

# Evaluation de la qualité de l'air sur la Communauté de Communes Val de Gray

Rapport final

2023-2024



Atmo Bourgogne-Franche-Comté est l'association agréée par le Ministère en charge de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en région Bourgogne-Franche-Comté. Elle a pour principales missions :

Décliner et mettre en œuvre la stratégie de surveillance de la qualité de l'air de l'État français. Cela consiste en grande partie à produire des données (mesures, données d'émissions et de modélisation) qui répondent aux attentes qualitatives et quantitatives de l'Union Européenne ;

Prévoir les pics de pollution et diffuser l'information et les recommandations sanitaires ;

Sensibiliser la population et les décideurs aux enjeux sanitaires liés à la qualité de l'air ;

Réaliser des études prospectives dans le domaine de l'air (nouveaux polluants, nouvelles sources, nouvelles expositions...);

Réaliser des diagnostics et des prospectives pour aider à la décision à court, moyen et long terme ;

Accompagner les acteurs locaux pour atteindre le respect des normes en vigueur.

## **Conditions d'utilisation du rapport**

La diffusion ou la réutilisation des données est libre dans les conditions suivantes :

Les données contenues dans ce document restent la propriété d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté. Toute utilisation partielle ou totale doit faire référence à Atmo Bourgogne-Franche-Comté et au présent rapport ;

Le rapport ne sera pas forcément rediffusé en cas de modification ultérieure. En cas de remarques ou questions, prenez contact avec Atmo Bourgogne-Franche-Comté ;

Sur demande, Atmo Bourgogne-Franche-Comté met à disposition les caractéristiques techniques des mesures et les méthodes d'exploitation des données.

Rédaction du rapport : Karine LEFEVRE, Chargée d'études

Validation du document : Anaïs Detournay, Responsable service Etudes

Crédit visuels : © Antoine Bardelli – Atmo BFC

# Sommaire

<b>Résumé .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Contexte et objectif .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Composés ciblés par l'étude.....</b>	<b>8</b>
2.1. Les oxydes d'azote (NOx) .....	8
2.1.1. Sources .....	8
2.1.2. Impact sur la santé.....	9
2.1.3. Impact sur l'environnement.....	9
2.1.4. Réglementation.....	9
2.2. Les particules atmosphériques (PM) .....	10
2.2.1. Sources .....	10
2.2.2. Impact sur la santé.....	11
2.2.3. Impact sur l'environnement.....	12
2.2.4. Réglementation.....	12
2.3. L'ozone (O <sub>3</sub> ) .....	13
2.3.1. Source .....	13
2.3.2. Impact sur la santé.....	13
2.3.3. Impact sur la végétation .....	13
2.3.4. Réglementation.....	14
<b>3. Stratégie de mesure .....</b>	<b>15</b>
3.1. Stratégie spatiale .....	15
3.2. Stratégie temporelle.....	17
3.3. Moyens de mesure.....	17
3.4. Exploitation des résultats.....	17
<b>4. Données météorologiques .....</b>	<b>18</b>
4.1. Série estivale.....	18
4.2. Série hivernale.....	19
<b>5. Résultats.....</b>	<b>20</b>
5.1. Oxydes d'azote (NOx) .....	20
5.1.1. Comparaison aux seuils réglementaires .....	20
5.1.2. Rapport NO/NO <sub>2</sub> .....	21
5.1.3. Evolution des concentrations sur la période d'étude .....	22
5.1.3.1 Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> .....	22

5.1.3.2	Monoxyde d'azote NO .....	24
5.1.4.	Analyse du profil journalier horaire .....	25
5.1.4.1	NO <sub>2</sub> .....	25
5.1.4.2	NO .....	26
5.2.	Les particules .....	28
5.2.1.	Comparaison aux seuils réglementaires .....	28
5.2.1.1	Particules PM10.....	28
5.2.1.2	Particules PM2,5.....	29
5.2.2.	Evolution des concentrations sur la période d'étude .....	30
5.2.2.1	Les particules PM10.....	30
5.2.2.2	Les particules PM2,5.....	32
5.2.3.	Analyse du profil journalier horaire .....	34
5.2.3.1	Particules PM10.....	34
5.2.3.2	Particules PM2,5.....	36
5.3.	L'ozone (O <sub>3</sub> ) .....	37
5.3.1.	Comparaison aux seuils réglementaires. ....	37
5.3.2.	Evolution des concentrations sur la période d'étude .....	39
5.3.3.	Analyse du profil journalier horaire .....	40
<b>Conclusion</b>	.....	<b>41</b>
<b>Annexes</b>	.....	<b>42</b>
Annexe 1 :	Fiche polluant les oxydes d'azote .....	42
Annexe 2 :	Fiche polluant les particules en suspension.....	43
Annexe 3 :	Fiche polluant l'ozone .....	44
<b>Glossaire</b>	.....	<b>45</b>

# Tables des illustrations

Tableau 1 : Seuils réglementaires s'appliquant au dioxyde d'azote .....	9
Tableau 2 : Seuils réglementaires s'appliquant aux particules.....	12
Tableau 3 : Seuils réglementaires s'appliquant à l'ozone .....	14
Tableau 4 : Stations du réseau Atmo-BFC utilisées pour la comparaison.....	17
Figure 1 : Emissions de NOx par secteur sur la CCVG.....	9
Figure 2 : Classement des particules par granulométrie .....	10
Figure 3 : Emissions de PM10 et PM2,5 par secteur sur la CCVG .....	11
Figure 4 : Schéma relatif à la pénétration des particules dans l'organisme .....	11
Figure 5 : Schéma relatif à la formation de l'ozone.....	13
Figure 6 : Stations de mesure installées le long de la D67, à Venère (à gauche) et sur le stade de Gray (à droite).....	16
Figure 7 : Données météorologiques durant la campagne de mesure estivale .....	18
Figure 8 : Rose des vents à Chargey.....	18
Figure 9 : Données météorologiques durant la campagne de mesure hivernale .....	19
Figure 10 : Rose des vents à Chargey .....	19
Figure 11 : Niveaux moyens en NO <sub>2</sub> pendant la campagne de mesure .....	20
Figure 12 : Rapport NO/NO <sub>2</sub> .....	21
Figure 13 : Evolution de la concentration journalière en NO <sub>2</sub> durant la période estivale .....	22
Figure 14 : Evolution de la concentration journalière en NO <sub>2</sub> durant la période hivernale .....	23
Figure 15 : Nombre de jour de dépassement des recommandations de l'OMS .....	23
Figure 16 : Evolution de la concentration journalière en NO durant la période estivale .....	24
Figure 17 : Evolution de la concentration journalière en NO durant la période hivernale.....	24
Figure 18 Profil journalier horaire en NO <sub>2</sub> durant la période estivale.....	25
Figure 19 : Profil journalier horaire en NO <sub>2</sub> durant la période hivernale.....	25
Figure 20 : Profil journalier horaire en NO durant la période estivale.....	26
Figure 21 : Profil journalier horaire en N durant la période estivale .....	27
Figure 22 : Données générales en PM10 comparées aux seuils réglementaires durant la campagne de mesures.....	28
Figure 23 : Données générales en PM2,5 durant la campagne de mesures .....	29
Figure 24 : Evolution des concentrations journalières en PM10 durant la série estivale .....	30
Figure 25 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur la série hivernale .....	31
Figure 26 : Schéma représentant une inversion thermique (Atmo BFC).....	32
Figure 27 : Evolution des concentrations journalières en PM2,5 durant la série estivale .....	32
Figure 28 : Evolution des concentrations journalières en PM2,5 durant la série hivernale .....	33
Figure 29 : Rose des pollutions sur le secteur de Gray pour les PM10 et les PM2,5 .....	34
Figure 30 : Profil journalier horaire en PM10 durant la période estivale .....	34
Figure 31 : Profil journalier horaire en PM10 durant la période hivernale.....	35
Figure 32 : Profil journalier horaire en PM2,5 durant la série estivale .....	36
Figure 33 : Profil journalier horaire en PM2,5 durant la série hivernale.....	36
Figure 34 : Niveaux moyens journaliers en O <sub>3</sub> .....	37
Figure 35 : Nombre de dépassement de la valeur cible.....	38
Figure 36 : Evolution des concentrations en O <sub>3</sub> avec une mise en parallèle des températures moyennes journalières.....	39
Figure 37 : Profil journalier horaire .....	40

## Résumé

La Communauté de communes Val de Gray (CCVG) a fait appel aux compétences d'Atmo BFC pour réaliser une campagne de mesure de la qualité de l'air. L'objectif de cette campagne est d'évaluer la qualité de l'air sur le territoire, mais également d'alimenter le volet diagnostic sur la qualité de l'air du Plan Climat-Air-Energie Territorial (PCAET), en cours de rédaction par la communauté de communes.

Pour répondre à ces objectifs, deux sites d'études ont été sélectionnés. Le premier a été positionné à Gray afin d'évaluer l'exposition de la population en milieu urbain. Le second, implanté à Venère de typologie rurale sous influence trafic, a été choisi afin d'étudier les teneurs maximales auxquelles la population résidant près d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée.

**Deux séries de mesures ont été réalisées afin d'étudier l'influence des variations saisonnières : la première, en période estivale (de mi-juin à mi-septembre 2023), la seconde, en période hivernale (décembre 2023 à avril 2024).**

Plusieurs polluants ont été mesurés au cours de cette campagne : les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), les particules ( $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ ) et l'ozone ( $\text{O}_3$ ). Les concentrations de ces polluants ont été comparées aux seuils réglementaires en vigueur et aux recommandations de l'OMS pour la santé, mais également aux concentrations des autres stations du réseau de mesures fixes d'Atmo BFC.

Les conditions météorologiques n'ont pas été particulièrement favorables à l'accumulation des polluants aussi bien en période estivale qu'hivernale.

**En ce qui concerne le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), marqueur du trafic routier**, Gray présente les niveaux les plus faibles. Venère présente des niveaux plus élevés, en lien avec la présence de la RD 67 qui traverse la commune et relie Gray à Besançon. Pour ces 2 stations, les niveaux restent conformes aux valeurs réglementaires en vigueur. La station de Gray dépasse 1 jour les recommandations de l'OMS en moyenne journalière et celle de Venère, 3 jours. Pour la station de Venère, une hausse des concentrations est enregistrée en début de matinée et en fin de journée liée aux déplacements locaux Domicile ↔ Travail.

**Concernant les particules  $\text{PM}_{10}$ , polluant émis majoritairement sur le territoire de Val de Gray par l'agriculture (44%) et le résidentiel (34%)**, les niveaux les plus élevés sont observés en période hivernale en lien avec le chauffage résidentiel et les conditions météorologiques plus favorables à leur accumulation. Pour les deux stations, les niveaux restent conformes en moyenne annuelle à la valeur réglementaire en vigueur et à la recommandation de l'OMS. La station de Gray présente des niveaux plus élevés que la station de Venère et supérieurs à la station de Vesoul.

**Concernant les particules  $\text{PM}_{2,5}$ , polluant émis majoritairement sur le territoire du Val de Gray par le résidentiel (58%)**, seule la station de Gray a été instrumentée. Les niveaux sont conformes en moyenne annuelle à la valeur réglementaire en vigueur. Ils sont supérieurs à la

recommandation de l'OMS aussi bien en moyenne annuelle qu'en moyenne journalière. **La station de Gray présente des niveaux plus élevés que la station de Vesoul** aussi bien en moyenne qu'en maximum journalier. **Ces niveaux plus élevés proviennent de sources locales et semblent liés d'après le profil journalier au chauffage domestique. Il est toutefois difficile de déterminer avec certitude les causes de cette situation.** Ces dépassements des seuils OMS représentent un risque pour la santé des habitants pour une exposition à long terme. En effet, les particules fines peuvent pénétrer le système respiratoire. Plus elles sont fines, plus elles se logent profondément et contribuent au développement de pathologies. **Selon l'INERIS, l'ensemble du territoire français est exposé à des dépassements de ces nouvelles recommandations de l'OMS établies en 2021.**

L'ozone (O<sub>3</sub>), est un polluant secondaire qui résulte de la transformation chimique de certains polluants sous l'effet des rayonnements du soleil. La pollution photochimique par l'ozone apparaît surtout l'été lorsque l'ensoleillement est intense. Aussi ce polluant n'a été suivi que durant la période estivale. Pour les deux stations, **l'objectif de qualité ainsi que les recommandations OMS ne sont pas respectés. À long terme, ce polluant présente un risque pour la santé des personnes les plus fragiles, provoquant des irritations respiratoires et oculaires ; mais aussi sur les productions agricoles et forestières de certaines espèces sensibles** (blé, prairies, pommes de terre, chênes...). Cependant, la comparaison avec les autres stations du réseau Atmo ne montre pas de différence majeure, **cette situation de dépassement étant partagée avec les autres stations du réseau.**

## 1. Contexte et objectif

L'association Atmo-BFC a réalisé, en collaboration avec la Communauté de Communes Val de Gray, une campagne de mesure de la qualité de l'air sur le territoire de la communauté de communes.

L'objectif de cette campagne est double : il s'agit d'une part d'évaluer la qualité de l'air sur le territoire, et d'autre part d'alimenter le volet diagnostic sur la qualité de l'air du Plan Climat-Air-Energie Territorial (PCAET), en cours de rédaction par la communauté de communes.

Pour mener à bien cette campagne, deux stations de mesure ont été implantées.

- Une station en typologie rurale sous influence trafic,
- La seconde en typologie urbaine afin d'évaluer l'influence des sources de pollution connue (transport routier, émissions urbaines, ...) sur l'air respiré par les habitants.

Deux séries de mesures ont été réalisées afin d'étudier l'influence des variations saisonnières :

- La première série en période estivale (mi-juin à mi-septembre 2023) ;
- La seconde série en période hivernale (mi-décembre 2023 à début 2024).

Le présent rapport reprend les résultats des deux séries de mesures.

## 2. Composés ciblés par l'étude

L'objectif premier de l'étude étant d'alimenter le diagnostic du PCAET local, les particules PM10, PM2,5 et les oxydes d'azote (NOx) ont été suivis. L'ozone (O<sub>3</sub>) est également mesuré ; ce polluant est potentiellement problématique à l'échelle régionale en période estivale, et présente donc un intérêt dans le contexte de l'étude.

Les caractéristiques des polluants mesurés sont présentées ci-après. Le détail pour chaque polluant figure en annexe.

### 2.1. Les oxydes d'azote (NOx)

La combinaison de l'azote avec l'oxygène de l'air conduit à la formation de composés regroupés sous le terme de NOx. On distingue le monoxyde d'azote de formule NO et le dioxyde d'azote ou NO<sub>2</sub>.

#### 2.1.1. Sources

Les oxydes d'azote sont majoritairement émis lors des phénomènes de combustion. Les sources principales sont les transports, l'industrie, l'agriculture, la transformation d'énergie et le chauffage. Certains procédés industriels, tels que la production d'acide nitrique, la fabrication d'engrais ou encore le traitement de surface, introduisent des oxydes d'azote dans l'atmosphère. Les orages, les éruptions volcaniques, les feux de forêts ou encore les activités bactériennes en sont des sources naturelles.

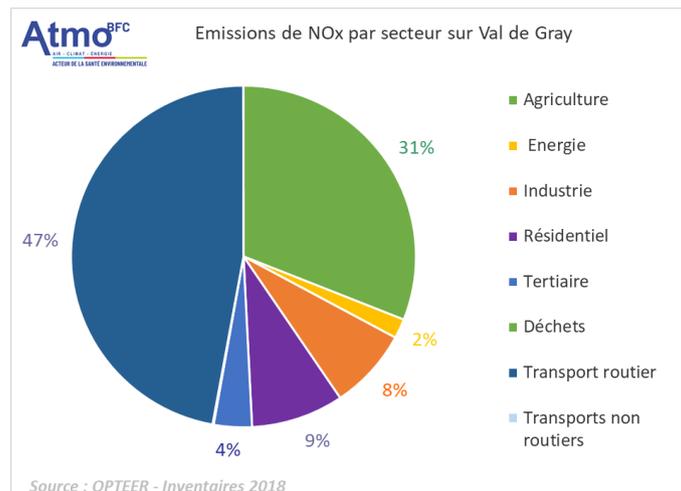


Figure 1 : Emissions de NOx par secteur sur la CCVG

**Sur la communauté de communes de Val de Gray, les secteurs d'émissions majoritaires des NOx sont le transport routier avec 47% des émissions et l'agriculture avec 31% des émissions.**

### 2.1.2. Impact sur la santé

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

### 2.1.3. Impact sur l'environnement

Le dioxyde d'azote participe au phénomène des pluies acides, et contribue ainsi à l'appauvrissement des milieux naturels et à la dégradation des bâtiments. Il est impliqué dans la formation d'oxydants photochimiques (tel l'ozone de la basse atmosphère (troposphère)) en tant que précurseur, et donc indirectement à l'accroissement de l'effet de serre.

### 2.1.4. Réglementation

Seul le NO<sub>2</sub> est règlementé en air ambiant, et la réglementation en vigueur repose sur :

- La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe ;
- Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- Les arrêtés préfectoraux en application locale.

Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), propose des seuils d'évaluation spécifiques pour ce polluant.

Les seuils associés sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Seuils réglementaires s'appliquant au dioxyde d'azote

NO <sub>2</sub>		
Pollution de fond	Valeur limite pour la santé humaine	200 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
		40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Recommandations OMS	40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
		10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle 25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24h
Pics de pollution	Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m <sup>3</sup> /heure
	Seuil d'alerte	400 µg/m <sup>3</sup> /heure ou 200 µg/m <sup>3</sup> /heure sur 3 heures consécutives et sur plus de deux jours consécutifs

## 2.2. Les particules atmosphériques (PM)

Le terme de « particules atmosphériques » désigne toute substance présente à l'état solide ou liquide dans l'atmosphère. Elles forment une famille de polluant complexe, présentant des compositions chimiques variées.

