

Votre observatoire régional de la

**QUALITÉ de l'AIR**

**RAPPORT  
ANNUEL  
2018**

**Juin 2019**

**Étude d'impact  
du projet de  
Téléphérique  
Urbain Sud**

**VOLET AIR**

## CONDITIONS DE DIFFUSION

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

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'État français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

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

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Occitanie.

Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit obligatoirement faire référence à Atmo Occitanie.

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

Par ailleurs, Atmo Occitanie n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Occitanie :

- depuis le formulaire de contact sur le site <http://oramip.atmo-midipyrenees.org>
- par mail : [contact@oramip.org](mailto:contact@oramip.org)
- par téléphone : 05.61.15.42.46

Objectif de qualité	Valeur cible	Valeur limite
Niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble	Niveau fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.	Niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

## SOMMAIRE

CONTEXTE ET OBJECTIFS .....	3
SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE D'IMPACT .....	4
ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> ).....	6
Pollution en dioxyde d'azote en 2013 – situation initiale .....	6
Évolution entre la situation initiale et les scenarii .....	6
Niveaux de dioxyde d'azote en 2020 – scenarii sans et avec Téléphérique Urbain Sud .....	7
Comparaison à la réglementation.....	7
Situation initiale sur la bande d'études comparée à la situation sur l'agglomération toulousaine .....	8
Conclusions .....	9
ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN PARTICULES (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> ) .....	10
Pollution particulaire – situation initiale.....	10
Évolution des niveaux de particules entre la situation initiale et les scenarii.....	11
Niveaux de particules en 2020 - scenarii sans et avec Téléphérique Urbain Sud .....	12
Comparaison à la réglementation.....	14
Situation par rapport à l'agglomération toulousaine .....	15
Conclusions .....	16
ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN BENZÈNE.....	17
Comparaison à la réglementation.....	17
Situation par rapport à l'agglomération toulousaine .....	17
Conclusions .....	17
ANNEXE I : CONTEXTE GÉNÉRAL .....	19
ANNEXE II : MILIEU PHYSIQUE .....	21
ANNEXE III : QUALIFICATION DE L'ÉTAT INITIAL.....	23
ANNEXE IV – ÉMISSIONS ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE.....	33
ANNEXE V – RÉSULTATS DES DISPERSIONS.....	35
ANNEXE VI – EFFETS SUR LA SANTÉ.....	37
ANNEXE VII - NOTES MÉTHODOLOGIQUES .....	38
MÉTHODOLOGIE DE L'INVENTAIRE, DE LA MODÉLISATION ET DE LA CARTOGRAPHIE .....	38
MÉTHODOLOGIE DE L'ADAPTATION STATISTIQUE DES MESURES .....	44
MÉTHODOLOGIE DE LA VALIDATION DU MODÈLE.....	46
ANNEXE VIII - GÉNÉRALITÉS SUR LES POLLUANTS ÉTUDIÉS .....	50

## CONTEXTE ET OBJECTIFS

### DESCRIPTION DU PROJET

Le projet du Téléphérique Urbain Sud est soumis à une évaluation environnementale. Il relève en effet de la rubrique 7 Transports guidés de personnes » du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement.

Atmo Occitanie a réalisé l'étude d'impact du Téléphérique Urbain Sud – volet air dans le cadre d'un partenariat avec Tisseo Collectivités.

Le projet du téléphérique urbain toulousain est implanté dans le sud de la commune de Toulouse, en Haute Garonne.

Le tracé permet de relier la rive gauche à la rive droite de la Garonne en franchissant l'obstacle naturel des Coteaux de Pech David.

Le téléphérique urbain toulousain va s'étendre sur 3 km et comportera 3 stations, d'Ouest en Est, l'Oncopole, l'hôpital de Rangueil et l'Université Paul Sabatier.

Un parc relais de 500 places sera créé à l'Oncopole et le téléphérique sera connecté à la ligne B du métro toulousain à l'Université Paul Sabatier.

Les horizons étudiés portent sur les situations suivantes :

- état initial à l'horizon 2013 appelé H1 dans la suite de ce rapport,
- état fil de l'eau (état futur sans projet) à l'horizon 2020 appelé H2,
- état projeté (état futur avec projet) à l'horizon 2020, appelé H3

Les objectifs finaux de l'étude sont :

- La qualification de l'état initial par le biais d'une étude bibliographique sur le domaine d'étude, d'une campagne de mesures in-situ ainsi que par la réalisation d'une cartographie de la dispersion des polluants,

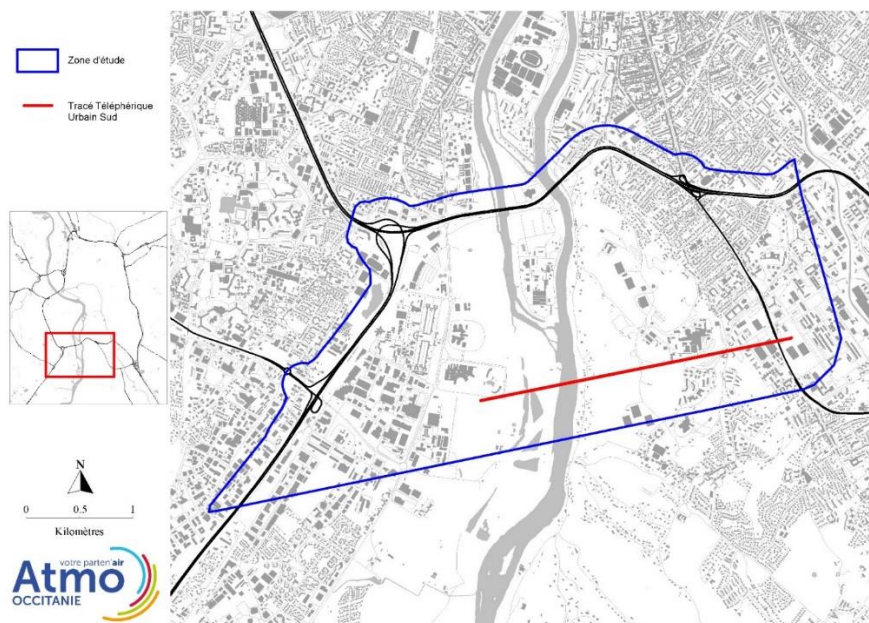
- La comparaison des concentrations au regard des normes de qualité de l'air en France et en Europe,
- L'évaluation des émissions pour les différents états pris en compte,
- L'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air par comparaison des cartographies de la dispersion des polluants obtenues pour les états fil de l'eau et état projeté,
- L'analyse des effets du projet sur la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution –population).

### HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

**Les émissions des déplacements routiers de l'état initial et des deux scénarii ont été calculées à partir des données de comptage modélisées SGGD (Système de Gestion Globale des Déplacements de l'agglomération toulousaine) qui nous ont été fournies par TISSEO-Collectivités.** Les émissions directes de polluants ont été déterminées selon les préconisations du guide national pour l'élaboration des inventaires des émissions atmosphériques (nov.2012) et de la méthode COPERT IV. La méthodologie de calcul des émissions pour l'ensemble des secteurs d'activité est précisée en annexe IIV.

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

En outre, les cartes de dispersion ont été réalisées en prenant en compte les conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournies par la station météorologique de Toulouse-Blagnac, la plus proche de la zone d'études, pour l'année 2013. Elles intègrent les incertitudes associées au modèle de dispersion de la qualité de l'air.



Carte 1 : Situation du projet de Téléphérique Urbain Sud et bande d'études

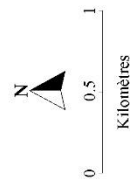
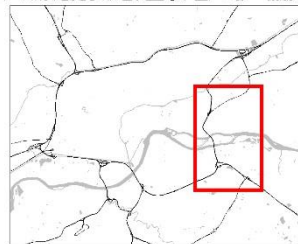
## SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE D'IMPACT

### Comparaison à la réglementation en 2013

« **Zone à risque** » : En 2013, les niveaux de NO<sub>2</sub> dépassent la valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine le long du périphérique, de l'autoroute A64 mais également sur une partie de la route d'Espagne, du chemin des Étroits et de la route de Narbonne et sur l'avenue du Général Eisenhower. Les niveaux de **PM10 et PM2,5** atteints sont supérieurs à leur valeur limite le long du périphérique et de l'autoroute A64.

Les **PM10** dépassent l'objectif de qualité sur l'avenue du Général Eisenhower, sur une portion du chemin des Étroits ainsi que le long du périphérique et de l'autoroute A64.

Dans l'ensemble de la bande d'étude, les niveaux en **PM2,5** ne respectent pas l'objectif de qualité.



### Évolution des niveaux entre 2013 et 2020

Entre 2013 et 2020, il y a une **diminution des concentrations à l'échelle du domaine d'études entre l'état initial et les scénarii**. Cette amélioration de la qualité de l'air est due au renouvellement du parc routier, l'amélioration technique des moteurs induisant des émissions plus faibles malgré la hausse du trafic routier.

Pour le NO<sub>2</sub>, l'amélioration technique des motorisations permettra une diminution des voies concernées par un dépassement de valeur limite pour le NO<sub>2</sub>. Les niveaux supérieurs à la valeur limite pour le NO<sub>2</sub> seront rencontrés le long du périphérique, de l'autoroute A64, sur l'avenue du Général Eisenhower et sur le rond point d'intersection entre cette avenue et la route d'Espagne.

Pour les particules PM10 et PM2,5, les zones à risque de dépassement des valeurs réglementaires sont les mêmes en 2020 qu'en 2013.

**Impact du téléphérique urbain sud sur la qualité de l'air : il n'y a pas de modification notable des concentrations de polluants atmosphériques, à l'échelle du domaine étudié, consécutivement à la mise en place du Téléphérique Urbain Sud**

Carte 2 : Synthèse de l'évaluation de la qualité de l'air aux abords du Téléphérique Urbain Sud

**NO<sub>2</sub>**

DIOXYDE D'AZOTE						
	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2013 H1	Fil de l'eau - 2020 Sans Téléphérique Urbain Sud H2	État projeté - 2020 Avec Téléphérique Urbain Sud H3	Evolution des niveaux Entre H3 et H2
<b>Concentration annuelle</b>	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Valeur limite <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	25 µg/m <sup>3</sup> (entre 14 et 179 µg/m <sup>3</sup> )	17 µg/m <sup>3</sup> (entre 12 et 100 µg/m <sup>3</sup> )	17 µg/m <sup>3</sup> (entre 12 et 100 µg/m <sup>3</sup> )	H3 = H2

**PM10**

PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR A 10 µm						
	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2013 H1	Fil de l'eau - 2020 Sans Téléphérique Urbain Sud H2	État projeté - 2020 Avec Téléphérique Urbain Sud H3	Evolution des niveaux Entre H3 et H2
<b>Concentration annuelle</b>	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Objectif de qualité <b>30 µg/m<sup>3</sup></b> Valeur limite <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	21 µg/m <sup>3</sup> (entre 18 et 68 µg/m <sup>3</sup> )	20 µg/m <sup>3</sup> (entre 17 et 57 µg/m <sup>3</sup> )	20 µg/m <sup>3</sup> (entre 17 et 57 µg/m <sup>3</sup> )	H3 = H2

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

**PM2.5**

PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR A 2,5 µm						
	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2013 H1	Fil de l'eau - 2020 Sans Téléphérique Urbain Sud H2	État projeté - 2020 Avec Téléphérique Urbain Sud H3	Evolution des niveaux Entre H3 et H2
<b>Concentration annuelle</b>	<b>NON</b> Sur tout le domaine	Objectif de qualité <b>10 µg/m<sup>3</sup></b>	15 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	H3
	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Valeur cible <b>20 µg/m<sup>3</sup></b> Valeur limite <b>25 µg/m<sup>3</sup></b>	(entre 14 et 37 µg/m <sup>3</sup> )	(entre 14 et 29 µg/m <sup>3</sup> )	(entre 14 et 29 µg/m <sup>3</sup> )	= H2

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans les trois colonnes État initial, État fil de l'eau et État projeté : moyenne annuelle en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations annuelles modélisés sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>**

Benzène			
	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2018 H1
<b>Concentration sur la période de mesures</b>	<b>INFERIEURE</b>	Objectif de qualité <b>2 µg/m<sup>3</sup></b> Valeur limite <b>5 µg/m<sup>3</sup></b>	1 µg/m <sup>3</sup> (entre 0.7 et 1.2 µg/m <sup>3</sup> )

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans la colonne État initial - 2018 H1 : moyenne sur la période de mesures en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations mesurées sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

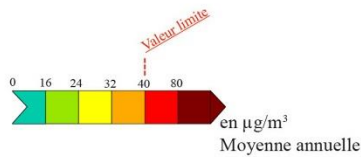
Tableau 1 : Concentrations en polluants sur la bande d'étude et pour les différents états étudiés

# ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)

## POLLUTION EN DIOXYDE D'AZOTE EN 2013 – SITUATION INITIALE

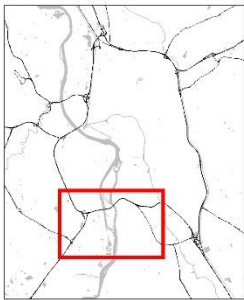
Les différentes études effectuées par Atmo Occitanie sur l'agglomération toulousaine, le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), le Plan de Déplacements Urbains (PDU), ont identifié le périphérique comme zone à risque par rapport à l'exposition de la population au dioxyde d'azote. La modélisation réalisée sur la bande d'études pour l'année 2013 conforte ces résultats et met en évidence des niveaux élevés de NO<sub>2</sub> le long du périphérique, de l'autoroute A64 mais également sur une partie de la route d'Espagne, du chemin des Étroits et de la route de Narbonne et sur l'avenue du Général Eisenhower. Sur ces zones, la valeur limite annuelle en NO<sub>2</sub> pour la protection de la santé humaine n'est pas respectée.

Situation des NO<sub>2</sub> pour la protection de la santé



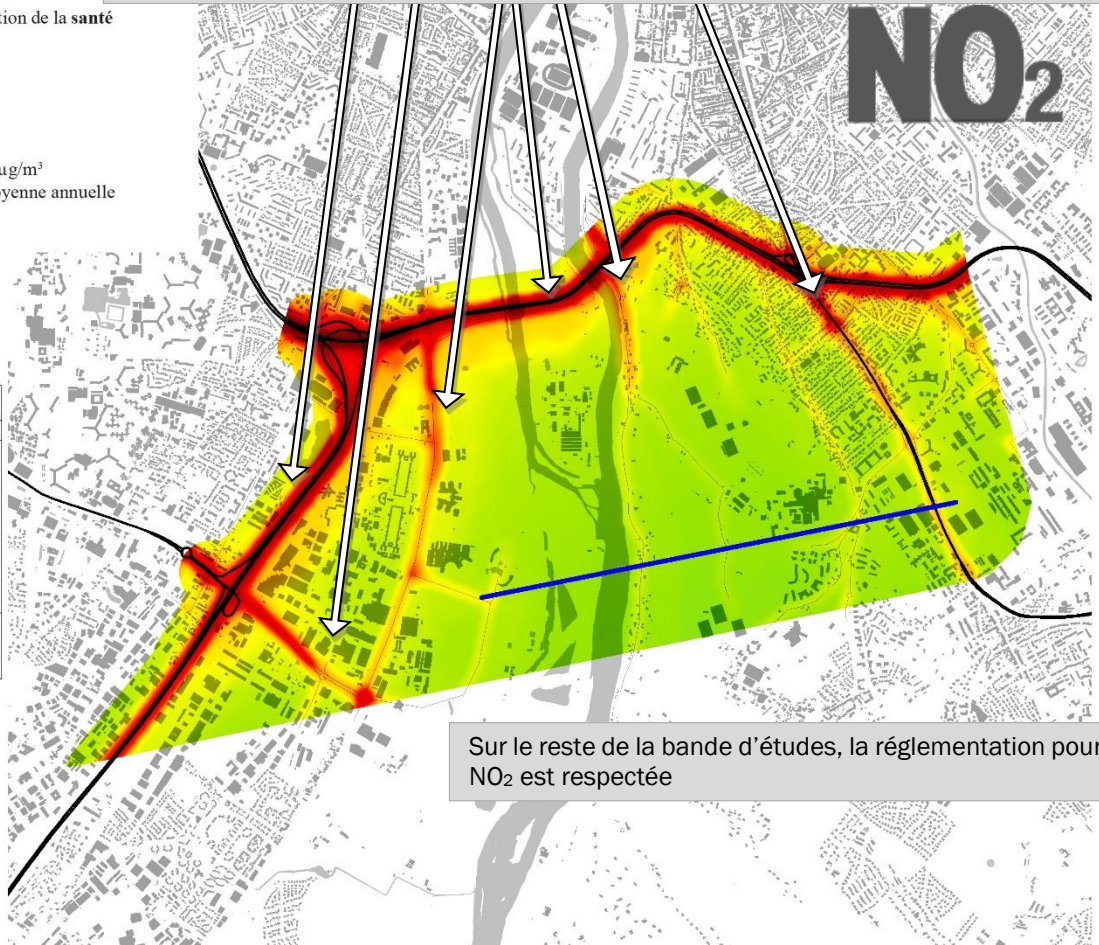
2013

— Tracé Téléphérique Urbain Sud



0 2 4

Kilomètres



Sur le reste de la bande d'études, la réglementation pour le NO<sub>2</sub> est respectée

Carte 3 : Dispersion des concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> dans la bande d'étude, en 2013

## ÉVOLUTION ENTRE LA SITUATION INITIALE ET LES SCÉNARIIS

D'une manière générale, les niveaux de NO<sub>2</sub> diminuent à l'échelle du domaine d'études entre l'état initial et les scénariis. Cette amélioration de la qualité de l'air est due au renouvellement du parc routier, l'amélioration technique des moteurs induisant des émissions plus faibles malgré la hausse du trafic routier.

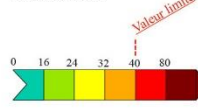
En 2020, pour les deux scénariis étudiés, l'amélioration technique sur les moteurs permettra une diminution des

voies concernées par un dépassement de valeur limite pour le NO<sub>2</sub>. Les niveaux supérieurs à la valeur limite pour le NO<sub>2</sub> se situeront le long du périphérique, de l'autoroute A64, sur l'avenue du Général Eisenhower et sur le rond point d'intersection entre cette avenue et la route d'Espagne.

