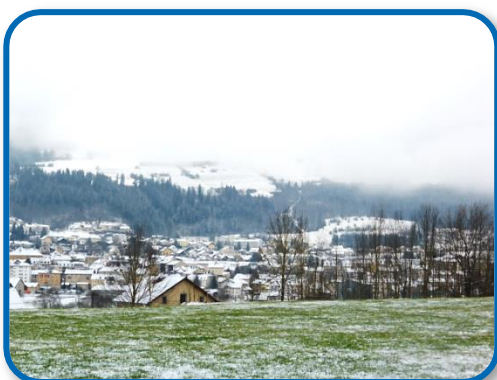




## Modélisation de la qualité de l'air sur la zone de Morteau

*Campagne de mesures du 24/10/2013 au 25/03/2014 à Morteau  
Campagne de mesures du 17/10/2014 au 01/04/2015 à Montlebon*



Photographie de Morteau, hiver 2013/2014  
(©ATMO FC)

PM<sub>2,5</sub>

Les cartographies réalisées visent à évaluer la pollution présente en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et en particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) pour l'année 2014. Découvrez-les au fil de ce document.

NO<sub>2</sub>



PM<sub>10</sub>



## Localisation de la zone d'étude



Le développement des énergies renouvelables est l'un des grands objectifs du SRCAE (Schéma Régional Climat Air Energie) de Franche-Comté. La filière bois-énergie est un enjeu majeur de cette région, c'est la filière la plus utilisée et développée. La combustion de biomasse a un bilan positif de ses impacts sur le changement climatique. En revanche, la combustion de bois est susceptible d'avoir des impacts négatifs sur la pollution atmosphérique. C'est pourquoi ces impacts sont un point de vigilance important. C'est dans ce contexte qu'ATMO Franche-Comté, en lien avec le SRCAE, a lancé une campagne d'étude « Bois-Energies » planifiée sur 30 mois (2013-2015). L'objectif de cette étude est l'évaluation des niveaux de pollutions aux particules entre les espaces ruraux et les centres bourgs de l'arc jurassien, mais aussi entre l'arc jurassien et le reste de la région Franche-Comté. Ce projet prévoit la mise en œuvre de l'analyse de la qualité de l'air en zone plutôt rurale avec forte activité de type tuyaé et de chauffage au bois. Le projet « Bois-Energie » inclut des campagnes de mesures, un travail sur un scénario d'émissions et la réalisation de modélisations régionale et urbaine.

C'est dans ce cadre qu'ATMO Franche-Comté a mené une étude de modélisation urbaine sur la zone de Morteau. Cette étude de modélisation s'appuie sur les campagnes de mesures sur les villes de Morteau et Montlebon, en complément de 6 autres sites de l'arc jurassien. Ces campagnes qui avaient pour objectif l'analyse de l'impact du chauffage au bois/activité en lien avec une topographie marquée, ont montré des valeurs importantes en poussières PM10 sur cette aire géographique. La fiche techniques des stations mobiles et les emplacements exacts de ces stations lors de ces deux campagnes de mesure sont présentés respectivement en Annexe 1 et 2.

L'objectif de ce travail est d'obtenir une vision complète et détaillée de la qualité de l'air sur la zone géographique étudiée comprenant la commune de Morteau et ses alentours. L'intérêt principal de la modélisation urbaine est l'évaluation de l'exposition de la population face à la pollution atmosphérique. Elle permet également d'affiner les connaissances de la répartition spatiale de la pollution atmosphérique, de répondre aux attentes réglementaires et sanitaires, d'améliorer l'information de la population et de proposer une aide aux décideurs publics dans l'évaluation environnementale de projets locaux.

La plateforme de modélisation présentée dans ce rapport a été réalisée à partir de l'ensemble des données disponibles permettant de caractériser l'état de la qualité de l'air sur la zone de Morteau et grâce au logiciel ADMS-Urban v. 3.2 (Numtech). Ce document dresse un bilan de cette étude de modélisation sous forme de cartographies d'indicateurs annuels (2014) de la qualité de l'air pour les polluants suivants : dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et particules PM10 et PM2,5 (particules en suspension dans l'air, respectivement de diamètre inférieur à 10 µm et à 2,5 µm).

Rédigé par Marie RISTORI

Vérifié par Mathieu BOILLEAUT et Anaïs DETOURNAY

Validé par Francis SCHWEITZER



## METHODOLOGIE & DONEES D'ENTREE

### PROCESSUS DE MODELISATION

Le modèle ADMS (système de modélisation de la dispersion atmosphérique – Atmospheric Dispersion Modelling System), est développé depuis 1993 par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge situé au Royaume-Uni. Il est reconnu et validé internationalement. Il est utilisé à travers le monde pour traiter des problématiques de qualité de l'air complexes en zone urbaine, en centre-ville, en proximité routière ou autoroutière, et près de zones industrielles. Par exemple, il est déjà mis en œuvre dans de nombreuses agglomérations : Strasbourg, Londres, Budapest, Rome, etc. La Figure 1 représente de manière schématique la méthodologie employée dans cette étude pour mettre en place un modèle de dispersion atmosphérique à l'échelle urbaine avec ADMS-Urban.

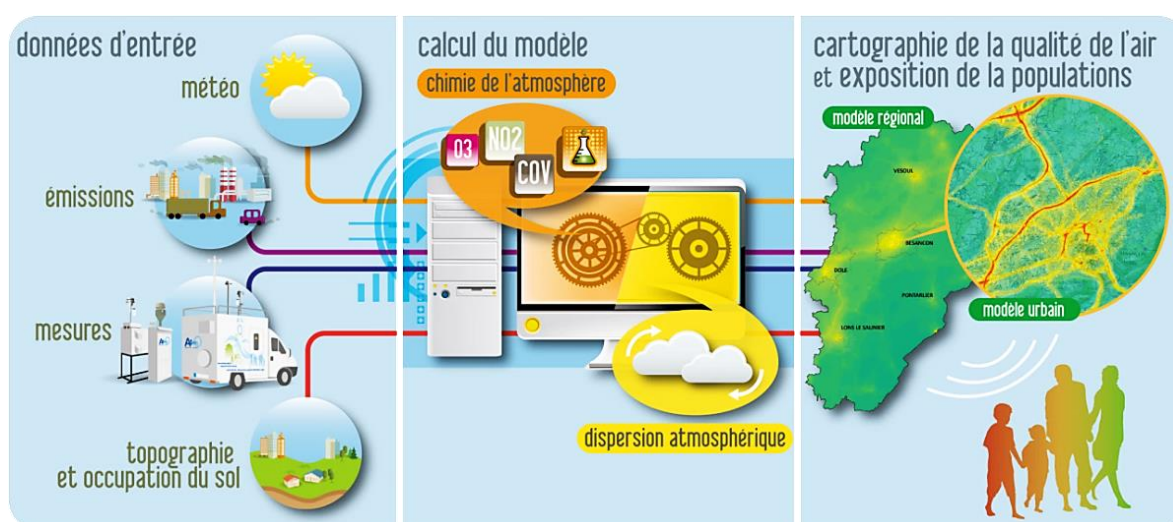


Figure 1 : Schéma méthodologique du processus de modélisation

### DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone étudiée se situe dans le Doubs (25) à la frontière Suisse. Elle s'étend sur 138 km<sup>2</sup> et comprend 7 communes : les Combes, Morteau, les Fins, les Gras, Grand'Combe-Châteleu, Montlebon et Villers-le-Lac. C'est une zone de type rural qui compte environ 18 500 habitants (recensement de 2011). Elle est remarquable par sa topographie, le val de Morteau est un creux topographique en forme de cuvette. En effet, le relief est particulièrement bien défini, on distingue nettement la vallée de Morteau au cœur du massif du Jura sur la Figure 2.

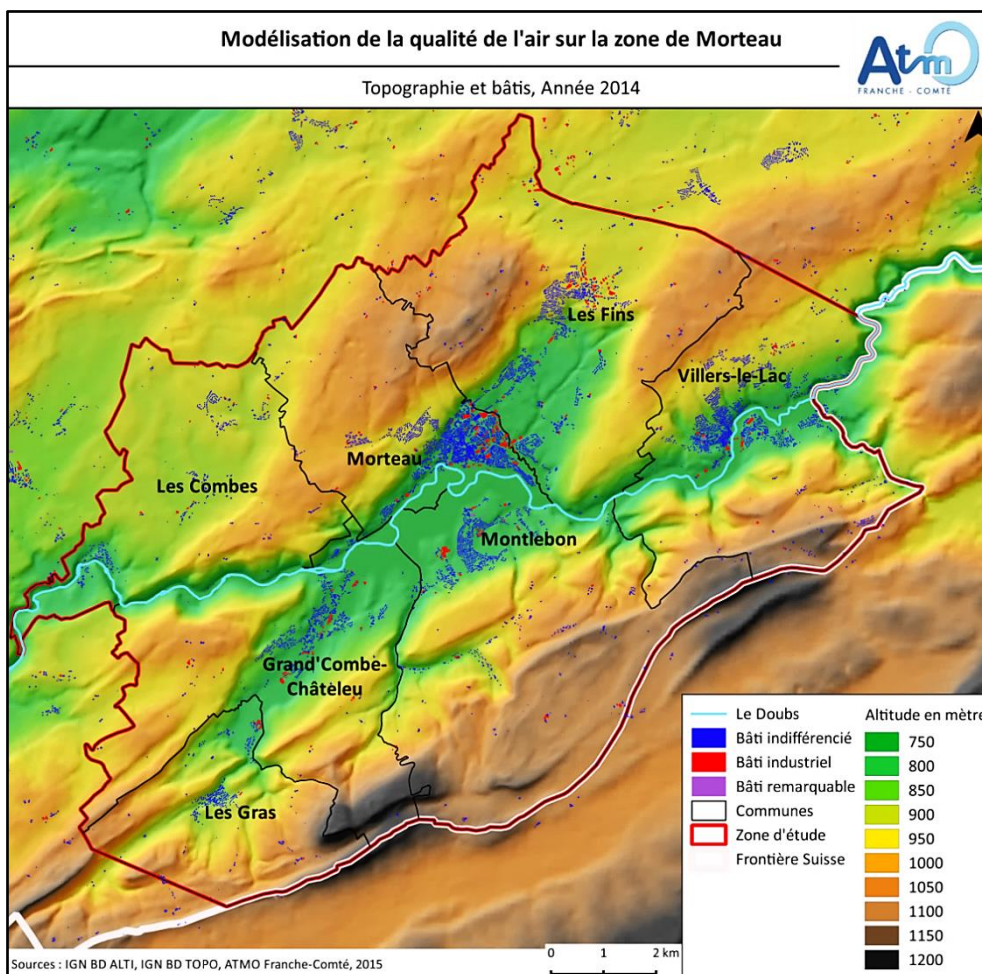


Figure 2 : Vue d'ensemble et topographie de la zone d'étude

L'aire d'étude englobe les principales sources d'émissions, que ce soit les émissions routières (trafic transfrontalier) ou les sources du secteur résidentiel/tertiaire (chauffage au bois).

## LES SOURCES D'EMISSIONS DE GAZ POLLUANTS

Pour prendre en compte toutes les émissions dans la modélisation, l'inventaire spatialisé des émissions réalisé sur l'année de référence 2008 par ATMO-Franche-Comté a été utilisé. Cet inventaire permet d'identifier les sources des polluants gazeux et particulaires émis dans l'atmosphère par secteur d'activité (anthropique ou naturel) sur la région Franche-Comté. La quantité émise sur une durée définie pour chaque composé peut ainsi être calculé. La résolution spatiale de l'inventaire retenue est la commune et sa résolution temporelle est l'année civile.

De cet inventaire est tiré un cadastre régional qui prend en compte de façon exhaustive toutes les émissions. De fait, les émissions non modélisées explicitement le seront par le biais des émissions du cadastre. Le cadastre présente également l'intérêt de pouvoir prendre en considération la pollution provenant de l'extérieur de la zone d'étude. En effet, en choisissant un cadastre plus étendu que la zone d'étude, les sources d'émissions provenant de l'extérieur sont prises en compte et dispersées. En plus de ce cadastre, trois secteurs représentatifs de la quasi-totalité des émissions en milieu urbain ont été modélisés explicitement, ce sont les secteurs : routier, résidentiel/tertiaire et industriel. La Figure 3 recense l'ensemble des sources prises en compte dans cette étude.