Selon leur granulométrie, on distingue :

- Les PM<sub>10</sub>, particules dont le diamètre est inférieur à 10µm.
- Les PM<sub>2,5</sub>, ou particules fines, dont le diamètre est inférieur à 2.5µm

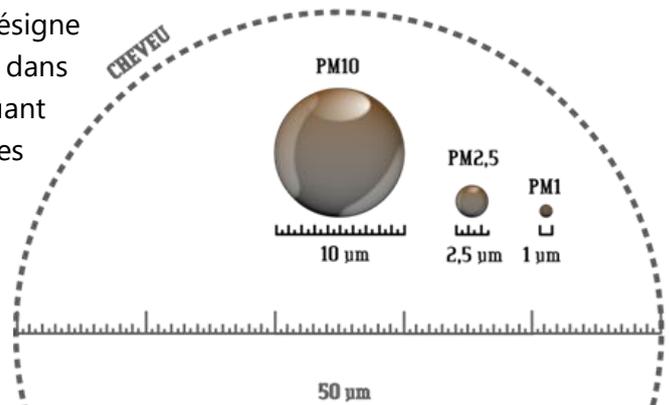


Figure 2 : Classement des particules par granulométrie

Les PM<sub>10</sub> comprennent les PM<sub>2,5</sub>.

### 2.2.1. Sources

Les particules atmosphériques peuvent avoir des origines variées :

- Les rejets directs dans l'atmosphère, par le biais de réactions de combustion incomplète (véhicules à moteur thermique, chauffage résidentiel, brûlage des déchets, ...)
- Les productions par réactions chimiques dans l'atmosphère, à partir de composés gazeux comme le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ou le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ;
- Les productions par actions mécaniques (remises en suspension sous l'action du vent, abrasion des pneumatiques et plaquettes de frein, érosion des sols et des surfaces, ...)
- Les sources naturelles, comme les feux de forêts, ou les vents sahariens.

Sur la communauté de communes, les secteurs d'émissions principaux des particules en suspension sont :

- Pour les particules PM10, le secteur agricole avec 44% des émissions puis le secteur résidentiel avec 34%. Le transport routier représente 10% des émissions.
- Pour les particules PM2,5, le secteur résidentiel est largement majoritaire avec 58% des émissions, suivi de 18% pour le secteur agricole et 12% pour le transport.

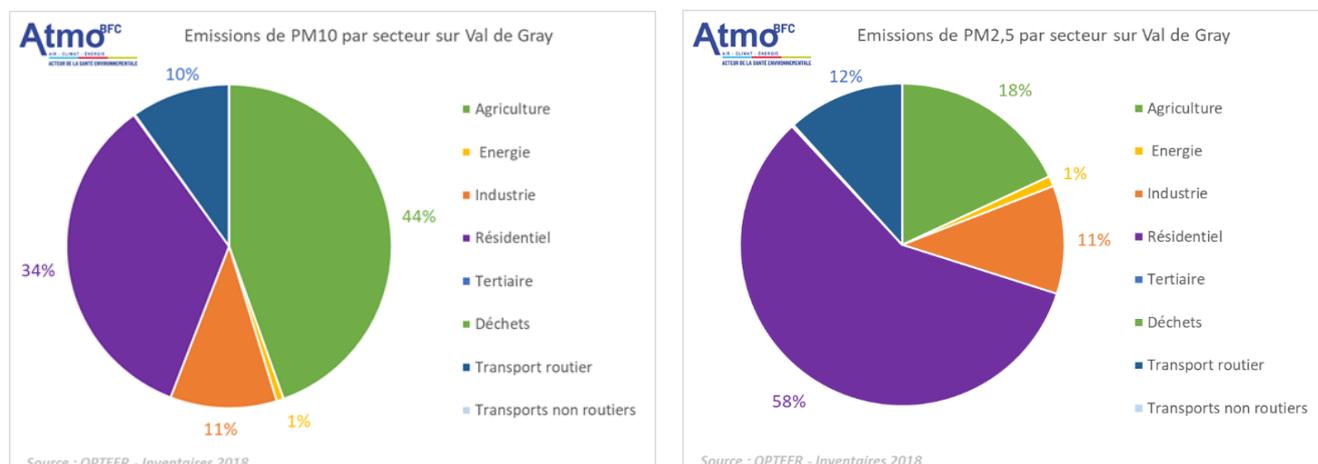


Figure 3 : Emissions de PM10 et PM2,5 par secteur sur la CCVG

## 2.2.2. Impact sur la santé

La pollution atmosphérique aux particules fines est reconnue comme préjudiciable à la santé humaine. Les principaux effets mis en évidence sont des troubles respiratoires, mais aussi cardiovasculaires, qui peuvent survenir à court ou long terme.

Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire. Si les plus grosses restent piégées au niveau des voies supérieures, les plus fines se logent dans les ramifications les plus profondes des voies respiratoires et contribuent au développement de pathologies. Elles peuvent par ailleurs servir de support pour le transport d'éléments toxiques (métaux lourds, HAP...) dans l'organisme humain.

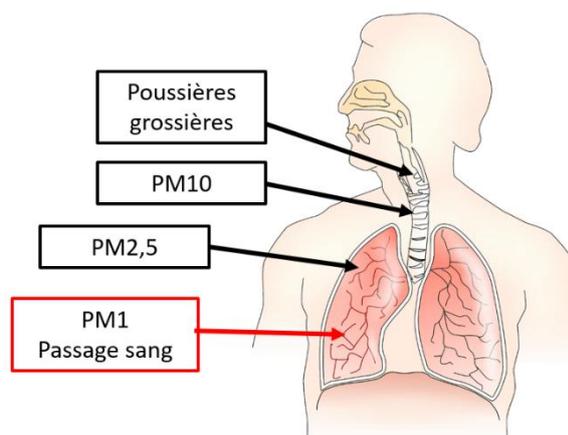


Figure 4 : Schéma relatif à la pénétration des particules dans l'organisme

**En 2013 le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) de l'OMS a classé la pollution de l'air extérieur ainsi que les particules fines comme cancérigènes certains.** Les experts ont conclu à l'existence de preuves suffisantes faisant état de liens entre l'exposition à la pollution de l'air extérieur et le risque de développer un cancer du poumon. Une association avec un risque accru de cancer de la vessie a également été relevée.

Evaluation de la qualité de l'air sur la CCVG

### 2.2.3. Impact sur l'environnement

Des effets néfastes pour le développement de la biosphère ont également été documentés. Ces derniers sont notamment causés par l'altération de l'énergie disponible pour la photosynthèse et la dégradation des tissus végétaux.

Les particules, ont également un impact sur le bâti, le dépôt du carbone suie entraînant un noircissement des bâtiments. Elles ont également un impact sur le climat, perturbant les phénomènes de régulations thermiques dans l'atmosphère et le cycle de l'eau.

### 2.2.4. Réglementation

La réglementation en matière des particules repose sur :

- La Directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe ;
- Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- Les arrêtés préfectoraux s'appliquant au niveau des zones concernées.

Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), propose des seuils d'évaluation spécifiques pour ce polluant.

Ces différents textes définissent les seuils à prendre en compte pour évaluer un possible impact sanitaire des particules atmosphériques sur la santé.

Tableau 2 : Seuils réglementaires s'appliquant aux particules

Particules PM10		
Pollution de fond	Valeur limite pour la santé humaine	50 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35j/an
		40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Objectif de qualité pour la santé humaine	30 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Recommandations OMS	15 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
Pics de pollution	Seuil d'information et de recommandation	45 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24h
	Seuil d'alerte	50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24h
		80 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24h
Particules PM2,5		
Pollution de fond	Valeur limite pour la santé humaine	25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Valeur cible pour la santé humaine	25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Objectif de qualité pour la santé humaine	10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Recommandations OMS	5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
		15 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24h

## 2.3. L'ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone ou O<sub>3</sub> est un gaz bleu pâle voir incolore composé de 3 atome d'oxygène. Il convient de distinguer :

- L'O<sub>3</sub> stratosphérique, ou « bon ozone » qui forme une couche nous protégeant de certaines radiations nuisibles du soleil (rayons UV-B et UV-C) à très haute altitude (12 à 50 km) ;
- L'O<sub>3</sub> troposphérique ou « mauvais ozone », polluant nocif présent à basse altitude, dans l'air que nous respirons. C'est ce dernier qui va nous intéresser et que nous appellerons O<sub>3</sub> pour la suite du rapport.

### 2.3.1. Source

L'O<sub>3</sub> est un polluant secondaire, c'est-à-dire qu'il n'est pas émis directement dans l'atmosphère. Il résulte de la transformation chimique de certains polluants primaires tels que les oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>) ou les composés organiques volatils (COV) sous l'effet des rayonnements du soleil. La pollution photochimique par l'ozone apparaît surtout l'été (fin avril à septembre) lorsque l'ensoleillement est intense.

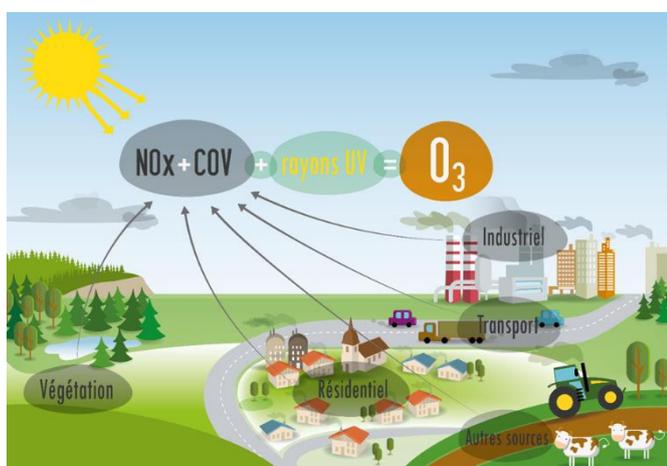


Figure 5 : Schéma relatif à la formation de l'ozone

### 2.3.2. Impact sur la santé

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre jusqu'aux voies respiratoires les plus fines et peut provoquer chez les personnes les plus fragiles (jeunes enfants, personnes âgées, asthmatiques, allergiques ...) des irritations respiratoires importantes, ainsi que des irritations oculaires.

### 2.3.3. Impact sur la végétation

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre dans les organismes végétaux et détériore les cellules des feuilles des plantes sensibles à l'ozone, ce qui conduit à une perte de croissance et à la formation de nécroses foliaires : blé tendre, pommes de terre, hêtre, chêne pédonculé, chêne rouvre, prairies sont des espèces sensibles à l'ozone.

Les résultats de l'étude APOLLO<sup>1</sup> suggèrent que les impacts de l'ozone sur les cultures atteindront à l'horizon 2030 une perte économique en France de plusieurs millions d'euros.

<sup>1</sup> Apollo : Analyse économique des impacts de la Pollution atmosphérique de l'Ozone sur la productivité agricole et sylvicole en France-Rapport ADEME-INERIS-CHAMBRE D'AGRICULTURE FRANCE-Mai 2019

## 2.3.4. Réglementation

La réglementation en vigueur repose sur :

- La Directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe ;
- Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- Les arrêtés préfectoraux s'appliquant au niveau des zones concernées.

Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), propose des seuils d'évaluation spécifiques pour ce polluant.

Ces différents textes définissent les seuils à prendre en compte pour évaluer un possible impact sanitaire de l'ozone sur la santé :

Tableau 3 : Seuils réglementaires s'appliquant à l'ozone

O <sub>3</sub>		
Pollution de fond	Valeur cible pour la santé humaine	120 µg/m <sup>3</sup> en maximum journalier sur 8h, à ne pas dépasser plus de 25j par an, moyenne sur 3 ans
	Valeur cible pour la végétation	18 000 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire pour l'AOT calculé à partir de valeurs horaires entre 8h et 20h de mai à juillet, moyenne sur 5 ans
	Objectif de qualité pour la santé humaine	120 µg/m <sup>3</sup> en maximum journalier de la moyenne sur 8h
	Objectif de la qualité pour la végétation	6 000 µg/m <sup>3</sup> pour l'AOT calculé à partir de valeurs horaires entre 8h et 20h de mai à juillet
	Recommandations OMS	
		60 µg/m <sup>3</sup> valeur moyenne sur 8 heures, saison de pointe
Pics de pollution	Seuil d'information et de recommandation	180 µg/m <sup>3</sup> /h
	Seuil d'alerte	240 µg/m <sup>3</sup> /h

## » 3. Stratégie de mesure

Afin d'évaluer la qualité de l'air sur le territoire du Val de Gray, une stratégie de mesure adaptée a été mise en place. Cette stratégie de mesure vise à renseigner deux éléments principaux :

- La typologie du site sur les niveaux mesurés ;
- La variabilité saisonnière avec la réalisation de deux séries l'une en été, l'une en hiver.

### 3.1. Stratégie spatiale

Deux stations de mesure mobiles ont été installées sur le territoire de la communauté de communes. Ces deux stations ont été implantées sur des sites de typologies différentes.

**La première, implantée sur le stade municipal de Gray est de typologie urbaine de fond.**

Les stations urbaines permettent d'estimer l'exposition chronique à laquelle est soumise la population. La commune de Gray a été choisie comme site d'étude car elle présente la population la plus importante de la communauté de communes.

**La seconde station implantée à Venère est de typologie rurale sous influence trafic.**

Installée le long de la D67, sur l'aire de co-voiturage elle permet de connaître les teneurs maximales auxquelles la population résidant près d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée. Le site de Venère a été retenu en raison de sa fréquentation. Cette départementale relie Gray à Besançon, le nombre de véhicule / jour est estimé entre 2500 et 3500 véhicules.

La cartographie de l'emplacement des stations mobiles est présentée ci-dessous :

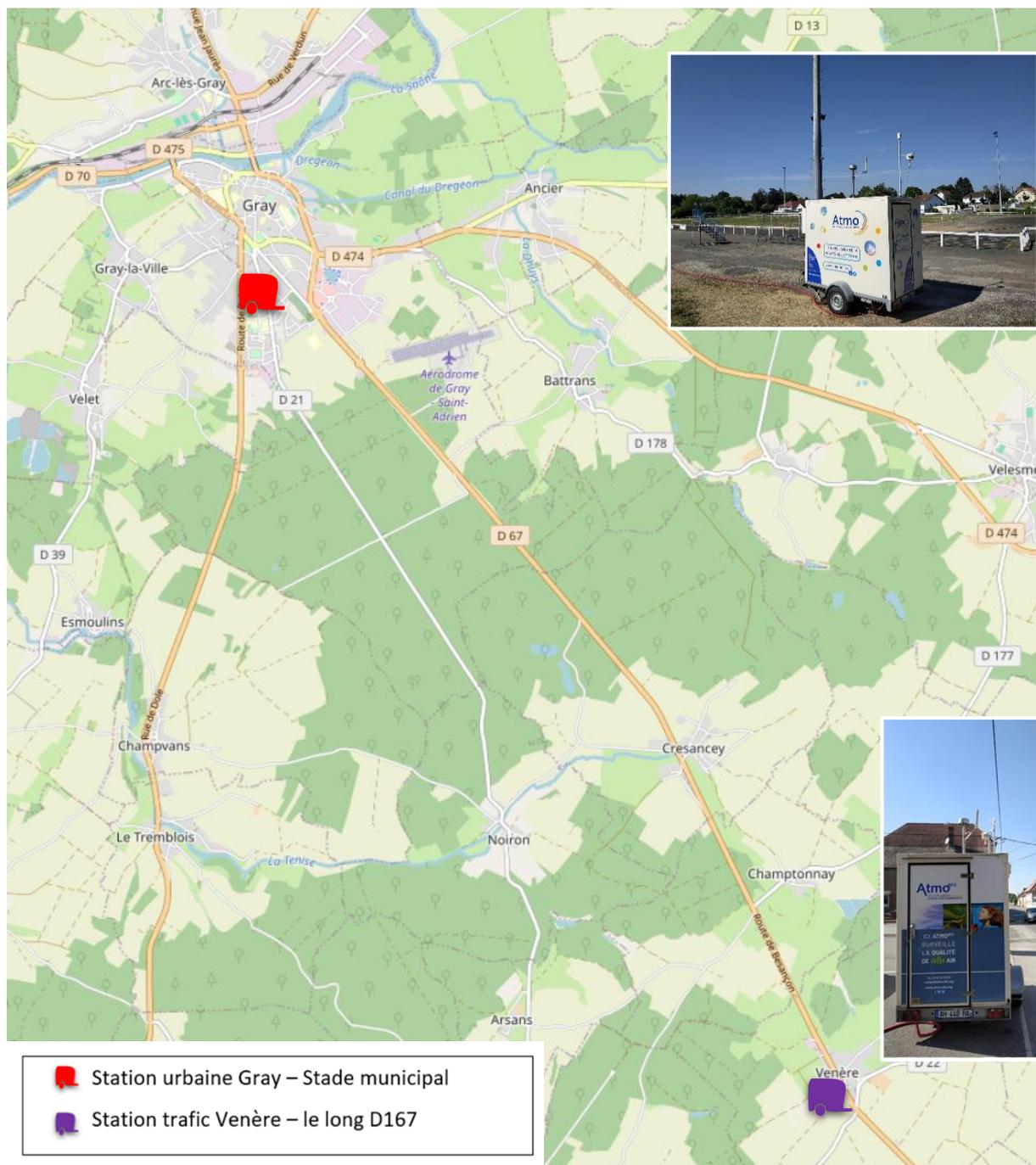


Figure 6 : Stations de mesure installées le long de la D67, à Venère (à gauche) et sur le stade de Gray (à droite)

## 3.2. Stratégie temporelle

Afin d'évaluer la variabilité saisonnière des polluants, deux séries de mesure ont été réalisées :

- **Une série de mesure en période estivale (15 juin au 15 septembre 2023) ;**
- **Une série de mesure en période hivernale (20 décembre 2023 au 4 avril 2024).**

De façon à garantir une bonne représentativité des résultats sur la période considérée, les mesures sont réalisées de façon continue pendant une durée minimale de 3 mois.

## 3.3. Moyens de mesure

Les mesures s'effectuent grâce à des stations mobiles équipées d'analyseurs spécifiques pour chaque polluant. **Les mesures s'effectuent sur un pas de temps horaire ou quart horaire, permettant de mesurer en continu les concentrations.** Les analyseurs automatiques font l'objet de contrôles réguliers, tant avant déploiement sur le terrain qu'en période de fonctionnement, afin de s'assurer de la fiabilité des mesures.

## 3.4. Exploitation des résultats

Les concentrations mesurées lors de cette campagne ont été comparées aux valeurs réglementaires en vigueur.