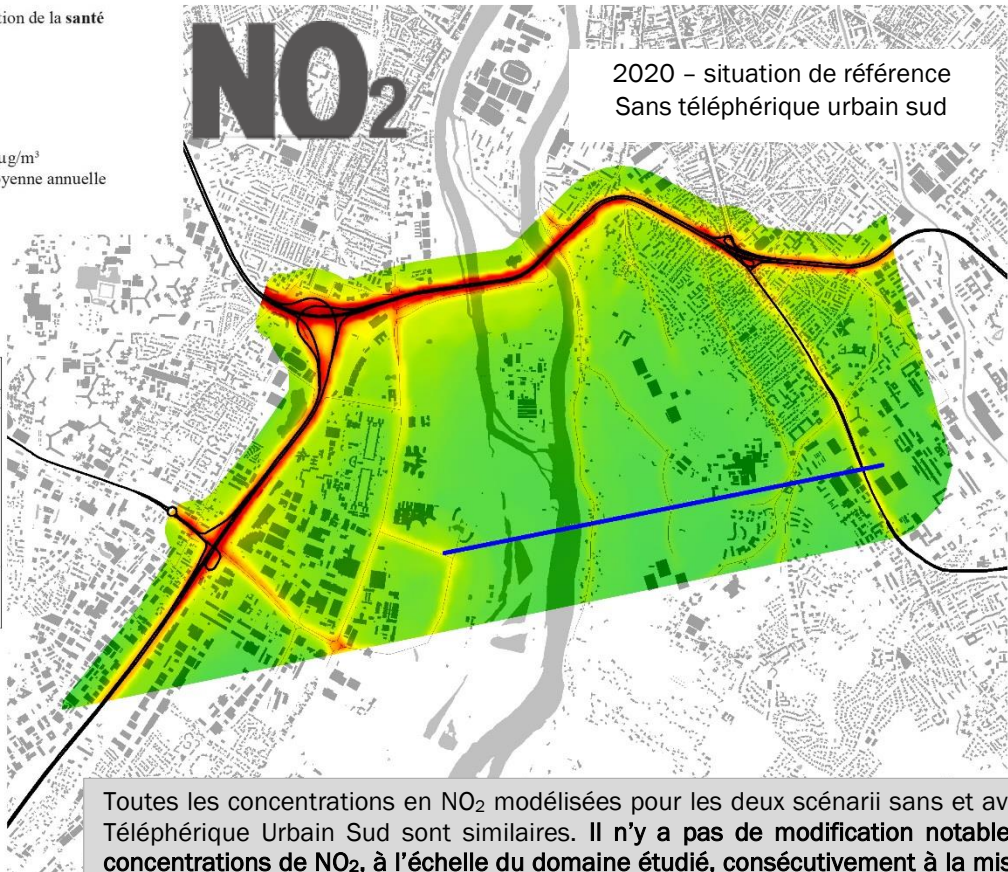
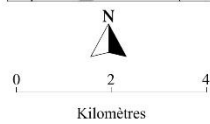
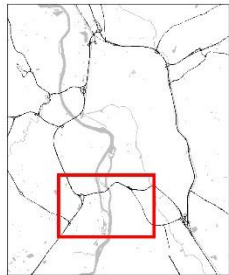
**NIVEAUX DE DIOXYDE D'AZOTE EN 2020 – SCENARII SANS ET AVEC TÉLÉPHÉRIQUE URBAIN SUD**

Situation des NO<sub>2</sub> pour la protection de la santé

2020 Référence



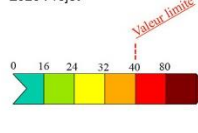
— Tracé Téléphérique Urbain Sud



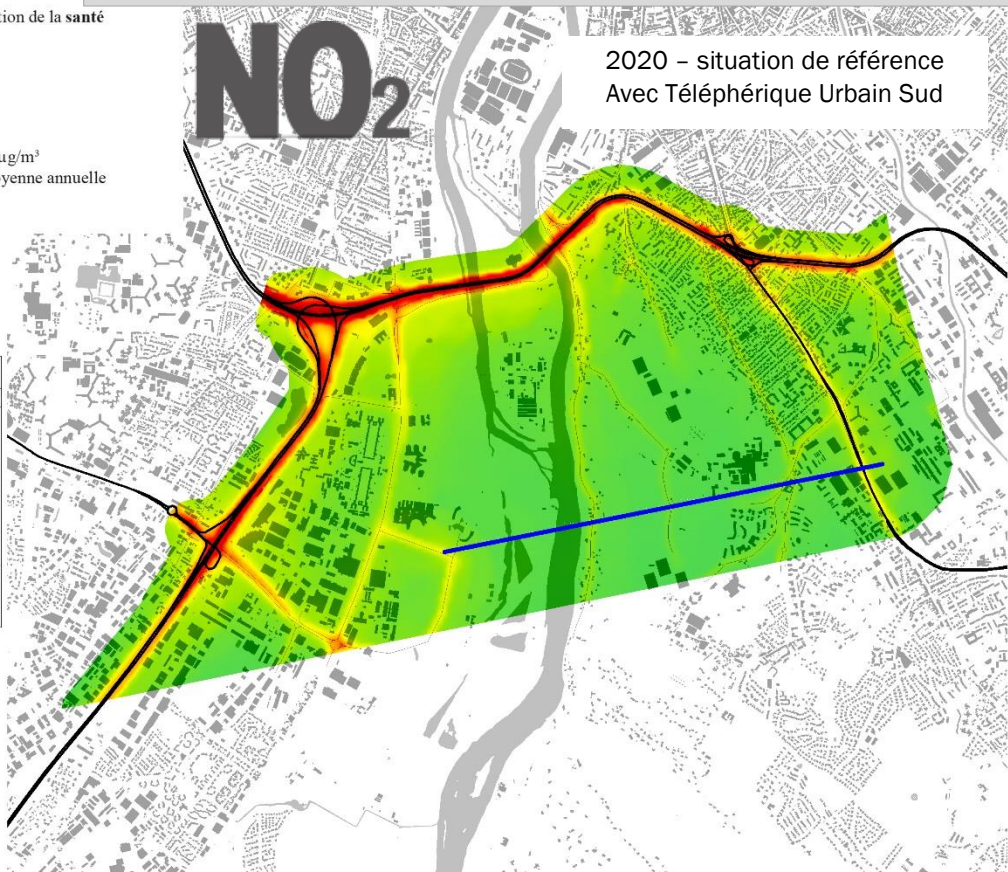
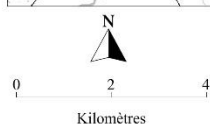
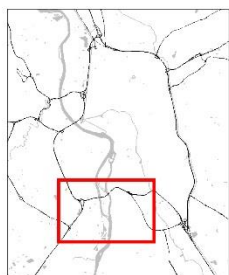
Toutes les concentrations en NO<sub>2</sub> modélisées pour les deux scénarii sans et avec le Téléphérique Urbain Sud sont similaires. Il n'y a pas de modification notable des concentrations de NO<sub>2</sub>, à l'échelle du domaine étudié, consécutivement à la mise en place du Téléphérique Urbain Sud.

Situation des NO<sub>2</sub> pour la protection de la santé

2020 Projet



— Tracé Téléphérique Urbain Sud



Carte 4 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en NO<sub>2</sub> dans la bande d'étude, 2020 sans et avec le Téléphérique Urbain Sud

**COMPARAISON À LA RÉGLEMENTATION**



Sur le territoire du PDU, 80% des émissions en oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) sont liées au secteur du transport routier (source Act'Air\_V3.4) : ainsi les concentrations les plus élevées sont attendues proches des routes.

Pour la situation initiale, la valeur limite pour la protection de la santé est dépassée

- A proximité des grands axes de circulation toulousain ; le périphérique et l'autoroute A64
- sur des portions d'axes routiers pénétrants sur le périphérique : la route d'Espagne, le chemin des Etroits et de la route de Narbonne,
- sur un axe structurant : l'avenue du Général Eisenhower

Sur le reste de la bande d'étude, la réglementation est respectée.

Pour les deux scénarii, les niveaux de NO<sub>2</sub> diminuent sur l'ensemble de la zone d'études. Le nombre de voies concernées par un dépassement de valeur limite pour le NO<sub>2</sub> diminue. Les niveaux supérieurs à la valeur limite pour le NO<sub>2</sub> seront rencontrés le long du périphérique, de l'autoroute A64, sur l'avenue du Général Eisenhower et sur le rond point d'intersection entre cette avenue et la route d'Espagne.

NO <sub>2</sub>	DIOXYDE D'AZOTE				
	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2013 H1	Fil de l'eau - 2020 Sans Téléphérique Urbain Sud H2	État projeté - 2020 Avec Téléphérique Urbain Sud H3
Concentration annuelle	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Valeur limite <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	25 µg/m <sup>3</sup> (entre 14 et 179 µg/m <sup>3</sup> )	17 µg/m <sup>3</sup> (entre 12 et 100 µg/m <sup>3</sup> )	17 µg/m <sup>3</sup> (entre 12 et 100 µg/m <sup>3</sup> )

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube





Concentrations indiquées dans les trois colonnes État initial, État fil de l'eau et État projeté : moyenne annuelle en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations annuelles modélisées sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 2 : Situation par rapport à la réglementation en NO<sub>2</sub> sur la bande d'étude pour les différentes hypothèses

### SITUATION INITIALE SUR LA BANDE D'ÉTUDES COMPARÉE À LA SITUATION SUR L'AGGLOMÉRATION TOULOUSAINE

Les concentrations en NO<sub>2</sub> obtenues en moyenne sur l'ensemble de la bande d'étude intégrant sites de fond

et sites de proximité trafic sont similaires aux niveaux enregistrés en 2013 sur l'agglomération toulousaine.

NO <sub>2</sub>	 		
	État initial - 2013 H1	Agglo. toulousaine Environnement urbain	Agglo. toulousaine Environnement trafic
Année 2013 concentration moyenne	25 µg/m <sup>3</sup> (entre 14 et 179 µg/m <sup>3</sup> )	18 µg/m <sup>3</sup>	75 µg/m <sup>3</sup> en bordure du périphérique

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans la colonne État initial : moyenne annuelle en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations annuelles modélisées sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 3 : Niveaux en NO<sub>2</sub> sur la bande d'étude et l'agglomération toulousaine, en 2013

## CONCLUSIONS

# NO<sub>2</sub>

Pas d'impact significatif du téléphérique urbain sud sur les niveaux de dioxyde d'azote dans l'air ambiant.

Diminution des niveaux de NO<sub>2</sub> entre 2013 et 2020 lié à l'amélioration des motorisations des véhicules routiers.

Valeurs réglementaires respectées sur la bande d'études hormis en bordure du périphérique, de l'autoroute et d'axes fréquentés de circulation.

## ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN PARTICULES (PM10, PM2,5)

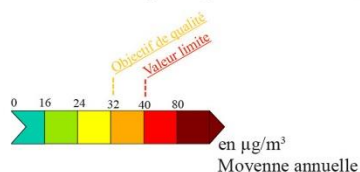
### POLLUTION PARTICULAIRE – SITUATION INITIALE

#### LES PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR À 10 µM

La modélisation réalisée sur la bande d'études pour l'année 2013 met en évidence des niveaux élevés de PM10 le long de certains axes de circulation :

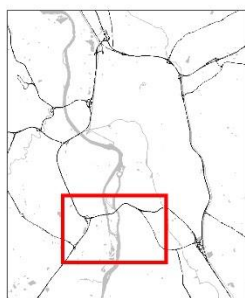
- Le long de l'avenue du Général Eisenhower, sur une portion du chemin des Étroits ainsi que le long du périphérique et de l'autoroute A64, l'objectif de qualité est dépassé,
- Le long du périphérique et de l'autoroute A64, la valeur limite annuelle n'est pas respectée.

Situation des PM10 pour la protection de la santé



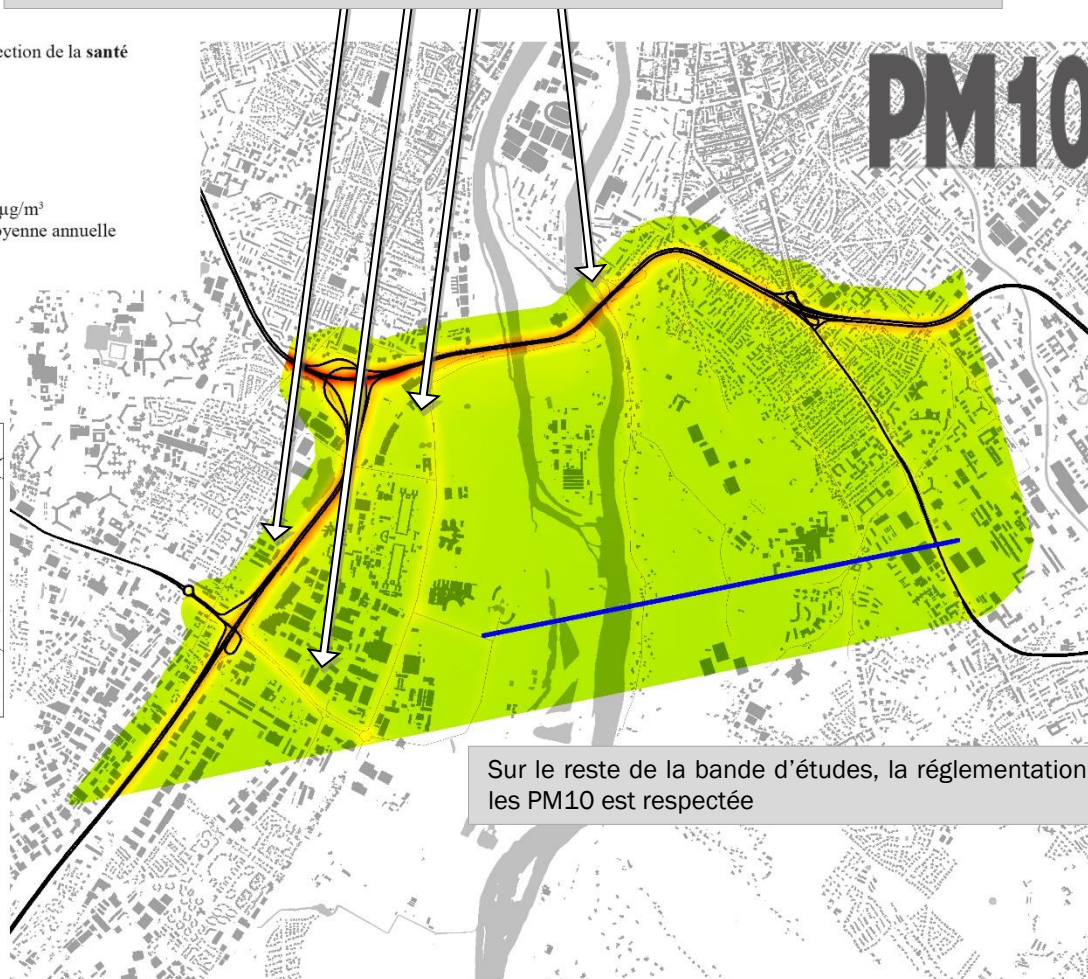
2013

— Tracé Téléphérique Urbain Sud



0 2 4

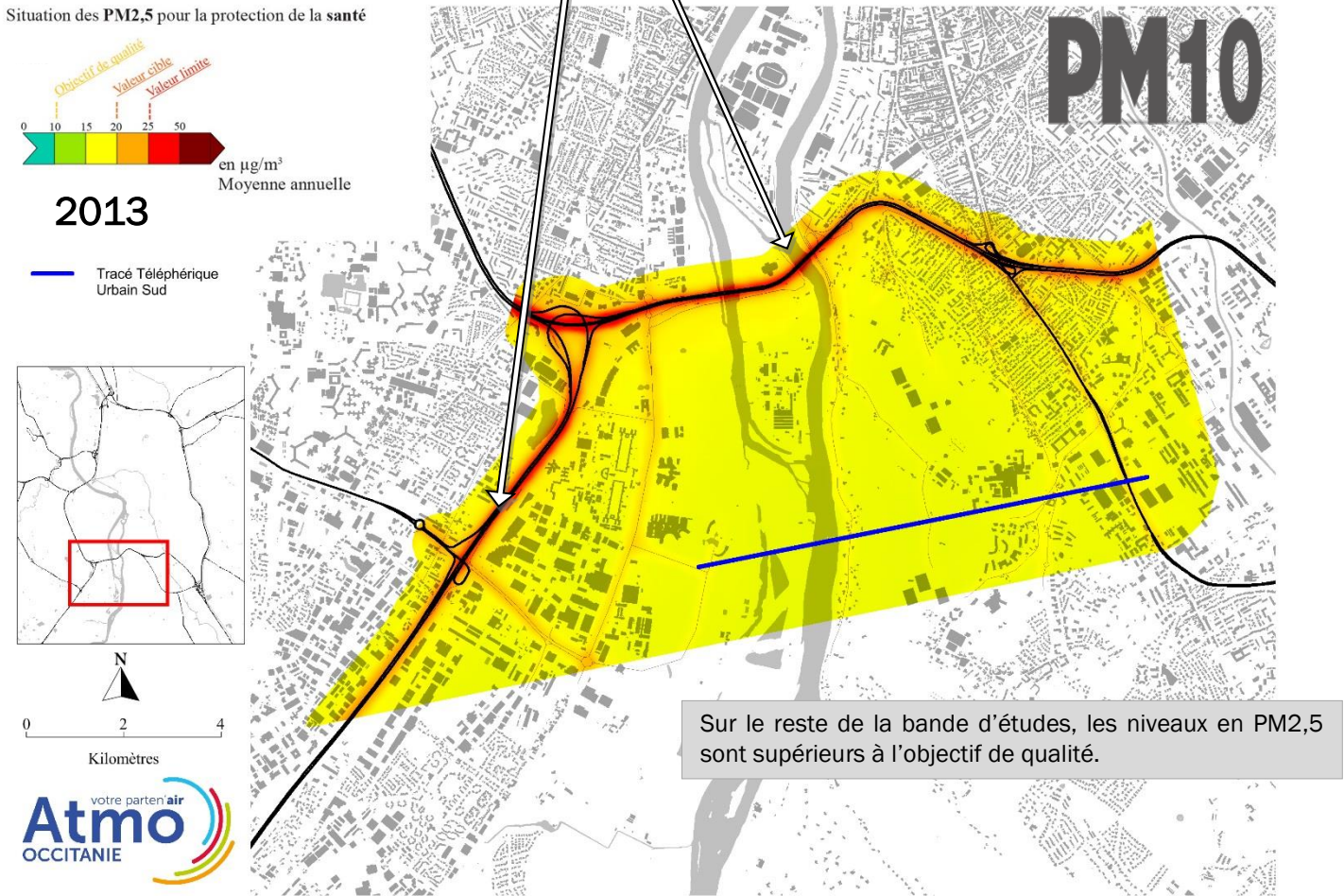
Kilomètres



Carte 5 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en PM10 dans la bande d'étude, en 2013

**LES PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR À 2,5 µM**

La modélisation réalisée sur la bande d'études pour l'année 2013 met en évidence des niveaux en PM2,5 supérieurs à la valeur limite le long du périphérique et de l'autoroute A64.