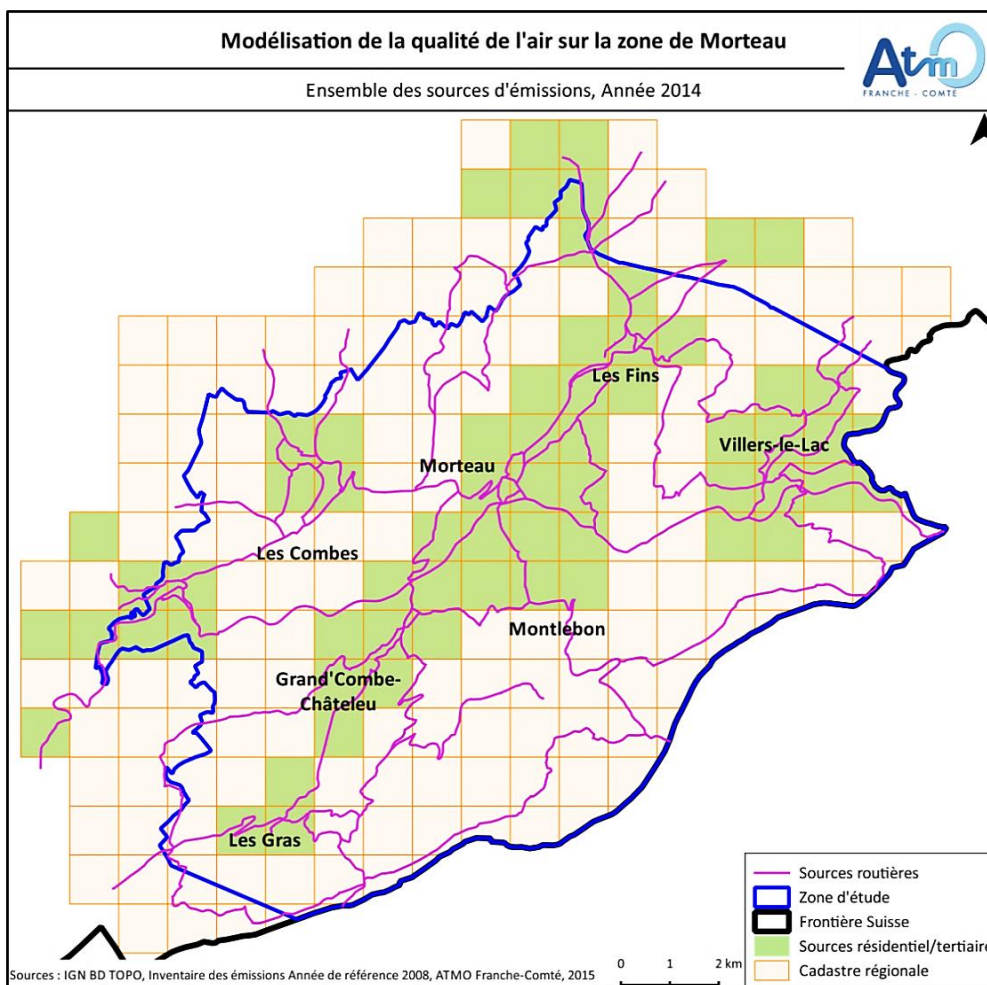


Figure 3 : Vue d'ensemble des sources intégrées dans ADMS-Urban

A noter que les données des émissions Suisses ne sont pas disponibles et qu'aucune industrie soumise à la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) n'est présente sur l'aire d'étude.

Sur l'aire d'étude, 281 tronçons routiers sont recensés. En milieu urbain, des phénomènes dits de « rue canyon » peuvent être observés. La Figure 4 schématise un « canyon » formé dans une rue entre deux rangées de grands bâtiments. La pollution est confinée dans la rue du fait de la présence de bâtiment en bordure de route. En effet, la direction et la force du vent au-dessus des toits ainsi que la forme du canyon conditionnent le développement d'un ou plusieurs tourbillons (vortex) à l'intérieur de la rue, qui sont à l'origine de phénomènes d'accumulation, en particulier du côté de la rue sous le vent.

De par leur caractère à limiter la dispersion des polluants, les rues « canyons » peuvent être à l'origine de dépassements importants des seuils réglementaires, même si la rue est peu circulée. D'un point de vue technique, une « rue canyon » désigne une rue dont les bâtiments, des deux côtés de la rue et sur plus de 100 mètres, se succèdent de manière ininterrompue ou sont très proches les uns des autres. Le rapport moyen entre la hauteur du bâti et la largeur de ce type de rue est supérieur à 0,5.

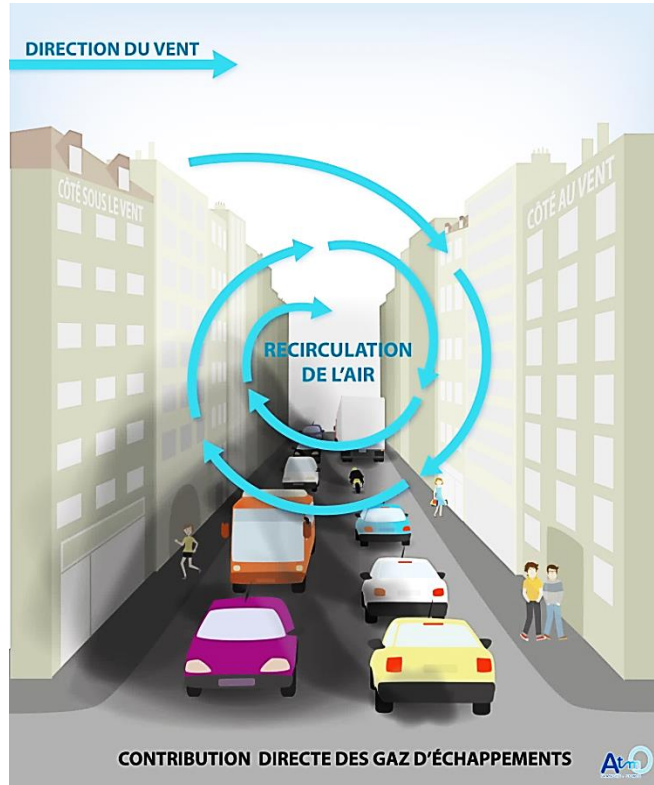


Figure 4 : Schéma simplifié de l'écoulement dans une « rue canyon ».

Au total 3 tronçons routiers ont été considérés comme canyon sur la zone d'étude. Ce faible nombre est dû à la typologie rurale des communes étudiées.

### Profils des émissions

L'intérêt de modéliser explicitement les secteurs industriel, résidentiel/tertiaire et routier est, en partie, de leur attribuer des facteurs de variations d'émissions horaires et mensuelles. Il devient alors possible de reproduire les pics de trafic du matin et du soir, ou encore les différences été/hiver sur l'utilisation du chauffage. En effet, on considère que 75 % des émissions dues au chauffage sont produites entre les mois de novembre et mars. Sans ces profils, les émissions seraient supposées constantes quelle que soit la période simulée.

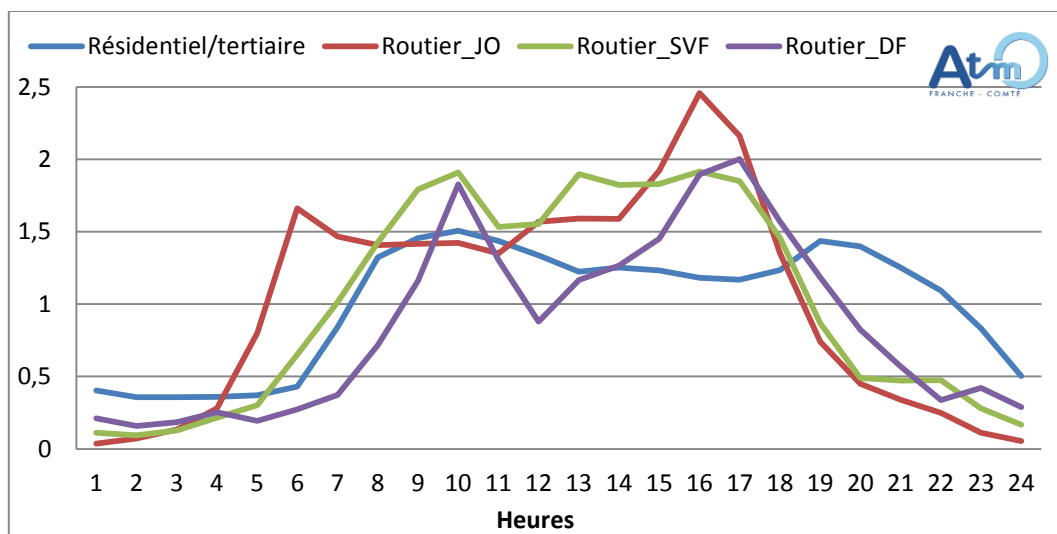


Figure 5 : Répartitions horaires des émissions du transport routier (poste 19, Valdahon D461 ; JO : Jour Ouvré, SVF : Samedi et Veille de Fête, DF : Dimanche et Fête) et du résidentiel/tertiaire

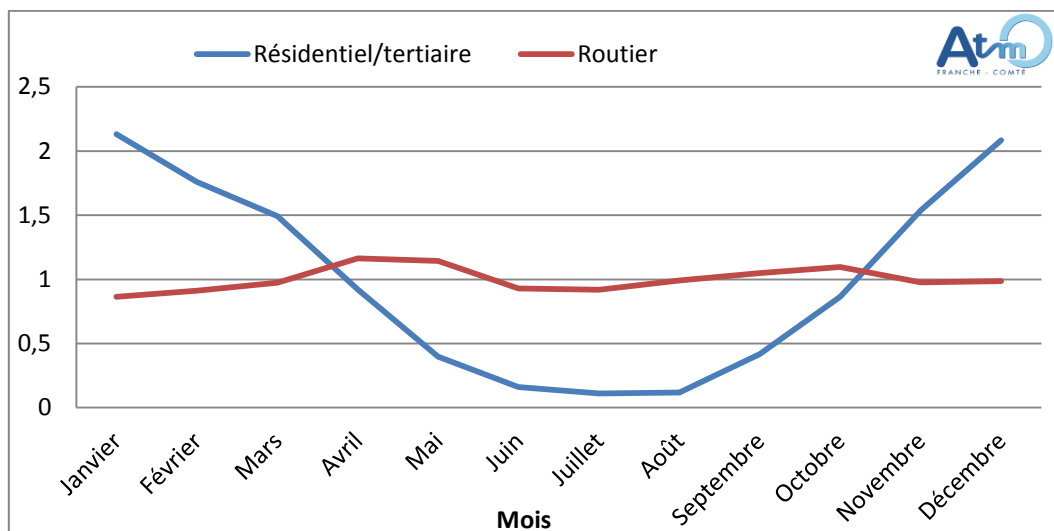


Figure 6 : Répartitions mensuelles des émissions du transport routier (poste 19, Valdahon D461) et du résidentiel/tertiaire

Les Figures 5 et 6 présentent les facteurs temporels d'émissions mensuelles et horaires pour un type de route. Le résidentiel/tertiaire suit un profil mensuel bâti à partir des degrés jours (Cf. Figure 6 ; notion introduite pour permettre la détermination de la quantité de chaleur consommée sur une période donnée). Ces émissions sont également soumises à un profil horaire (Cf. Figure 5). Ces facteurs sont appliqués à chaque source de chauffage résidentiel/tertiaire.

## LES AUTRES DONNEES D'ENTREE

En dehors des sources d'émissions, la modélisation nécessite des données d'entrées supplémentaires : données météorologiques, pollution de fond, topographie/occupation du sol.

### La météorologie

La modélisation de la dispersion atmosphérique à l'échelle urbaine nécessite la connaissance de différents paramètres météorologiques permettant de déterminer la stabilité de l'atmosphère et le mouvement des masses d'air. En fonction de ces paramètres, la dispersion des polluants sera différente. Des données horaires ont été utilisées pour chaque paramètre pour être le plus représentatif possible.

De par sa topographie, aucune des stations de Météo France n'est représentative de la zone d'étude. C'est pourquoi le modèle climatique régional WRF (Weather Research and Forecasting), issu de la plateforme de modélisation régionale PREV'EST, a été utilisé pour définir les conditions météorologiques intégrées dans les calculs de modélisation. La température, la direction et la vitesse du vent, la nébulosité, le rayonnement solaire, le flux de chaleur sensible pour l'année 2014 ont ainsi été pris en compte dans ce modèle.

D'après la Figure 7, la majorité des vents sur l'aire d'étude en 2014 soufflent d'un secteur sud-sud-ouest.