Les niveaux des deux stations ont été comparés entre eux, mais également aux niveaux mesurés par les autres stations de mesure fixes du réseau d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté. La liste des stations considérées pour l'analyse ainsi que les polluants associés sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Stations du réseau Atmo-BFC utilisées pour la comparaison

Stations	Typologie de la station	Polluants mesurés			
		PM2.5	PM10	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub> *
Stade Gray	Urbaine	X	X	X	X
Venère	Rurale sous influence trafic		X	X	X
Baume les Dames	Rurale sous influence Trafic	X	X	X	
Vesoul	Urbaine	X	X	X	X

\*L'ozone, étant un polluant estival, n'a été suivi que durant la série estivale.

## 4. Données météorologiques

**Les conditions météorologiques jouent un rôle sur la pollution atmosphérique.** Ainsi, certaines conditions sont favorables à une bonne qualité de l'air (vent, pluie) tandis que d'autres vont contribuer à l'accumulation des polluants (inversion thermique, forte chaleur...). Les données utilisées pour l'exploitation des résultats sont issues de la station Météo France de Chargey les Gray située en Haute-Saône à proximité de la zone d'étude.

### 4.1. Série estivale

La série de mesures estivale a été caractérisée par des températures moyennes supérieures en juin et septembre à celles de juillet et août. Pour autant juillet et août ont présenté des températures légèrement supérieures à la normale (moyenne 2023 à 20,9°C pour une normale calculée à 20°C). La température moyenne journalière maximale a été observée le 21 août avec 27,9°C et la température minimale le 6 août avec 14,4°C.

Des pluies ont été observées régulièrement durant toute la campagne de mesures. Elles restent toutefois inférieures aux normales de saison (moyenne 2023 en juillet et août, 53 mm) pour des normales calculées à 78 mm. Le maximum journalier a été observé le 12 septembre avec 41 mm.

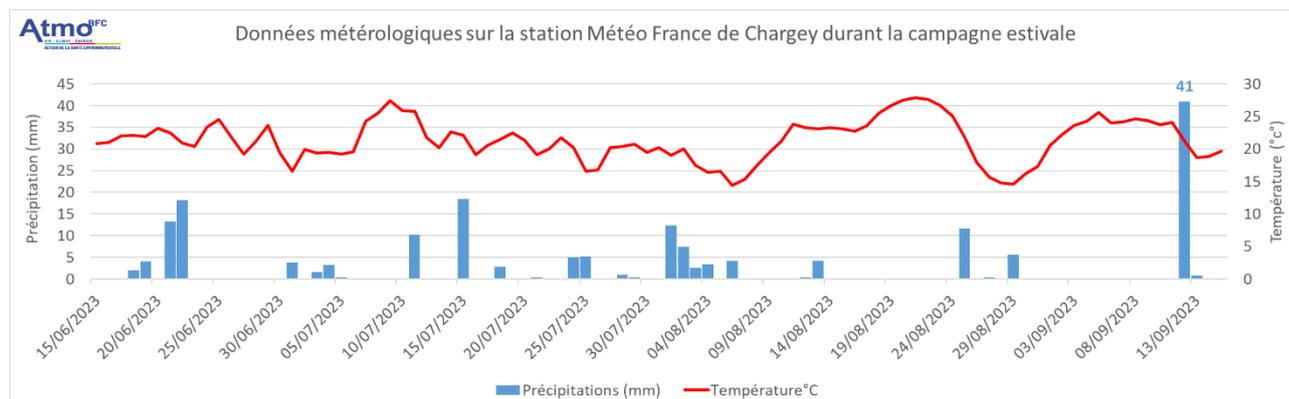


Figure 7 : Données météorologiques durant la campagne de mesure estivale

La rose des vents issue des données Météo France de la station de Chargey les Gray (la plus proche de la zone d'étude) suit un axe Sud-Sud-Ouest et Nord-Nord Est. Entre juin et septembre 2023, les vents ont été modérés à faibles avec 14% des vents nuls. **Les vents forts ont représenté près de 4% des occurrences entraînant une faible dispersion des polluants sur la zone.**

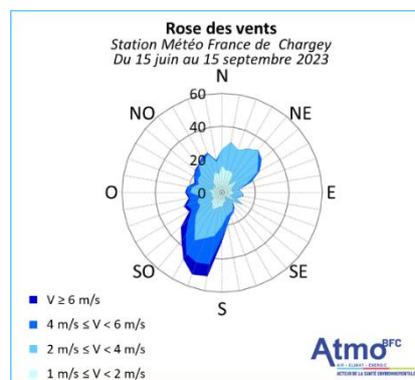


Figure 8 : Rose des vents à Chargey

## 4.2. Série hivernale

La série de mesure hivernale a été caractérisée par des températures moyennes mensuelles supérieures aux normales pour chaque mois. Le mois de janvier a présenté la moyenne la plus faible avec 3,3°C. Janvier est le seul mois enregistrant des températures journalières négatives avec un minimum à -3,5°C le 13 janvier. Durant la série de mesures 11 journées ont présenté des températures moyennes négatives. Ce nombre de jours est bien en dessous des normales de saisons, présentant normalement près de 35 jours de jour de gelées entre janvier et mars. Les valeurs négatives ont été observées uniquement entre le 8 et le 20 janvier. La température journalière la plus élevée a été observée le 21 mars avec une température moyenne à 15 °C.

Des pluies ont été observées régulièrement durant toute la campagne de mesures avec un total de 249 mm. Mars a présenté le mois le plus pluvieux avec 15 jours de pluie totalisant une pluviométrie de 93 mm, supérieure à la normale (60 mm). Les autres mois ont présenté une pluviométrie inférieure à la normale. Les maximums journaliers ont été observés le 18 mars avec 19 mm et le 1<sup>er</sup> avril avec 20 mm.

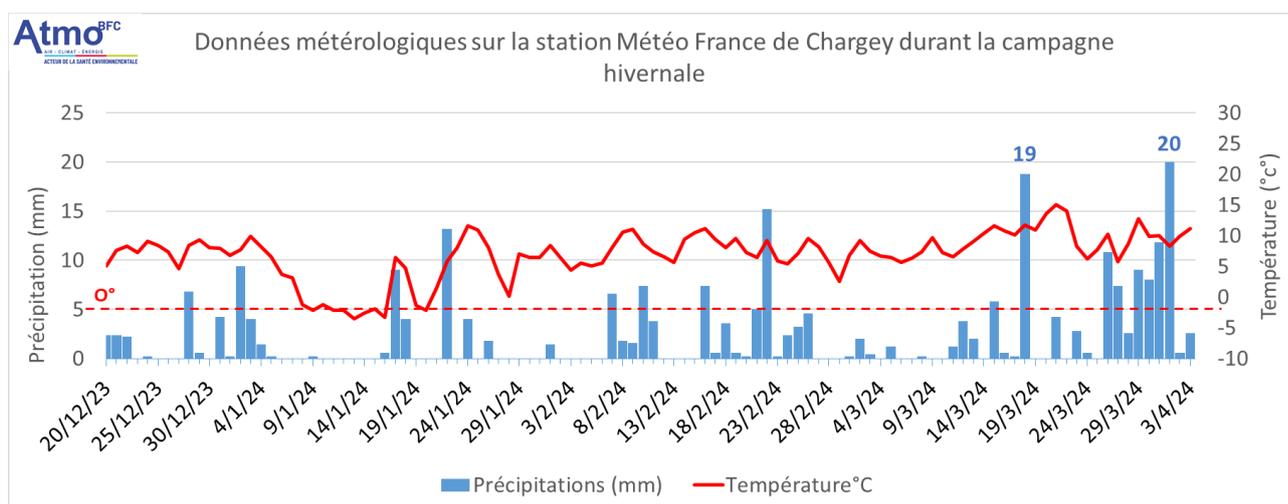


Figure 9 : Données météorologiques durant la campagne de mesure hivernale

La rose des vents issue des données météo France de la station de Chargey les Gray (la plus proche de la zone d'étude) a présenté un axe différent durant la campagne hivernale, avec une provenance principale de secteur Sud-Sud-Ouest. Entre mi-décembre et avril 2024, les vents ont été modérés à faibles avec 58% des vents présentant une vitesse inférieure à 4 m/s. **Les vents forts ont représenté près de 13% des occurrences entraînant une dispersion des polluants sur la zone.**

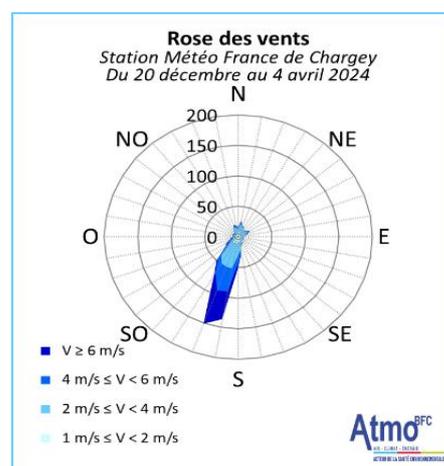


Figure 10 : Rose des vents à Chargey

Durant la série estivale, les pluies régulières n'ont pas été particulièrement favorables à l'accumulation des polluants, en particulier à l'ozone, produit sous les effets du rayon du soleil.

Durant la série hivernale, les conditions météorologiques (pluie, vent et absence de longue période froide) n'ont pas été favorables à l'accumulation des polluants.

## 5. Résultats

### 5.1. Oxydes d'azote (NOx)

#### 5.1.1. Comparaison aux seuils réglementaires

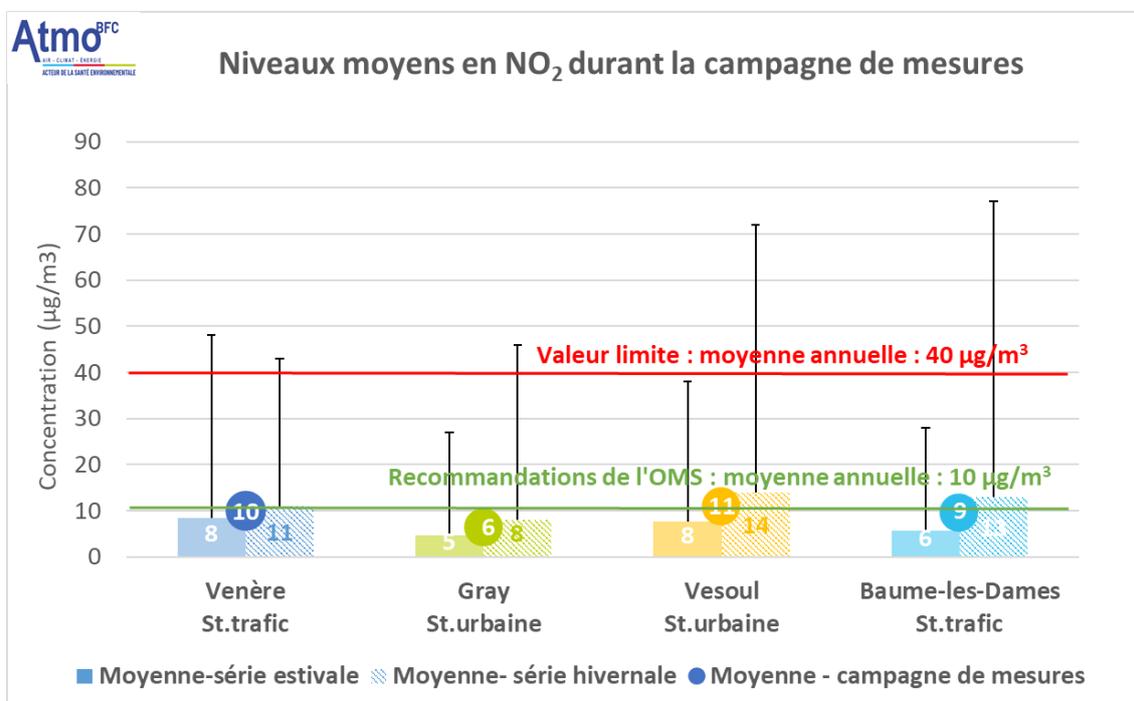


Figure 11 : Niveaux moyens en NO<sub>2</sub> pendant la campagne de mesure

NB : Le NO<sub>2</sub> est le seul oxyde d'azote réglementé en air ambiant, aussi cette partie de l'analyse sera focalisée sur ce composé.

**La comparaison aux valeurs réglementaires est donnée à titre indicatif, les seuils s'appliquant sur une année complète.**

Les niveaux moyens sont plus élevés en période hivernale qu'en période estivale, et ce sur l'ensemble des stations. En effet, les conditions hivernales sont plus propices à l'émission du NO<sub>2</sub> (trafic routier + chauffage domestique) et à son accumulation.

Avec une moyenne durant les deux séries de mesure à 6 µg/m<sup>3</sup> observée sur la station de Gray et une moyenne durant les deux séries de mesures à 10 µg/m<sup>3</sup> sur la station trafic de Venère,

les

**niveaux observés sont largement inférieurs à la limite réglementaire fixée à 40 µg/m<sup>3</sup>. La station de Gray présente une moyenne inférieure aux recommandations de l’OMS pour la santé des riverains, la station de Venère une moyenne comparable aux recommandations de l’OMS.**

En comparaison avec les autres stations à proximité, les concentrations moyennes mesurées à Venère sont inférieures à celles mesurées sur la station trafic de Baume-les-Dames. Les niveaux moyens mesurés à Gray sont les plus faibles, et inférieurs à ceux de la station urbaine de Vesoul, zone plus peuplée et présentant de nombreuses sources additionnelles.

Aucun dépassement des seuils d’alertes (200 µg/m<sup>3</sup>/h) associé à ce polluant n’a été observé au cours de la campagne pour ces deux stations. Le maximum horaire est observé sur la station trafic de Baume les Dames avec 77 µg/m<sup>3</sup>, le 29 janvier à 17 h, supérieur à celui observé sur la station urbaine de Vesoul, avec 72 µg/m<sup>3</sup>, le 12 janvier à 7 h. **Sur les 2 stations mobiles, les maximums sont plus faibles** avec respectivement 48 µg/m<sup>3</sup> le 9 septembre à 19 h, sur la station de Venère et 46 µg/m<sup>3</sup>, le 19 mars à 18 h sur la station de Gray.

### 5.1.2. Rapport NO/NO<sub>2</sub>

Le monoxyde d’azote NO, émis principalement par le secteur du trafic routier a une durée de vie très courte. Il se transforme rapidement dans l’atmosphère en dioxyde d’azote NO<sub>2</sub>.

Ainsi, le rapport des concentrations NO/NO<sub>2</sub> constitue un bon marqueur du caractère trafic des sites de mesures. En effet, plus le rapport NO/NO<sub>2</sub> est proche de 1, plus la distance entre la source (le trafic en l’absence d’autres facteurs d’influence) et le site est faible.

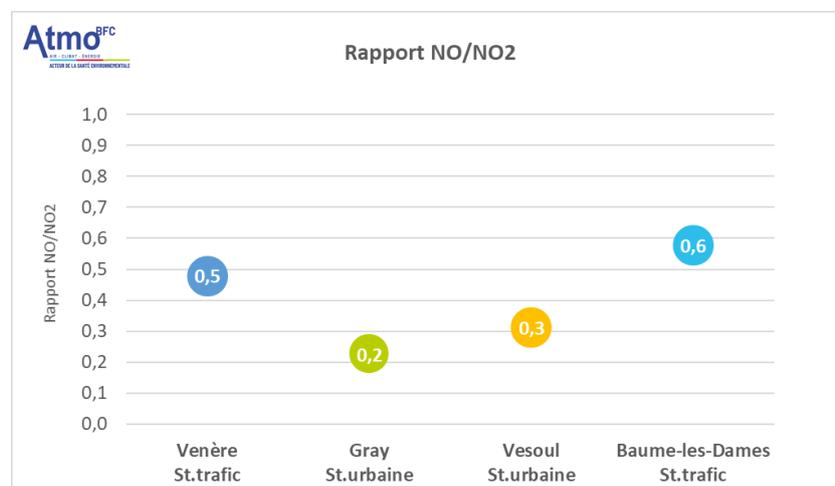


Figure 12 : Rapport NO/NO<sub>2</sub>

Le rapport calculé pour la station urbaine de Gray est le plus faible. Il est caractéristique d’une influence urbaine. Il est proche de celui de la station urbaine de Vesoul. C’est sur la station trafic de Baume les Dames que le rapport est le plus élevé. Pour cette station le TMJA est estimé à 6562 véhicules par jour, la station est à 30 m de la route.

Le rapport de Venère présente un rapport proche de celui observé sur Baume les Dames, caractéristique d’une station trafic. Pour la station de Venère, le TMJA est estimé entre 2100 et

2900 véhicules par jour ; la station est toute proche de la départementale reliant Gray à Besançon.

