autre, ils sont une durée relativement similaire (généralement entre 17 h 30 et 23 h 30) et les concentrations maximales sont généralement mesurées entre 19 h et 21 h.

Lors des journées avec plus de 70% de données disponibles, les concentrations moyennes de  $PM_{2,5}$  ont dépassé trois fois la concentration de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ces dépassements ont tous eu lieu à la station Centre lorsque



le taux d'occupation était compris entre 90 et 100%. La concentration 24 h maximale ( $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été mesurée le 16 septembre 2023, le même jour que la concentration horaire maximale mesurée ( $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Finalement en plus de dresser un meilleur portrait des impacts des feux de camp sur la qualité de l'air ambiant, les informations présentées dans ce rapport permettent de démontrer que l'utilisation de microcapteurs est une stratégie adaptée à l'étude de cette problématique et que leur utilisation dans des secteurs de camping avec des profils (ou dans des contextes) différents permettrait de compléter l'information disponible.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

CEAEQ, 2009. Caractérisation préliminaire de l'air ambiant dans un camping - Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs; 64 p. et Annexes.

Fort Air Partnership, 2022. Fine Particulate Monitoring Project - Elk Island National Park Campground. Summary of Results; consulté en ligne le 2024-03-31:

[https://www.fortair.org/wp-content/uploads/2023/02/FAP-Elk-Island-Project-Summary\\_October-2022.pdf](https://www.fortair.org/wp-content/uploads/2023/02/FAP-Elk-Island-Project-Summary_October-2022.pdf)

Marc A. Villard, Gabrielle Grenier, 2023. Effet des feux de camp sur les écosystèmes et la santé humaine dans les parcs nationaux – Revue de littérature – Sépaq; 19 p.

Karoline K. Barkjohn, Brett Gantt, and Andrea L. Clements, 2021. Development and application of a United States-wide correction for PM<sub>2.5</sub> data collected with the PurpleAir sensor - Atmospheric Measurement Techniques; Vol 14.; p. 4617–4637 – consulté en ligne le 2024-03-31:

<https://amt.copernicus.org/articles/14/4617/2021/amt-14-4617-2021.pdf>