Carte 6 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en PM2.5 dans la bande d'étude, en 2013

**ÉVOLUTION DES NIVEAUX DE PARTICULES ENTRE LA SITUATION INITIALE ET LES SCENARI**

Les niveaux de PM10 et en PM2,5 sont similaires à l'échelle du domaine d'études entre l'état initial et les scénarii. En revanche, les niveaux maximaux rencontrés

en proximité des axes routiers diminuent. Ils restent cependant supérieurs aux valeurs réglementaires sur les axes mis en évidence en 2013.

## NIVEAUX DE PARTICULES EN 2020 - SCENARIIS SANS ET AVEC TÉLÉPHÉRIQUE URBAIN SUD

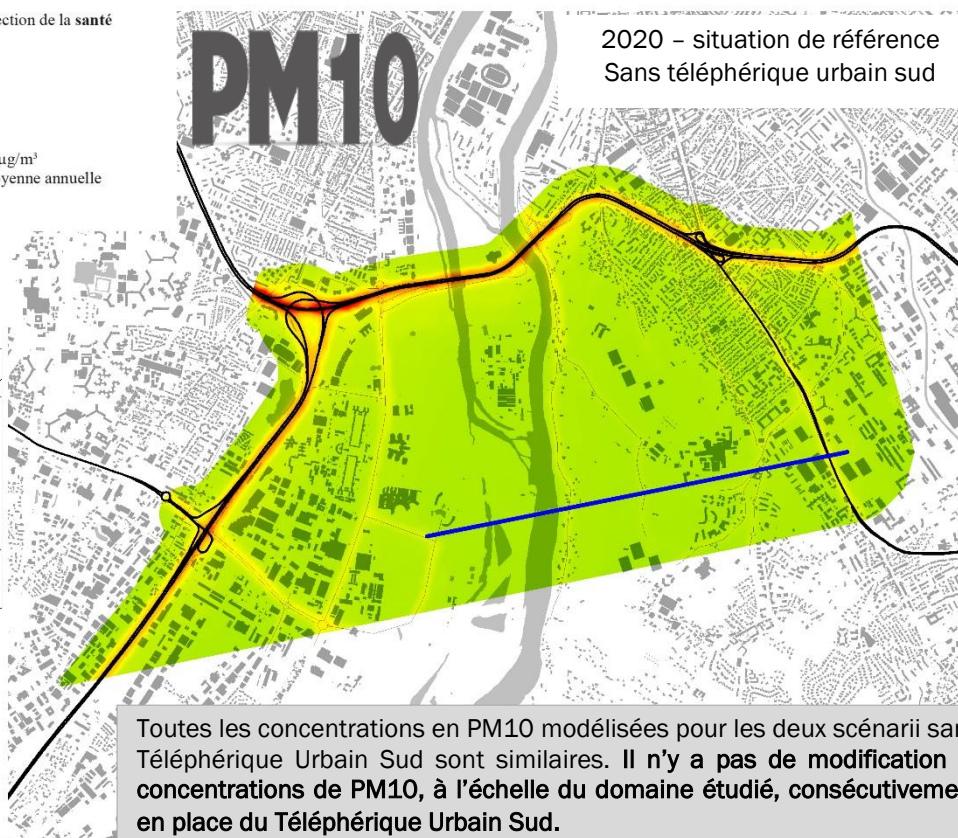
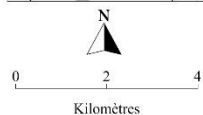
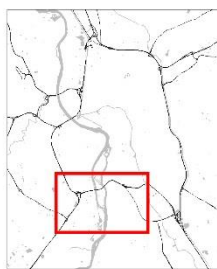
### LES PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR À 10 µm

Situation des PM10 pour la protection de la santé

2020 Référence

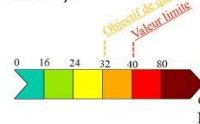


— Tracé Téléphérique Urbain Sud

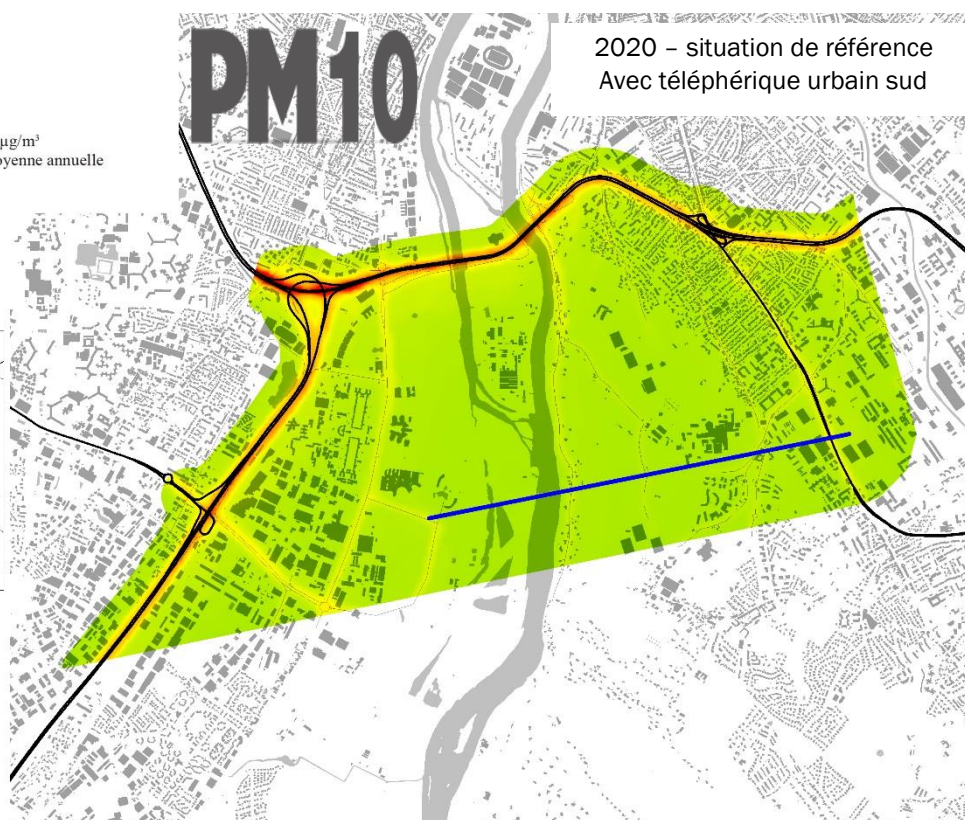
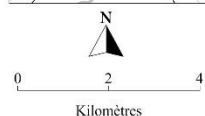
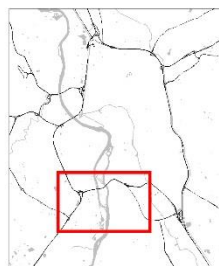


Toutes les concentrations en PM10 modélisées pour les deux scénarii sans et avec le Téléphérique Urbain Sud sont similaires. Il n'y a pas de modification notable des concentrations de PM10, à l'échelle du domaine étudié, consécutivement à la mise en place du Téléphérique Urbain Sud.

2020 Projet



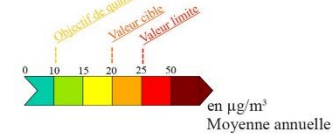
— Tracé Téléphérique Urbain Sud



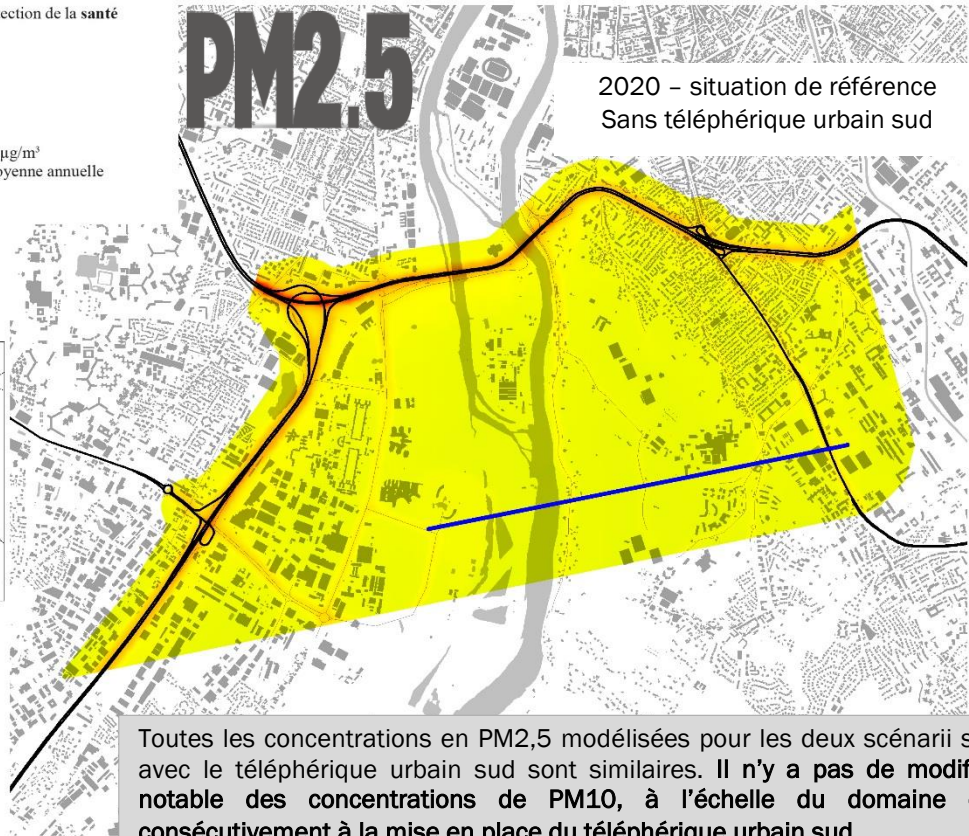
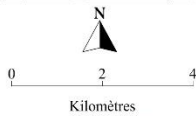
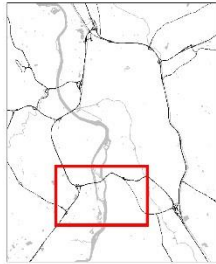
Carte 7 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en PM10 dans la bande d'étude, 2020 sans et avec le Téléphérique Urbain Sud

LES PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR À 2.5 µm

Situation des PM2,5 pour la protection de la santé  
2020 Référence



— Tracé Téléphérique Urbain Sud

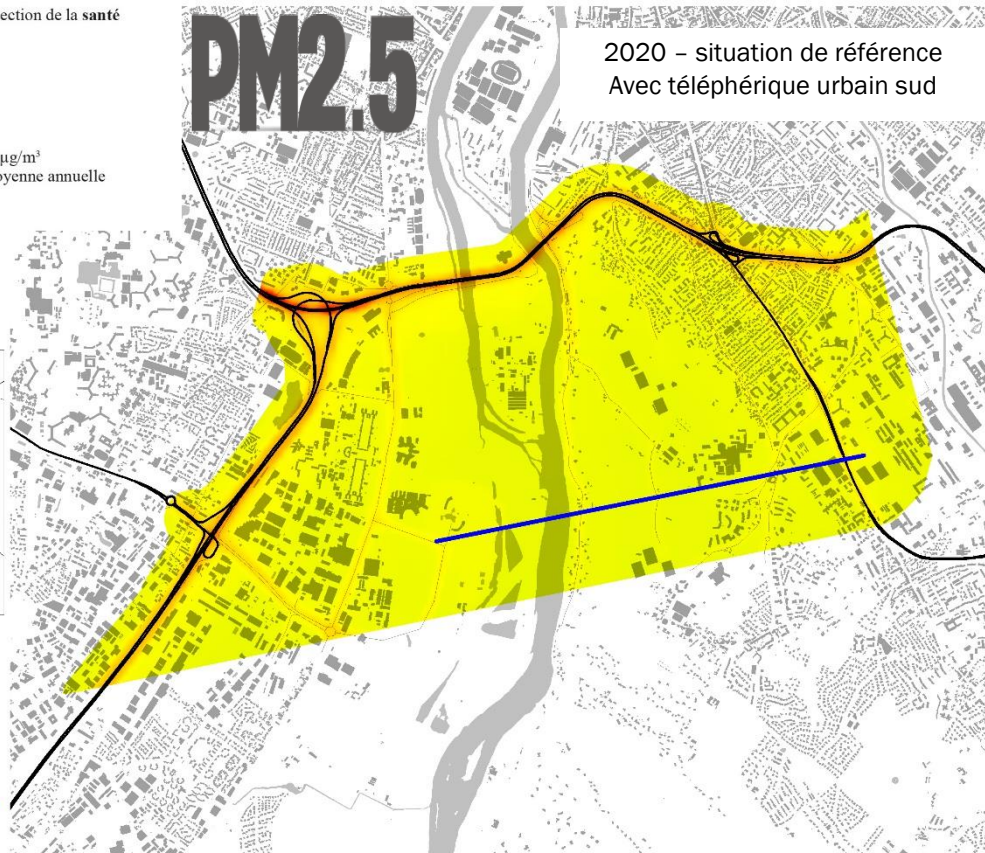
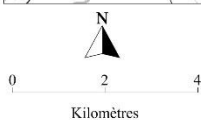
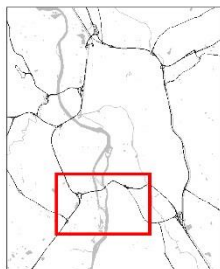


Toutes les concentrations en PM2,5 modélisées pour les deux scénarii sans et avec le téléphérique urbain sud sont similaires. Il n'y a pas de modification notable des concentrations de PM10, à l'échelle du domaine étudié, consécutivement à la mise en place du téléphérique urbain sud.

Situation des PM2,5 pour la protection de la santé  
2020 Projet



— Tracé Téléphérique Urbain Sud



Carte 8 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles modélisées en PM2,5 dans la bande d'étude, 2020 sans et avec le Téléphérique Urbain Sud

## COMPARAISON À LA RÉGLEMENTATION

Sur le territoire du PDU, les émissions de PM10 proviennent à 50% du transport routier et à 23% du secteur résidentiel. Les émissions de PM2,5 proviennent à 47% du transport routier et à 34% du secteur résidentiel (source Act'Air\_V3.4) : ainsi les taux les plus élevés sont attendus proches des routes en milieu urbain.

Pour la situation initiale, les valeurs réglementaires sont dépassées le long de certains axes de circulation :

- Sur l'ensemble de la bande d'études, l'objectif de qualité pour les PM2,5 est dépassé
- Le long de l'avenue du Général Eisenhower, sur une portion du chemin des Étroits ainsi que le

long du périphérique et de l'autoroute A64, l'objectif de qualité pour les PM10 est dépassé,

- Le long du périphérique et de l'autoroute A64, la valeur limite pour les PM10 et les PM2,5 est dépassée

Sur le reste de la bande d'étude, la réglementation est respectée pour les PM10.

Pour les deux scénarii, les niveaux moyens de PM10 et de PM2,5 restent stables tandis que les niveaux maximaux diminuent. Ils restent cependant supérieurs aux valeurs réglementaires.

PARTICULES DE DIAMETRE INFÉRIEUR A 10 µm					
PM10	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2013 H1	Fil de l'eau - 2020 Sans Téléphérique Urbain Sud H2	État projeté - 2020 Avec Téléphérique Urbain Sud H3
	Concentration annuelle	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Objectif de qualité <b>30 µg/m<sup>3</sup></b> Valeur limite <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>21 µg/m<sup>3</sup></b>  (entre <b>18</b> et <b>68</b> µg/m <sup>3</sup> )	<b>20 µg/m<sup>3</sup></b>  (entre <b>17</b> et <b>57</b> µg/m <sup>3</sup> )

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans les trois colonnes État initial, État fil de l'eau et État projeté : moyenne annuelle en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations annuelles modélisés sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 4 : Situation par rapport à la réglementation en PM10 sur la bande d'étude, 2013

PARTICULES DE DIAMETRE INFÉRIEUR A 2,5 µm					
PM2.5	Respect de la réglementation	Seuils réglementaires	État initial - 2013 H1	Fil de l'eau - 2020 Sans Téléphérique Urbain Sud H2	État projeté - 2020 Avec Téléphérique Urbain Sud H3
	Concentration annuelle	<b>NON</b> Sur tout le domaine  <b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Objectif de qualité <b>10 µg/m<sup>3</sup></b> Valeur cible <b>20 µg/m<sup>3</sup></b> Valeur limite <b>25 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>15 µg/m<sup>3</sup></b>  (entre <b>14</b> et <b>37</b> µg/m <sup>3</sup> )	<b>15 µg/m<sup>3</sup></b>  (entre <b>14</b> et <b>29</b> µg/m <sup>3</sup> )

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube





Concentrations indiquées dans les trois colonnes État initial, État fil de l'eau et État projeté : moyenne annuelle en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations annuelles modélisés sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 5 : Situation par rapport à la réglementation PM2,5 sur la bande d'étude, 2013

## SITUATION PAR RAPPORT À L'AGGLOMÉRATION TOULOUSAINE

Les concentrations en PM10 et PM2,5 obtenues en moyenne sur l'ensemble de la bande d'étude intégrant sites de fond et sites de proximité trafic sont conformes





aux niveaux enregistrés en 2013 sur l'agglomération toulousaine.