### 5.1.3. Evolution des concentrations sur la période d'étude

#### 5.1.3.1 Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

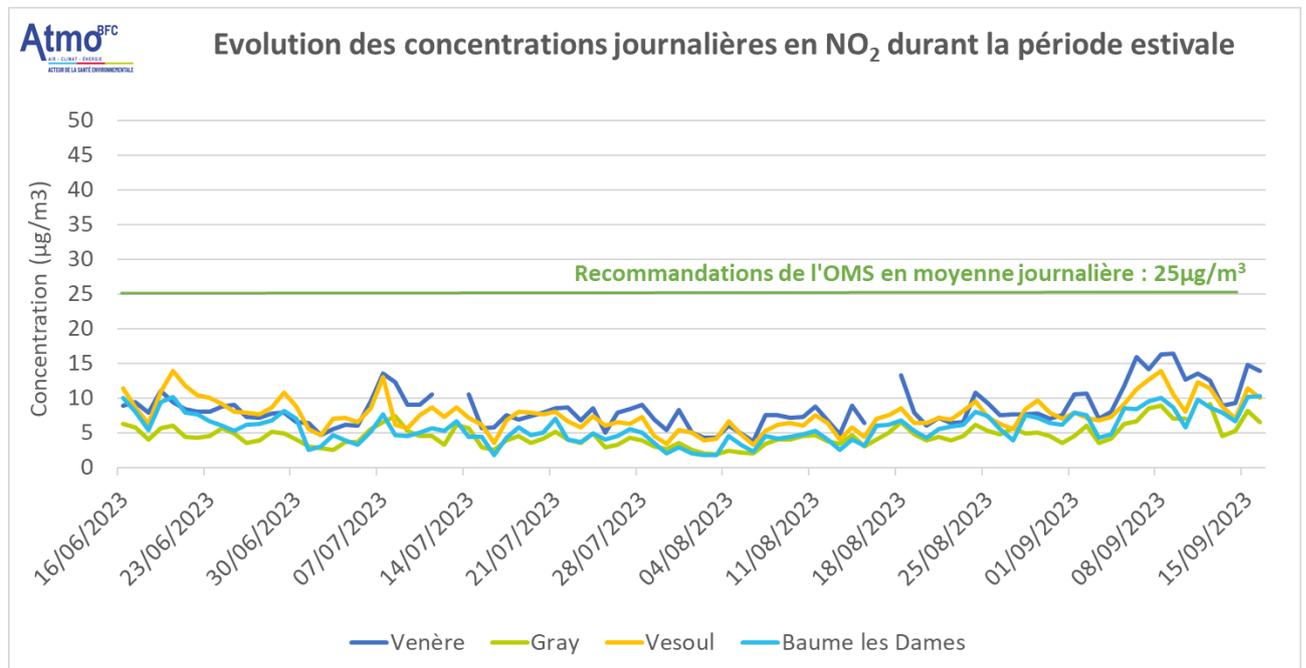


Figure 13 : Evolution de la concentration journalière en NO<sub>2</sub> durant la période estivale

**Durant l'été, les profils des stations de mesure sont relativement proches et inférieurs aux recommandations de l'OMS.** La station de Gray présente le profil le plus bas et la station de Venère le plus élevé, en particulier à partir de fin août / début septembre en lien avec la fin des congés estivaux et une reprise du trafic plus intense.

Sur Venère, le profil est supérieur à celui de la station urbaine de Vesoul et de la station urbaine sous influence trafic de Baume les Dames.

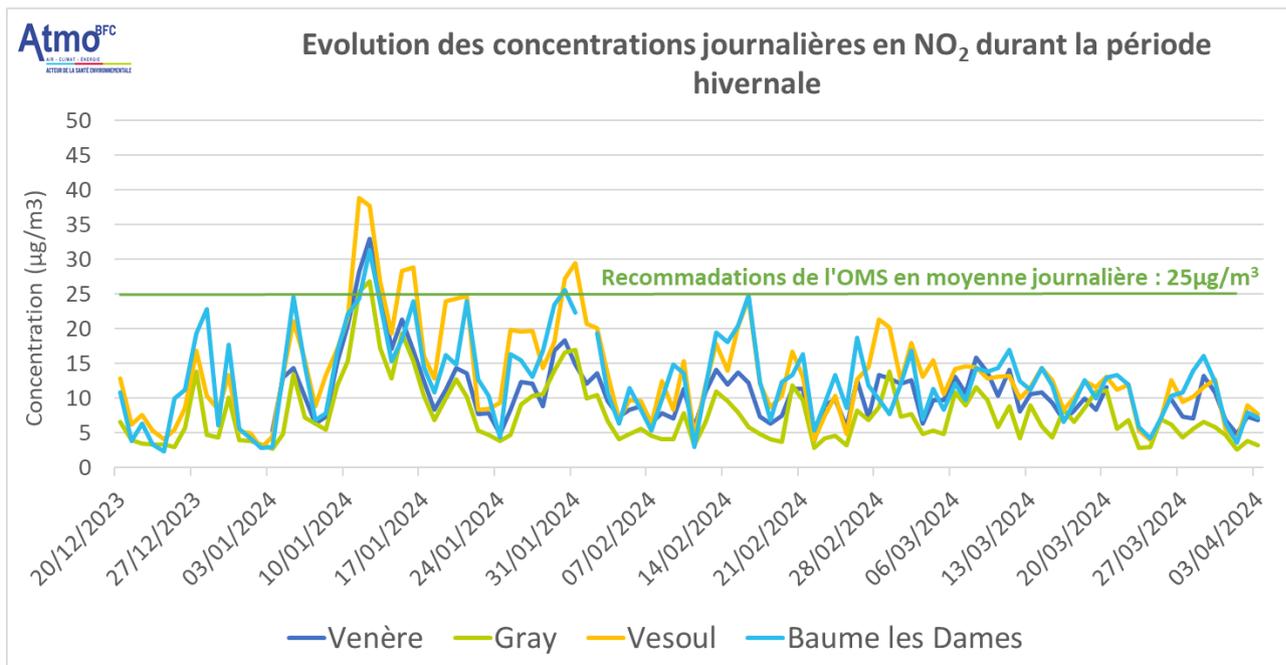


Figure 14 : Evolution de la concentration journalière en NO<sub>2</sub> durant la période hivernale

**Durant la série hivernale, les niveaux sont plus élevés que l'été.** Les profils de stations de mesures restent relativement proches. La station de Gray présente le profil le plus bas et la station de Vesoul le plus élevé, en particulier en janvier, période où les conditions météorologiques ont été les plus favorables à l'accumulation des polluants. A partir de mi-février les niveaux sont plus faibles pour l'ensemble des stations de mesures, en particulier sur Gray. Venère enregistre des niveaux un peu plus élevés par rapport à Gray, du fait de sa position trafic.

**En janvier, on observe des dépassements des recommandations de l'OMS fixées à 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière sur les 4 stations de mesures, à la différence de la période estivale.**

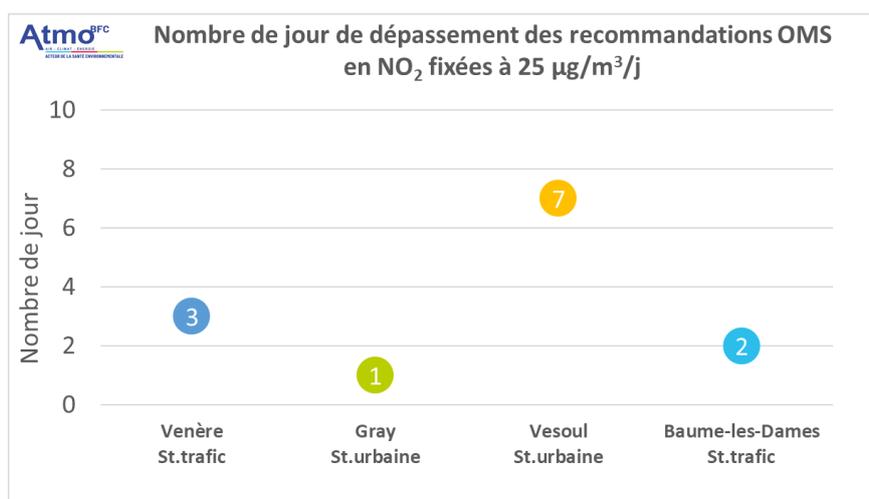


Figure 15 : Nombre de jour de dépassement des recommandations de l'OMS

Vesoul enregistre le nombre le plus élevé de jour de dépassement des recommandations de l'OMS avec 7 jours, Vénère 3 jours, Baume les Dames 2 jours et Gray 1 jour le 12 janvier en lien avec les conditions anticycloniques froides, sèches favorables à l'accumulation des polluants dans l'air.

### 5.1.3.2 Monoxyde d'azote NO

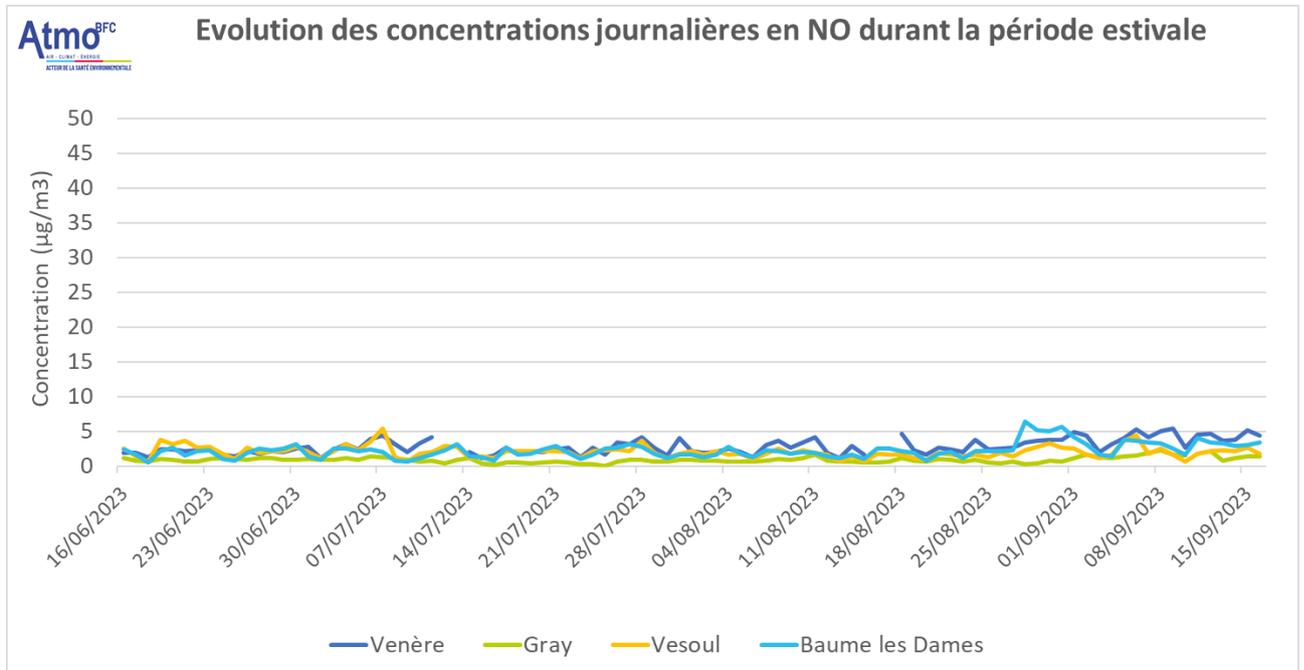


Figure 16 : Evolution de la concentration journalière en NO durant la période estivale

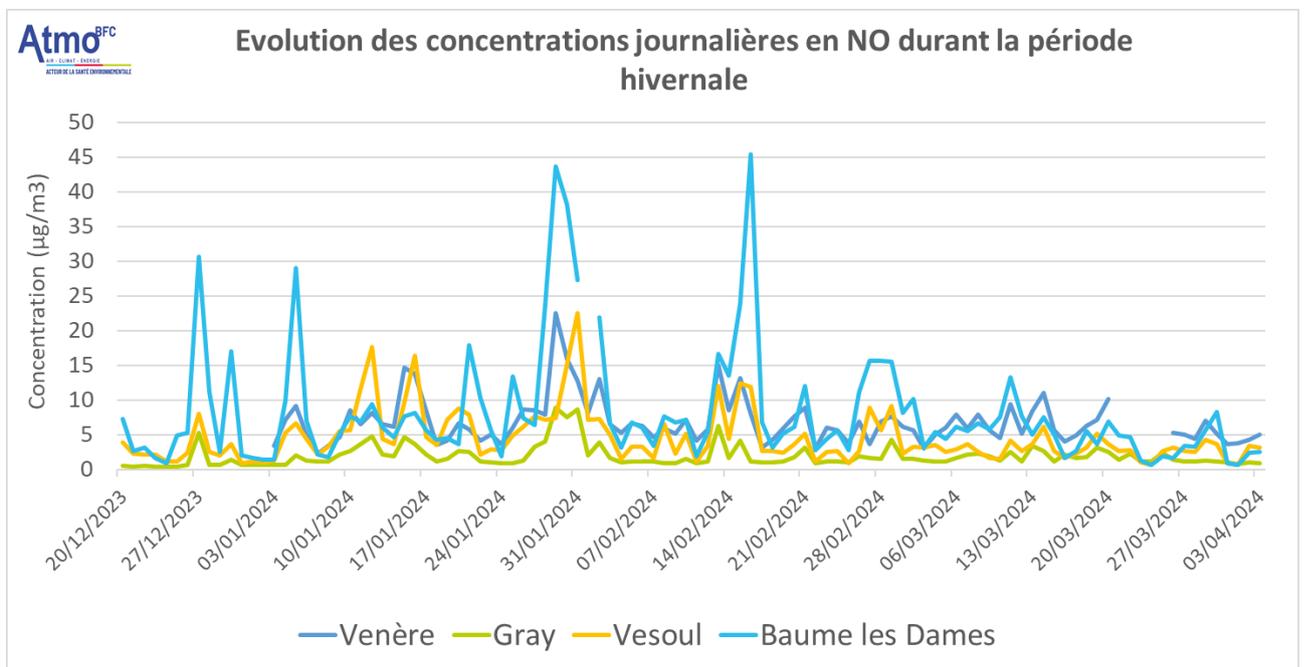


Figure 17 : Evolution de la concentration journalière en NO durant la période hivernale

Comme pour le NO<sub>2</sub>, les niveaux les plus élevés en NO sont observés en période hivernale. L'été, les profils en NO sont plus faibles que ceux observés pour le NO<sub>2</sub>, l'hiver par contre les profils en NO<sub>2</sub> sont plus élevés que ceux observés pour le NO.

La station de Gray présente le profil le plus bas quelle que soit la période. Baume les Dames enregistre les niveaux les plus élevés en période hivernale en lien avec sa typologie trafic. La station de Venère bien que proche de la route ne présente pas les pics observés sur Baume les Dames. Le maximum journalier sur Baume les Dames est de 45 µg/m<sup>3</sup>/j le 16 février pour un maximum à 23 µg/m<sup>3</sup>/j sur Venère, le 29 janvier.

## 5.1.4. Analyse du profil journalier horaire

### 5.1.4.1 NO<sub>2</sub>

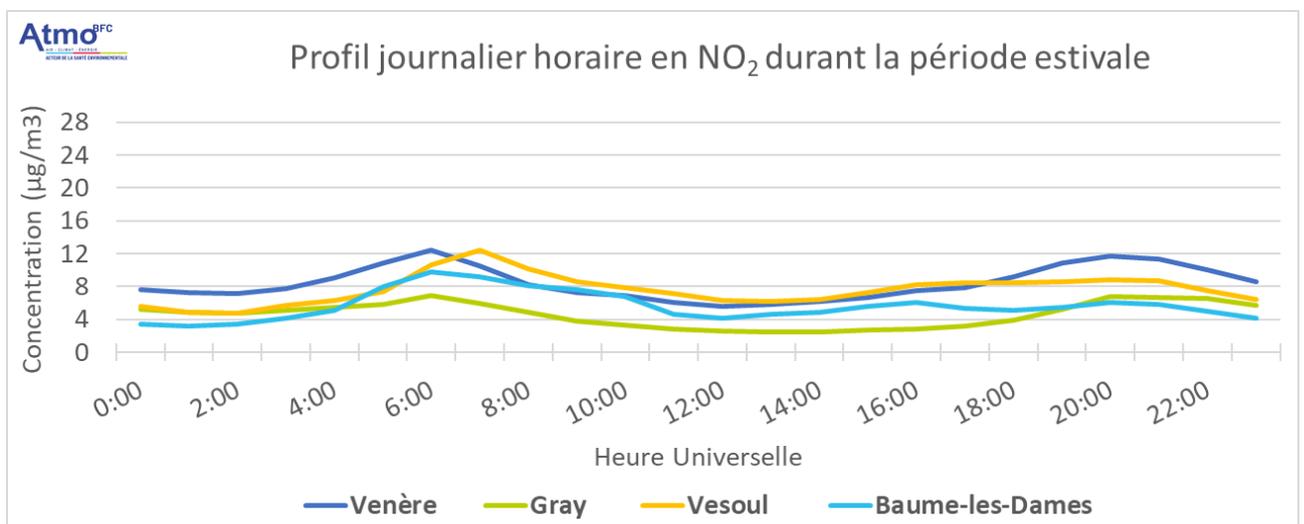


Figure 18 Profil journalier horaire en NO<sub>2</sub> durant la période estivale

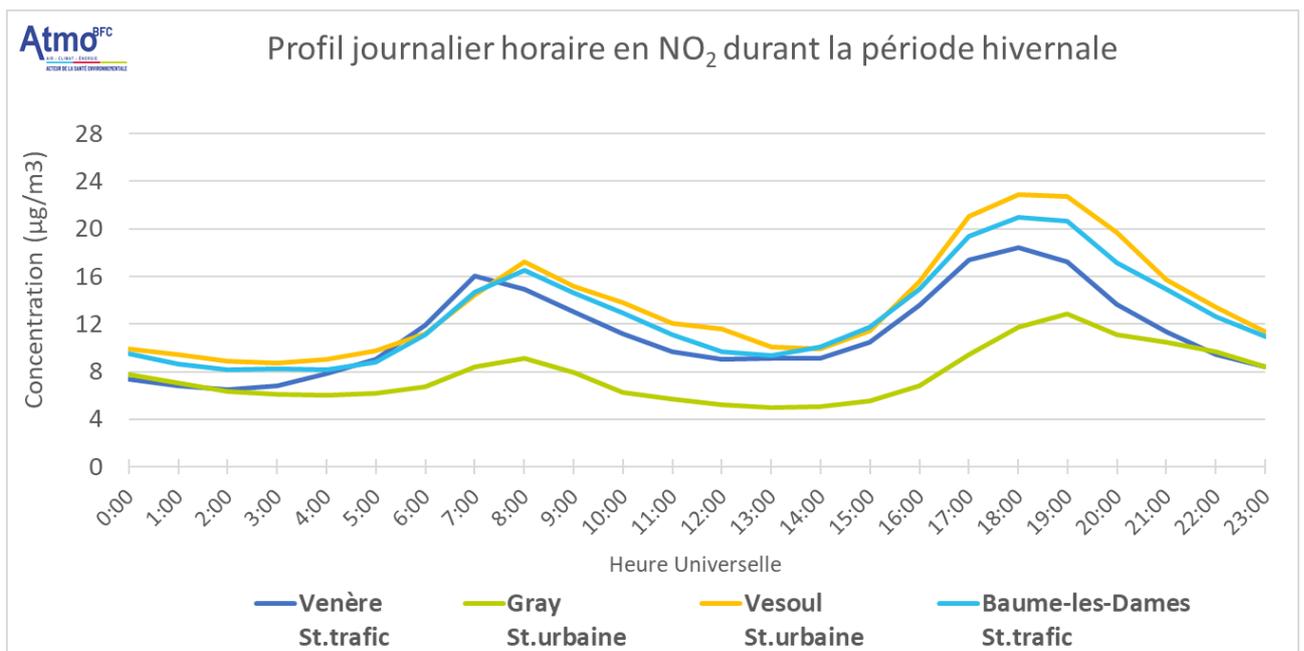


Figure 19 : Profil journalier horaire en NO<sub>2</sub> durant la période hivernale

L'analyse du profil journalier horaire en NO<sub>2</sub> permet de mettre en lumière quelques points marquants :

- Le profil de l'ensemble des stations est relativement similaire. Une hausse des concentrations est enregistrée en début de matinée et en fin de journée. Cette hausse de concentrations est liée au déplacement Domicile ↔ Travail. La station de Gray présente le profil le plus bas.
- Les niveaux sont plus élevés en fin de journée, entre 17h et 20 h, les stations de Gray et de Vénère présentent des niveaux plus bas que ceux observés sur les stations de Vesoul et Baume les Dames.
- Le profil sur la station de Venère, comme celle des autres stations redescend en milieu de journée : dans le cas d'une station sous influence du trafic strict (type autoroute) les niveaux restent continuellement élevés.