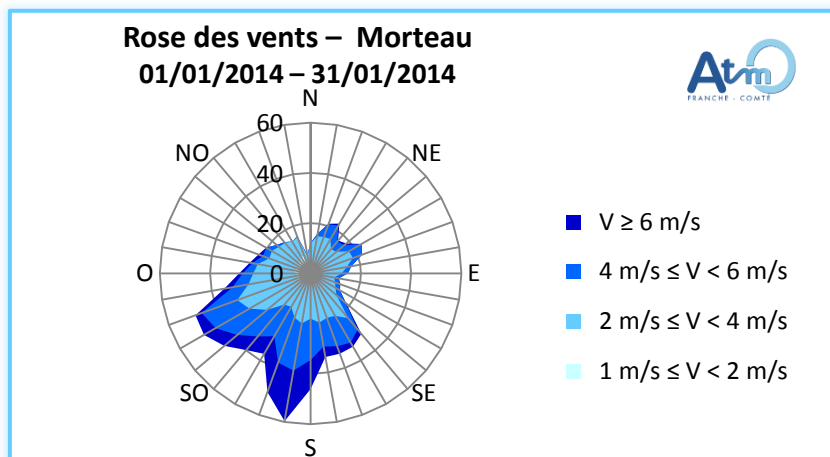


Figure 7 : Rose des vents 2014

## Pollution de fond

Les concentrations en polluants mesurées dans l'air ambiant résultent à la fois des émissions locales et de la pollution de fond. Ainsi, il est nécessaire de déterminer ce fond qui est propre à chaque zone d'étude et de l'appliquer au modèle. Celle-ci représente l'apport extérieur des polluants sur le domaine d'étude. Elle varie en fonction de la direction des vents dominants et doit être définie pour chaque polluant modélisé. La pollution de fond a été déterminée sur la base des mesures des moyens mobiles de Morteau et de Montlebon.

## Topographie et occupation du sol

Pour les zones d'étude situées sur des terrains complexes, les effets du relief et/ou de la variation de l'occupation des sols sur la dispersion des émissions doivent être pris en compte. L'effet d'un terrain complexe intervient en modifiant la trajectoire et la dispersion des panaches pour tenir compte des perturbations de la circulation de l'air dues au relief. On peut alors observer une augmentation ou une diminution des concentrations calculées sur la zone géographique étudiée par rapport à un calcul sans effet de relief.

# CALAGE & VALIDATION DU MODELE

## CALAGE

La phase de calage consiste à réduire les écarts entre les mesures et les valeurs simulées en ajustant les paramètres d'entrée afin d'obtenir le meilleur accord possible entre mesure et modèle. C'est une étude statistique qui porte sur des comparaisons entre les valeurs mesurées par les stations d'ATMO Franche-Comté, ou des campagnes de mesure effectuées dans la zone d'étude, avec les valeurs de sorties du modèle.

## VALIDATION

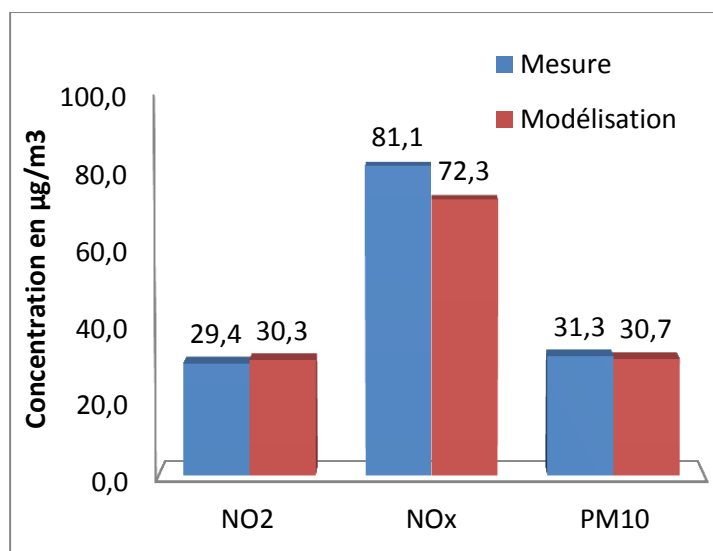
Plusieurs étapes de validation ont été effectuées pour juger de la représentativité du modèle sur des points spécifiques de la zone d'étude.

## Evaluation de l'incertitude de modélisation

La directive européenne relative à un air pur en Europe impose, des objectifs de qualité des données modélisées (Directive 2008/50/CE, annexe 1) en termes d'incertitude en moyenne annuelle de 30 %

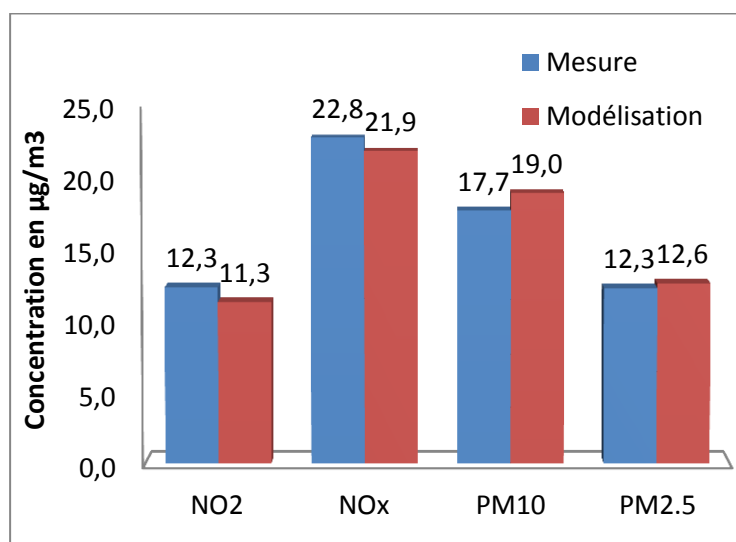
pour le NO<sub>2</sub> et de 50 % pour les PM<sub>10</sub>. Dans un guide recommandation, le groupe d'expert en Modélisation Urbaine de la fédération ATMO France conseille de prendre une valeur de 30 % pour les particules PM<sub>10</sub> considérant que le critère de la directive européenne n'est pas assez sévère. Les moyennes annuelles n'étant pas disponibles, les moyennes de campagnes sont appliquées lors de la validation.

La première étape de validation est la comparaison des valeurs modélisées et mesurées pour chaque campagne puis la comparaison de cette erreur moyenne au regard des critères de la directive européenne. Les résultats de cette première étape sont présentés par les Figures 8 et 9.



| Polluant       | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | PM <sub>10</sub> |
|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Erreur moyenne | 2,9 %           | -10,9 %         | -1,9 %           |
| Validation     | 😊               | 😊               | 😊                |

Figure 8 : Comparaisons des concentrations moyennes (µg/m<sup>3</sup>) de campagne mesurées et moyennes de campagne modélisées sur la station de Morteau et erreurs moyennes correspondantes



| Polluant       | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> |
|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Erreur moyenne | -8,4 %          | -4,1 %          | 7,1 %            | 2,8 %             |
| Validation     | 😊               | 😊               | 😊                | 😊                 |

Figure 9 : Comparaisons des concentrations moyennes (µg/m<sup>3</sup>) de campagne mesurées et moyennes de campagne modélisées sur la station de Montlebon et erreurs moyennes correspondantes

D'après les Figure 8 et 9, le calage retenu donne de bons résultats en moyennes de campagnes et satisfait largement le critère de 30 % fixé, puisque la totalité des erreurs moyennes est inférieure à ce seuil.

## Performances du modèle

Bien que l'objectif de cette modélisation soit une cartographie des valeurs annuelles, une étude de sensibilité a été effectuée pour connaître les comportements du modèle à l'échelle journalière et horaire. Le Groupe Expert Modélisation Urbaine de la fédération ATMO France conseille l'utilisation de certains paramètres statistiques permettant de juger de la bonne conduite du modèle. Des valeurs sont préconisées (recommandées mais non réglementaires) pour chaque polluant en fonction de ces différents paramètres. Elles permettent de quantifier l'incertitude du modèle sur des échelles temporelles différentes et de juger ainsi de l'acceptabilité du modèle sur ces échelles de temps.

Les paramètres calculés sont :

- le biais normalisé (ou fractionnel) : exprimée en %, renseigne sur la tendance relative du modèle à surestimer (biais positif) ou à sous-estimer (biais négatif) les observations ;
- le coefficient de corrélation (R) : compris entre -1 et 1, est sans dimension. Plus le coefficient est élevé, plus le modèle reproduit correctement les variations temporelles des observations. Le coefficient de corrélation permet de quantifier l'erreur locale ;
- la NMSE (Normalised Mean Square Error ou racine carrée de l'erreur quadratique moyenne normalisée) : renseigne sur l'écart relatif entre les données modélisées et les mesures. Plus la NMSE est faible, plus les valeurs modélisées sont proches des mesures. La NMSE décrit l'erreur totale et est exprimée en %.

D'après cette étude statistique (dont le détail est disponible en Annexe 3), la modélisation reproduit bien les concentrations que ce soit au niveau horaire ou journalier. Le biais normalisé est faible, le coefficient de corrélation est proche de 1 et la NMSE est aux alentours de 12 %. L'ensemble de ces résultats montre que la modélisation à un pas de temps horaire et journalier est satisfaisante pour les 3 polluants considérés dans cette étude ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ ). Ces différentes étapes de validation ont permis de juger du bon comportement du modèle. Le calage retenu montre de bons résultats et les critères de validation européens sont respectés. Le modèle est validé. Les calculs peuvent alors être réalisés sur l'ensemble de la zone d'étude.

## EXPLOITATION DES RESULTATS

### DIOXYDE D'AZOTE

La fiche polluant des oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) d'ATMO Franche-Comté est disponible en Annexe 4.

### Sources d'émissions

Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) sont composés essentiellement de monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et de dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Dans l'atmosphère, et au contact de composés organiques volatils (hydrocarbures, aldéhydes, alcools, etc.) et du rayonnement solaire (UV), le  $\text{NO}$  s'oxyde en  $\text{NO}_2$ . Ainsi, l'air est toujours composé d'un mélange de  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$ , appelé  $\text{NO}_x$ . Les grandes installations de combustion et les véhicules automobiles sont les principales sources de  $\text{NO}_2$ . Les pots d'échappement des automobiles représentent environ 50 % des émissions au cours des années 2000 en France. Par ailleurs, les  $\text{NO}_x$  sont des précurseurs d'ozone troposphérique.

La contribution des différents secteurs aux émissions en oxydes d'azote dans la zone d'étude est présentée sur la Figure 10.

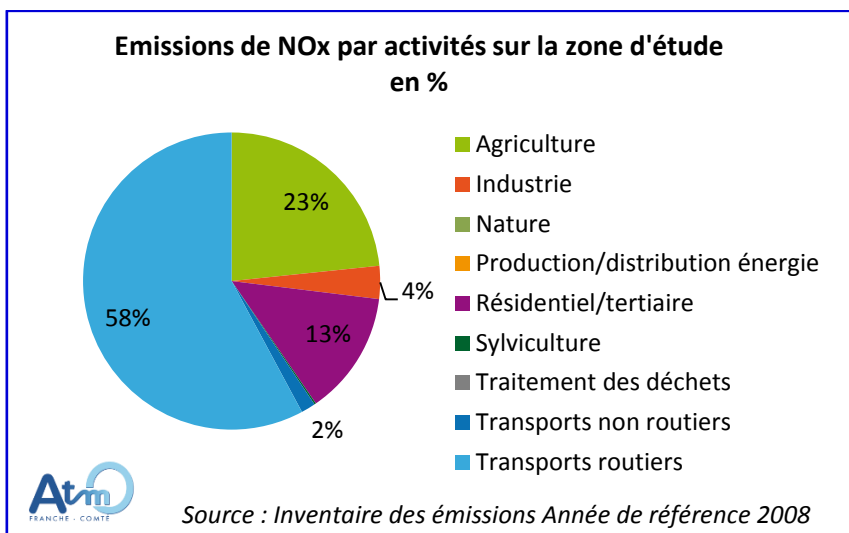


Figure 10 : Contribution des différents secteurs aux émissions en NO<sub>x</sub>

Sur la zone d'étude, le secteur d'activité dominant émettant des oxydes d'azote avec 58 % des émissions totales est le transport routier. Dans la zone d'emploi de Morteau, 34 % des actifs occupés travaillent en Suisse en 2012. Ensuite vient l'agriculture avec 23 %. Cette zone se caractérise aussi par la part d'agriculteurs exploitants la plus élevée de Franche-Comté (6,7 % des actifs contre 2,0 % pour le département et 2,4 % pour la région en 2012). Puis en troisième position le secteur résidentiel/tertiaire avec 13 % des émissions totales. Les dernières parts d'émissions restantes sont pour le secteur industriel (4 %) et les transports non routiers (2 %). Sur notre aire d'étude, la nature, la production/distribution d'énergie, la sylviculture et le secteur de traitement des déchets n'émettent pas de NO<sub>x</sub>.