<b>PM10</b>	 	 
	<b>État initial - 2013 H1</b>	<b>Agglo. toulousaine Environnement <u>urbain</u></b>
<b>Année 2013 concentration moyenne</b>	<b>21 µg/m<sup>3</sup></b> (entre 18 et 68 µg/m <sup>3</sup> )	<b>34 µg/m<sup>3</sup> en bordure du périphérique</b>
	<b>19 µg/m<sup>3</sup></b>	

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans la colonne État initial - 2013 H1 : moyenne sur la période de mesures en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations mesurées sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 6 : Niveaux en PM10 sur la bande d'étude et l'agglomération toulousaine, en 2013

<b>PM2.5</b>	 	 
	<b>État initial - 2013 H1</b>	<b>Agglo. toulousaine Environnement <u>urbain</u></b>
<b>Année 2013 concentration moyenne</b>	<b>15 µg/m<sup>3</sup></b> (entre 14 et 37 µg/m <sup>3</sup> )	<b>14 µg/m<sup>3</sup></b>
	<b>13 µg/m<sup>3</sup></b>	

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans la colonne État initial - 2013 H1 : moyenne sur la période de mesures en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations mesurées sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 7 : Niveaux en PM2,5 sur la bande d'étude et l'agglomération toulousaine, en 2013



## CONCLUSIONS

# PM10

# PM2.5

Pas d'impact significatif du Téléphérique Urbain Sud sur les niveaux de particules PM10 et PM2,5.

Légère diminution des niveaux maximaux de particules entre 2013 et 2020 lié à l'amélioration des motorisations

Valeurs réglementaires respectées sur la bande d'études hormis en bordure du périphérique, de l'autoroute et d'axes fréquentés de circulation pour les PM10.

Objectif de qualité pour les particules PM2,5 non respecté sur la bande d'étude

## ÉVALUATION DE LA POLLUTION EN BENZÈNE

Le benzène est actuellement mesuré en 3 sites sur l'agglomération toulousaine. Ce dispositif de mesures est insuffisant pour estimer les concentrations en

benzène annuelles à partir des concentrations mesurées sur la période de mesures.

### COMPARAISON À LA RÉGLEMENTATION

Sur le territoire du PDU, les sources d'émission principales sont liées aux secteurs résidentiel, tertiaire et transport : ainsi les taux les plus élevés sont attendus en milieu urbain à proximité du trafic routier.

A titre d'information, les niveaux sur la période de mesures sont comparés à la réglementation établie sur une année entière de mesures.

Dans la bande d'études, le niveau de pollution en benzène est inférieur aux réglementations en vigueur.

<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	Comparaison à la réglementation	Seuils Réglementaires	État initial H1
	Période 2018 Concentration moyenne	INFERIEURE	Objectif de qualité 2 µg/m <sup>3</sup> Valeur limite 5 µg/m <sup>3</sup>

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Concentrations indiquées dans la colonne État initial - H1 : moyenne sur la période de mesures en µg/m<sup>3</sup> de l'ensemble des concentrations mesurées sur la bande d'étude - fond urbain et proximité trafic (entre minimum et maximum µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 8 : Situation par rapport à la réglementation en benzène sur la bande d'étude, 2018

### SITUATION PAR RAPPORT À L'AGGLOMÉRATION TOULOUSAINE

Les observations relevées durant la campagne de mesure concernent une courte période de mesures avec des conditions météorologiques particulières qui ne peuvent être considérées comme représentatives de tous les types de temps rencontrés dans une année.

<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	État initial H1	Agglo. toulousaine Environnement <u>trafic</u> et <u>urbain</u>
	Période 2018 concentration moyenne	1.0 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 9 : Niveaux en benzène sur la bande d'études et l'agglomération toulousaine sur la campagne de mesures de 2018

Les niveaux de benzène sur la bande d'étude sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés sur le reste de l'agglomération toulousaine.

## CONCLUSIONS

# C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Niveau de pollution en benzène inférieur aux différentes réglementations pour la santé dans la bande d'étude.

Des niveaux de pollution du même ordre de grandeur que ceux rencontrés sur le reste de l'agglomération toulousaine.

## ANNEXE I : CONTEXTE GÉNÉRAL

Le projet du Téléphérique Urbain Sud est soumis à une évaluation environnementale. Il relève en effet de la rubrique 7 Transports guidés de personnes » du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement.

Atmo Occitanie a été mandaté par TISSEO Collectivités pour la réalisation de l'étude de qualité de l'air pour l'état initial et les états projetés.

### DESCRIPTION DU PROJET

Le projet du téléphérique urbain toulousain est implanté dans le sud de la commune de Toulouse, en Haute Garonne.

Le tracé permet de relier la rive gauche à la rive droite de la Garonne en franchissant l'obstacle naturel des Coteaux de Pech David.

Le téléphérique urbain toulousain va s'étendre sur 3 km et comportera 3 stations, d'Ouest en Est, l'**Oncopole**, l'**hôpital de Rangueil** et l'**Université Paul Sabatier**.

Un parc relais de 500 places sera créé à l'Oncopole et le téléphérique sera connecté à la ligne B du métro toulousain à l'Université Paul Sabatier.

Les horizons étudiés portent sur les situations suivantes :

- état initial à l'horizon 2013,
- état fil de l'eau (état futur sans projet) à l'horizon 2020,
- état projeté (état futur avec projet) à l'horizon 2020

Les objectifs finaux de l'étude sont :

- La qualification de l'état initial par le biais d'une étude bibliographique sur le domaine d'étude, d'une campagne de mesures in-situ ainsi que par la réalisation d'une cartographie de la dispersion des polluants,
- La comparaison des concentrations au regard des normes de qualité de l'air en France et en Europe,
- L'évaluation des émissions pour les différents états pris en compte,
- L'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air par comparaison des cartographies de la dispersion des polluants obtenues pour les états fil de l'eau et état projeté,
- L'analyse des effets du projet sur la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution – population).

### HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

**Les émissions des déplacements routiers de l'état initial et des deux scénarii ont été calculées à partir des données de comptage modélisées SGGD (Système de Gestion Globale des Déplacements de l'agglomération toulousaine) qui nous ont été fournies par TISSEO-Collectivités.** Les émissions directes de polluants ont été déterminées selon les préconisations du guide national pour l'élaboration des inventaires des émissions atmosphériques (nov.2012) et de la méthode COPERT IV. La méthodologie de calcul des émissions pour l'ensemble des secteurs d'activité est précisée en annexe IIV.

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

En outre, les cartes de dispersion ont été réalisées en prenant en compte les conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournies par la station météorologique de Toulouse-Blagnac, la plus proche de la zone d'études, pour l'année 2013. Elles intègrent les incertitudes associées au modèle de dispersion de la qualité de l'air.

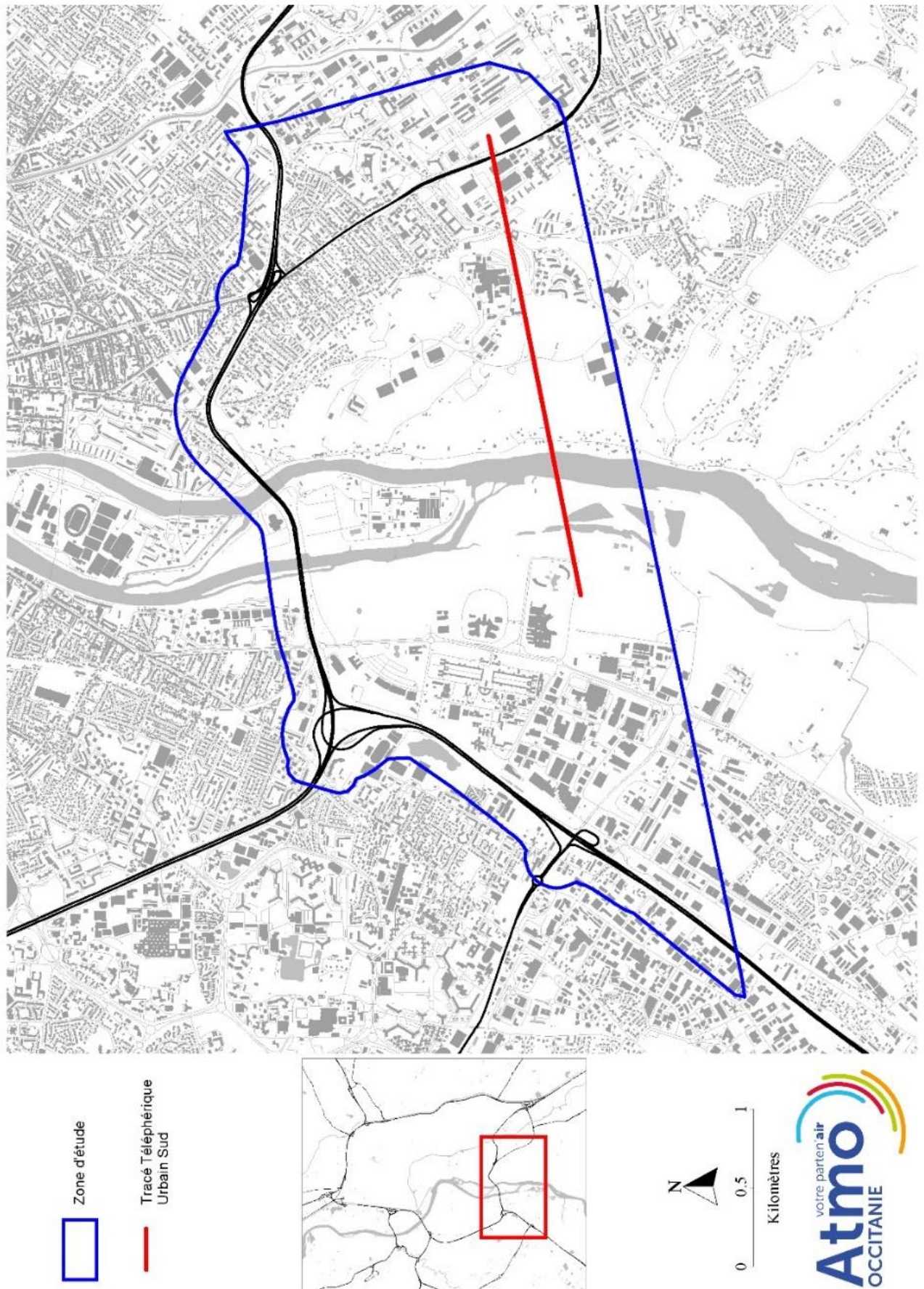
### DÉFINITION DE LA BANDE D'ÉTUDES

Ce projet s'inscrit sur le territoire de la commune de Toulouse dans le département de la Haute Garonne. La bande d'études a été établie afin de couvrir l'ensemble du territoire comprenant les enjeux environnementaux directement liés à l'emprise du projet ou à proximité.

On considère qu'une station de transport en commun a une influence directe dans un rayon d'environ 500m. C'est au sein de cette aire d'étude que les effets du projet sur la qualité de l'air auront lieu. Au sud du tracé du projet, l'aire d'étude a donc été définie sur une distance de 500 m. Cependant, au nord, le projet devant permettre de relier les deux rives de la Garonne sans passer le périphérique, celui-ci a été inclus dans la bande d'études.

La quasi-totalité de la bande d'études est située sur la commune de Toulouse. Une faible portion de la commune de Portet sur Garonne, équivalente à moins de 1% de la surface totale de la bande d'études, est également prise en compte.

La bande d'études est présentée page suivante.



Carte 9 : Tracé du Téléphérique Urbain Sud et bande d'étude

## ANNEXE II : MILIEU PHYSIQUE

### CLIMAT

La zone d'étude bénéficie d'un climat océanique dégradé, en raison de la dominante des vents d'ouest qui parviennent de l'océan de manière atténuée. Les saisons sont assez marquées, avec un climat relativement sec en moyenne sur l'année mais soumis à d'importantes variations. Ainsi, le printemps est souvent pluvieux et frais, avril, mai et juin étant les mois où se produisent le plus grand nombre de précipitations. L'été est ensuite

sec et chaud, l'automne bien ensoleillé et l'hiver anticyclonique assez froid, mais peu neigeux.

Les données climatologiques présentées ci-dessous proviennent de Météo-France et sont issues de la station météorologique de Toulouse Blagnac.

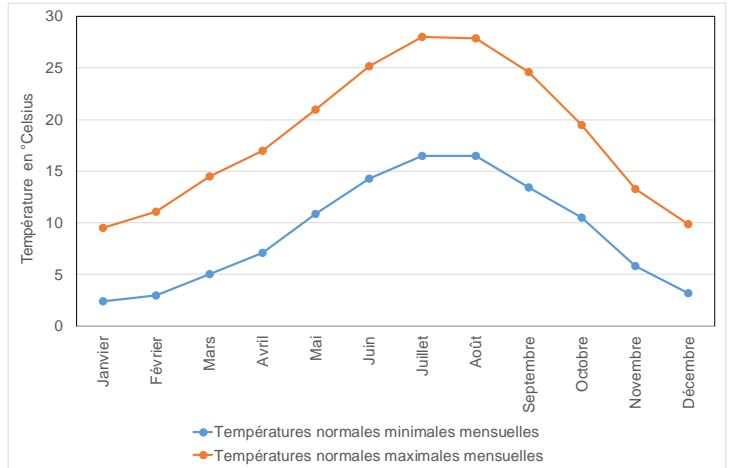
### TEMPÉRATURES

Les normales mensuelles minimales et maximales, sur la période 1981 - 2010, sont de 9.1 et 18,5 °C.

Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 5.9 °C : sur les quarante dernières années, le 16 janvier 1985 a été la journée la plus froide avec une température minimale de -18.6 °C. En moyenne, il gèle 32 jours par an.

Juillet et août sont les mois les plus chauds avec une température moyenne de 22 °C. Le 04 août 2003 a été la journée la plus chaude avec une température maximale de 40.7 °C.

La température dépasse 25°C 85 jours par an en moyenne et pendant 29 jours par an, elle est supérieure à 30°C.

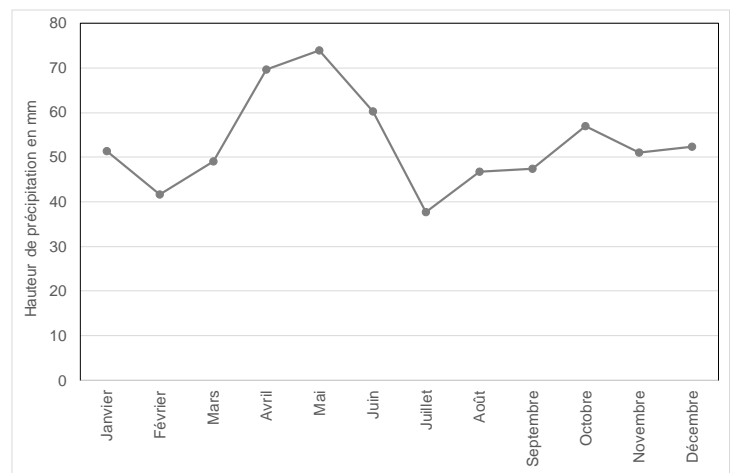


Graph 1 : Températures normales minimales et maximales mensuelles à la station Météo France de Toulouse Blagnac sur la période 1981 - 2010

### PRÉCIPITATIONS

Les précipitations sont fréquentes mais généralement faibles.

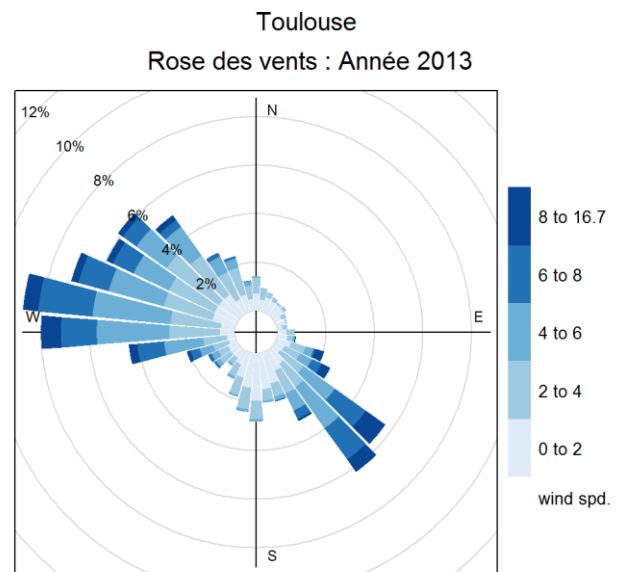
Sur les trente années de la période 1981 - 2010, le nombre moyen annuel de jours de pluie (précipitations supérieure ou égale à 1 mm) est de 96, et le nombre de jours de précipitation supérieure à 10 mm est de 18. La hauteur annuelle moyenne des précipitations est de 640 mm.



Graph 2 : Hauteurs normales mensuelles de précipitation à la station Météo France de Toulouse Blagnac sur la période 1981 - 2010

**VENT**

Les vents prédominants sont de nord-ouest et, dans une moindre mesure, de sud-est. On relève des rafales de vent supérieures à 58 km/h en moyenne 52 jours par an et supérieures à 100 km/h 1 jour par an.