Ce comportement est caractéristique d'un site influencé par le trafic journalier local, marquant les balances de commutation maison <-> travail des habitants.

Les niveaux et les hausses sont plus faibles durant la série estivale sur l'ensemble des stations.

#### 5.1.4.2 NO

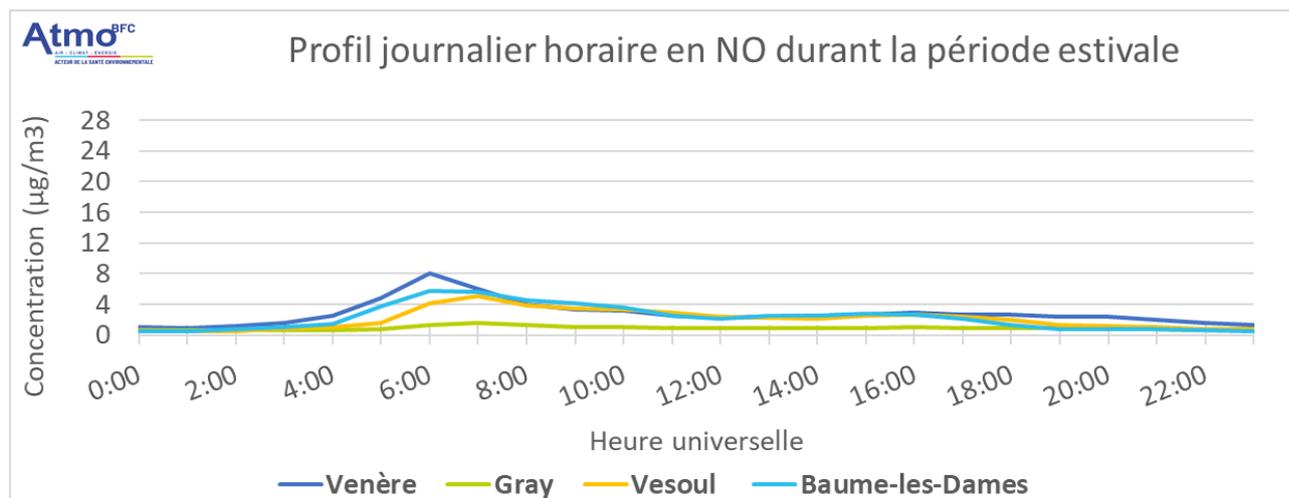


Figure 20 : Profil journalier horaire en NO durant la période estivale

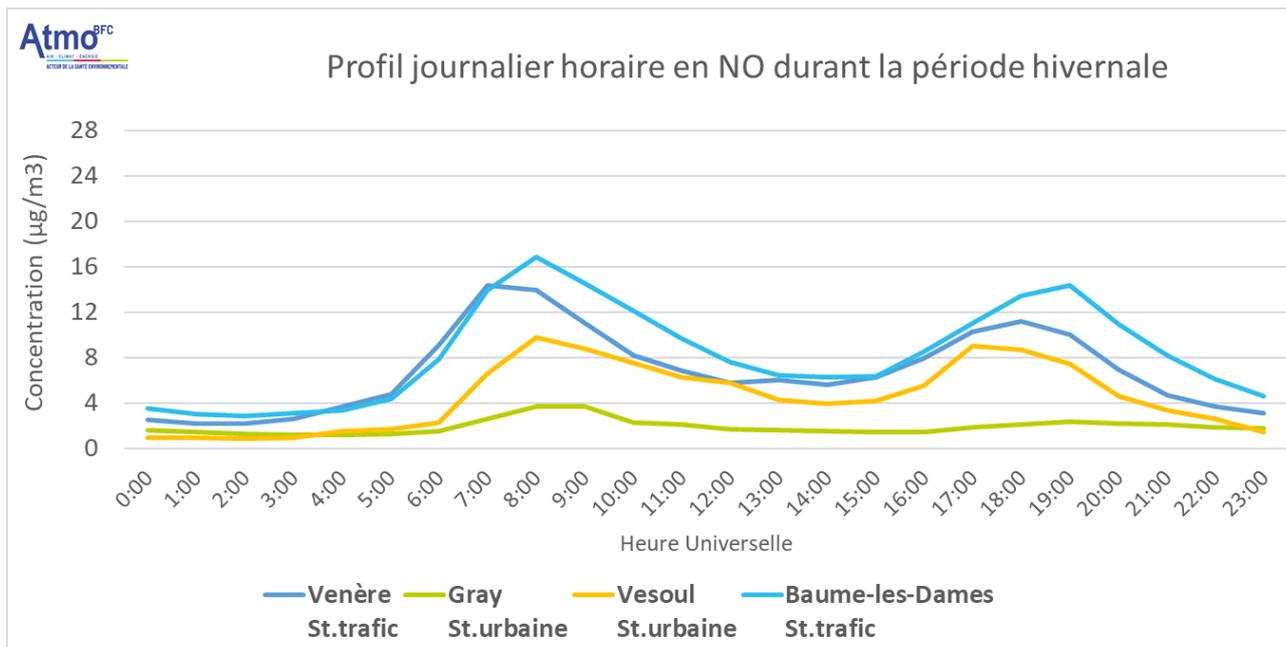


Figure 21 : Profil journalier horaire en N durant la période estivale

Comme pour le NO<sub>2</sub>, les profils et les hausses sont plus élevés en période hivernale que durant l'été. La station de Venère présente un profil comparable aux stations de Vesoul et Baume les Dames à la différence de la station de Gray.

Ce graphique montre que le pic du matin est très marqué notamment sur la station de Venère témoignant d'une circulation importante sur la zone (lié au déplacement domicile → travail), le pic du soir est légèrement plus faible et peut s'expliquer par une transformation du NO en NO<sub>2</sub> en présence d'ozone, produit durant la journée.

La station de Gray présente un niveau plus faible et plus stable que les autres stations. En raison de sa position, elle est peu influencée par le trafic.

**Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) présentent des niveaux plus élevés en période hivernale en raison de l'incidence du chauffage, de l'importance accrue du trafic routier, mais aussi de conditions météorologiques plus favorables à leur accumulation.**

**Sur Gray et Venère, les niveaux de NO<sub>2</sub> respectent la réglementation en vigueur ainsi que la recommandation de l'OMS en moyenne annuelle. Toutefois, la comparaison aux valeurs réglementaires est donnée à titre indicatif, les seuils s'appliquant sur une année complète.**

**Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation n'a été observé durant les mesures.**

**La station de Gray a dépassé 1 jour les recommandations de l'OMS en moyenne journalière et la station de Venère 3 jours.**

**Les profils journalier observés sur Venère révèlent l'impact fort des émissions issues du trafic local, et notamment des déplacements domiciles <-> travail des résidents.**

## 5.2. Les particules

### 5.2.1. Comparaison aux seuils réglementaires

#### 5.2.1.1 Particules PM10

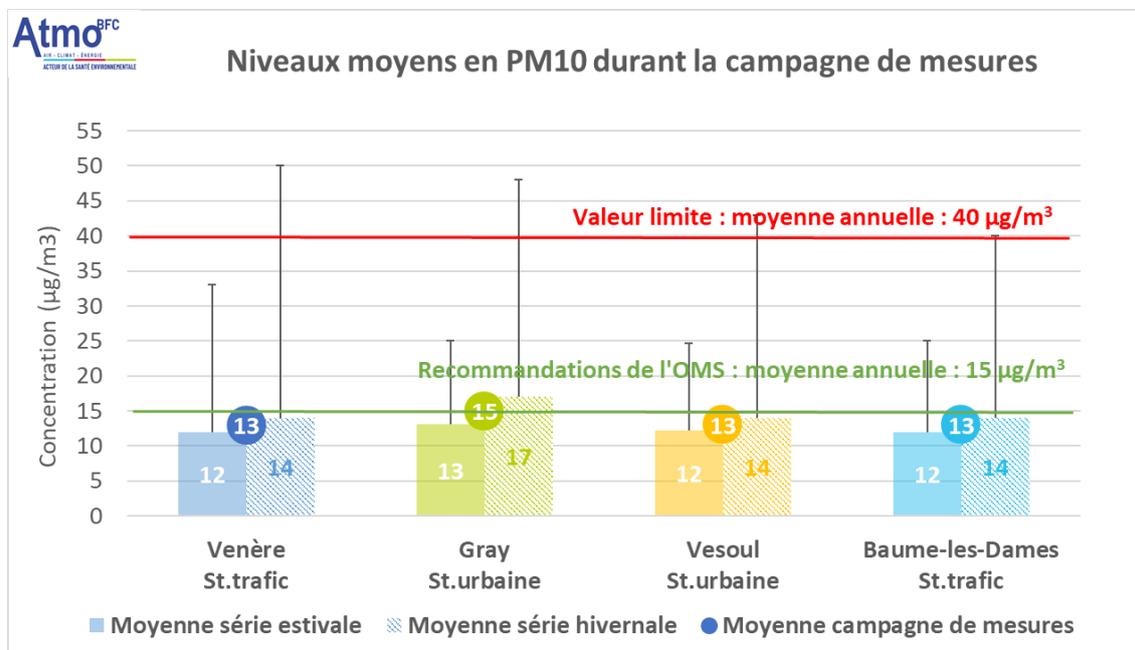


Figure 22 : Données générales en PM10 comparées aux seuils réglementaires durant la campagne de mesures

Les niveaux sont plus élevés en période hivernale qu'en période estivale, sur l'ensemble des stations. Les particules sont en effet majoritairement émises par le secteur résidentiel, et notamment le chauffage au bois. Les conditions hivernales anticycloniques (températures fraîches, sans vent, associées à des inversions thermiques) sont également plus propices à l'accumulation des polluants.

**La comparaison aux valeurs réglementaires est donnée à titre indicatif, les seuils s'appliquant normalement sur une année complète.**

Avec une moyenne respectivement à 13 µg/m³ et 15 µg/m³ observée sur les stations de Venère et Gray, **les niveaux observés sont largement inférieurs à la limite réglementaire fixée à 40 µg/m³ et respecte la recommandation de l'OMS pour la santé des riverains fixée à 15 µg/m³.**

La station de Gray présente une moyenne légèrement plus élevée durant la période hivernale que les autres stations.

**Les maximums journaliers sont observés en hiver.** Les niveaux les plus élevés sont observés sur les stations mobiles de Gray et Venère avec respectivement 48 et 50 µg/m³/j. Vesoul et Baume les Dames enregistrent des maximums journaliers plus faibles.

**Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation (50 µg/m<sup>3</sup>/j) n'a été observé au cours de la campagne pour ces deux stations.** Venère a présenté une journée à 50 µg/m<sup>3</sup> et Gray 48 µg/m<sup>3</sup>. Ces niveaux les plus élevés correspondent à l'épisode de pollution observé en Bourgogne Franche-Comté qui s'est déroulé entre le 13 et 14 janvier. A cette période, les conditions météorologiques étaient particulièrement favorables à l'accumulation des particules (période de froid, sec et ensoleillé).

**Par ailleurs, pour la santé humaine, la réglementation impose de ne pas dépasser 35 jours par an la moyenne journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>. Avec aucun dépassement la limite est donc très largement respectée.**

### 5.2.1.2 Particules PM2,5

*NB : les particules PM2,5, lors de la campagne ont été mesurées uniquement au niveau du site de Gray.*

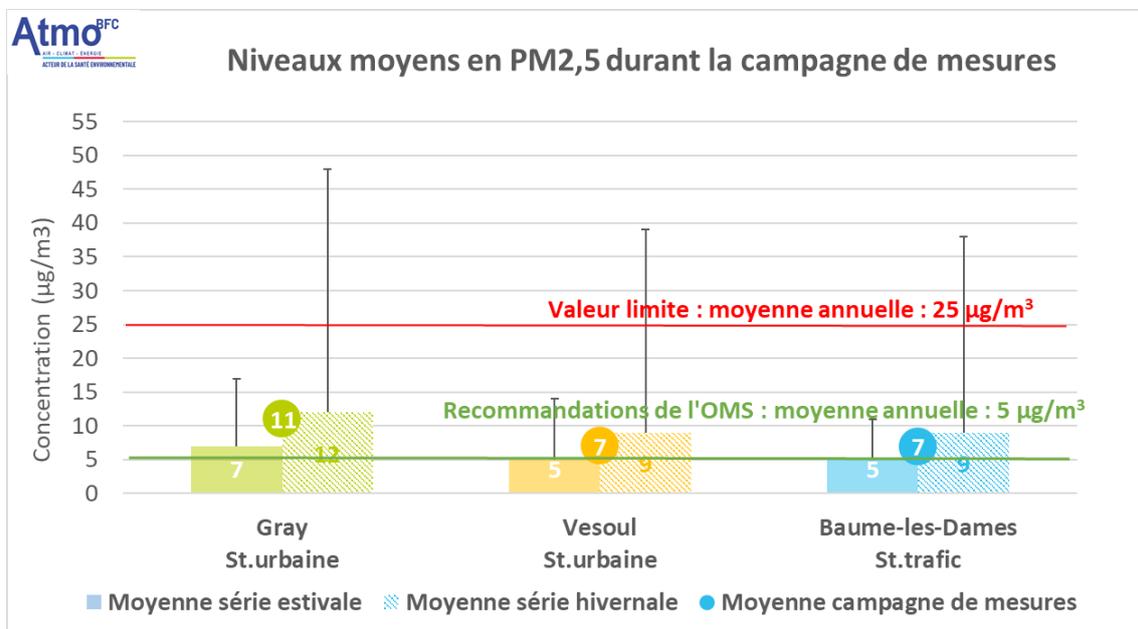


Figure 23 : Données générales en PM2,5 durant la campagne de mesures

Les observations des mesures de PM2,5 sont similaires à celles des PM10. Les niveaux sont plus élevés en période hivernale qu'en période estivale, sur l'ensemble des stations. Les particules sont en effet majoritairement émises par le secteur résidentiel, et notamment le chauffage, en particulier au bois, comme les particules PM10. Les conditions météorologiques hivernales sont plus favorables à leur accumulation.

**La comparaison aux valeurs réglementaires est donnée à titre indicatif, les seuils s'appliquant sur une année complète.**

Avec une moyenne à 11 µg/m<sup>3</sup> la station de Gray présente une moyenne **inférieure à la limite réglementaire fixée à 25 µg/m<sup>3</sup>**. La moyenne est toutefois supérieure aux recommandations de l'OMS pour la santé des riverains, fixée à 5 µg/m<sup>3</sup>.

**La station de Gray présente la moyenne la plus élevée aussi bien lors de la série estivale qu'hivernale. Elle présente également le maximum journalier avec 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  le 12 janvier, pour 38 et 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$  pour les stations de Vesoul et Baume les Dames à la même date.**

Selon l'INERIS, l'ensemble du territoire français est exposé à des dépassements de cette valeur OMS établie en 2021. Cela implique à long terme des risques possibles pour la santé.

## 5.2.2. Evolution des concentrations sur la période d'étude

### 5.2.2.1 Les particules PM10

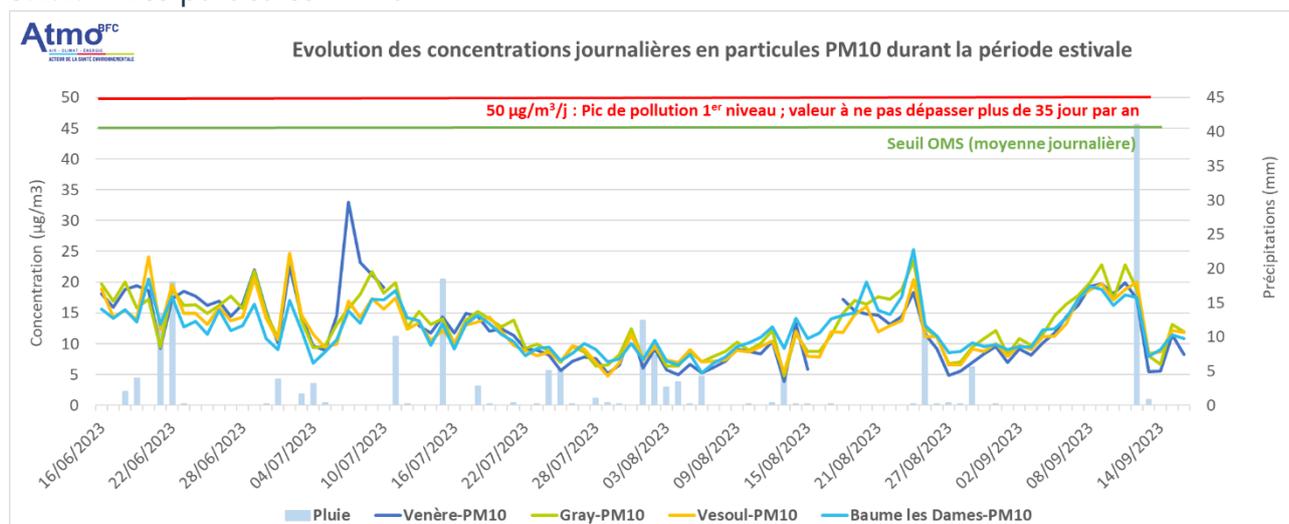


Figure 24 : Evolution des concentrations journalières en PM10 durant la série estivale

Durant la série estivale, les profils des stations sont comparables. Les pluies sont, d'une manière globale, associées à des baisses de concentration de particules, en particulier le 14 septembre lors de fortes pluies.