## Réglementation

L'ensemble de la réglementation applicable en air ambiant est disponible en Annexe 5.

Réglementation applicable au dioxyde d'azote :

- Directive 2008/50/CE du 21/05/2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur ;
- Décret 2010-1250 du 21/10/2010 relatif à la qualité de l'air.

Dans cette étude, nous nous intéresserons aux valeurs relatives à la pollution de fond présentée en Tableau 1.

Tableau 1 : Valeur limite annuelle en dioxyde d'azote

| Pollution de fond | Valeur limite pour la santé humaine | 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle |
|-------------------|-------------------------------------|--|
|-------------------|-------------------------------------|--|

## Résultats de modélisation

La Figure 11 représente la spatialisation des moyennes annuelles modélisées en NO<sub>2</sub> pour l'année 2014.

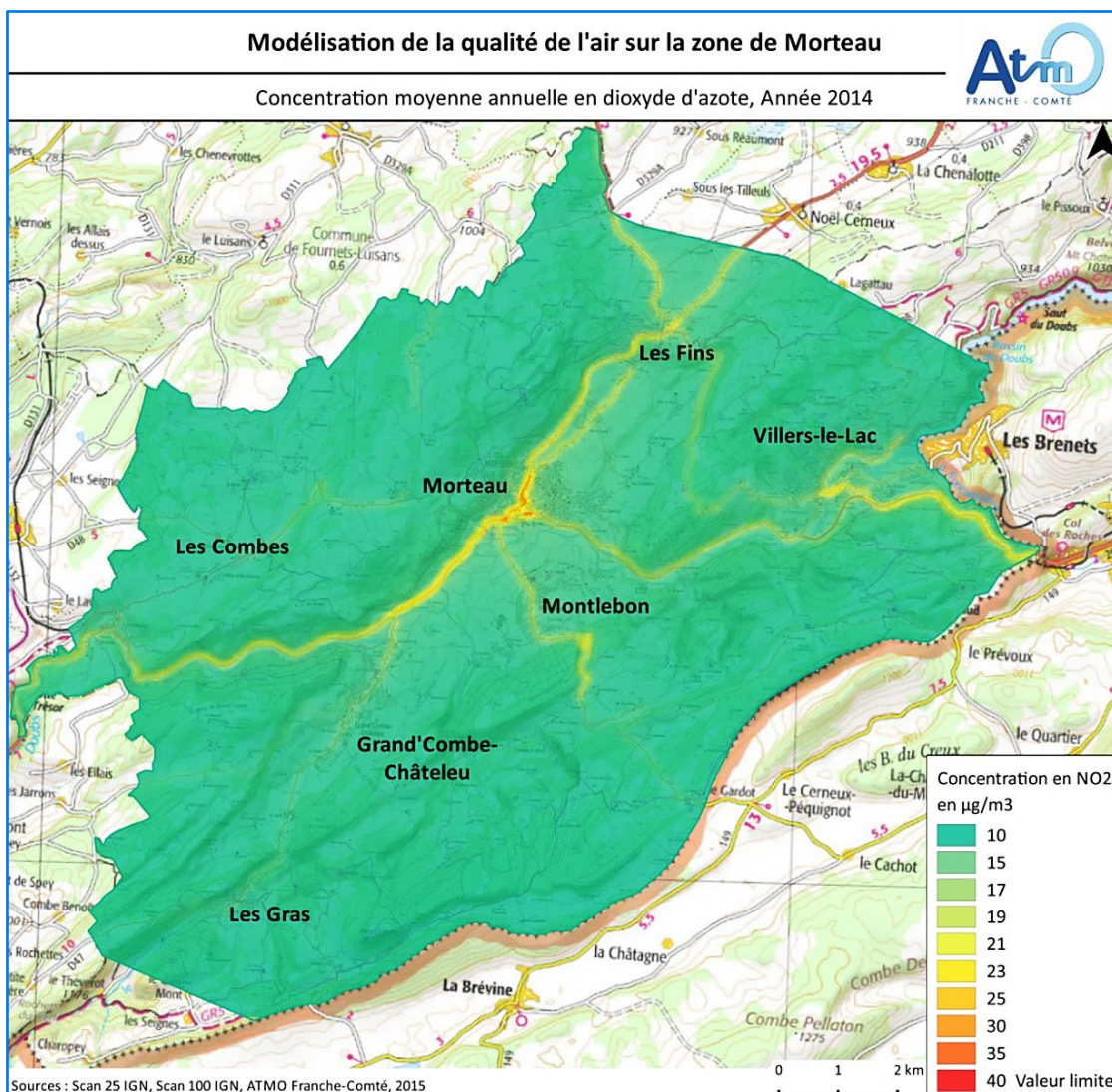


Figure 11 : Répartition des moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> sur la zone d'étude pour l'année 2014

La répartition des moyennes annuelles en dioxyde d'azote montre une bonne cohérence avec les différentes contributions des secteurs d'émissions en NO<sub>x</sub>. En effet, étant un polluant principalement émis par les transports routiers, l'influence du trafic est très nette sur la Figure 11. La concentration moyenne en 2014 en NO<sub>2</sub> est de 13 µg/m<sup>3</sup> sur la zone d'étude.

### Impact du routier

L'aire d'étude est traversée par deux routes départementales principales que sont la D437 et la D461. Ces deux axes principaux mobilisent la majorité du trafic et leurs concentrations en NO<sub>2</sub> oscillent entre 17 et 21 µg/m<sup>3</sup>. La D437 atteint 23 µg/m<sup>3</sup> au sud de Morteau. La D461 qui part de Morteau et qui va jusqu'à la frontière Suisse en passant par Villers-le-Lac draine le trafic transfrontalier avec une concentration en NO<sub>2</sub> moyenne de 17 µg/m<sup>3</sup>. C'est à partir de Villers-le-Lac et dans cette commune que les concentrations de cet axe s'accroissent à 21 µg/m<sup>3</sup>. Des concentrations un peu moins importantes sont observées à proximité des autres départementales avec des niveaux situés entre 15 et 17 µg/m<sup>3</sup>. A l'inverse, dans les zones rurales, où le trafic secondaire est plus faible et la densité de population moindre, les niveaux diminuent et tendent pour la plupart rapidement vers le niveau de fond qui est d'environ 10 µg/m<sup>3</sup>. Dans ces zones, ne possédant pas ou peu de sources d'émissions, l'importance des niveaux mesurés est fonction des

régimes de vents qui transportent les polluants et des conditions météorologiques qui conditionnent la durée de vie des polluants dans l'atmosphère.

### Commune de Morteau

Comme le montre la Figure 11, la ville de Morteau présente les plus fortes concentrations en NO<sub>2</sub> de la zone d'étude avec des variations de concentrations allant de 25 à 30 µg/m<sup>3</sup>. C'est un nœud du réseau routier où se rejoignent la plupart des routes avec des trafics assez importants sur certains axes (trafic transfrontalier) et la présence de rues canyons. Les rues « canyons » dont la configuration est connue pour être favorable à l'accumulation de polluants, jouent leur rôle et atteignent 28 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub>. Cependant, le caractère canyon ne suffit pas pour déterminer les rues accumulatrices. En effet, la rue des Moulinots, qui atteint un maximum de 33 µg/m<sup>3</sup>, n'est pas concernée par cette caractéristique.

Pour comparaison, les mesures faites par les stations de mesure fixes (du réseau de surveillance d'ATMO Franche-Comté) de Montbéliard Centre (station urbaine<sup>1</sup>), Besançon prévoyance (station urbaine) et Belfort Octroi (station trafic<sup>2</sup>) sont respectivement de 20, 18 et 28 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle sur l'année 2014. Ce qui est supérieur à la concentration annuelle moyenne de 13 µg/m<sup>3</sup> en 2014 sur la zone d'étude mais qui reste cohérent avec les valeurs modélisées au niveau des rues canyons de Morteau.

A noter qu'aucune zone de dépassement de la valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> n'est présente.

### Impacts sur la santé

Le NO<sub>2</sub> est un gaz irritant qui pénètre profondément dans les voies respiratoires provoquant une altération des alvéoles et une inhibition des défenses pulmonaires. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence des crises et leur gravité. Chez les enfants et personnes âgées, il favorise les infections pulmonaires. Le NO<sub>2</sub> est également responsable des dommages causés aux bâtiments et végétaux de par son élimination de la phase gazeuse sous forme de dépôt sec ou liquide (il participe de ce fait à son acidification).

### Population exposée

Un des objectifs de la surveillance de la qualité de l'air est de déterminer l'exposition des populations aux dépassements des valeurs réglementaires. Elle a été estimée à partir des données SIG MAJIC (Mise A Jour de l'Information Cadastre).

La Figure 12 présente l'exposition de la population aux concentrations de dioxyde d'azote.

<sup>1</sup> Placées en ville, hors influence immédiate d'une voie de circulation ou d'une installation industrielle, les stations urbaines sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants d'une agglomération.

<sup>2</sup> Situées au plus près des axes routiers, les stations trafics sont représentatives de l'exposition maximale des zones soumises à une forte circulation urbaine ou routière.

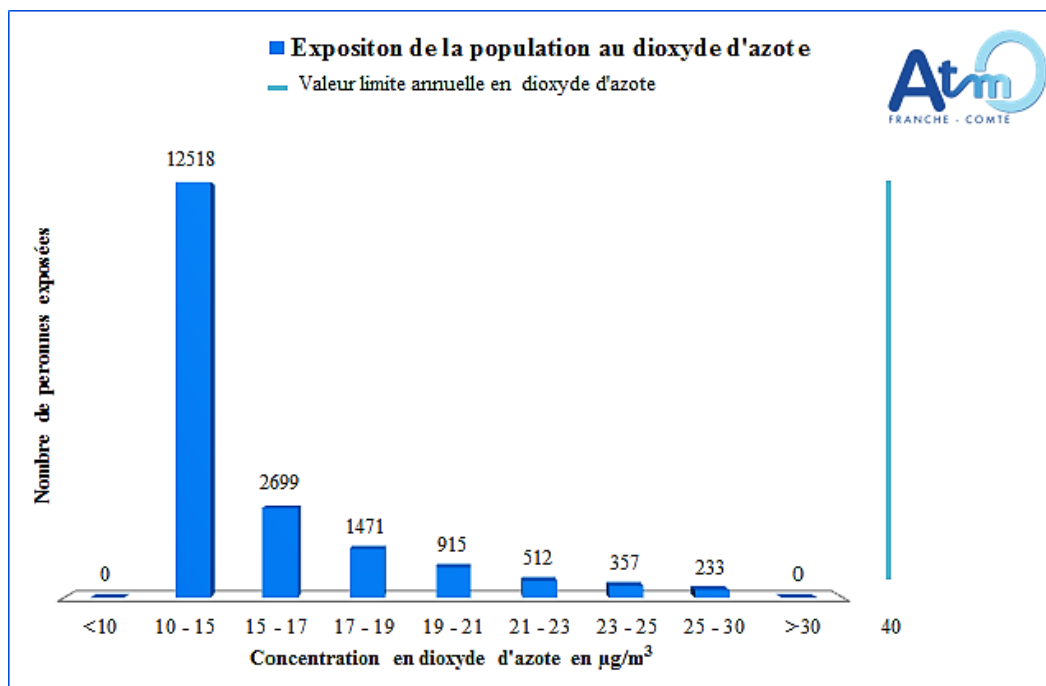


Figure 12 : Exposition de la population de la zone d'étude au dioxyde d'azote

Aucune partie de la population de la zone d'étude n'est exposée à un dépassement de la valeur limite annuelle en  $\text{NO}_2$  fixée à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## LES PARTICULES PM10 ET PM2,5

La fiche polluant des particules fines d'ATMO Franche-Comté est disponible en Annexe 6.