Graph 3 : Rose des vents, station météo Toulouse Blagnac année 2013

## ANNEXE III : QUALIFICATION DE L'ÉTAT INITIAL

Dans le cadre du volet air de l'étude d'impact du téléphérique sud toulousain il est nécessaire de qualifier l'état initial par un bilan de la qualité de l'air

### PRÉSENTATION DU DISPOSITIF D'ÉVALUATION D'ATMO OCCITANIE

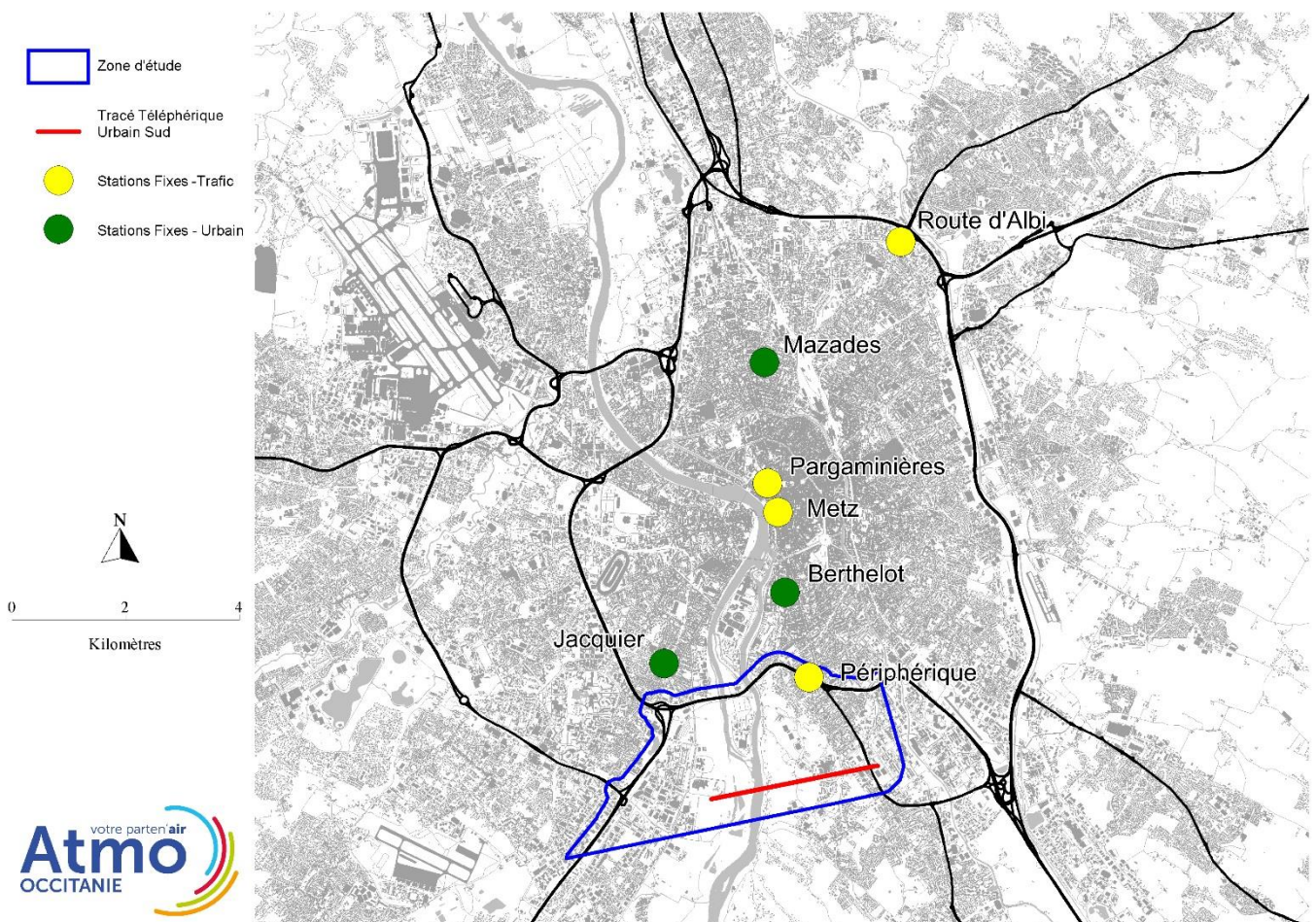
Atmo Occitanie a pour rôle la surveillance de la qualité de l'air sur la région Occitanie. En 2013, sur l'agglomération toulousaine, Atmo Occitanie dispose de six stations de mesures en continu de typologie différente :

- Les stations en **proximité trafic**, afin d'estimer les niveaux maximaux auxquels sont soumises les personnes dans la rue,

- Les stations de **fond urbain**, représentatifs de la pollution respirée par la majorité de la population.

La station trafic « périphérique » est située à l'intérieur de la bande d'études.

La carte suivante présente l'implantation de ces stations.



Carte 10 : Position des stations fixes de surveillance de la qualité de l'air de typologie urbaine et trafic sur l'agglomération toulousaine



Le tableau suivant présente les stations de mesures prises en compte et les polluants mesurés.

Stations	Typologie	NO <sub>2</sub>	PM10	PM2,5
Jacquier	Urbaine	X	X	
Berthelot	Urbaine	X	X	X
Mazades	Urbaine	X	X	
Route d'Albi	Trafic	X	X	X
Périphérique	Trafic	X	X	

Tableau 10 : stations de mesures Atmo Occitanie prises en compte dans le cadre de la qualification de l'état initial

## ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS SUR L'AGGLOMÉRATION TOULOUSAINE

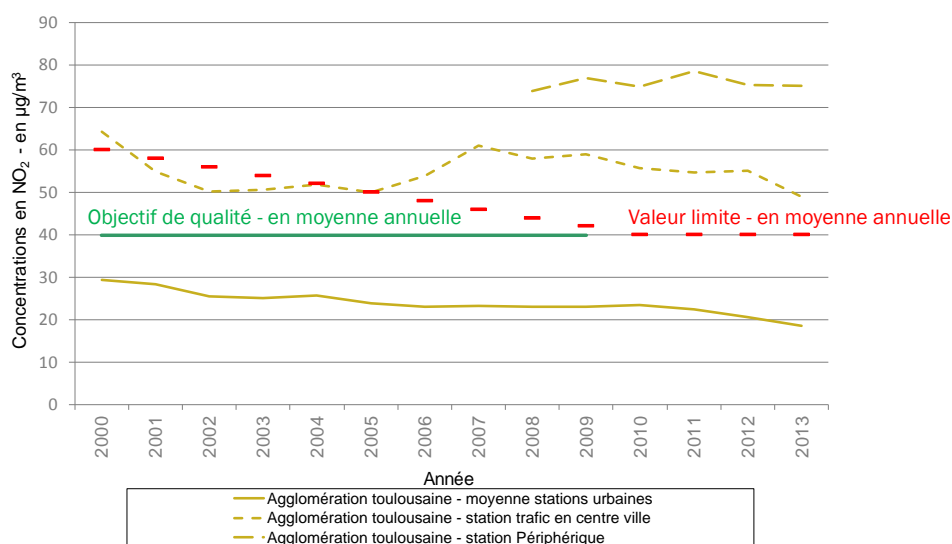
### LE DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est essentiellement issu de l'oxydation du monoxyde d'azote (NO), lui-même principalement produit par la circulation automobile. Les maxima en NO<sub>2</sub> sont donc observés sur les stations trafic.

Les concentrations en NO<sub>2</sub> en milieu urbain diminuent depuis 2000. Elles respectent l'objectif de qualité de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle en vigueur de 2000 à 2009. De même, elles sont systématiquement inférieures à la valeur limite, et cela bien que la valeur limite en moyenne annuelle était fixée à 60 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle en 2000 contre 40 µg/m<sup>3</sup> désormais. En proximité de trafic routier dans le centre de l'agglomération toulousaine et en bordure du périphérique, les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> ont

toujours été au-dessus de la valeur de l'objectif annuel. En outre depuis 2006, elles dépassent en moyenne le seuil de la valeur limite annuelle pour la protection de la santé.

L'écart entre les mesures urbaines "de fond" et les mesures en proximité de trafic automobile se creuse donc, et ce malgré les efforts des constructeurs automobiles et des directives européennes. L'une des dernières évolutions technologiques, le filtre à particules, permet la réduction drastique des particules émises mais semble compenser ce progrès par une oxydation accrue du monoxyde d'azote mis (NO) en NO<sub>2</sub> freinant ainsi la diminution des émissions de ce dernier dans l'air ambiant.

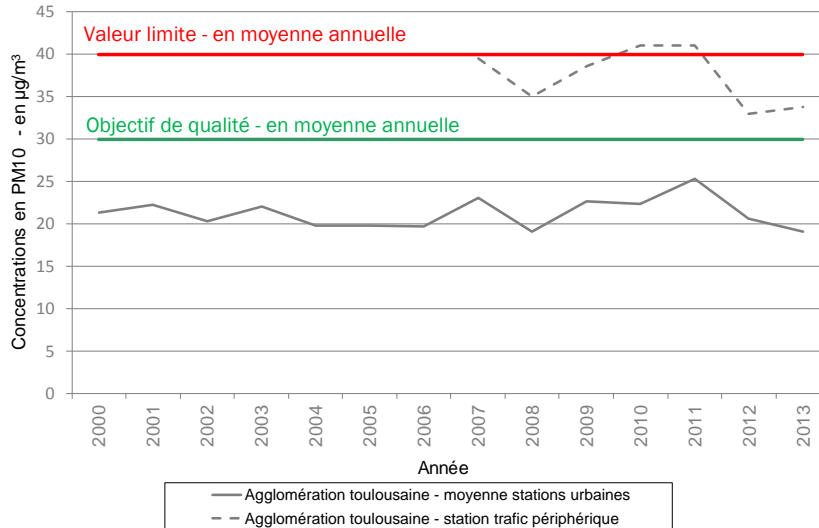


Graph 4 : Évolution des concentrations annuelles en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur les stations urbaines et trafic de l'agglomération toulousaine entre 2000 et 2013.

### LES PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR À 10 µm (PM10)

Les particules en suspension PM10 ont des origines naturelles (érosions des sols, pollens...) et anthropiques (circulation automobile, sidérurgie, incinération...). Les niveaux en PM10 sont donc légèrement plus élevés sur la station trafic. Les niveaux annuels de PM10 ne présentent pas d'évolution significative depuis le début de leurs mesures en 2000. Ils sont inférieurs à la

réglementation en vigueur dans l'air ambiant pour les stations urbaines et supérieurs à l'objectif de qualité pour la station trafic périphérique et certaines années supérieurs la valeur limite. L'année 2013 a été marquée par une baisse des niveaux moyens en PM10 sur l'agglomération toulousaine.

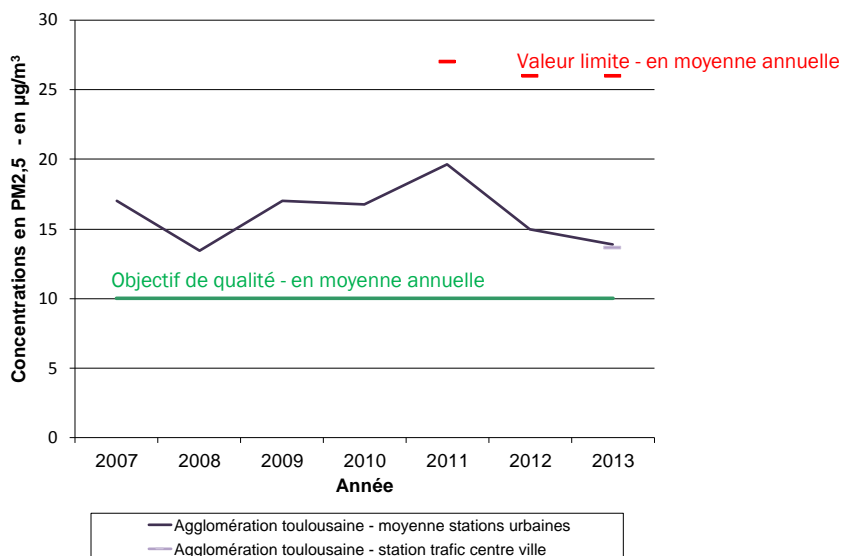


Graph 5 : Évolution des concentrations annuelles en particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) sur les stations urbaines et trafic de l'agglomération toulousaine entre 2000 et 2013.

### LES PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR À 2,5 µm (PM2,5)

Les niveaux en PM2,5 rencontrés en moyenne sur les stations urbaines toulousaines sont similaires à ceux mesurés sur une station trafic du centre-ville. Les concentrations annuelles en PM2,5 ne présentent pas d'évolution significative depuis le début de leurs mesures

en 2007. Elles sont inférieures à la valeur limite, mais supérieures à l'objectif de qualité. L'année 2013 a été marquée par une baisse des niveaux moyens en PM2,5 sur l'agglomération toulousaine.

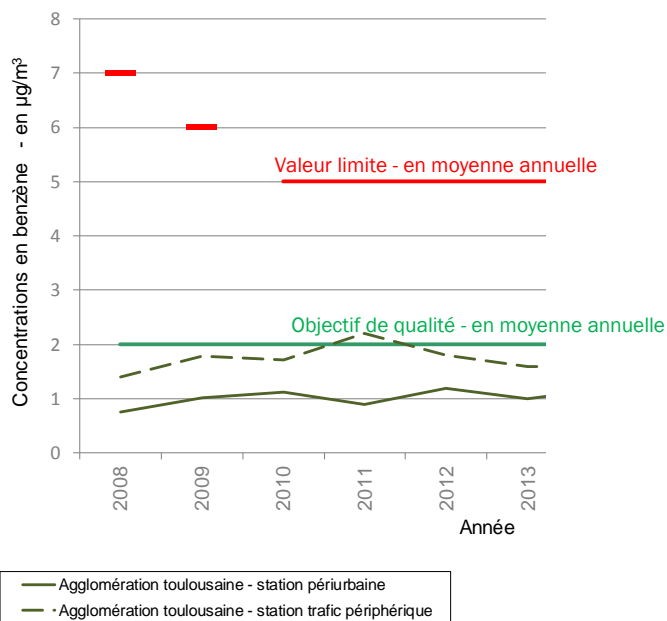


Graph 6 : Évolution des concentrations annuelles en particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2,5) sur les stations urbaines et trafic de l'agglomération toulousaine entre 2007 et 2013.

## LE BENZÈNE

Les concentrations de benzène les plus élevées sont enregistrées à proximité du trafic routier avec, parfois, pour conséquence le non-respect de l'objectif de qualité.

Néanmoins, la valeur limite n'est dépassée nulle part. En milieu périurbain, les concentrations de benzène sont en hausse tandis qu'elles sont en baisse en proximité trafic.



Graphe 7 : Évolution des concentrations annuelles en benzène sur les stations périurbaines et trafic de l'agglomération toulousaine entre 2008 et 2013.

## RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES FAITES DANS LA BANDE D'ÉTUDE

### GÉNÉRALITÉS

En complément des mesures permanentes existantes et afin de caractériser plus précisément la qualité de l'air dans la bande d'études, une campagne de mesures a été menée.

Pour ce faire, des **stations mobiles** sont temporairement installées sur la zone d'étude, pour mesurer les indicateurs les plus pertinents de la qualité de l'air et pour les comparer aux stations fixes d'ATMO Occitanie implantées sur l'agglomération toulousaine. Les stations mobiles fournissent en temps réel une concentration moyenne sur tous les quarts d'heure.

En outre, des **échantillonneurs passifs** sont temporairement disposés dans la zone d'étude, pour

évaluer la dispersion de certains polluants. Les échantillonneurs passifs, après analyse en laboratoire, fournissent une concentration moyenne sur l'ensemble du temps d'exposition.

La campagne de mesure des stations mobiles et des échantillonneurs passifs dure une quinzaine de jours, puis les **concentrations sont estimées** sur l'ensemble de l'année, selon la méthode d'adaptation statistique des mesures. Les méthodologies d'exploitation des mesures pour la modélisation des émissions et la cartographie des niveaux de pollution, sont décrites en **annexe VII**.

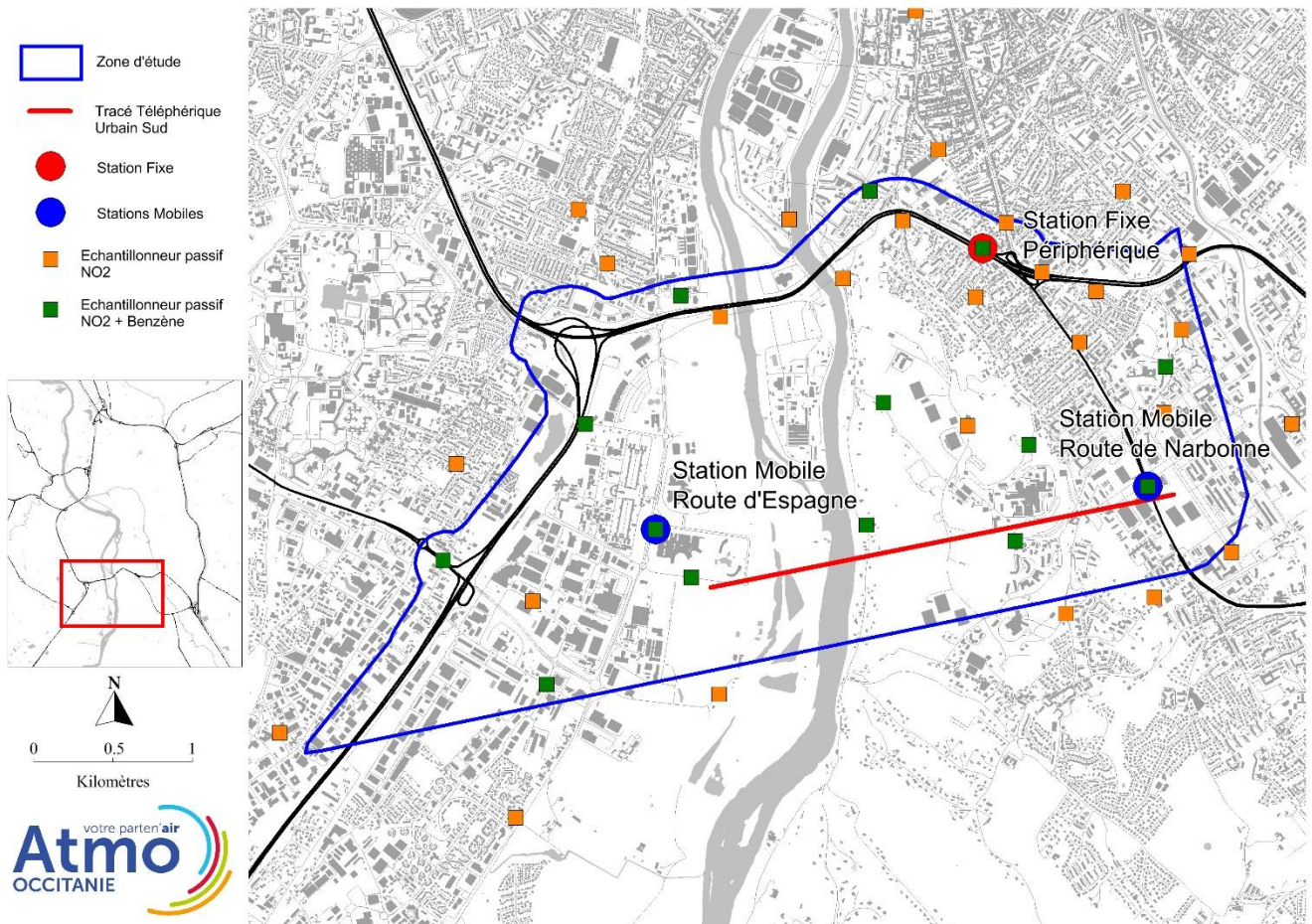
### PRÉSENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Compte tenu du tracé du téléphérique sud, deux stations de mesures automatiques multi-polluants ont été déployées Route de Narbonne au niveau du lycée Bellevue et à l'angle de la Route d'Espagne et de l'avenue Hubert Curien en proximité trafic du 19 décembre 2017 au 30 janvier 2018. Ces dispositifs permettent l'évaluation des concentrations en particules en suspension (PM10), particules fines (PM2.5) et en monoxyde et dioxyde d'azote (NO/NO<sub>2</sub>). Seule la station au lycée Bellevue était équipée pour le suivi des particules fines.