Venère enregistre une hausse significative des concentrations le 7 juillet, entraînant un maximum horaire le 7 juillet à 18 h, à 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Certains événements localisés à proximité de la station peuvent entraîner des hausses significatives ponctuelles parfois difficilement explicables n'étant pas sur site.

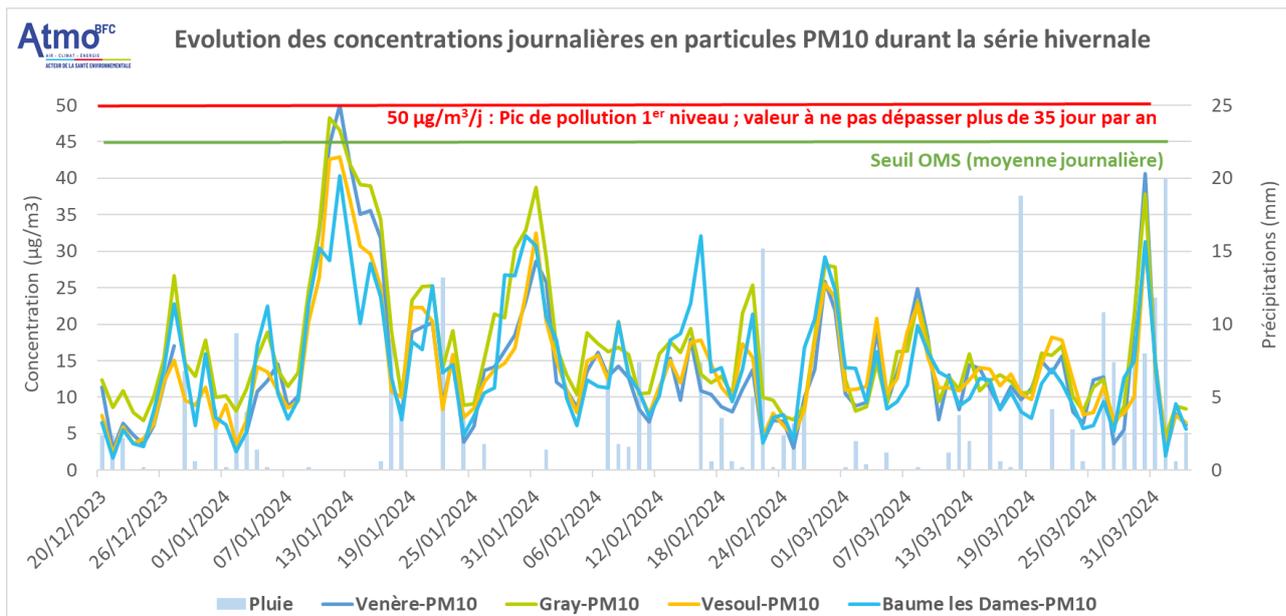


Figure 25 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur la série hivernale

Durant la série hivernale, les profils des stations restent comparables même si quelques différences peuvent être soulignées. Les pluies sont, d'une manière globale associées à des baisses de concentration de particules, en particulier le 22 février lors de fortes pluies.

Durant la série hivernale, on constate que les niveaux sont plus élevés que ceux durant la série estivale. Gray présente de manière générale un profil plus élevé que les stations de Venère et Vesoul, voire parfois supérieur à celui de la station de Baume les Dames.

Plusieurs périodes ont observé des hausses significatives de particules :

- Entre le 11 et 15 janvier : Les conditions météorologiques anticycloniques froides (absence de vent et de précipitation, gelée nocturne) ont été favorables aux inversions thermiques (voir schéma ci-dessous), ce qui a empêché la dispersion des polluants. Durant cette période un épisode de pollution sur prévision a été déclenché sur les départements du Doubs, Jura, Haute Saône, Saône et Loire, Yonne et Territoire de Belfort.
- Entre le 29 et 31 janvier : Gray enregistre un niveau plus élevé que les autres stations.
- Entre le 29 et 31 mars : Episode saharien régional. Les pluies ont permis de limiter son incidence sur les concentrations en particules PM10.

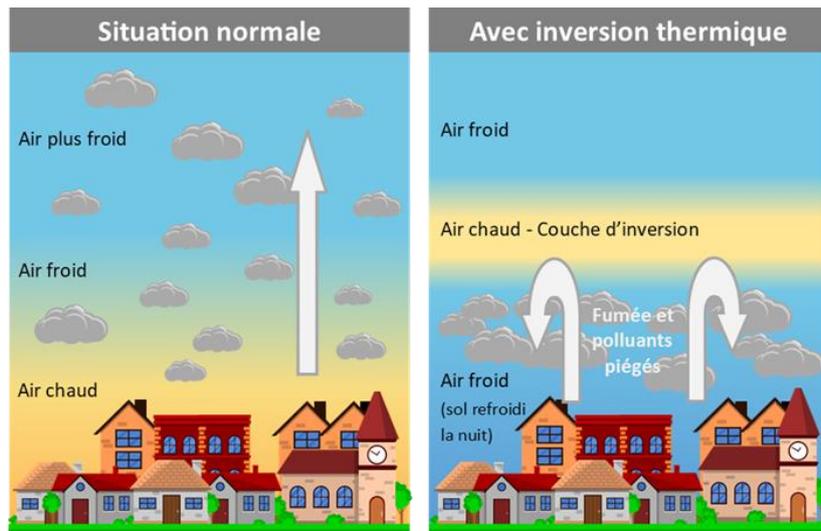


Figure 26 : Schéma représentant une inversion thermique (Atmo BFC)

L'inversion thermique : En général, la température diminue lorsque l'on monte en altitude. Cependant, sous certaines conditions cette situation peut s'inverser. C'est le cas par exemple lors de nuit très fraîche et sans couverture nuageuse. La chaleur emmagasinée dans la journée s'échappe, ce qui entraîne un refroidissement des couches d'air à la surface du sol. Comme l'air froid est plus lourd que l'air chaud, il va rester en bas, bloqué par l'air plus chaud en altitude qui va agir comme un couvercle. Le couvercle ainsi formé va alors bloquer la convection verticale de l'air et « piéger les polluants ».

### 5.2.2.2 Les particules PM<sub>2,5</sub>

NB : les particules PM<sub>2,5</sub>, lors de la campagne ont été mesurées uniquement au niveau du site de Gray.

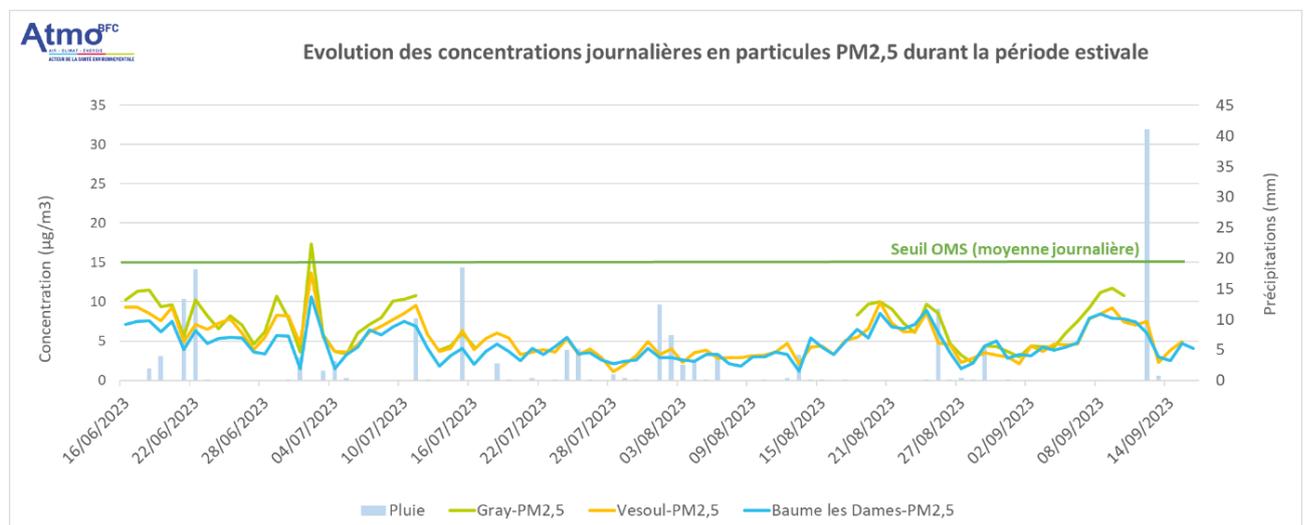


Figure 27 : Evolution des concentrations journalières en PM<sub>2,5</sub> durant la série estivale

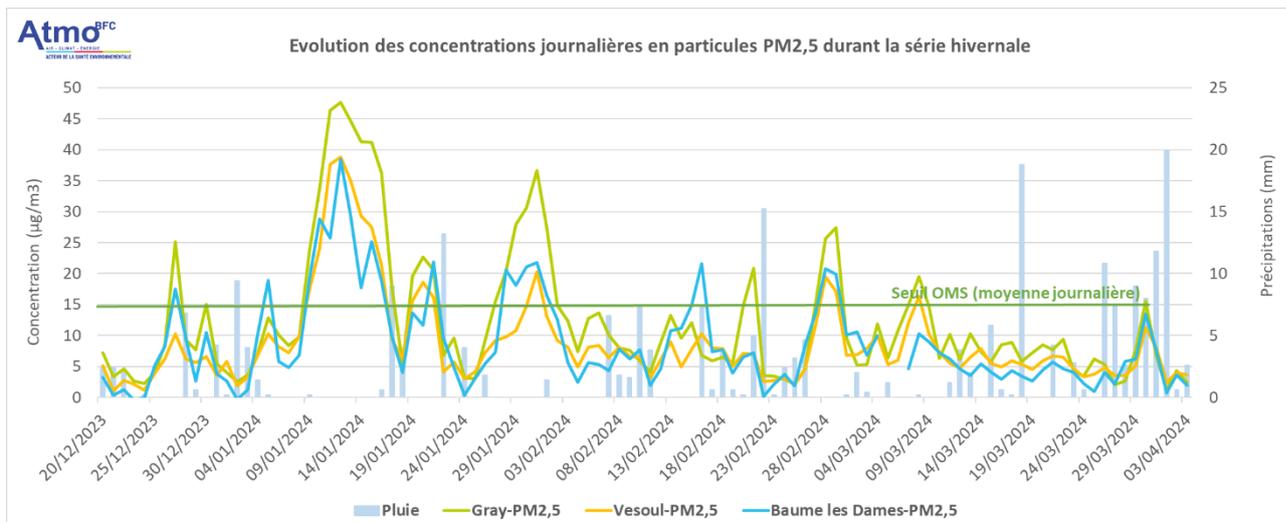


Figure 28 : Evolution des concentrations journalières en PM2,5 durant la série hivernale

Les profils des stations pendant la période de mesure sont comparables même si quelques différences peuvent être soulignées. Encore une fois, les pluies mesurées tendent à être associées à des baisses de concentrations de particules, la pluie permettant de lessiver l’atmosphère. Les orages de l’été ont engendré un dysfonctionnement de l’analyseur PM2,5 entraînant une perte des données entre le 12 juillet et le 17 août pour ce polluant.

On retrouve les mêmes hausses significatives que les PM10 excepté pour le pic de sable saharien observé fin mars. En effet le sable est associé à des particules grossières. Peu de particules de faible diamètres sont observées dans ces épisodes.

**La station de Gray enregistre des niveaux plus élevés que les stations de Vesoul et de Baume les Dames.**

**Au total Gray enregistre des moyennes journalières supérieures à la recommandation de l’OMS pour la santé humaine fixée à 15 µg durant 22 jours**, pour 15 jours pour Vesoul, et 19 jours pour Baume les Dames.

Pour avoir plus d’information sur les sources de particules sur la station de Gray, des roses de pollution ont été construites pour les PM10 et les PM2,5. Les roses de pollutions sont des outils qui représentent l’intensité de la pollution en fonction de la direction des vents. Elles renseignent sur les secteurs de vent pour lesquels les polluants sont les plus présents.

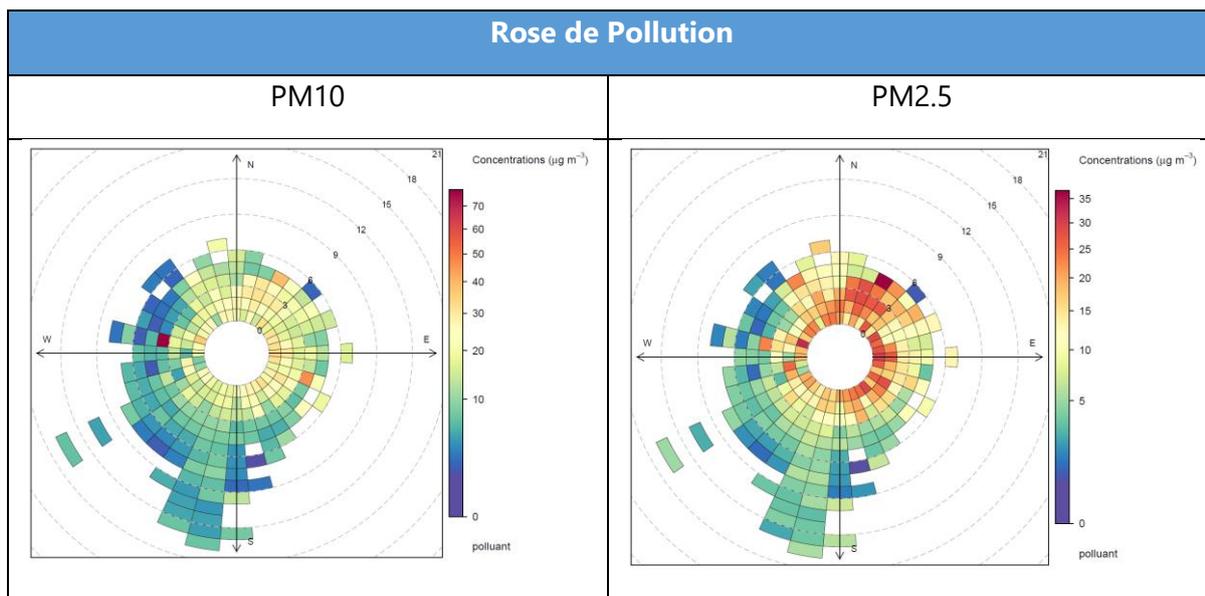


Figure 29 : Rose des pollutions sur le secteur de Gray pour les PM10 et les PM2,5

Les rose de pollution PM10 et PM2.5 sont comparables. Elles indiquent que les niveaux les plus élevés, aussi bien pour les PM10 que les PM2.5, sont observés lorsque les vents sont les plus faibles. **Par conséquent les sources sont locales et semblent liés au secteur résidentiel. Le quart Sud-Est moins urbanisé semble le moins contributeur.**

### 5.2.3. Analyse du profil journalier horaire

#### 5.2.3.1 Particules PM10

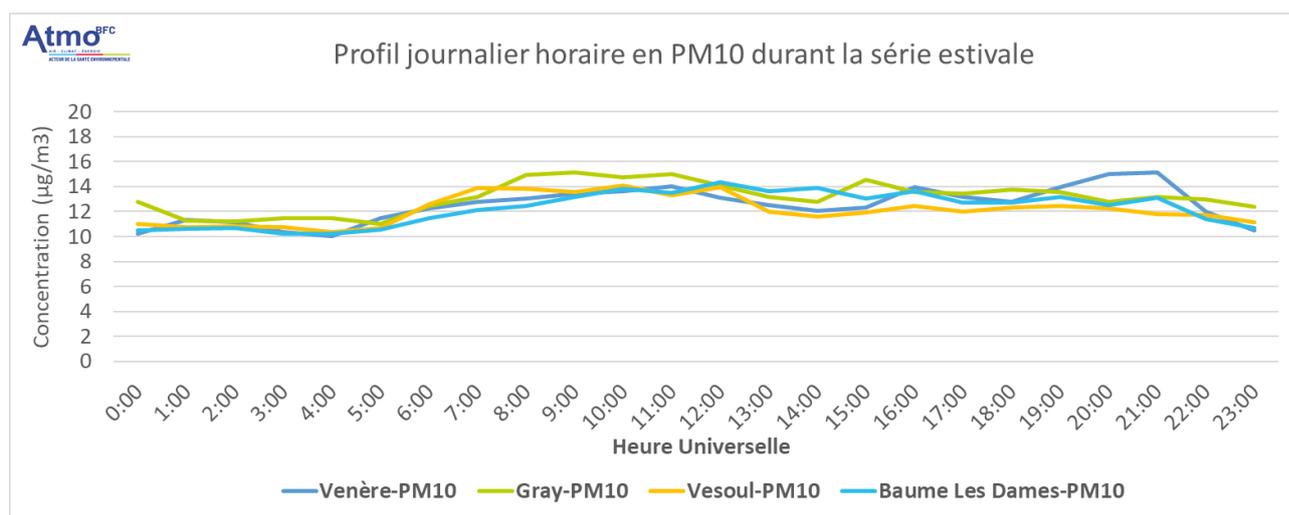


Figure 30 : Profil journalier horaire en PM10 durant la période estivale

Durant la série estivale, les profils journaliers entre les stations sont comparables et relativement stables dans la journée. Les niveaux les plus faibles sont observés pendant la nuit. La journée, les niveaux sont plus élevés en lien avec la reprise du trafic et des activités

humaines. On observe une légère hausse en fin de journée sur la station de Venère entre 18 h et 19 h qui peut s'expliquer par les déplacements travail ⇔ domicile.