### Sources d'émissions

Les combustions, le trafic routier et les procédés industriels sont des sources prépondérantes de particules fines. Les particules qui sont émises directement dans l'atmosphère sont appelées particules primaires. Au contraire, les particules qui sont le produit de réactions chimiques sont dites secondaires. Les particules constituent une classe de polluant hétérogène, pouvant comporter des éléments potentiellement dangereux ou toxiques, (comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou les métaux lourds). Les particules sont d'autant plus présentes dans l'atmosphère qu'elles sont de petite dimension. Ainsi, les poussières de diamètre aérodynamique moyen inférieur à  $10 \mu\text{m}$  (PM10) tendent à rester en suspension dans l'air alors que celles supérieures à  $10 \mu\text{m}$  se déposent au voisinage de leurs sources d'émission. Les PM10 sont réglementées. Elles sont générées en grande partie par les combustions, dont le chauffage au bois considéré comme un des principaux émetteurs de particules fines de diamètre aérodynamique moyen inférieur à  $2,5 \mu\text{m}$  (PM2,5). On peut citer d'autres origines aux particules comme les carrières/cimenteries, l'usure des revêtements de routes et des pneus ou encore les origines naturelles (érosions des sols, feux de forêts, éruptions volcaniques, etc.).

Au printemps, lors des épandages, l'agriculture est une source de particules fines secondaires non négligeable. De manière globale, les déjections animales seraient à l'origine de 75 % des rejets d'ammoniac dans l'air, l'ammoniac étant un précurseur de particules secondaires émis par l'agriculture. En effet, il réagit avec les oxydes d'azote et de soufre provenant de l'ensemble des sources anthropiques, pour former des particules très fines de nitrate ou de sulfate d'ammonium (nucléation).

La contribution des différents secteurs aux émissions de PM2,5 (Cf. Fig. 14) se rapprochant de celles des PM10 (Cf. Fig. 13), le commentaire est basé sur les émissions moyennes des PM10 et PM2,5.

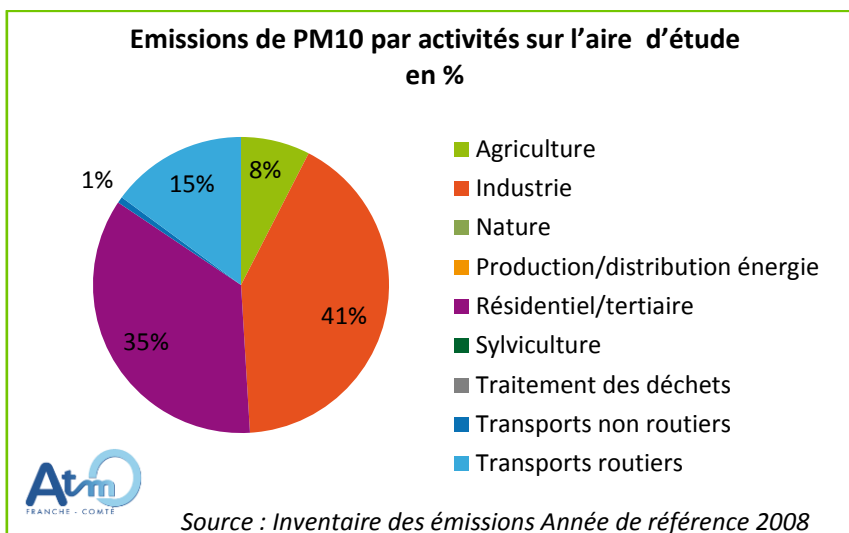


Figure 13 : Contribution des différents secteurs aux émissions en particules PM10

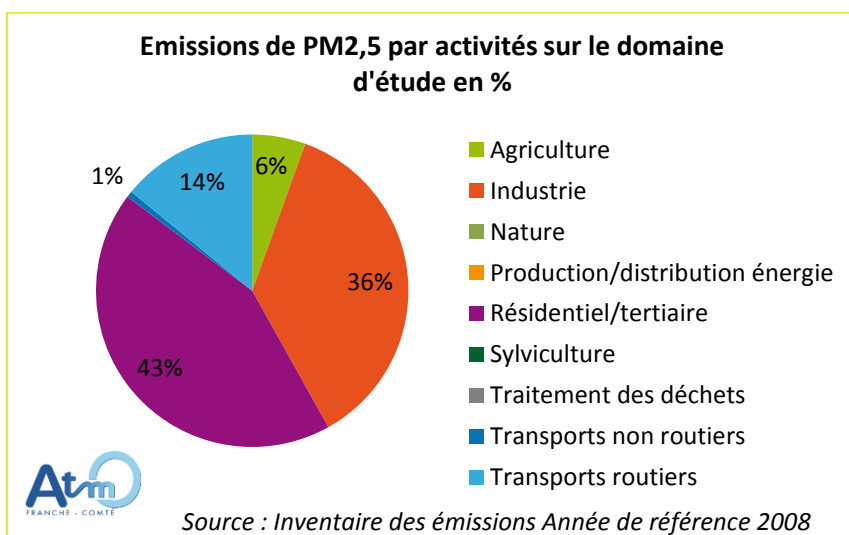


Figure 14 : Contribution des différents secteurs aux émissions en particules PM2,5

Sur la zone d'étude, les secteurs d'activité dominants émettant des particules avec environ 40 % des émissions totales chacun sont le secteur résidentiel/tertiaire et les industries. Dans la région Franche-Comté, l'utilisation du bois pour le chauffage individuel est solidement ancrée dans les mœurs. En effet, c'est la seconde région de France dans laquelle le bois est le mode de chauffage principal avec 6 stères de consommation par ménage en 2006 sur l'ensemble du parc de logements contre 2,9 stères en moyenne en métropole. **De plus l'industrie locale est spécialisée dans l'agroalimentaire, source de particules fines (fumage en tuyé de la saucisse de Morteau, poussières d'élevage, poussières végétales, etc.) associées à des composés organiques volatils liés à l'utilisation de produits désinfectants ou d'arômes.** Ensuite vient le transport routier avec environ 15 % puis en troisième position le secteur agricole (épandage, écobuage, etc.) avec environ 7 % des émissions totales. Les dernières parts d'émissions restantes sont pour le secteur des transports non routiers (1 %). La nature, la production/distribution d'énergie, la sylviculture et le secteur de traitement des déchets n'émettent pas de particules sur notre zone d'étude.

## Réglementation

Réglementation applicable aux poussières fines en suspensions PM10 et PM2,5 :



- Directive 2008/50/CE du 21/05/2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur ;
- Décret 2010-1250 du 21/10/2010 relatif à la qualité de l'air.

Dans cette étude, nous nous intéresserons aux valeurs relatives à la pollution de fond présentée en Tableau 2.

Tableau 2 : Valeurs réglementaires et d'objectif de qualité relatifs aux particules

|                   |  |   |
|-------------------|--|---|
| Pollution de fond | Valeur limite pour la santé humaine en PM10        | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle<br>50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$ à ne pas dépasser plus de 35 j/an |
|                   | Valeur limite pour la santé humaine en PM2,5       | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle à partir de 2015  |
|                   | Objectif de qualité pour la santé humaine en PM10  | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle   |
|                   | Objectif de qualité pour la santé humaine en PM2,5 | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle   |

## Résultats de modélisation

La Figure 15, présente la spatialisation de la moyenne annuelle modélisée en PM10.

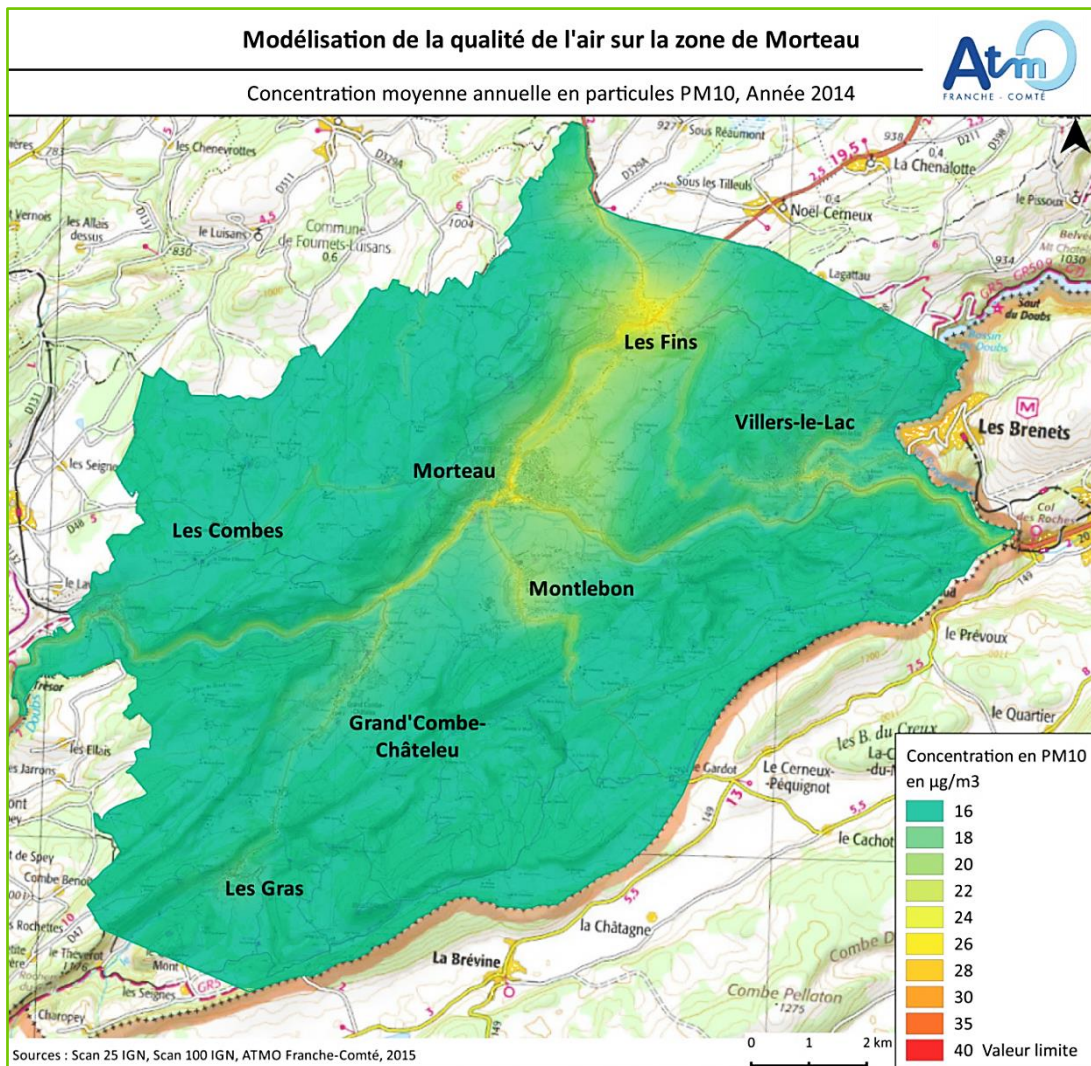


Figure 15 : Répartition des moyennes annuelles en PM10 sur la zone d'étude pour l'année 2014



Les poussières sont émises majoritairement par le secteur résidentiel tertiaire (chauffage au bois dans cette région principalement) et le secteur industriel (agroalimentaire en majorité dans cette zone) ; dans une moindre mesure par les transports routiers.

La concentration moyenne en PM10 sur l'aire d'étude est de  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations en PM10 les plus élevées sont situées sur le réseau routier, la plaine de Morteau (entre Morteau et Montlebon) et les Fins. Le réseau routier oscille entre  $18$  et  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Entre la commune des Fins et celle de Montlebon, la plaine à des concentrations moyennes de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et les deux voies de circulation parallèles atteignent  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations maximales observées sur les communes de Morteau et des Fins varient entre  $24$  et  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ces deux zones urbanisées présentent des émissions de poussières plus élevées que sur des zones où aucune habitation n'est présente. En effet, elles cumulent les émissions du trafic et du résidentiel/tertiaire.

En zone rurale et en dehors de la plaine, on tend rapidement vers la concentration de fond d'environ  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les mêmes observations peuvent être faites pour les PM2,5 avec des niveaux de concentrations plus faibles.

La Figure 16 présente le nombre de dépassement journalier de la valeur limite  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des PM10 en 2014.