**Ces deux stations sont représentatives des conditions à proximité du trafic, dans la bande d'étude.**

Pour compléter ce dispositif, une campagne de mesures par échantillonneurs passifs permettant la mesure du dioxyde d'azote et du benzène a été réalisée entre le 11 et le 29 janvier 2018. La campagne de mesures par échantillonneurs passifs est réalisée en parallèle de celle des stations mobiles, afin de comparer et ajuster les valeurs mesurées. Pour cette étude le niveau de pollution en NO<sub>2</sub> est évalué sur 38 sites (20 en proximité trafic et 18 de fond) et la pollution en benzène sur 14 sites (8 en proximité trafic et 6 de fond).

La carte suivante illustre la localisation des stations mobiles et des échantillonneurs passifs.



Carte 11 : Position des stations mobiles et des échantillonneurs passifs dans la bande d'étude, campagne de mesures 2018

### MESURE DU DIOXYDE D'AZOTE

Les niveaux moyens annuels en NO<sub>2</sub> pour 2013 ont été évalués sur la bande d'étude. Cette évaluation a été menée à partir des concentrations mesurées pendant la campagne de mesures réalisée en 2018. La méthodologie de cette adaptation statistique est fournie en annexe VII.

Les niveaux en NO<sub>2</sub> sont évalués à l'aide des deux stations mobiles implantées aux extrémités du projet

TUS, ainsi que par échantillonneurs passifs sur 38 sites, 20 sites en proximité trafic et 18 sites de fond.

La modélisation révèle une concentration maximale de 179 µg/m<sup>3</sup> sur le périphérique (voir méthodologie de la modélisation en Annexe VII).

NO <sub>2</sub>	Stations de mesures		Echantillonneurs passifs	
	Route de Narbonne	Route d'Espagne		
<b>Concentration moyenne annuelle 2013</b>	19	17	<b>Moyenne des 38 mesures</b>	<b>26 µg/m<sup>3</sup></b>
			18 fond urbain	18 µg/m <sup>3</sup>
			19 proximité trafic	34 µg/m <sup>3</sup>
<b>Nombre de dépassement de 200 µg/m<sup>3</sup> en concentration horaire</b>	0	0		

Tableau 11 : Valeurs estimées sur l'année sur le dispositif de mesures du NO<sub>2</sub>, 2013

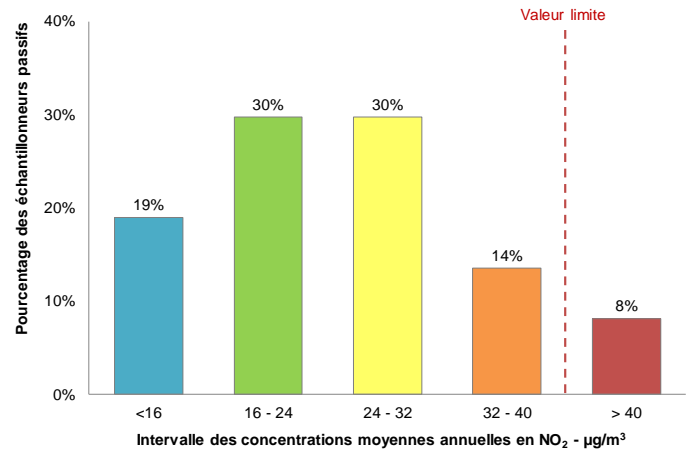
Le tableau ci-dessous décrit les statistiques issues des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> estimées sur l'année 2013. Il met en évidence des variations de concentrations importantes entre les sites de fond et les sites de proximité trafic.

En proximité trafic, la turbulence atmosphérique est importante, donc les concentrations sont plus hétérogènes qu'en situation de fond urbain ; d'où l'écart-type plus élevé.

NO <sub>2</sub>	Echantillonneurs passifs				
	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane	Ecart Type
Sites de fond	10 µg/m <sup>3</sup>	24 µg/m <sup>3</sup>	18 µg/m <sup>3</sup>	18 µg/m <sup>3</sup>	± 4 µg/m <sup>3</sup>
Sites en proximité trafic	24 µg/m <sup>3</sup>	68 µg/m <sup>3</sup>	34 µg/m <sup>3</sup>	31 µg/m <sup>3</sup>	± 12 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 12 : Valeurs statistiques de l'échantillon des mesures par échantillonneurs passifs NO<sub>2</sub>, 2013

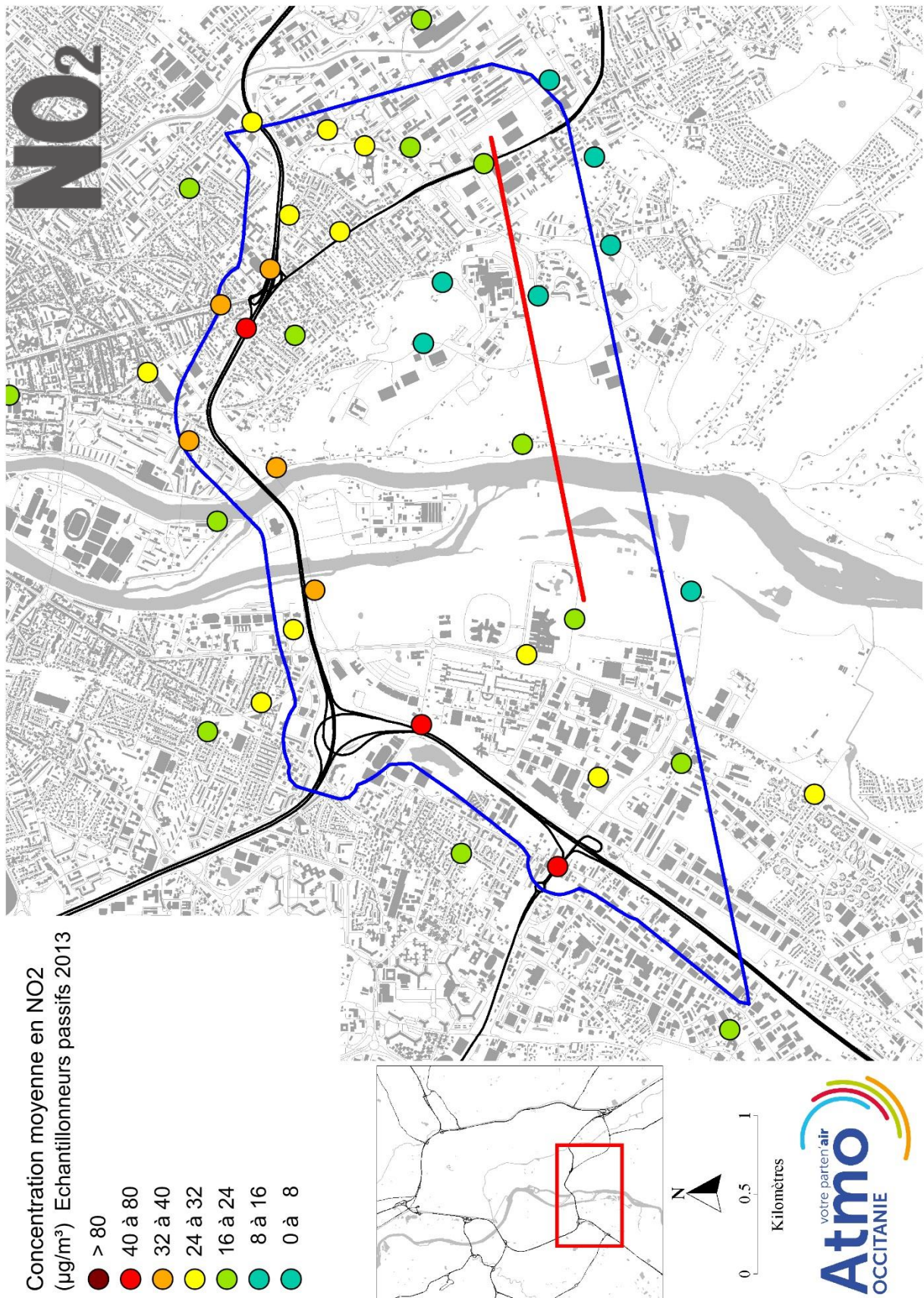
Le graphe ci-contre met en évidence la dispersion des concentrations des échantillonneurs passifs sur les sites de mesure choisis. De répartition hétérogène sur l'ensemble de la bande d'étude, les concentrations sont majoritairement inférieures à 40 µg/m<sup>3</sup>.



Graph 8 : Répartition des échantillonneurs passifs en fonction des intervalles de concentration en NO<sub>2</sub>, 2013

La carte ci-après présente les gammes de concentrations observées sur les sites de mesures du NO<sub>2</sub> dans le domaine d'étude.

Trois sites de mesure sont en dépassement de la valeur limite réglementaire. La concentration maximale est de 68 µg/m<sup>3</sup>.



Carte 12 : Concentrations moyennes annuelles estimées des échantillonneurs passifs en NO<sub>2</sub>, 2013

## MESURE DES PARTICULES

Les niveaux moyens annuels en PM10 et en PM2,5 pour 2013 ont été évalués sur la bande d'étude. Cette évaluation a été menée à partir des concentrations mesurées pendant la campagne de mesures réalisée en 2018. La méthodologie de cette adaptation statistique

est fournie en annexe VII. Les niveaux de particules PM10 ont été mesurés en deux sites afin de prendre en compte la plus forte variabilité des niveaux pour ce polluant en comparaison des PM2,5.

PM	PM10		PM2,5
	Stations de mesures		Station de mesures
	Route de Narbonne	Route d'Espagne	Route de Narbonne
Concentration moyenne annuelle 2013	12	18	15
Dépassement de 50 µg/m <sup>3</sup> en concentration journalière	0	2	-

Tableau 13 : Concentrations annuelles estimées sur le dispositif de mesures des particules, 2013

Sur l'ensemble de l'année 2013, les concentrations en PM10 et en PM2,5 mesurés sur la bande d'études par les stations mobiles sont représentatives des niveaux rencontrés en proximité du trafic.

Les PM2,5 n'étant mesurées qu'en proximité trafic dans la bande d'étude, donc au plus près des sources d'émissions, nous estimons qu'en situation de fond urbain les valeurs seront plus faibles. Les teneurs en PM2,5 en fond urbain doivent donc également respecter à minima la valeur limite et la valeur cible réglementaires (respectivement 25 et 20 µg/m<sup>3</sup>).

## MESURE DU BENZÈNE

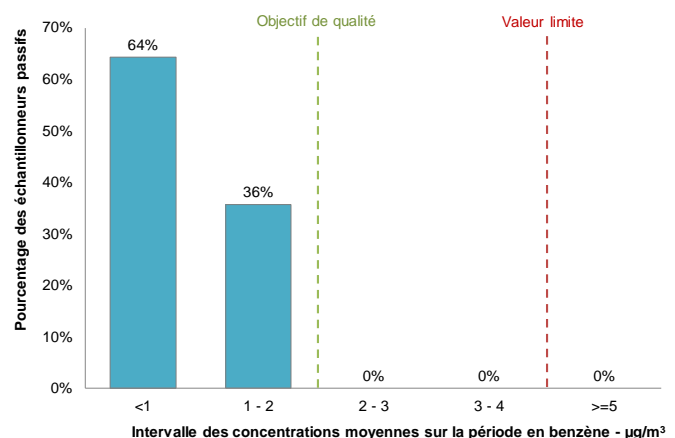
Les niveaux en benzène sont mesurés par échantillonneurs passifs sur 14 sites, tous situés dans la bande d'étude dont 8 en proximité trafic et 6 en fond urbain.

Le tableau ci-dessous met en évidence l'homogénéité des concentrations sur la zone, la moyenne sur la période de mesures étant similaire à la médiane des valeurs et l'écart type étant relativement faible.

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Moyenne sur la période de mesures	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart Type
Bande d'étude	1,0 µg/m <sup>3</sup>	0,9 µg/m <sup>3</sup>	0,7 µg/m <sup>3</sup>	1,2 µg/m <sup>3</sup>	± 0,2 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 14 : Valeurs statistiques de l'échantillon des mesures par échantillonneurs passifs benzène, 2018

Le graphe ci-contre montre la dispersion des concentrations de benzène, sur les différents sites choisis dans la bande d'étude : tous les sites sont inférieurs à l'objectif de qualité.

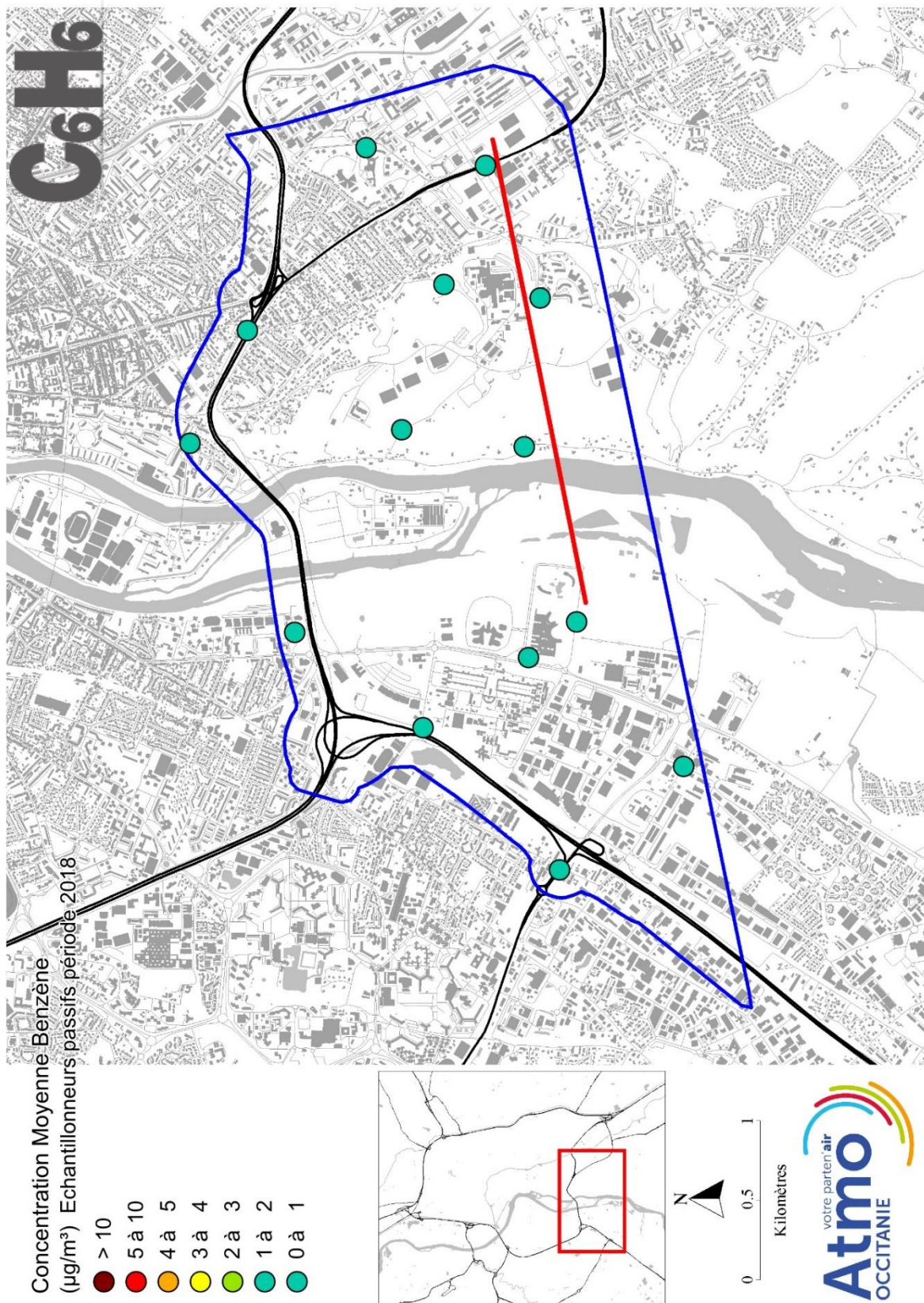


Graph 9 : Répartition des échantillonneurs passifs en fonction des intervalles de concentration en benzène, période de mesures 2018



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

Aucun site de mesure n'est en dépassement de l'objectif de qualité de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Carte 13 : Concentrations moyennes sur la période de mesures des échantillonneurs passifs en benzène, 2018

## ANNEXE IV – ÉMISSIONS ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

L'exploitation du projet nécessitera une consommation importante d'énergie et l'émission des gaz à effet de serre associés. Néanmoins, le report modal de la voiture vers les transports en commun et la forme urbaine plus durable induits par le projet devraient permettre de réduire les consommations de carburant du trafic routier

### ÉMISSIONS DE POLLUANTS LIÉS AU TRAFIC ROUTIER

Les données d'émissions de polluants atmosphériques sont déterminées pour l'ensemble des polluants atmosphériques selon la méthodologie élaborée au niveau national par le Pole de Coordination des Inventaires Territoriaux, à l'aide de l'outil ACTAIR développé par Atmo Occitanie pour les secteurs résidentiels, tertiaire, agricole, industriel et transport autre que déplacement routier. Elles sont calculées à partir des données d'activité du territoire : trafic routier, dispositifs de chauffage, installations industrielles, pratiques agricoles...