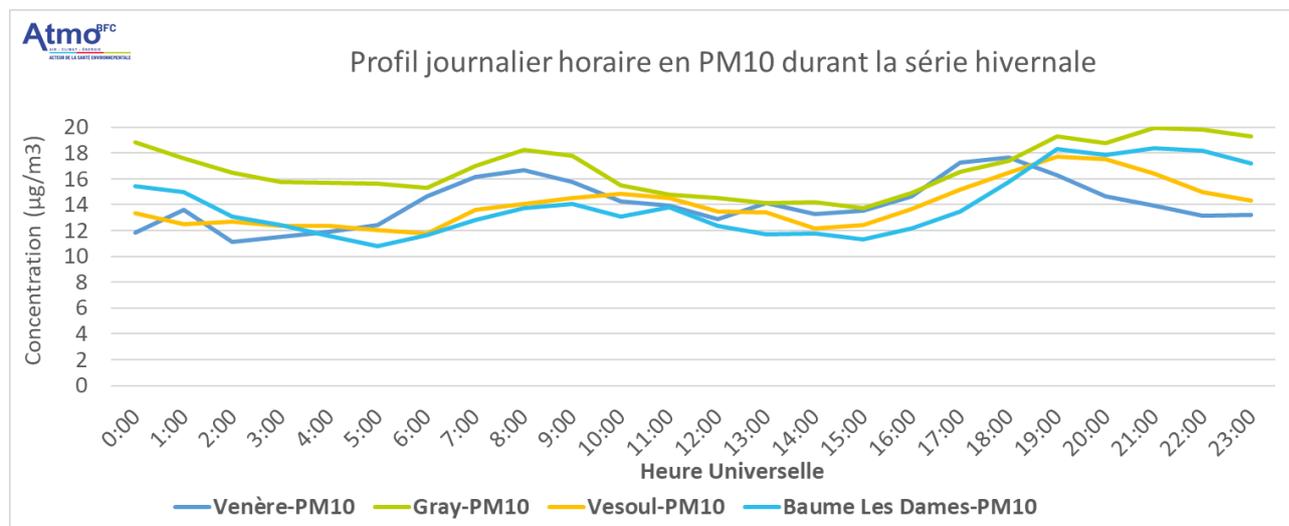


Figure 31 : Profil journalier horaire en PM10 durant la période hivernale

Durant la période hivernale, les niveaux sont plus élevés tout au long de la journée sur l'ensemble des stations. Les profils restent comparables. On retrouve sur ce graphique les deux augmentations de concentrations liées aux déplacements domicile ⇔ travail déjà décrit pour les oxydes d'azote (cf. paragraphe 5.1.4 p26-27) : une première en début de matinée, et une seconde en fin d'après-midi.

Toutefois, le profil journalier horaire en PM10 diffère quelque peu. En effet, contrairement au NO<sub>2</sub>, les concentrations de PM10 ne redescendent pas durant la soirée, au contraire, elles se stabilisent puis redescendent seulement très progressivement entre minuit et quatre heures du matin. Cette observation est due à l'utilisation du chauffage domestique individuel (allumé lorsque les habitants rentrent à leur domicile), le secteur résidentiel étant l'une des sources majeures d'émissions de particules PM10 sur la communauté de communes de Val de Gray. Sur la station de Venère, les niveaux redescendent en fin d'après-midi.

**L'impact du chauffage domestique semble plus élevé sur Gray. En effet la différence de concentrations est plus importante durant la soirée qu'au cours de la journée entre Gray et les autres stations.**

### 5.2.3.2 Particules PM2,5

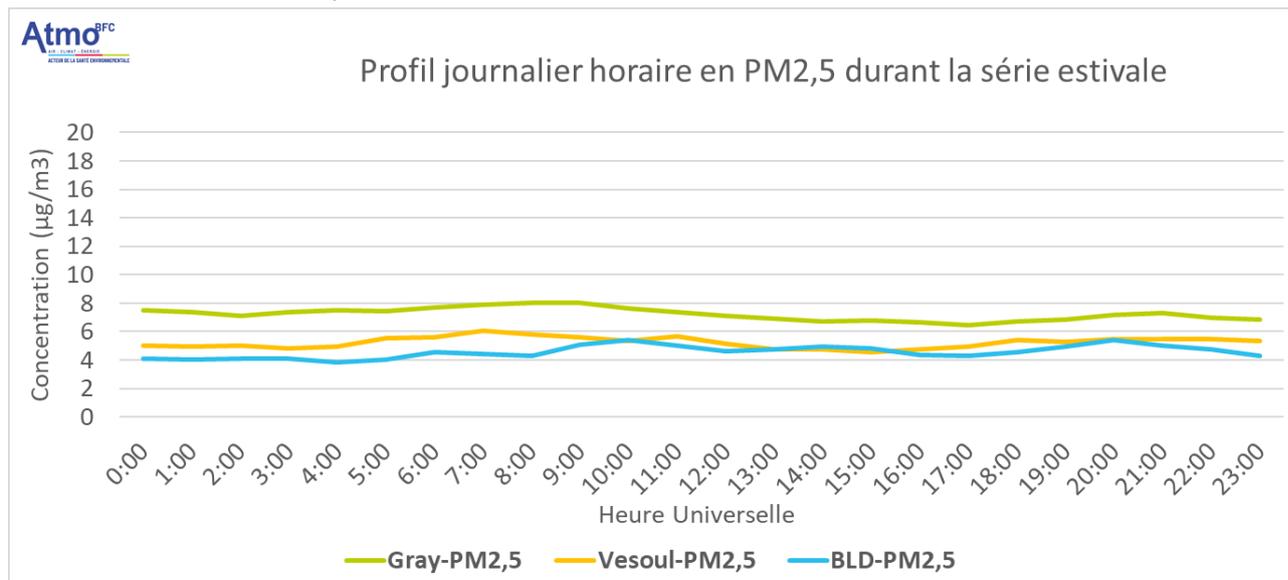


Figure 32 : Profil journalier horaire en PM2,5 durant la série estivale

Durant la série estivale, l'analyse du profil journalier horaire des PM2,5 montre des niveaux relativement bas et stables dans la journée avec des niveaux légèrement plus élevés sur la station de Gray par rapport à Vesoul.

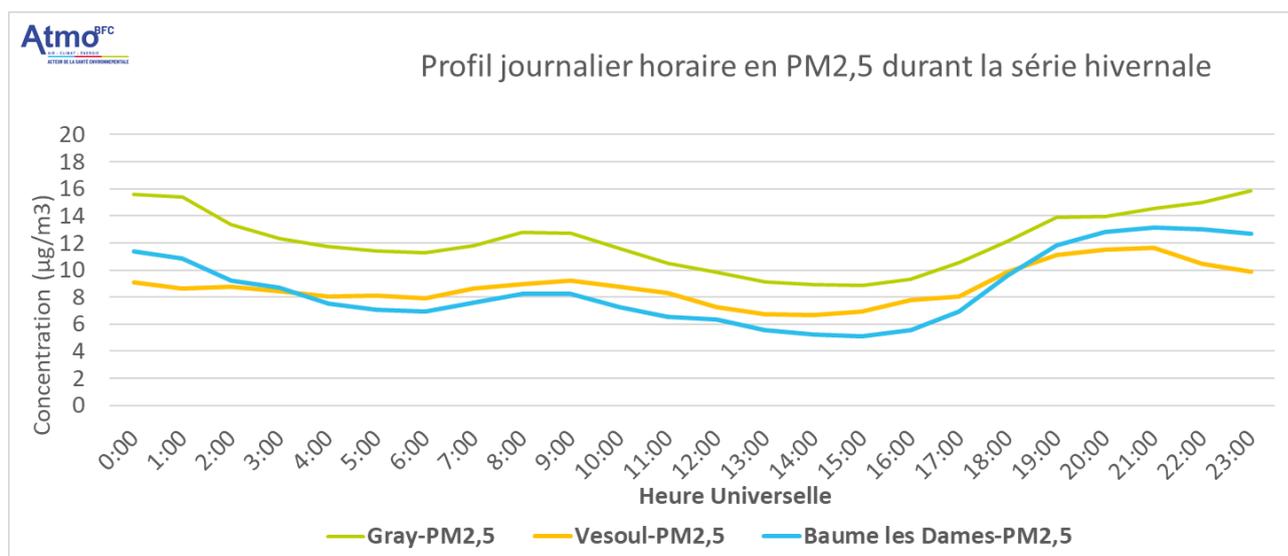


Figure 33 : Profil journalier horaire en PM2,5 durant la série hivernale

Durant la série hivernale, les niveaux sont plus élevés que lors de la série estivale. Le profil journalier horaire en PM2,5 est relativement similaire à celui des PM10. On observe une légère hausse en début de matinée en lien avec la reprise de trafic et en fin d'après-midi. Sur Gray, les niveaux sont plus élevés que sur Vesoul. Par ailleurs, ils restent élevés jusqu'à 1 h du matin, témoignant d'un impact accru du chauffage résidentiel individuel. Les concentrations observées en PM2,5 témoignent également de sources locales de production. En effet, les particules ont tendances à s'agglomérer et à grossir au fur et à mesure de leur déplacement avec les masses d'air pour former des particules PM10 – des niveaux élevés en PM2,5 sont donc caractéristiques de sources proches.

Les particules (PM) présentent des niveaux plus élevés en période hivernale en raison de l'incidence du chauffage, et lorsque les conditions météorologiques sont favorables à leur accumulation.

Sur Gray et Venère, les niveaux de PM10 mesurés respectent la réglementation en vigueur ainsi que la recommandation de l'OMS en moyenne annuelle.

Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation n'a été observé.

Pour les PM2,5, les niveaux mesurés respectent en moyenne annuelle la réglementation en vigueur mais ne respectent pas la recommandation de l'OMS. Ce dépassement représente un risque pour la santé des habitants pour une exposition à long terme.

La station de Gray enregistre des niveaux de particules plus élevés que la station de Vesoul. Ces niveaux plus élevés semblent liés au chauffage domestique.

La comparaison aux valeurs réglementaires annuelles est donnée à titre indicatif, les seuils s'appliquant sur une année complète.

### 5.3. L'ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone, étant un polluant estival, n'a été suivi que durant la série estivale.

#### 5.3.1. Comparaison aux seuils réglementaires.

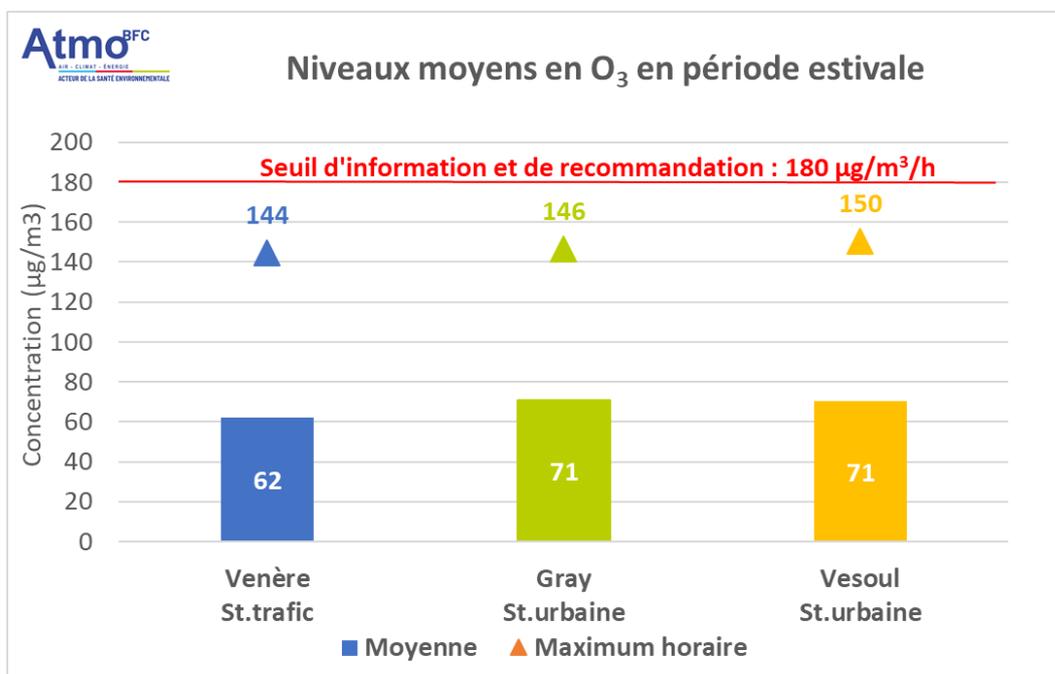


Figure 34 : Niveaux moyens journaliers en O<sub>3</sub>

Avec une moyenne à  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la station de Venère présente des niveaux plus faibles que la moyenne calculée à  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les stations urbaines de Gray et Vesoul.

Cette différence s'explique par les réactions physico-chimiques complexes s'opérant dans l'atmosphère, et menant à la formation ou à la destruction de l'ozone :

- A proximité des axes routiers la production de NO est plus importante qu'en zone rurale ou urbaine. Le NO va réagir avec l' $\text{O}_3$  pour donner du  $\text{NO}_2$ , conduisant ainsi à une diminution des concentrations d' $\text{O}_3$ .
- En zone où la circulation routière est moins intense, les concentrations de NO sont plus faibles : les réactions de destruction de l' $\text{O}_3$  sont donc moins importantes. Par ailleurs, c'est également à ces endroits que les niveaux de  $\text{NO}_2$  vont avoir tendance à augmenter, ce qui conduit, sous les effets des rayons du soleil, à la formation de plus d' $\text{O}_3$ . La topographie, légèrement enclavée peut influencer également l'accumulation d'ozone.

**Aucun dépassement du seuil d'information et recommandation ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ ) n'a été observé au cours de la campagne pour ces deux stations.**

Les stations de Venère et Gray enregistrent un maximum journalier respectivement à 138 et  $137 \mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$  au-dessus de l'objectif de qualité qui vise un maximum journalier de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ , de même que le seuil OMS fixé à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ . En effet, **Ces dépassements représentent, pour une exposition à long terme, un risque pour la santé des habitants.**

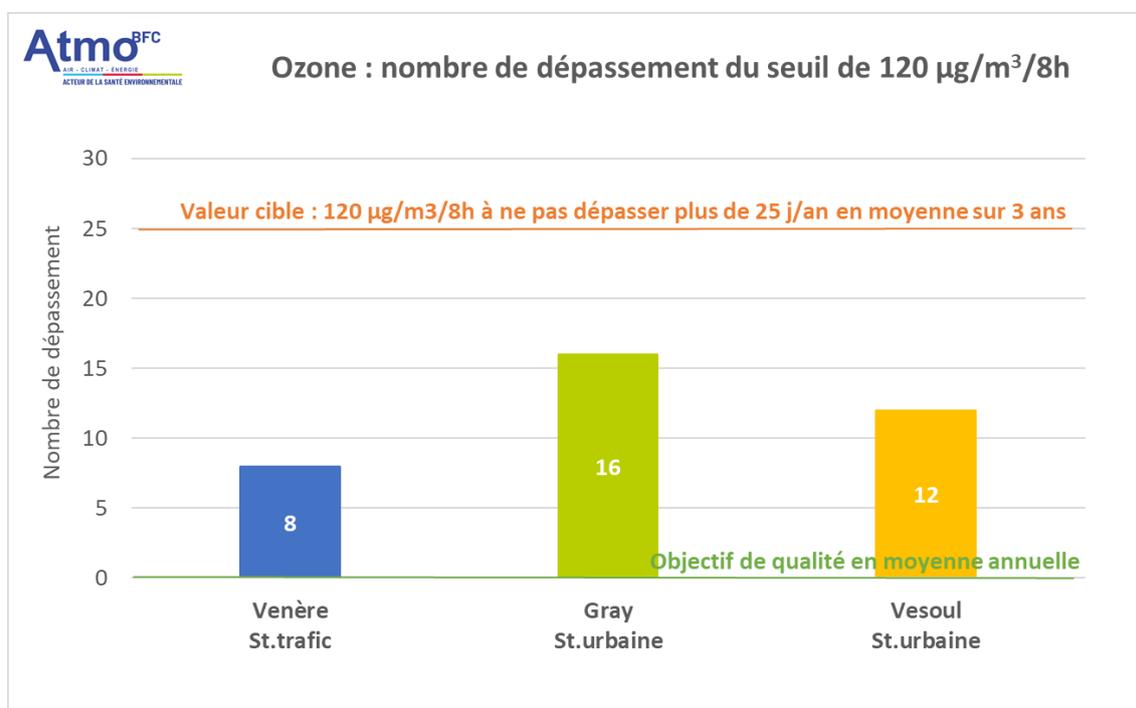


Figure 35 : Nombre de dépassement de la valeur cible

*NB : Le nombre de jours de dépassement est calculé à partir de la valeur maximale journalière des moyennes glissantes sur 8h.*

Dans le cadre de cette étude, le nombre de jour a été calculé pour la période de mesure soit de mi-juin à mi-septembre.

On constate que Gray présente le nombre de jour le plus élevé avec 16 jours de dépassement, pour 12 jours sur Vesoul et 8 jours à Venère.

Il convient toutefois de signaler que pour l'année 2023, la ville de Vesoul a enregistré entre mai et septembre, 25 jours de dépassement de la valeur cible.