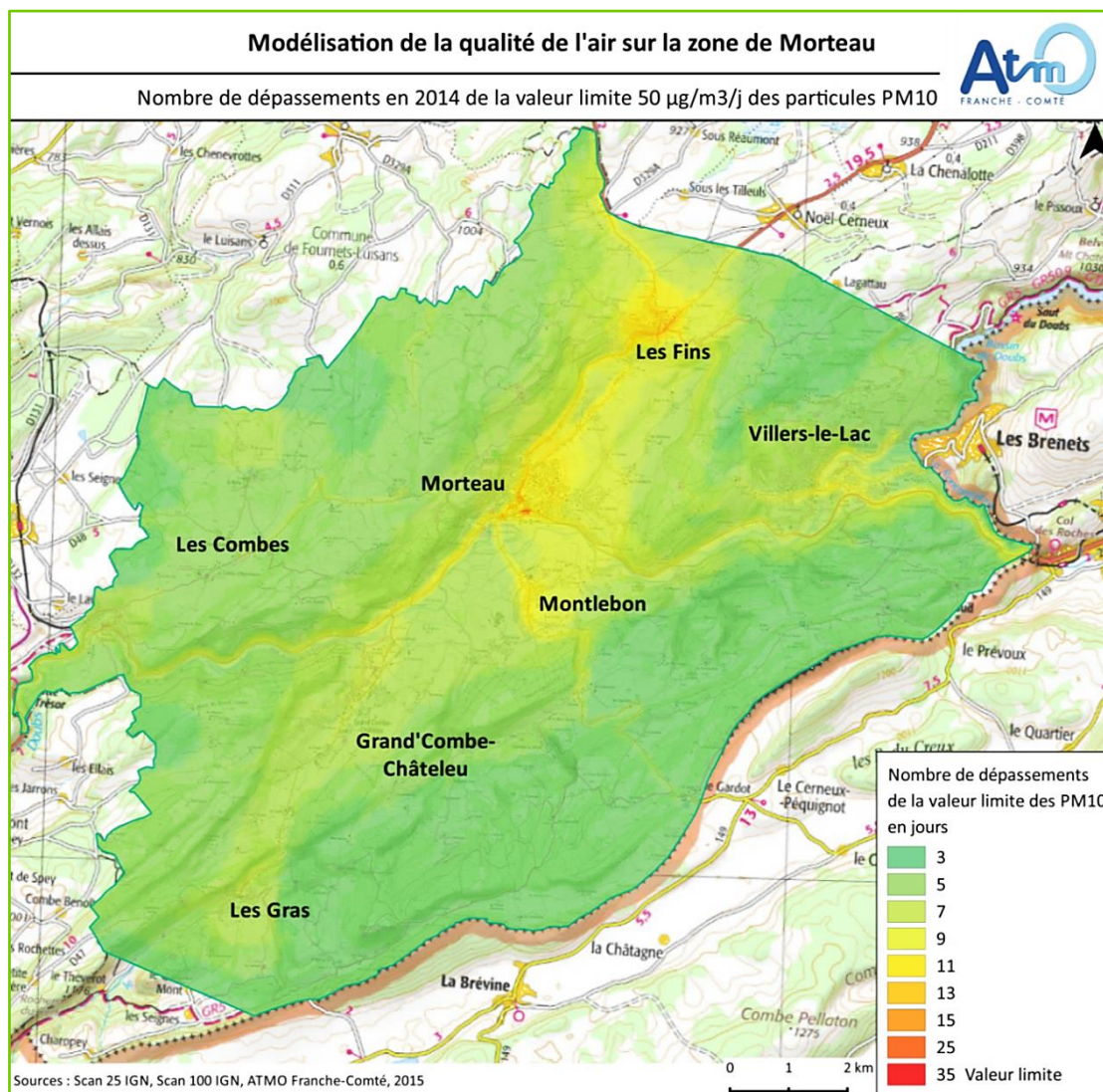


Figure 16 : Répartition du nombre de dépassements de la valeur limite en PM10 sur la zone d'étude pour l'année 2014

Le nombre moyen de dépassements de la valeur limite de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$  sur la zone d'étude est de 6 jours.

La valeur maximale modélisée se situe au niveau de Morteau et de ses rues canyons. Elle est de 15 jours de dépassements du seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les villes de Morteau et les Fins oscillent entre 11 et 13 jours de dépassements. La ville de Montlebon atteint quant à elle 11 jours de dépassements. La plaine de Morteau, entre les Fins et Montlebon est à 9 jours de dépassements. Le reste de la plaine obtient 7 jours de dépassements alors que le reste de la zone est à 5 puis 3 jours de dépassement en s'éloignant des sources d'émissions.

Ces résultats sont en dessous du seuil réglementaire ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$  à ne pas dépasser plus de 35 j/an), cependant, ils sont à comparer avec les dépassements recensés en 2014 par le réseau de surveillance des stations fixes de mesure d'ATMO Franche-Comté.

Le Tableau 3 présente le nombre de jour de dépassements de la valeur limite de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$  en PM10 recensé par chaque station fixe de mesure pour l'année 2014.

Tableau 3 : Nombre de dépassements de la valeur limite en PM10 recensé par les stations fixes de mesure

| Nom de la station      | Typologie de station | Nombre de dépassements en 2014 en jours |
|------------------------|----------------------|---|
| Besançon Prévoyance    | urbaine              | 5                                       |
| Besançon Victor Hugo   | trafic               | 8                                       |
| Dole                   | urbaine              | 5                                       |
| Lons-le-Saunier        | urbaine              | 11                                      |
| Montbéliard Centre     | urbaine              | 6                                       |
| Belfort Octroi         | trafic               | 4                                       |
| Vesoul                 | urbaine              | 4                                       |
| Montandon              | rurale <sup>3</sup>  | 3                                       |
| Morteau (rues canyons) | modélisation         | 15                                      |
| Morteau/les Fins       | modélisation         | 11/13                                   |

Au vu des valeurs mesurées par les stations fixes du réseau de surveillance (Cf. Tableau 3), l'année 2014 n'a pas été propice aux particules en Franche-Comté. En effet, l'année 2014 n'est pas représentative des autres années. Cela peut s'expliquer par sa douceur (+  $1,4^\circ\text{C}$  par rapport à la normale). En conséquence à cette douceur et en particulier lors de l'hiver (+  $3,4^\circ\text{C}$  en janvier et +  $2,9^\circ\text{C}$  en février par rapport à la normale), le secteur résidentiel/tertiaire n'a pas émis les mêmes proportions de particules.

Les valeurs recensées sont donc loin des 35 jours à ne pas dépasser. En revanche et en comparant ces valeurs mesurées sur le réseau franc-comtois aux valeurs modélisées à Morteau, on se rend compte que les valeurs obtenues ne sont pas représentatives des zones urbaines de la région. **La zone d'étude accumule les particules à une plus grande vitesse que le reste de celle-ci.**

Ce phénomène d'accumulation des polluants peut avoir plusieurs origines :

- en zone avec relief, les polluants entraînés par les vents rencontrent une barrière physique, les pentes. La pollution peut alors retourner en arrière et revenir sur son site d'origine. Dans ce cas, il n'y a pas dispersion des polluants mais accumulation ;
- en conditions météorologiques « normales », la couche limite atmosphérique, où ont lieu les phénomènes de basses couches, se situe entre 0 à 3 kilomètres d'altitude. Cependant, dans

<sup>3</sup> Installer hors zone d'influence, ces stations sont représentatives, au niveau régional ou national, de la pollution « de fond ».

certaines conditions météorologiques, il se produit, en altitude, une inversion de température. La masse d'air au sol est alors « bloquée » par cette couche d'inversion qui agit comme un couvercle empêchant la dispersion verticale des polluants. Les polluants n'étant plus dispersés s'accumulent et leur concentration augmente. La cause de l'existence de couche d'inversion peut s'expliquer par le refroidissement trop rapide du sol (comme en hiver).

Ces deux phénomènes concomitants entraînent **une accumulation massive des polluants**. Cela peut expliquer pourquoi les concentrations en particules sont importantes en hiver sur cette aire d'étude en relief. En effet, **les émissions sont plus fortes (chauffage au bois), les masses d'air sont canalisées et la dispersion est limitée par des conditions atmosphériques propices à l'accumulation des polluants**.

D'un point de vue réglementaire, aucun dépassement de la valeur limite annuelle en PM10 et en PM2,5 n'est modélisé sur la zone. Cependant un objectif de qualité de l'air de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est préconisé pour les PM2,5. Cet objectif n'est pas atteint sur les principaux axes de circulation et sur une partie de la ville de Morteau et sur les Fins. En revanche, la valeur limite de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$  des PM10 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an est respectée.

## Impacts sur la santé

La taille des particules est un paramètre important, toutes les particules ne sont pas dangereuses pour la santé. Plus elles sont fines, plus elles restent en suspension dans l'air et plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire. Les particules d'un diamètre moyen supérieur à  $10 \mu\text{m}$  sont expulsées des voies respiratoires ; celles de  $2,5$  à  $10 \mu\text{m}$  se déposent dans les bronches et la trachée. Les particules inférieures à  $2,5 \mu\text{m}$  sont quant à elles dites « particules respirables » et sont très dangereuses pour la santé. Elles atteignent les alvéoles pulmonaires, où les composants toxiques ou potentiellement cancérigènes qu'elles contiennent peuvent se dissoudre dans le sang. La part toxique des particules ne représente cependant qu'un faible pourcentage de la masse totale de particules (environ 3 %). Ces particules toxiques sont principalement des particules carbonées (comportant des HAPs) et métalliques (constituées de métaux lourds). Les particules d'un diamètre moyen inférieur à  $0,1 \mu\text{m}$  pénètrent dans les poumons mais en ressortent partiellement. Les particules peuvent également causer une irritation générale des bronches, facilitant les interactions avec les pollens et autres allergènes pour accroître la sensibilité.