Les émissions de polluants atmosphériques du trafic routier ont été quantifiées à partir des données du

et des secteurs résidentiel et tertiaire. Les enjeux sont également nombreux en termes de mobilité. Ils consisteront essentiellement à favoriser le report modal de la voiture particulièrement défavorable du point de vue des émissions de gaz à effet de serre au profit des transports en commun largement plus économiques.

modèle de déplacement SGGD (Système de Gestion Globale des Déplacements de l'agglomération toulousaine, géré par TISSEO-Collectivités) disponibles pour 2013 et pour 2020 sur la bande d'études.

La méthodologie de calcul des émissions du trafic routier est indiquée en annexe VII.

Les émissions moyennes des différents polluants (en kg/j) pour l'ensemble du réseau routier retenu dans la zone d'étude pour les trois horizons sont données dans le tableau suivant :

	Nombre de km parcourus par jour	Émissions – en kg/j							
		CO	COV	NOx	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	PM10	PM2,5	Cd	Ni
<b>2013</b>	1 698 876	1083	127	1414	6	178	116	6.E-4	3.E-3
<b>2020 – fil de l'eau</b>	1 737 653	344	18	773	1	153	88	4.E-04	1.E-03
<b>2020 – état projeté</b>	1 734 542	343	18	771	1	152	88	4.E-04	1.E-03

Tableau 15 : Émissions moyennes des différents polluants pour l'ensemble du réseau routier retenu dans la bande d'étude pour les différents états étudiés

La comparaison des horizons futurs 2020 à l'horizon 2013 montre une baisse forte des émissions de polluants allant de 14%, au minimum pour les particules PM10 à 87% au maximum pour le benzène. **Les normes de plus en plus sévères sur les émissions des véhicules neufs, les spécifications des carburants et l'évolution de la technologie des moteurs, estimés plus performants et propres dans les années à venir, compensent nettement l'augmentation du nombre de véhicules dans le parc moyen.**

En 2020, on constate peu de variations de trafic sur la zone d'étude entre l'état au fil de l'eau et l'état projeté. Mais deux tendances se dégagent :

- Sur quelques axes situés à proximité de la station Oncopole axes, on observe une hausse des émissions consécutive au rabattement sur le parking relais du futur téléphérique sud liée au report modal du routier vers le téléphérique.
- Du côté de l'université Paul Sabatier, on constate une légère baisse des émissions liée au report modal modal du routier vers le téléphérique.

**Ces effets se compensent, les émissions calculées entre H2 (2020 au fil de l'eau) et H3 (2020 avec TUS) restent quasi identiques.**

Les évolutions du nombre de km parcourus et des quantités de polluants émises du scénario projeté en

comparaison du scénario fil de l'eau (en kg/an et en pourcentage) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

	Évolution du nombre de km parcourus par jour – en km/jour (en %)	Évolution des quantités émises / scénario 0 en kg/an (en %)							
		CO	COV	NOx	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	PM10	PM2,5	Cd	Ni
<b>2020 – état projeté</b>	3 111 (-0.2%)	-368 (-0.3%)	-22 (-0.3%)	-798 (-0.3%)	-1 (-0.3%)	-104 (-0.2%)	-62 (-0.2%)	0.4E-3 (-0.3%)	-1.2E-3 (-0.3%)

Tableau 16 : Évolution du nombre de km parcourus et des quantités de polluants émises du scénario projeté en comparaison du scénario fil de l'eau (en kg/an et en pourcentage)

La mise en service du téléphérique aboutit à une baisse de l'émission de l'ensemble de polluants atmosphériques allant de quelques grammes par an pour les métaux à 798 kg/an pour les NOx. Cette diminution des émissions s'explique par la légère baisse du trafic prévue par le SGDD entre les deux horizons. En comparaison des émissions totales dues au trafic routier sur la bande d'études, les diminutions constatées

par la mise en place du téléphérique sont très faibles (de l'ordre de 0.2 à 0.3% selon les polluants).

**On peut donc conclure qu'il n'y a pas de modification notable des émissions de polluants atmosphériques, à l'échelle du domaine étudié, consécutivement à la mise en place du Téléphérique Urbain Sud.**

### CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

Le tableau 7 présente les consommations énergétiques totales (en tonnes/j) calculées à partir des données de trafic moyen du réseau routier.

En 2020, on constate peu de variations des émissions de CO<sub>2</sub> sur la zone d'étude entre l'état au fil de l'eau et l'état projeté.

Les évolutions de la consommation énergétique et des émissions de CO<sub>2</sub> du scénario projeté en comparaison du scénario fil de l'eau (en tonnes/an et en pourcentage) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

	Consommation énergétique en tonne équivalent pétrole /jour	Émissions - en tonnes/j	
		Dioxyde de carbone - CO <sub>2</sub>	Gaz à effet de serre - GES
<b>2013</b>	115	363	369
<b>2020 – fil de l'eau</b>	117	371	376
<b>2020 – état projeté</b>	117	370	375

Tableau 17 : consommation énergétique et émissions de CO<sub>2</sub> et GES pour l'ensemble du réseau routier retenu dans la bande d'étude pour les différents états étudiés

Entre l'état initial et les horizons futurs est constatée une hausse de 2% de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre. Les horizons futurs sont plus consommateurs d'énergie thermique et donc plus émetteurs de dioxyde de carbone sur la zone considérée que l'état actuel. Ceci s'explique par l'augmentation du trafic pour ces horizons futurs qui n'est pas compensée par l'augmentation du rendement énergétique des moteurs.

	Évolution/ fil de l'eau en tonnes/an (en %)		
	Consommation énergétique en tonne équivalent pétrole / an	Émissions de CO <sub>2</sub> en tonnes/an	Émissions de GES en tonnes/an
<b>2020 – état projeté</b>	-117 (-0.3%)	-371 (-0.3%)	-376 (-0.3%)

Tableau 18 : Évolution de la consommation énergétique et des émissions de CO<sub>2</sub> et GES du scénario projeté en comparaison du scénario fil de l'eau (en tonnes/an et en pourcentage)

**La mise en service du téléphérique aboutit à un gain d'émission de CO<sub>2</sub> de 371 tonnes/an et un gain d'émission de GES de 376 tonnes/an.** En comparaison des émissions totales dues au trafic routier sur la bande d'études, les gains d'émission de CO<sub>2</sub> et de GES dus à la mise en place du téléphérique sont de 0.3%.

## ANNEXE V – RÉSULTATS DES DISPERSIONS

### INCERTITUDES DE LA MODÉLISATION

Le suivi des polluants atmosphériques par les stations de mesure ne permet pas de quantifier les surfaces en dépassement et la population exposée sur l'ensemble de la bande d'études. Atmo Occitanie évalue ainsi les dépassements des valeurs limites pour la protection de la santé pour le dioxyde d'azote, les particules en suspension PM<sub>10</sub> et les particules fines PM<sub>2.5</sub> à l'aide de cartographie de concentration à l'échelle urbaine.

Ces cartographies sont réalisées par modélisation de la dispersion des émissions de polluants atmosphériques en fonction des conditions météorologiques à l'aide du logiciel de modélisation ADMS Urban.

Une fois les émissions de polluants déterminées et spatialisées, le modèle ADMS-Urban permet donc de simuler la dispersion des polluants atmosphériques issus d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques, surfaciques ou volumiques selon des formulations gaussiennes. La modélisation de la dispersion des émissions est réalisée pour obtenir des concentrations horaires sur l'ensemble du domaine d'étude.

Les calculs de dispersion sont donc menés à partir des mesures horaires de plusieurs paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournies par les stations météorologiques les plus proches de la zone d'études et pour l'année considérée en référence.

Ces cartes de modélisation permettent d'évaluer les niveaux de concentration selon une résolution à 50 mètres sur l'ensemble de la bande d'études. **L'incertitude relative de la plateforme de modélisation a été évaluée pour le dioxyde d'azote et les particules en suspension à environ 15% sur la moyenne annuelle.** L'évaluation de la plateforme de modélisation urbaine a mis en évidence en moyenne une sous-estimation des niveaux de concentration. Cette incertitude sur les concentrations modélisées est cependant variable selon les environnements. Ainsi l'incertitude reste plus importante au niveau des principaux carrefours et échangeurs routier qu'en situation urbaine de fond. D'autre part, le nombre de sites de mesures fixes et mobiles pour les particules fines PM<sub>2.5</sub> et le benzène ne permet pas à ce jour de déterminer précisément l'incertitude relative pour les cartes modélisées de ces polluants.

### NIVEAUX DE CONCENTRATION MODÉLISÉS

Le tableau suivant présente les concentrations maximales en polluants mesurées à 1,5 m dans le domaine d'étude en moyenne annuelle obtenues pour l'état initial et les deux états futurs étudiés. Les dispersions sont représentatives d'une situation annuelle.

	Comparaison à la réglementation	Seuils Réglementaires	Concentrations maximales – en µg/m <sup>3</sup>			Évolution H2/H1
			État des lieux	Hypothèse 1 Sans téléphérique Urbain Sud	Hypothèse 2 Avec téléphérique Urbain Sud	
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Valeur limite <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	179	100	100	0%
<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Objectif de qualité <b>30 µg/m<sup>3</sup></b>	68	57	57	0%
		Valeur limite <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>				
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>NON</b> Aux abords des grands axes de circulation	Objectif de qualité <b>10 µg/m<sup>3</sup></b>	32	29	29	0%
		Valeur cible <b>20 µg/m<sup>3</sup></b>				
		Valeur limite <b>25 µg/m<sup>3</sup></b>				

Tableau 19 : concentrations maximales annuelles en polluants mesurées à 1,5 m dans la bande d'études obtenues pour l'état initial et les deux états futurs étudiés.

**D'une manière générale, il y a une diminution des concentrations à l'échelle du domaine d'études entre l'état initial et les scénarii.** Cette amélioration de la qualité de l'air est due au renouvellement du parc routier, l'amélioration technique des moteurs induisant des émissions plus faibles malgré la hausse du trafic routier.

Les différentes études effectuées par Atmo Occitanie sur l'agglomération toulousaine, le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), le Plan de Déplacements Urbains (PDU), ont identifié le périphérique comme zone potentiellement à risque par rapport à l'exposition de la population au dioxyde d'azote. La modélisation réalisée sur la bande d'études pour l'année 2013 conforte ces résultats et met en évidence des niveaux élevés de NO<sub>2</sub> le long du périphérique, de l'autoroute A64 mais également sur une partie de la route d'Espagne, du chemin des Étroits et de la route de Narbonne et sur l'avenue du Général Eisenhower. Sur ces zones, la valeur limite annuelle en NO<sub>2</sub> pour la protection de la santé humaine n'est pas respectée.

En 2020, pour les deux scénarii étudiés, l'amélioration technique sur les moteurs permettra une diminution des voies concernées par un dépassement de valeur limite pour le NO<sub>2</sub>. Les niveaux supérieurs à la valeur limite pour le NO<sub>2</sub> seront rencontrés le long du périphérique, de

l'autoroute A64, sur l'avenue du Général Eisenhower et sur le rond point d'intersection entre cette avenue et la route d'Espagne.

Pour les particules de diamètre inférieur à 10 µm, la modélisation 2013, comme celles obtenues pour les deux scénarii, montre le dépassement de l'objectif de qualité sur l'avenue du Général Eisenhower, sur une portion du chemin des Étroits ainsi que le long du périphérique et de l'autoroute A64. Pour ces deux axes, les niveaux en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> atteints sont supérieurs à la valeur limite pour les trois horizons étudiés.

Pour les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm, l'ensemble de la bande d'études est exposé à des niveaux de PM<sub>2,5</sub> supérieurs à l'objectif de qualité en 2013 et en 2020. En outre, La valeur limite est dépassée le long du périphérique et de l'autoroute A64.

Les concentrations maximales modélisées pour les deux scénarii sans et avec le Téléphérique Urbain Sud sont identiques. **Il n'y a pas de modification notable des concentrations de polluants atmosphériques, à l'échelle du domaine étudié, consécutivement à la mise en place du Téléphérique Urbain Sud.**

## ANNEXE VI – EFFETS SUR LA SANTÉ

Conformément au décret modifié du 12 octobre 1977, l'étude présentée dans ce rapport comporte une analyse des effets du projet sur la santé.

L'objectif est de rechercher si les modifications apportées à l'environnement par le projet peuvent avoir des incidences sur la santé humaine, autrement dit d'évaluer les risques d'atteinte à la santé et à l'environnement liés aux différentes pollutions et nuisances résultant de la réalisation ou de l'exploitation de l'aménagement projeté.

L'exposition de la population est une étape qui vise à évaluer la dose totale en polluant absorbée par un individu pendant une période de référence. Ceci impliquerait la connaissance des variations de concentrations rencontrées pour chaque polluant au cours d'une année ainsi que la connaissance de toutes les activités (domicile, trajet, travail, loisirs) de chaque individu. En attendant l'établissement de méthodes plus applicables et plus pertinentes issues de la recherche, l'annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers « volet

air » propose l'élaboration d'un indice polluant/population (IPP). Cet indicateur permet la comparaison des différentes situations entre elles avec un critère basé non seulement sur les émissions, mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

La Note Méthodologique sur l'Évaluation des Effets sur la Santé de la pollution de l'Air dans les Études d'Impact Routières préconise de prendre en compte le benzène dans la construction de l'IPP. Il a été retenu pour des critères de toxicité et de santé publique. **Cependant, les niveaux de benzène sur l'agglomération toulousaine sont très homogènes et faibles. Les IPP obtenus ne montreraient aucune tendance.** L'IPP a donc été établi en croisant les concentrations en NO<sub>2</sub> et en PM10 calculées par le modèle et la population de 2011. Ces deux polluants sont des indicateurs majeurs de la pollution routière sur l'agglomération toulousaine. Aucune évolution du bâti n'a été prise en compte pour les échéances 2020.

	Indice polluant population pour le polluant	
	NO <sub>2</sub>	PM10
2020 – fil de l'eau	312 131	368 769
2020 – état projeté	311 621	368 521

Tableau 20 : Indice polluant population calculé pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 pour les deux états futurs étudiés.

La comparaison entre l'IPP fil de l'eau et l'IPP état projeté ne montre aucune évolution significative. Les modélisations de l'exposition des populations illustrent le fait que **le Téléphérique Urbain Sud ne contribuera pas à une diminution significative de la qualité de l'air.**

## ANNEXE VII - NOTES MÉTHODOLOGIQUES

# MÉTHODOLOGIE DE L'INVENTAIRE, DE LA MODÉLISATION ET DE LA CARTOGRAPHIE

### L'INVENTAIRE DES ÉMISSIONS

Un inventaire d'émissions est le recensement des substances émises dans l'atmosphère issue de sources anthropiques et naturelles avec des définitions spatiales et temporelles.

L'inventaire Atmo Occitanie est réalisé à la commune et pour une année de référence, il prend en compte toutes les sources (exhaustivité) sans faire de double compte (chaque source d'émissions ne doit être comptée qu'une seule fois). Pour éviter les doubles comptes l'inventaire est orienté sources. C'est-à-dire que les émissions sont affectées au lieu où elles sont réellement émises dans l'atmosphère. Cette méthodologie permet de calculer les émissions de façon équivalente sur l'ensemble de la région.

Atmo Occitanie a développé un outil (Act'air) pour calculer les émissions sur les quatre secteurs d'activité (Transport, Résidentiel et Tertiaire, Industrie, Agriculture). Cet outil permet aussi d'assurer la traçabilité de nos résultats.

L'approche générale retenue pour tous les calculs d'émissions, quelle que soit la source, consiste à croiser des données d'activité (comptage routier, cheptels, consommation énergétique, etc.) avec des facteurs d'émissions unitaires qui dépendent de l'activité émettrice.

Les émissions d'une activité donnée sont exprimées par la formule générale suivante :

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} * F_{s,a}$$

- E : émission relative à la substance « s » et à l'activité « a » pendant « t ».

- A : quantité d'activité relative à l'activité « a » pendant le temps « t ».
- F : facteur d'émission relatif à la substance « s » et à l'activité « a ».

Cette méthode de calcul est la plus répandue, elle est plus ou moins facile à mettre en œuvre en fonction des difficultés rencontrées pour quantifier l'activité et de la complexité du facteur d'émission de la source considérée.

Dans Act'air, les quantités d'émissions sont disponibles à l'échelle de la commune, de la communauté de communes, du département de la région, avec une définition pouvant aller de l'hectare à l'axe routier.

L'inventaire des émissions référence une trentaine de substances avec les principaux polluants réglementés (NOx, particules en suspension, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, benzène, métaux lourds, HAP, COV, etc.) et les gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, etc.).

L'inventaire se décompose en quatre parties, un par secteur d'activité (Résidentiel/Tertiaire, Agriculture, Industrie et Transport). Chaque partie reprend la méthodologie principale et l'adapte aux spécificités du secteur concerné.

La mise à jour de l'inventaire est faite au mieux annuellement en fonction de la disponibilité des données.