**Pour la station de Gray, on peut donc supposer que le nombre de dépassement est supérieur aux 25 jours autorisés.**

### 5.3.2. Evolution des concentrations sur la période d'étude

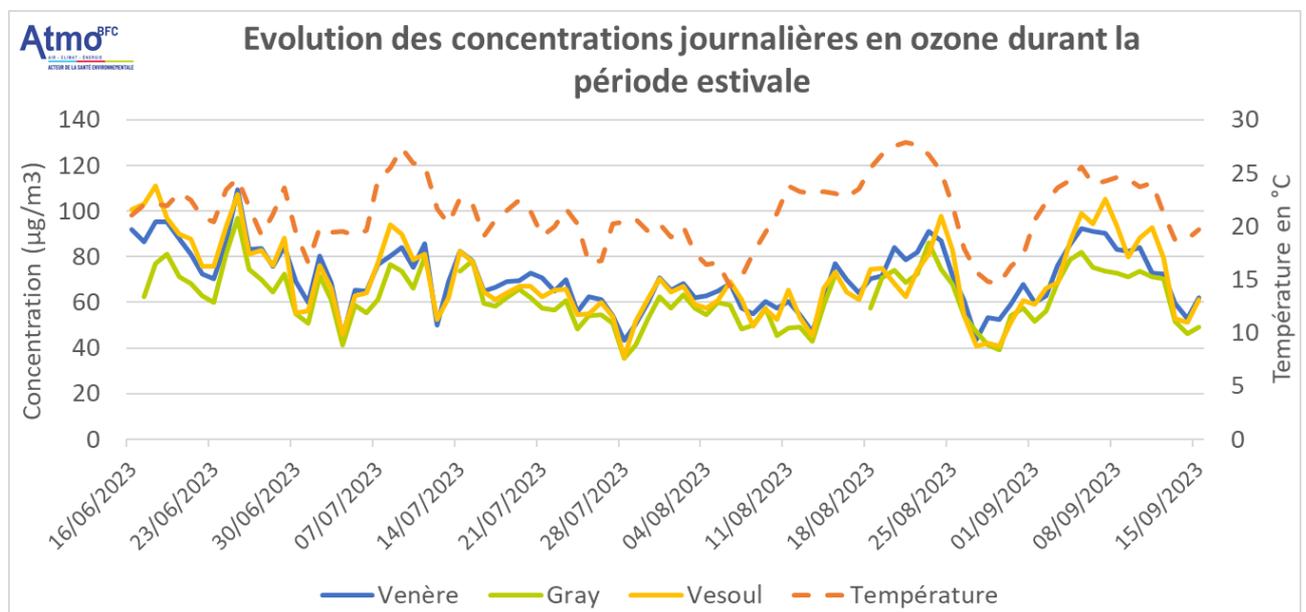


Figure 36 : Evolution des concentrations en O<sub>3</sub> avec une mise en parallèle des températures moyennes journalières

Les fluctuations des concentrations en ozone durant la période de mesure sont, pour les différentes stations, relativement similaires. La mise en parallèle de ces données avec les données météorologiques permet de souligner l'importance de la température sur les niveaux d'O<sub>3</sub> observés.

La figure 36 montre un lien direct entre les températures journalières observées et les concentrations en ozone mesurées. **L'ozone est en effet un polluant secondaire qui résulte de la transformation chimique de certains polluants sous l'effet des rayonnements du soleil.** Les journées les plus chaudes sont ainsi associées à des augmentations des concentrations en ozone tandis que les journées les plus fraîches sont associées à des niveaux plus faibles.

### 5.3.3. Analyse du profil journalier horaire

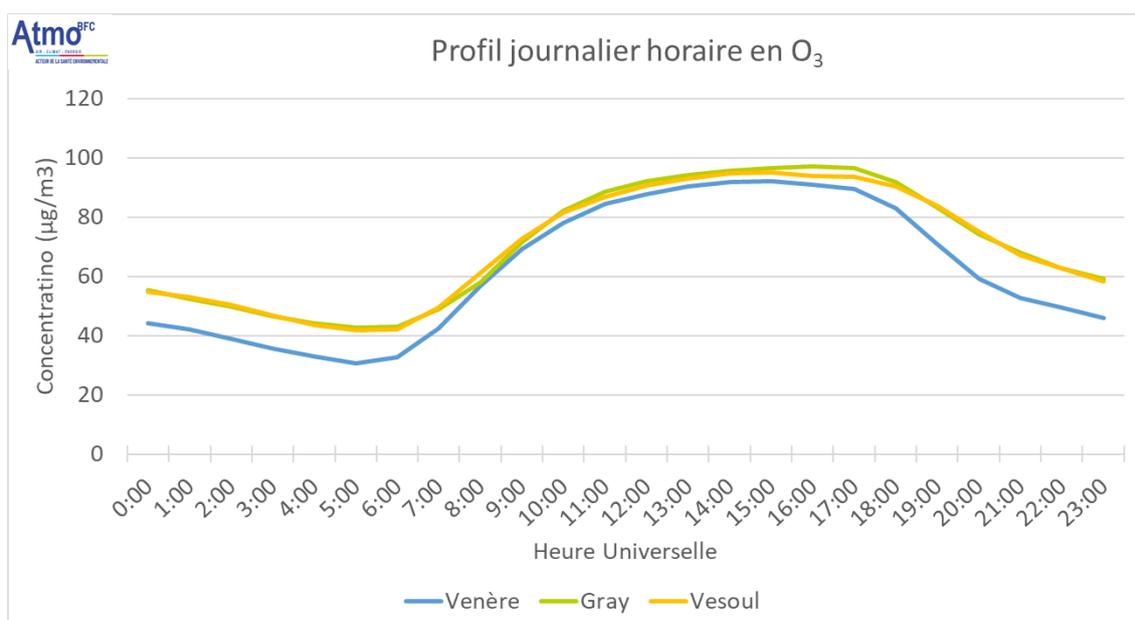


Figure 37 : Profil journalier horaire

Les variations des concentrations d’ozone au cours d’une journée type ont une allure typique, « en forme de cloche ». Ils reflètent l’évolution journalière de l’intensité du rayonnement solaire. Les concentrations augmentent progressivement au cours de la journée pour atteindre leur maximum en milieu d’après-midi. Les niveaux redescendent ensuite graduellement au cours de la nuit pour atteindre leurs plus faibles teneurs en tout début de matinée.

Cette évolution est particulièrement intéressante à étudier dans le but de se protéger des effets sanitaires de l’ozone. **Ainsi, lors d’épisodes de pollution à l’ozone, il est conseillé aux personnes fragiles et aux sportifs de profiter des heures en soirée ou du matin pour leurs activités extérieures – au moment où les niveaux d’ozone sont les plus bas.** Les heures chaudes de la journée, entre 12h et 18 h (heures locales), sont à éviter pour limiter son exposition à ce polluant.

En ce qui concerne l’ozone, aucun dépassement du seuil d’information et recommandation n’a été observé sur les stations de Venère et Gray.

Au vu des niveaux observés et de la durée de la campagne, nous ne pouvons pas garantir que le seuil réglementaire associé à l’ozone (moins de 25 dépassements de la moyenne glissante de 120µg/m<sup>3</sup> calculé sur 8 heures) serait réellement respecté sur la zone sur une année entière.

L’objectif de qualité qui vise quant à lui à un maximum journalier de 120 µg/m<sup>3</sup>/8h est dépassé, de même que le seuil OMS fixé à 100 µg/m<sup>3</sup>/8h sur les stations de Venère et Gray. Ces dépassements représentent, pour une exposition à long terme, un risque pour la santé des habitants. Ils sont observables sur l’ensemble de la région.

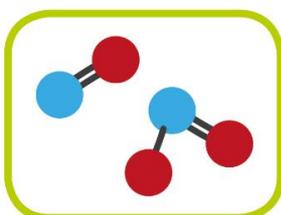
## Conclusion

Durant l'été 2023 et l'hiver 2023-2024, deux stations de mesures ont été implantées sur la territoire de la CCVG : une à Gray de typologie urbaine et l'autre à Venère de typologie trafic.

L'analyse des résultats a permis de constater sur les 2 stations que :

- Les niveaux de NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2,5 sont plus élevés en période hivernale qu'en période estivale. Cela est lié d'une part aux sources d'émissions (chauffage et trafic routier) mais également aux conditions météorologiques plus propices à l'accumulation de ces polluants. Au contraire, l'ozone (mesuré uniquement en période estivale), est présent surtout l'été (de fin avril à septembre) lorsque l'ensoleillement et les températures sont les plus élevés.
- Les niveaux en O<sub>3</sub> n'ont pas dépassé le seuil d'information et de recommandation comme l'ensemble des stations de la région. Les niveaux observés sur les stations mobiles n'ont pas respecté l'objectif de qualité comme les préconisations de l'OMS. Pour une exposition à long terme ces niveaux représentent un risque pour la santé (notamment des plus fragiles) mais aussi pour la végétation, avec en particulier une perte de production agricole (blé, pomme de terre, prairie) mais aussi forestière (chêne, hêtre...).
- Les niveaux en NO<sub>2</sub>, (marqueur du trafic routier) n'ont pas dépassé le seuil d'information et de recommandation comme l'ensemble des stations de la région. Les niveaux observés sur les stations mobiles ont respecté les limites réglementaires et les recommandations de l'OMS pour la santé humaine en moyenne annuelle. La station de Gray a dépassé 1 jour les recommandations de l'OMS en moyenne journalière et la station de Venère 3 jours. La station de Venère présente des niveaux plus élevés que la station de Gray du fait de sa position en exposition trafic, proche de la route départementale reliant Gray à Besançon.
- Les niveaux en PM10 n'ont pas dépassé le seuil d'information et de recommandation. Les niveaux observés sur les deux stations mobiles ont respecté les limites réglementaires en vigueur en moyenne annuelle ainsi que les recommandations de l'OMS.
- En ce qui concerne les PM2,5, seule la station de Gray a été instrumentée. Elle respecte la moyenne annuelle réglementaire mais pas celle recommandée par l'OMS pour la santé humaine. La station de Gray enregistre des niveaux plus élevés que la station de Vesoul. Elle a dépassé 22 jours les recommandations de l'OMS en moyenne journalière et la station de Vesoul, 15 jours. Ces dépassements de seuils représentent un risque pour la santé des habitants pour une exposition à long terme.

Ces niveaux plus élevés en particules fines par rapport aux stations de Vesoul et Baume les Dames durant la période hivernale semble liés à des sources locales et pourraient s'expliquer par l'importance du chauffage résidentiel individuel sur le secteur de Gray. Toutefois les sources d'émissions sont multiples et il est difficile d'en déterminer la nature avec exactitude.



La combinaison de l'azote (●) avec l'oxygène (●) de l'air conduit à des composés regroupés sous le terme NOx. Parmi ces composés, on distingue le monoxyde d'azote, de formule NO, et le dioxyde d'azote, NO<sub>2</sub>.

Si le monoxyde d'azote est un gaz incolore à odeur douceâtre, le dioxyde d'azote se distingue par une couleur rouge-brun et une odeur irritante.

A température ambiante, le monoxyde d'azote est instable. Il réagit avec l'oxygène de l'air pour former du dioxyde d'azote.

### → Emissions en Bourgogne-Franche-Comté en 2016



### SOURCES

#### → En air ambiant

Les oxydes d'azote sont surtout émis lors des phénomènes de combustion. Les sources principales sont les transports, l'industrie, l'agriculture, la transformation d'énergie et le chauffage. Certains procédés industriels, tels que la production d'acide nitrique, la fabrication d'engrais ou encore le traitement de surface, introduisent des oxydes d'azote dans l'atmosphère.

Les orages, les éruptions volcaniques, les feux de forêts ou encore les activités bactériennes en sont des sources naturelles.

#### → En air intérieur

A l'intérieur des locaux, les appareils à combustion (chauffage, cuisson, production d'eau chaude) sont les principaux émetteurs d'oxydes d'azote. La fumée de cigarette, issue d'une combustion, en contient également. L'air extérieur constitue aussi une source d'apports en oxydes d'azote dans l'habitat, les bureaux, les habitacles des véhicules et tout autre espace clos.

### EFFETS

#### → Sur la santé

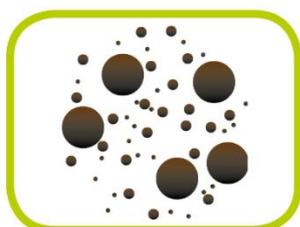
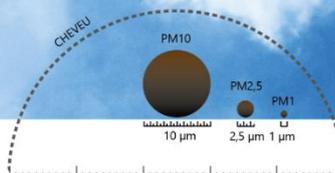
Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

#### → Sur l'environnement

Le dioxyde d'azote participe au phénomène des pluies acides, et contribue ainsi à l'appauvrissement des milieux naturels et à la dégradation des bâtiments. Il est impliqué dans la formation d'oxydants photochimiques (tel que l'ozone de la basse atmosphère (troposphère)) en tant que précurseur, et donc indirectement à l'accroissement de l'effet de serre.

*Nota: La couleur brunâtre des couches d'air polluées situées à quelques centaines de mètres d'altitude, notamment dans les villes à forte circulation, est en partie due à la présence de dioxyde d'azote, en plus des particules, dans l'atmosphère.*

# LES PARTICULES EN SUSPENSION



### SOURCES

#### → En air ambiant

Les activités humaines, notamment les combustions, telles que le trafic routier, chauffage, la combustion de matières fossiles, l'incinération de déchets, les centrales thermiques mais aussi de nombreux procédés industriels (carrière, cimenterie, aciérie, fonderie, chimie fine...) génèrent d'importantes quantités de poussières. L'agriculture et le secteur BTP contribuent également à la remise en suspension des particules fines dans l'atmosphère. Les poussières trouvent aussi une origine naturelle (feux de forêts, érosion des sols, poussières sahariennes, éruptions volcaniques, pollens, spores...).

#### → En air intérieur

Dans les lieux clos, la présence de particules résulte à la fois des sources intérieures et de transferts avec l'extérieur. On retrouve les combustions : cigarette, cheminée, poêle à bois ou à gaz, gazinière, chauffe-eau à gaz, cuisson des aliments (friture, sautés, rôtis), bougies, bâtonnets d'encens... Certaines activités sont contributrices (bricolage, ménage) ainsi que les éléments de construction, d'ameublement et de décoration.

### EFFETS

#### → Sur la santé

Selon leur taille, les poussières pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire : les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures, les plus fines atteignent les voies inférieures et peuvent altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules diminuent l'efficacité des mécanismes de défense contre les infections et interagissent avec les pollens pour accroître la sensibilité aux allergènes. Certaines servent aussi de vecteurs à différentes substances toxiques voire cancérigènes ou mutagènes (métaux, HAP...), qui sont alors susceptibles de pénétrer dans le sang.

#### → Sur l'environnement

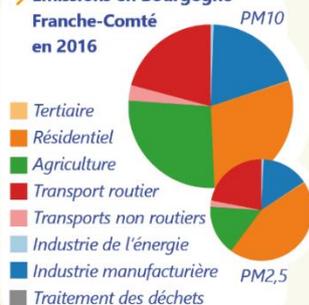
Les effets de salissure sur l'environnement sont les atteintes les plus évidentes, de fait les particules contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux, bâtiments, monuments... Accumulées sur les feuilles des végétaux, elles peuvent entraver la photosynthèse.

Les particules en suspension (ou « Particulate Matter » en anglais) sont constituées d'un ensemble très hétérogène de composés : sels (nitrates, sulfates, carbonates, chlorures,...), composés carbonés organiques (HAP, oxydes, matière organique,...), éléments traces (métaux lourds,...) ou encore carbone élémentaire.

On les distingue selon leur granulométrie :

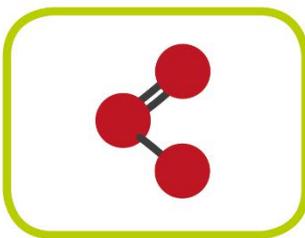
- PM10 : particules de diamètre inférieur à 10 µm (microns)
- PM2,5 : particules de diamètre inférieur à 2,5 µm

#### → Emissions en Bourgogne-Franche-Comté en 2016



(Source : Atmo BFC)

# L'OZONE



L'ozone est un gaz bleu pâle voire incolore. Dérivé du grec ozô « exhaler une odeur », l'ozone porte bien son nom : son odeur rappelant l'eau de Javel peut être perçue par l'odorat humain (notamment aux abords des vieux photocopieurs).

Composé de 3 atomes d'oxygène (●), la formule chimique de l'ozone est  $O_3$ .

## → L'ozone dans l'atmosphère



## SOURCES

### → En air ambiant

L'ozone n'est pas émis directement. Il est considéré comme étant un polluant « secondaire », résultant de la transformation photochimique (en présence des rayons UV solaires) dans l'atmosphère de certains polluants « primaires » (oxydes d'azote, composés organiques volatils...). De fait, les plus fortes concentrations d'ozone apparaissent en été, période où le rayonnement solaire est le plus intense, en périphérie des zones émettrices des polluants primaires, puis peuvent être transportées sur de longues distances.

### → En air intérieur

L'ozone est rarement considéré comme polluant de l'air intérieur car, en l'absence de sources intérieures spécifiques (certains photocopieurs), sa concentration est nettement inférieure à celle de l'ozone extérieur.

## EFFETS

### → Sur la santé

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre jusqu'aux voies respiratoires les plus fines et peut provoquer chez certaines personnes (jeunes enfants, personnes âgées, asthmatiques, allergiques ou souffrant d'insuffisance cardiaque et respiratoire...) des irritations respiratoires ou oculaires.

### → Sur l'environnement

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (processus physiologiques des plantes perturbés), les cultures agricoles (baisse des rendements) et le patrimoine bâti (altération des métaux, pierres, cuir, caoutchouc, plastiques...).

Bien que de nature chimique identique, il convient de distinguer :

- l'**ozone stratosphérique**, ou « bon ozone », formant une couche qui nous protège de certaines radiations nuisibles du soleil (rayons UV-B et UV-C)
- l'**ozone troposphérique**, ou « mauvais ozone », polluant très toxique en contact direct avec l'homme et les écosystèmes

Le « trou dans la couche d'ozone » est une disparition partielle de ce « bon ozone », liée à l'effet destructeur d'ozone de certains polluants émis dans la troposphère (couche atmosphérique dans laquelle nous vivons) et qui migrent lentement dans la stratosphère (10 à 60 km d'altitude).

## Glossaire

**Valeur limite** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

**Valeur cible** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

**Objectif de qualité** : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

**Heure universelle ou Heure UTC** est l'heure de référence à l'échelle du globe. En France métropolitaine, l'heure universelle correspond en été à l'heure locale moins 2 heures.



RETROUVEZ TOUTES  
NOS **PUBLICATIONS** SUR :  
[www.atmo-bfc.org](http://www.atmo-bfc.org)



Atmo Bourgogne-Franche-Comté  
37 rue Battant, 25000 Besançon  
Tél. : 03 81 25 06 60  
Fax : 03 81 25 06 61  
[contact@atmo-bfc.org](mailto:contact@atmo-bfc.org)  
[www.atmo-bfc.org](http://www.atmo-bfc.org)