## Population exposée

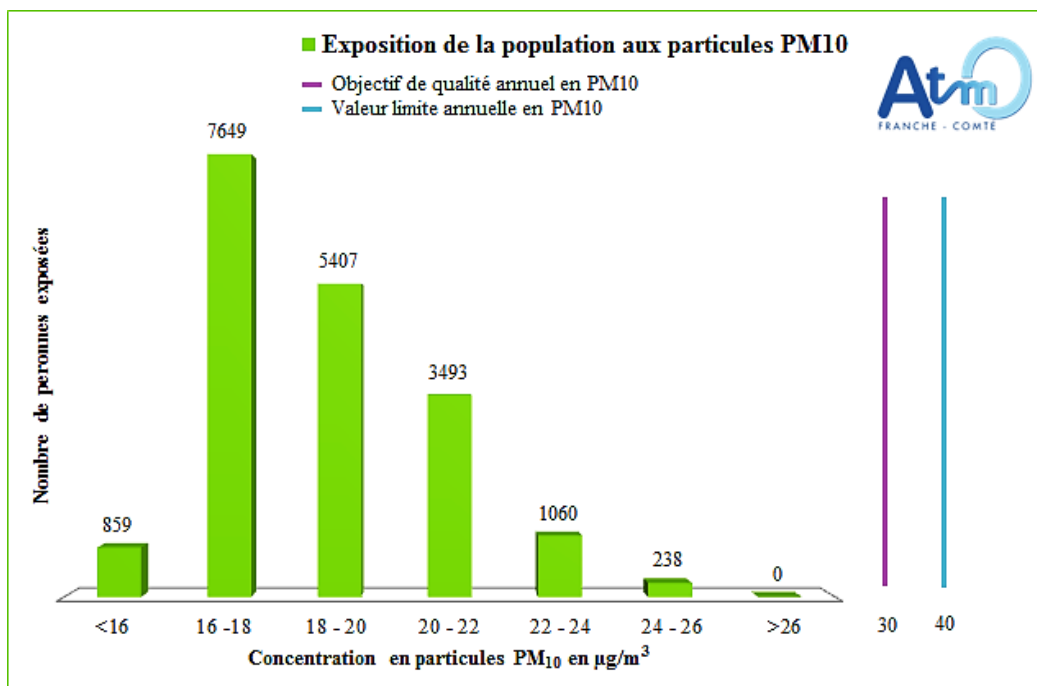


Figure 17 : Exposition de la population de la zone d'étude aux particules PM10

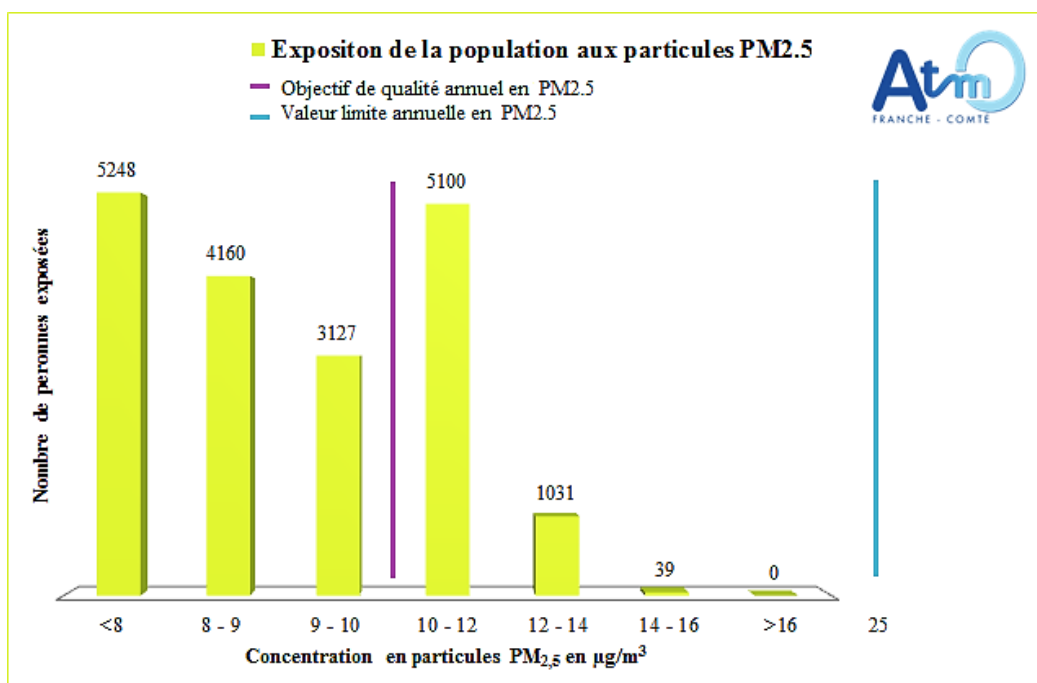


Figure 18 : Exposition de la population de la zone d'étude aux particules PM2,5

D'après les résultats de modélisation et des Figures 16 et 17, aucune partie de la population de la zone d'étude n'est exposée à un dépassement de la valeur limite annuelle en particules sur l'année 2014. De plus, l'exposition à plus de 35 jours de dépassements de la moyenne journalière en PM10 fixé à 50 µg/m<sup>3</sup> est nulle. Cependant, des objectifs de qualité de l'air sont préconisés à 30 µg/m<sup>3</sup> pour les PM10 et de 10 µg/m<sup>3</sup> pour les PM2,5. Sur la zone d'étude, la population est exposée à des concentrations annuelles en PM10 inférieures à cet objectif de qualité de l'air (Cf. Figure 4.7). En revanche, environ 33 % de la population est exposée à des niveaux de concentration supérieurs à cet objectif de qualité de l'air pour les PM2,5 (Cf. Figure 17).

## CONCLUSION

La modélisation est aujourd'hui incontournable pour une surveillance, prévision et information performantes de la qualité de l'air en tout point du territoire, mission des AASQAs inscrite dans la LAURE de 1996.

La modélisation urbaine vient s'imbriquer dans la modélisation régionale pour permettre d'obtenir une vision complète et plus détaillée de la qualité de l'air sur la région. Son intérêt principal est d'évaluer l'exposition de la population face à la pollution atmosphérique. Elle permet de répondre aux attentes réglementaires et sanitaires, d'améliorer l'information de la population et de proposer une aide aux décideurs publics dans l'évaluation environnementale de projets locaux.

L'utilisation des outils de modélisation dans le cadre du projet « Bois-Energie » sur la région Franche-Comté répond aux objectifs d'amélioration de la connaissance de la pollution au niveau de l'arc jurassien, de communication et d'attention particulière aux conflits potentiels entre les objectifs d'utilisation d'énergie renouvelable et l'amélioration de la qualité de l'air.

Cette étude a permis de mettre en place un modèle de dispersion atmosphérique à l'échelle urbaine sur les sept communes que compte cette étude. Ce modèle est le plus performant qu'ATMO Franche-Comté ai mis en place puisqu'il dispose des dernières innovations méthodologiques.

En effet, plusieurs améliorations ont été intégrées :

- activation du modèle de terrain associé à la mise en place d'une rugosité variable ;
- utilisation du modèle météorologique WRF, plus fiable et représentatif de la zone d'étude que les stations de METEO France ;
- activation du modèle chimique GRS avec modèle de trajectoire ;
- utilisation de la dernière (et nouvelle) version d'ADMS-Urban 3.2 contenant des évolutions du code de dispersion (temps de calcul réduits).

Ce travail a permis de présenter un diagnostic précis de la qualité de l'air dans cette région en caractérisant la qualité de l'air en dioxyde d'azote et en particules à fine échelle et de compléter les mesures des stations mobiles. Il contribuera au suivi annuel de l'évolution de la qualité de l'air. De plus, cette étude a permis de mieux comprendre l'évolution des niveaux de particules sur la plaine de Morteau et ses reliefs associés et de palier aux limites de la modélisation régionale. La configuration encaissée de cette zone d'étude associée aux conditions atmosphériques en hiver favorisent l'accumulation des polluants et plus particulièrement des particules.

Cette étude a aussi permis de mettre en évidence des zones sensibles pour la qualité de l'air. Des zones qui ne dépassent pas les seuils réglementaires pour l'année 2014 mais qui, au vu de cette année non propice à la pollution atmosphérique et aux niveaux de concentrations mesurées ailleurs dans la région, seraient susceptibles de présenter des dépassements au cours des années futures. La comparaison avec les mesures recensées par le réseau de surveillance des stations fixes d'ATMO Franche-Comté sur la région a démontré que la zone d'étude accumule les polluants plus rapidement que le reste de la Franche-Comté, notamment pour les particules fines. Les politiques publiques soutiennent fortement le développement du bois-énergie avec une volonté d'accroître la consommation du bois-énergie de l'ordre de 1,3 % par an jusqu'en 2020 afin d'atteindre 360 000 tonnes d'équivalent pétrole de consommation annuelle en Franche-Comté contre 302 000 en 2012. Cet accroissement de l'activité de chauffage au bois n'est pas un risque en soi pour la qualité de l'air si les bonnes pratiques préconisées par l'ADEME, dans son guide « La qualité de l'air et le chauffage au bois », pour limiter les émissions de polluants sont respectées. **Cependant la sensibilisation des populations et les moyens mis en œuvre doivent être poursuivis et accentués pour arriver à limiter le**

risque potentiel lié au chauffage au bois et diminuer sensiblement les concentrations d'émissions dans les années à venir.

L'exposition de la population aux différents niveaux de concentrations par polluants a pu également être étudiée. Les concentrations de polluants ont pu être couplées avec une estimation du nombre de personnes exposées. Aucune part de population n'est exposée aux valeurs limites de dioxyde d'azote et de particules. Cependant, environ 33 % de la population est exposée à des niveaux de concentration supérieurs à l'objectif de qualité de l'air pour les PM<sub>2,5</sub>.

D'un point de vue général, les valeurs limites réglementaires annuelles ont été respectées sur la zone géographique étudiée en 2014.

## Fiche technique sur les stations mobiles

## FICHE TECHNIQUE

# LES STATIONS MOBILES



**Grand public**



La flotte de stations mobiles d'ATMO Franche-Comté consiste en 3 remorques et un camion, abritant chacun plusieurs analyseurs : les mêmes que dans les stations fixes.

ATMO Franche-Comté dispose d'un réseau fixe de stations de mesures, principalement localisé sur les grandes agglomérations de la région. Ce réseau se complète de plusieurs stations mobiles, qui permettent d'effectuer des campagnes de mesures temporaires sur le reste du territoire.



**Camion**  
5,70 x 2,30 x 3,20 m  
PTAC ≈ 3 tonnes



**Remorque**  
3,80 x 2,00 x 2,80 m  
PTAC ≈ 1,5 tonnes

### Cartographie du réseau fixe



**ZONE REGIONALE**

**ZONE URBAINE REGIONALE**

### MISSIONS DES STATIONS MOBILES

- Mesurer la qualité de l'air dans les zones non couvertes par les stations fixes ;
- Evaluer directement l'impact d'établissements industriels, d'axes de circulation,...
- Confirmer la bonne implantation des stations existantes ;
- Participer à l'élaboration des plans prévus par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (Plan Régional de Qualité de l'Air, Plan de Déplacement Urbain,...).

Surveillance de la qualité de l'air en Franche-Comté : [www.atmo-franche-comte.org](http://www.atmo-franche-comte.org)

© ATMO Franche-Comté, 2015







## FICHE TECHNIQUE

Grand public

### Equipements de mesures possibles :

| Mât météo<br>téléscopique auto-porté<br>(5 à 10 m de hauteur)  | Appareils de mesure<br>en continu  | Autres dispositifs  |
|--|--|---|
| Mesure de paramètres météorologiques tels que vitesse et direction du vent, température, humidité relative, précipitations, pression atmosphérique,... | Mesure des oxydes d'azote (NO et NO <sub>2</sub> ), ozone (O <sub>3</sub> ), dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) et poussières en suspension (PM10 et PM2,5). | Préleveurs actifs (Métaux Toxiques Particulaires, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques...) et passifs (benzène, aldéhydes,...) |

### Critères d'implantation :

- Emplacement de niveau, sans obstacles aériens, en raison du mât météo ;
- Proche d'une source d'électricité en continu (moins de 40 m) :
  - Alimentation : 2 x 16 A - 230 V - 50 Hz (2P + T) ;
  - Consommation : environ 10 A sur chaque ligne, soit environ 250 kWh/semaine ;
- Accès facilité au véhicule de maintenance pour la durée complète de la campagne de mesures (par exemple : place de parking réservée) ;
- Emplacement sécurisé ;
- Accord de la collectivité et/ou du propriétaire de l'emplacement.

### Aspect communication :

- Diffusion des résultats de mesures en temps réel ;
- Publication du rapport de mesures ;
- Supports complémentaires ;
- Actions de sensibilisation du public ;
- ....

**ATMO FRANCHE-COMTÉ**

15 rue Mégevand  
25 000 BESANÇON

Tel : 03 81 25 06 60  
Fax : 03 81 25 06 61

Mall : [contact@atmofc.org](mailto:contact@atmofc.org)

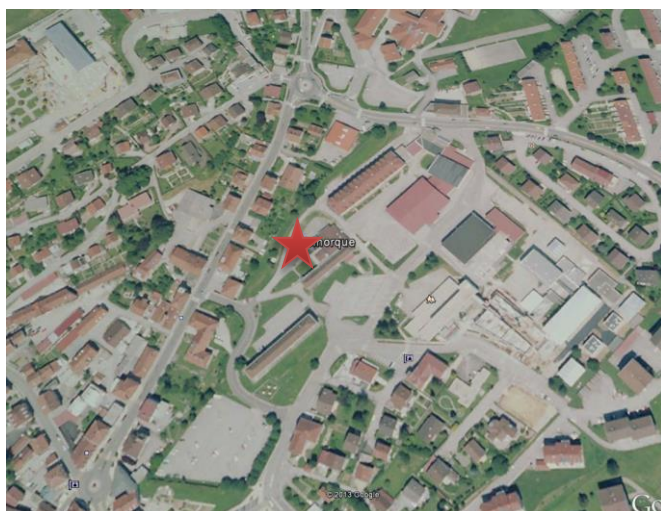
Surveillance de la qualité de l'air en Franche-Comté : [www.atmo-franche-comte.org](http://www.atmo-franche-comte.org)



## Identité des sites d'études des campagnes ponctuelles de mesure de Morteau et Montlebon

### Morteau :

| Nom  | Adresse   | Latitude         | Longitude    | Altitude | SO2 | NO2 | O3 | PM10 | PM2.5 | CO |
|------|---|------------------|--------------|----------|-----|-----|----|------|-------|----|
| RL03 | Collège Jean-Claude Bouquet<br>(Proximité rue de l'étain) | 47°<br>3'33.32"N | 6°36'21.66"E | 776 m    |     | X   |    | X    |       |    |



Emplacement du moyen mobile

### Montlebon :

| Nom   | Adresse         | Latitude         | Longitude    | Altitude | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM10 | PM2.5 | CO |
|-------|-----------------|------------------|--------------|----------|-----------------|-----------------|----------------|------|-------|----|
| Rmq03 | Rue de la Vigne | 47°<br>2'45.36"N | 6°36'38.12"E | 773 m    |                 | X               |                | X    | X     |    |



Emplacement du moyen mobile

Source : Google maps, ATMO Franche-Comté, 2015



## ANNEXE

### Paramètres statistiques calculés sur les stations de Morteau et Montlebon pour les valeurs journalières et horaires

|                       | Polluant        | Biais normalisé | Coefficient de corrélation | NMSE    |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------|
| Valeurs préconisés    | NO <sub>2</sub> | -30 % à 30 %    | 0.6 à 1                    | < 50 %  |
|                       | PM2.5           | -30 % à 30 %    | 0.6 à 1                    | < 50 %  |
|                       | PM10            | -30 % à 30 %    | 0.6 à 1                    | < 50 %  |
| Valeurs horaires      |                 |                 |                            |         |
| Campagne de Morteau   | NO <sub>2</sub> | 1.38 %          | 0.81                       | 19.13 % |
|                       | PM10            | 0.37 %          | 0.98                       | 3.73 %  |
| Campagne de Montlebon | NO <sub>2</sub> | -7.43 %         | 0.74                       | 21.97 % |
|                       | PM2.5           | 4 %             | 0.92                       | 27.27 % |
|                       | PM10            | 7.27 %          | 0.95                       | 17.67 % |
| Valeurs journalières  |                 |                 |                            |         |
| Campagne de Morteau   | NO <sub>2</sub> | 0.75 %          | 0.88                       | 5.47 %  |
|                       | PM10            | 0.38 %          | 0.99                       | 1.35 %  |
| Campagne de Montlebon | NO <sub>2</sub> | -8.16 %         | 0.81                       | 7.08 %  |
|                       | PM2.5           | 1.39 %          | 0.94                       | 11.82 % |
|                       | PM10            | 6.64 %          | 0.96                       | 5.29 %  |



Fiche polluant sur les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)O<sub>2</sub> FICHE POLLUANT

Experts



La combinaison de l'azote (●) avec l'oxygène (●) de l'air conduit à des composés de formules chimiques diverses regroupés sous le terme NO<sub>x</sub>. 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.

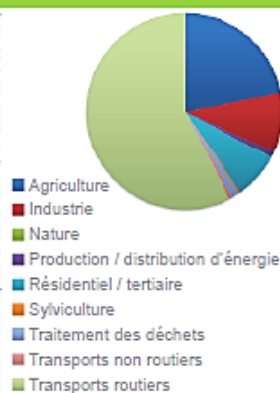
À température ambiante, le monoxyde d'azote est instable. Il réagit avec l'oxygène de l'air pour former du dioxyde d'azote.

SURVEILLANCE REGLEMENTEE NO<sub>x</sub>

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Seuil d'information et recommandation | 200 µg/m <sup>3</sup> /h   |
| Seuil d'alerte                        | 400 µg/m <sup>3</sup> /h ou 200 µg/m <sup>3</sup> sur 3h consécutives et plus de 2 jours consécutifs |

## Emissions en Franche-Comté

(Source : inventaire spatialisé des émissions, année de référence 2008)



## LES OXYDES D'AZOTE



## SOURCES



## AIR AMBIANT

Les NO<sub>x</sub> sont principalement 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 la production d'acide nitrique, la fabrication d'engrais ou encore le traitement de surface, introduisent des oxydes d'azote dans l'atmosphère. Les sources naturelles sont, à l'échelle planétaire, les orages, les éruptions volcaniques, les feux de forêts et les activités bactériennes qui produisent de très grandes quantités d'oxydes d'azote. Toutefois, en raison de la répartition de ces émissions sur la surface terrestre, les concentrations atmosphériques naturelles d'oxydes d'azote demeurent très faibles par comparaison aux sources relatives à l'industrie humaine.

## SOURCES



## AIR INTERIEUR

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 également, en contient aussi.

Enfin, l'air extérieur constitue une source d'apports en oxydes d'azote dans l'habitat, les bureaux, les habitacles des véhicules et tout autre espace clos.

## EFFETS



## SANTE

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.

## EFFETS



## 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.

*Nota: La couleur brunâtre des couches d'air pollué 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.*

Surveillance de la qualité de l'air en Franche-Comté : [www.atmo-franche-comte.org](http://www.atmo-franche-comte.org)

## Réglementation applicable en air ambiant

| Polluants  | Domaine | Valeurs réglementaires  | Application   |
|--|---------|---|---------------|
| <b>Seuils d'information et de recommandation</b> |         |   |               |
| Dioxyde de soufre                                | santé   | 300 µg/m <sup>3</sup> /heure  | 2006 ③ ④      |
| Dioxyde d'azote                                  | santé   | 200 µg/m <sup>3</sup> /heure  | 2006 ③ ④      |
| Ozone  | santé   | 180 µg/m <sup>3</sup> /heure  | 2006 ① ③<br>④ |
| Particules PM10                                  | santé   | 50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24 heures                                       | ③             |
| <b>Seuils d'alerte</b>                           |         |   |               |
| Dioxyde de soufre                                | santé   | 500 µg/m <sup>3</sup> /heure sur 3 heures consécutives                              | 2006 ① ③<br>④ |
| Dioxyde d'azote                                  | santé   | 400 µg/m <sup>3</sup> /heure  | 2006 ④        |
|  |         | 400 µg/m <sup>3</sup> /heure pendant trois heures consécutives                      | ① ③           |
|  |         | 200 µg/m <sup>3</sup> /heure pendant 2 jours consécutifs et nouveaux risques        | 2006 ① ③<br>④ |
| Ozone  | santé   | 240 µg/m <sup>3</sup> /heure sur 3 heures consécutives                              | 2006 ① ④      |
|  |         | 240 µg/m <sup>3</sup> /heure pour une protection sanitaire pour toute la population | ③             |
| Particules PM10                                  | santé   | 80 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 24 heures                                       | ③             |
| <b>Valeurs limites</b>                           |         |   |               |
| Benzène  | santé   | 5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle   | 2010 ① ③      |
| Dioxyde de soufre                                | santé   | 350 µg/m <sup>3</sup> /heure à ne pas dépasser plus de 24 heures par an             | 2005 ① ③      |
|  |         | 125 µg/m <sup>3</sup> /jour à ne pas dépasser plus de 3 jours par an                | 2005 ① ③      |
| Dioxyde d'azote                                  | santé   | 200 µg/m <sup>3</sup> /heure à ne pas dépasser plus de 18 heures par an             | 2010 ① ③      |
|  |         | 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle  | 2010 ① ③      |
| Monoxyde de carbone                              | santé   | 10 000 µg/m <sup>3</sup> en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures | 2005 ① ③      |
| Particules PM10                                  | santé   | 50 µg/m <sup>3</sup> /jour à ne pas dépasser plus de 35 jours par an                | 2005 ① ③      |
|  |         | 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle  | 2005 ① ③      |
| Particules PM2,5                                 | santé   | 25 µg/m <sup>3</sup>  | 2015 ① ③      |
|  |         | 20 µg/m <sup>3</sup> (révision prévue en 2013)                                      | 2020 ①        |
| Plomb  | santé   | 0,5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle   | 2005 ① ③      |



## ANNEXE

| Polluants                   | Domaine     | Valeurs réglementaires  | Application     |
|-----------------------------|-------------|---|-----------------|
| <b>Valeurs cibles</b>       |             |   |                 |
| Ozone                       | santé       | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum journalier de la moyenne sur 8 h à ne pas dépasser plus de 25 jours/an, moyenne sur 3 ans         | 2010 ① ③        |
|                             | végétation  | 18 000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).h pour l'AOT calculé à partir de valeurs horaires entre 8h et 20h de mai à juillet, moyenne sur 5 ans | 2010 ① ③        |
| Particules PM2,5            | santé       | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 2010 ①          |
|                             |             | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | Non précisé ③   |
| Arsenic                     | santé, env. | 6 $\text{ng}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10   | 2013 ② ③        |
| Cadmium                     | santé, env. | 5 $\text{ng}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10   | 2013 ② ③        |
| Nickel                      | santé, env. | 20 $\text{ng}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10  | 2013 ② ③        |
| Benzo(a)pyrène              | santé, env. | 1 $\text{ng}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10   | 2013 ② ③        |
| <b>Objectifs de qualité</b> |             |   |                 |
| Ozone                       | santé       | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures sur une année civile                              | Non précisé ① ③ |
|                             | végétation  | 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ pour l'AOT calculé à partir de valeurs horaires entre 8h et 20h de mai à juillet                   | Non précisé ① ③ |
| Particules PM10             | santé       | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile  | Non précisé ③   |
| Particules PM2,5            | santé       | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile  | Non précisé ③   |
| Benzène                     | Santé       | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile   | Non précisé ③   |
| Plomb                       | santé       | 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile  | Non précisé ③   |
| Dioxyde de soufre           | santé       | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile  | Non précisé ③   |
| <b>Niveaux critiques</b>    |             |   |                 |
| Dioxyde de soufre           | végétation  | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et du 1er octobre au 31 mars  | ① ③             |
| Oxydes d'azote              | végétation  | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle   | ① ③             |

### Établi à partir :

- de la directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur publiée le 21 mai 2008 ①
- de la 4ème directive fille 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant publiée le 15 décembre 2004 ②
- du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ③
- des arrêtés préfectoraux ④

L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes: 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile (du 1er janvier au 31 décembre).



## Fiche polluant sur les particules

O<sup>2</sup>
FICHE POLLUANT

Experts

## LES PARTICULES EN SUSPENSION

**LES particules en suspension** («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**: ensemble des particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm (microns);
- **PM2,5**: particules de diamètre inférieur à 2,5 µm.

| SURVEILLANCE REGLEMENTEE<br>PM10      |   |
|---------------------------------------|---|
| Seuil d'information et recommandation | 80 µg/m <sup>3</sup><br>en moyenne sur 24h  |
| Seuil d'alerte                        | 125 µg/m <sup>3</sup><br>en moyenne sur 24h |

Emissions en Franche-Comté

(Source: inventaire spatialisé des émissions, année de référence 2008)

SOURCES

**AIR AMBIANT**

Les activités humaines, telles que le chauffage (notamment au bois), la combustion de matières fossiles, l'incinération de déchets, les centrales thermiques et de nombreux procédés industriels (carrière, cimenterie, aciérie, fonderie, chimie fine...) génèrent d'importantes quantités de poussières. Le trafic routier (véhicules diesel surtout) et l'agriculture (labours) contribuent également aux émissions de particules fines dans l'atmosphère. De manière ponctuelle, les contributions de l'agriculture et des chantiers BTP sont à considérer, les particules pouvant être remises en suspension lors de l'exercice de ces activités (labours, passage des véhicules sur chaussées empoussiérées,...).

Outre les origines anthropiques, il faut noter tout de même que les poussières en suspension peuvent également être d'origine naturelle (feux de forêts, érosion des sols, poussières sahariennes, éruptions volcaniques, pollens, spores...).

SOURCES

**AIR INTERIEUR**

Dans les lieux clos, la présence de particules résulte à la fois des sources intérieures et du transfert de la pollution atmosphérique extérieure. La première source de particules dans l'habitat est la combustion: 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, telles le bricolage ou le ménage, en produisent aussi des quantités importantes ou les remettent en suspension dans l'air. Les éléments de construction, d'ameublement et de décoration y compris les plantes, sont par ailleurs des sources à considérer.

EFFETS

**SANTE**

Selon leur taille, les poussières pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire: les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures, tandis que les plus fines atteignent voies respiratoires inférieures et peuvent altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.

Ces mêmes particules diminuent l'efficacité des mécanismes de défense contre les infections et interagissent avec les pollens pour accroître la sensibilité aux allergènes.

Certaines de ces poussières très fines servent aussi de vecteurs à différentes substances toxiques voire cancérigènes ou mutagènes (métaux, HAP...), qui sont alors susceptibles de pénétrer dans le sang.

EFFETS

**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 les étouffer et entraver la photosynthèse. Les particules peuvent également réduire la visibilité, et influencer le climat en absorbant et en diffusant la lumière.

Surveillance de la qualité de l'air en Franche-Comté : [www.atmo-franche-comte.org](http://www.atmo-franche-comte.org)

©ATMO Franche-Comté, 2013









## RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR EN FRANCHE-COMTE

15 rue Mégevand  
25 000 BESANCON

Tél. : 03 81 25 06 60

Fax : 03 81 25 06 61

Web : [www.atmo-franche-comte.org](http://www.atmo-franche-comte.org)

Courriel: [contact@atmofc.org](mailto:contact@atmofc.org)



*Flashez le code  
et retrouvez-nous  
sur le web !*