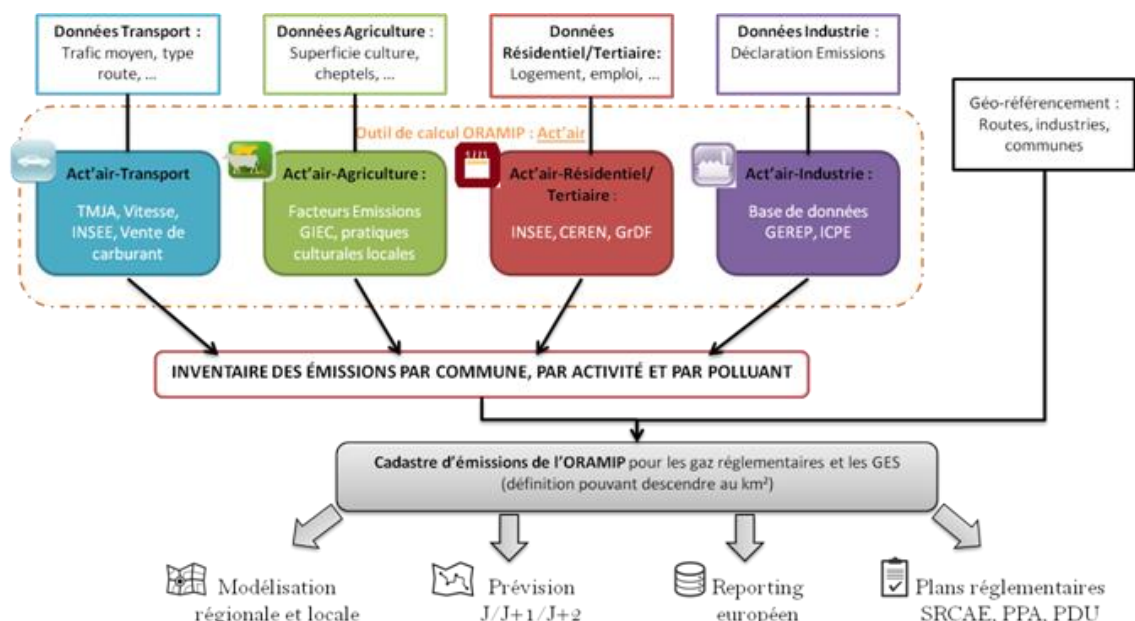


Schéma 1 : organigramme de la méthodologie de l'inventaire des émissions

Chaque source d'émissions est géo-localisée soit comme une :

- source ponctuelle,
- source surfacique,
- source linéique,

## MÉTHODOLOGIE ET HYPOTHÈSES POUR LE TRAFIC ROUTIER

Le trafic routier est aujourd'hui l'une des principales sources de pollution atmosphérique. Il est présent sur l'ensemble du territoire et présente une forte variation horaire, journalière et mensuelle. Le calcul des émissions liées au trafic demande de prendre en compte un grand nombre de paramètres et de recueillir des informations et des données venant de sources différentes.

Les émissions associées aux transports routiers sont liées à plusieurs types de phénomènes qui peuvent être classés dans trois catégories :

- les émissions liées à la combustion du carburant dans les moteurs,
- les émissions liées à l'usure de la route et de divers organes des véhicules (embrayage, freins, pneumatique),
- les émissions liées aux ré-envoi des particules, déposées sur la voie, au passage d'un autre véhicule.

Il y a plusieurs types de paramètres indispensables pour calculer les émissions du transport routier :

- les paramètres de voiries :
  - o Type de voies (autoroute, nationale, départementale, ...),
  - o Vitesse maximale autorisée de la voie,
  - o Saturation de la voie (permet la prise en compte des embouteillages),
  - o Nombre de véhicules jour,
  - o Pourcentage de poids lourds.
- les facteurs d'émissions, calculés en fonction du parc roulant (données IFSTTAR), des vitesses de circulation, et du type de véhicules suivant la méthodologie COPERT IV,
- les profils temporels, permettant de prendre en compte les variations horaires, journalières et mensuelles du trafic.

Le calcul des émissions pour le trafic routier se fait en deux temps : le réseau structurant et le réseau secondaire, en prenant en compte les émissions liées à la consommation de carburant, à l'usure des équipements (pneus, freins et routes) et au ré-envoi des particules lors du passage des véhicules. Le transport routier représente une part importante dans les émissions de l'agglomération toulousaine.

- Le réseau structurant représente les grands axes de circulation. Sur ces axes les émissions sont calculées en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA), de la vitesse autorisée et de la composition des véhicules pour chaque heure de la semaine en prenant en compte les surémissions liées aux ralentissements aux heures de pointe.

dépendant du type de données disponibles en fonction de la source d'émissions considérée. Ainsi le secteur du transport routier est définie comme une source linéique, le secteur industriel comme une source ponctuelle et les secteurs résidentiel/tertiaire ainsi que l'agriculture sont représentés comme des sources surfaciques.

- Les émissions liées à la circulation sur le reste du réseau routier (réseau secondaire) sont calculées en prenant en compte les caractéristiques communales (commune rurale, en périphérie, ...), la population, le nombre d'actifs et les données des enquêtes déplacements.

L'ensemble du réseau structurant est réparti en tronçons (portions de routes homogènes en terme de trafic et de vitesses). Les tronçons sont considérés comme sources de polluants de type linéaires. Les émissions du réseau secondaire, qui correspondent à des zones comme indiquée ci-dessus, sont, elles, de type surfacique.

### HYPOTHÈSE DE CALCUL DES ÉMISSIONS POUR L'ANNÉE DE LA SITUATION INITIALE 2013

**Les données de trafic sont les données de modélisation SGGD (Système de Gestion Globale des Déplacements de l'agglomération toulousaine).**

Des modélisations des données de comptage sous la forme de flux de véhicules pour l'heure de pointe du matin (HPM) et l'heure de pointe du soir (HPS) ont donc été fournies à Atmo Occitanie par Tisseo Collectivités. Une estimation des TMJA (trafics moyen journalier annuel) a été réalisée en tenant compte du type de voirie selon la méthodologie établie dans le cadre du PDU. Un pourcentage de poids lourd a été affecté à chaque tronçon.

Les vitesses moyennes de circulation retenues sur les tronçons dans la zone d'étude ont été établies sur la base des limites réglementaires de circulation en prenant en compte le taux de saturation des voies.

Le parc roulant est issu des données CITEPA. Les émissions associées à ce parc suivent la méthodologie de COPERT IV.

### HYPOTHÈSE DE CALCUL DES ÉMISSIONS POUR L'ANNÉE DE MISE EN SERVICE

L'évolution du trafic sur l'agglomération pour l'année de mise en service a été prise en compte grâce aux sorties du modèle SGGD (Système de Gestion Globale des Déplacements de l'agglomération toulousaine). Ainsi, comme pour 2013, les données de trafic modélisées par Tisseo Collectivités sous la forme de flux de véhicules pour l'heure de pointe du matin (HPM) et l'heure de pointe du soir (HPS) ont été utilisées pour la modélisation de l'année de mise en service. Les vitesses moyennes de circulation retenues sur les tronçons dans la zone d'étude ont été établies sur la base des limites réglementaires de circulation en prenant en compte le taux de saturation des voies.



Le pourcentage de poids lourd et les hypothèses de profil temporel retenus pour ces horizons sont les mêmes que pour l'état initial.

## MÉTHODOLOGIE ET HYPOTHÈSES POUR LES AUTRES SECTEURS D'ACTIVITÉ

### L'INDUSTRIE

Atmo Occitanie est chargé d'effectuer les inventaires d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, et de les mettre à jour suivant un guide méthodologique mis en place dans le cadre de l'arrêté du 24 août 2009 relatif au Système National d'Inventaires d'Émissions et de Bilans dans l'Atmosphère (SNIEBA), le Pôle de Coordination nationale des Inventaires Territoriaux (PCIT) associant :

- le Ministère en charge de l'Environnement,
- l'INERIS,
- le CITEPA,
- les Associations Agréées de Surveillance de Qualité de l'Air.

Ce guide constitue la référence nationale à laquelle chaque acteur local doit se rapporter pour l'élaboration des inventaires territoriaux.

Les émissions issues du secteur industriel sont déterminées d'une part à partir des déclarations annuelles d'émissions faites auprès de la DREAL (base Installations Classées Pour l'Environnement) et d'autre part à partir des données relatives aux emplois par secteurs d'activité (INSEE). Pour les polluants pour lesquels les informations ne sont pas disponibles, Atmo Occitanie calcule une estimation de ces émissions à partir de caractéristiques de l'activité (consommation énergétique, production, etc.) du site, et de facteurs d'émissions provenant du guide OMINEA du CITEPA.

Les activités des carrières, des chantiers et travaux de BPT sont prise en compte grâce aux quantités d'extraction et surface permettant de calculer les émissions de particules fines.

### LE RÉSIDENTIEL / TERTIAIRE

Les émissions sont essentiellement dues aux dispositifs de chauffage et ont été déterminées à partir des données de consommation d'énergie (gaz naturel, fioul, bois, électricité, etc.) à l'échelle communale. Dans le cas où les données de consommation ne sont pas

disponibles, des données statistiques sont alors utilisées prenant en compte la composition des logements sur le territoire et l'activité économique.

### L'AGRICULTURE

Atmo Occitanie utilise les données issues du recensement agricole réalisé par l'AGRESTE au sein des services de la DRAAF. Elles permettent de disperser des données d'activités agricoles à l'échelle communale sur l'ensemble de la région. La culture des sols engendre, au-delà des émissions liées à l'utilisation de machines munies de moteurs thermiques, des émissions dues aux labours des sols et aux réactions consécutives à l'utilisation de fertilisants. L'élevage se traduit par des émissions liées, d'une part, à la fermentation entérique et, d'autre part, aux réactions chimiques engendrées par les déjections animales.

### LE TRANSPORT HORS TRAFIC ROUTIER

Deux autres moyens de transport font l'objet d'estimation des émissions :

- Les émissions associées à l'aéroport de Toulouse Blagnac, sont issues des données fournies par la DGAC via l'outil « TARMAAC », correspondant aux émissions dues aux flux réels du trafic aérien.
- Les émissions dues au trafic ferroviaire sont estimées pour les communes traversées par les lignes de chemin de fer et selon les données disponibles (SNCF Réseau, ...)

### HYPOTHÈSE DE CALCUL DES ÉMISSIONS DES AUTRES SECTEURS D'ACTIVITÉ POUR DIFFÉRENTS HORIZONS

Toutes les émissions des secteurs d'activité autres que les déplacements routiers sont égales aux émissions prises pour l'état initial 2013.

## MODÉLISATION DE LA DISPERSION DES POLLUANTS

### PRINCIPE DE LA MÉTHODE

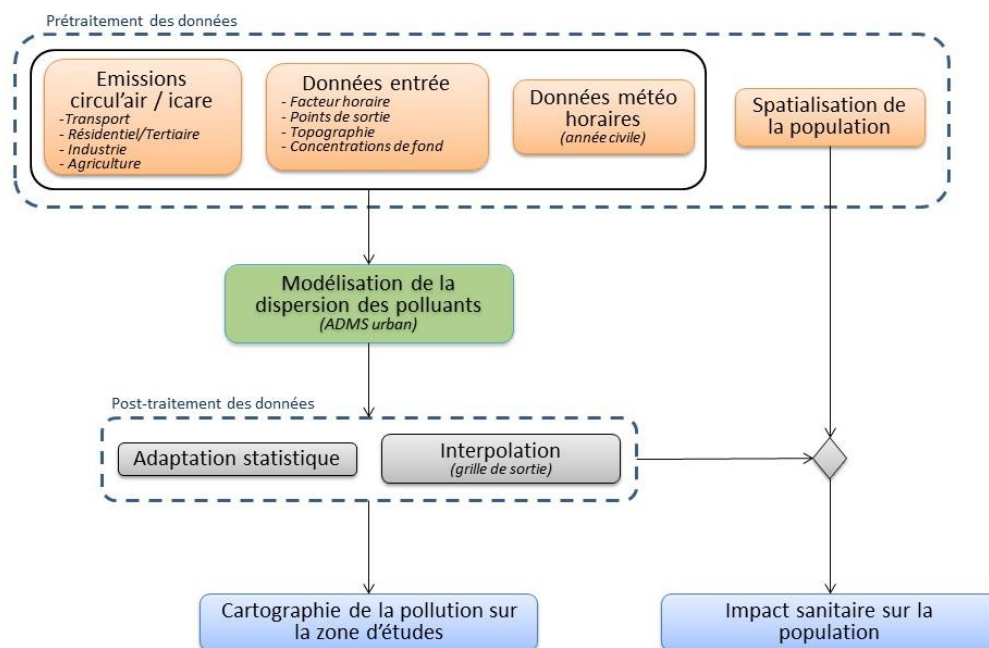


Schéma 2 : Méthodologie utilisée pour la modélisation de la dispersion à fine échelle sur la zone d'études

Le modèle ADMS-Urban permet de simuler la dispersion des polluants atmosphériques issus d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques, surfaciques ou volumiques selon des formulations gaussiennes.

Ce logiciel permet de décrire de façon simplifiée les phénomènes complexes de dispersion des polluants atmosphériques. Il est basé sur l'utilisation d'un modèle Gaussien et prend en compte la topographie du terrain de manière assez simplifiée, ainsi que la spécificité des mesures météorologiques (notamment pour décrire l'évolution de la couche limite).

Le principe du logiciel est de simuler heure par heure la dispersion des polluants dans un domaine d'étude sur une année entière, en utilisant des chroniques météorologiques réelles représentatives du site. A partir de cette simulation, les concentrations des polluants au sol sont calculées et des statistiques conformes aux réglementations en vigueur (notamment annuelles) sont élaborées. L'utilisation de données météorologiques

horaires sur une année permet en outre au modèle de pouvoir calculer les percentiles relatifs à la réglementation

Le logiciel ADMS-Urban est un modèle gaussien statistique cartésien. Le programme effectue les calculs de dispersion individuellement pour chacune des sources (ponctuelles, linéiques et surfaciques) et somme pour chaque espèce les contributions de toutes les sources de même type.

Pour le dioxyde d'azote, les émissions introduites dans ADMS-Urban concernent les NOx. Or seule une partie de NOx est oxydée en NO<sub>2</sub> en sortie des pots d'échappement.

L'estimation des concentrations en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) à partir de celles d'oxydes d'azote (NOx) est réalisée par le biais de 2 types de module intégrés dans le logiciel ADMS-Urban.

### LES DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE HORS DÉPLACEMENTS ROUTIERS

L'objet de cette section est de présenter la méthodologie utilisée pour agréger les données nécessaires à la modélisation fine échelle sur la zone d'études.

#### LES DONNÉES INTÉGRÉES

##### FACTEURS HORAIRES

Les données de sortie d'émissions d'Act'Air sont des données annuelles et/ou horaires sur une année civile complète. Cependant vue les limitations d'ADMS en terme de prise en compte des facteurs horaires et vue le

fait que l'année est modélisée par périodes de 2 semaines en moyenne :

- Un facteur horaire moyen par type de voiries et par jour de la semaine est attribué à chaque axe routier pris en compte dans la modélisation. Ce facteur horaire est calculé avec les émissions horaires du trafic linéique issue d'Act'Air
- un facteur horaire constant est utilisé pour le secteur industriel
- un facteur horaire moyen sur la zone pour l'ensemble des émissions surfaciques (trafic

surfacique, résidentiel/tertiaire, agriculture) est calculé. Ce calcul provient d'une moyenne pondéré entre les émissions horaires du trafic routier et celles du secteur résidentiel tertiaire sur l'ensemble du domaine d'études

### SECTORISATION DU DOMAINE D'ÉTUDES

Le modèle ADMS est limité quant à la taille des données d'émission qu'il peut utiliser. Aussi quand le domaine d'études est trop vaste, il est nécessaire de le découper en secteurs relativement homogènes.

### TOPOGRAPHIE

La topographie n'a pas été intégrée dans cette modélisation.

### POLLUTION DE FOND

Les choix de caractérisation de la pollution de fond et des sources d'émissions complémentaires au trafic routier à intégrer au modèle sont des étapes déterminantes dans une étude de modélisation en milieu urbain. Pour réaliser ces choix, il est tout d'abord essentiel de comprendre les différentes contributions régionales et locales dans la structure de la pollution urbaine. Celles-ci peuvent ainsi être décrites par le schéma suivant :

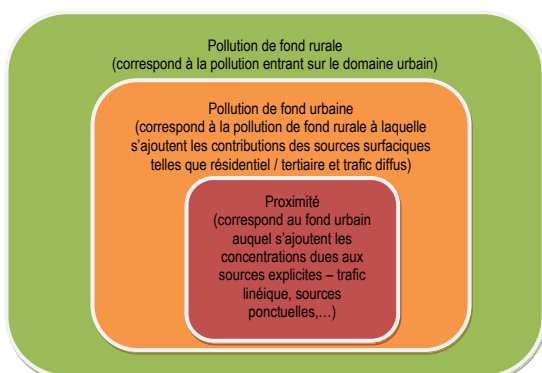


Schéma 3 : Les principales échelles de pollution en milieu urbain

Lorsque l'on s'intéresse à la pollution de fond urbaine au sens d'un modèle, celle-ci diffère sensiblement du fond urbain mesuré par les capteurs. En effet, au sens du modèle, la pollution de fond correspond à la pollution entrant sur le domaine modélisé. Les capteurs pour leur part, lorsqu'ils sont installés sur ce domaine, ne permettent pas de soustraire l'ensemble des sources locales. Ainsi la pollution de fond issue de la station rurale Peyrusse-Vieille dans le Gers est utilisée. Les biais potentiels quant à cette pollution de fond sont ensuite corrigés grâce à l'adaptation statistique.

### DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

La modélisation est réalisée pour obtenir des concentrations horaires. Les calculs de dispersion ont donc été menés à partir des mesures horaires de plusieurs paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournies par la station météorologique de Toulouse-

Blagnac, station la plus proches de la zone d'études et pour l'année 2013.

### SPATIALISATION DE LA POPULATION

La méthodologie retenue pour spatialiser la population utilise un croisement entre la base de données topographique de l'IGN (BD TOPO) et les Ilots Regroupés pour des Indicateurs Statistiques de l'INSEE (IRIS) :

- La BD TOPO est une base de données vecteur de référence développé par l'IGN et fournissant une information sur les éléments du paysage à l'échelle métrique. Pour cette méthodologie seuls les champs "Bâti", "Administratif" et "Zone d'activité" sont retenus pour évaluer les zones d'habitat.
- Les IRIS d'habitat sont des découpages du territoire français en maille contenant entre 1800 et 5000 habitants. Les communes d'au moins 10 000 habitants et une forte proportion des communes de 5 000 à 10 000 habitants sont découpées en IRIS.

Le principe de cette méthode est d'affecter un nombre d'habitants pour chaque bâtiment d'habitation se trouvant dans la zone d'études.

### POST TRAITEMENT DE LA MODÉLISATION

#### ADAPTATION STATISTIQUE DE DONNÉES

Les sorties brutes de modèles de dispersion tels qu'ADMS correspondent rarement à la réalité des concentrations mesurées. En effet, différents effets sont difficilement pris en compte par la modélisation :

- Les surémissions de certains polluants dues à des bouchons suite à un accident
- La pollution de fond sur laquelle vient s'ajouter la dispersion des sources prises en compte (trafic routier, industrie, chauffage, etc.). En effet l'évolution de la pollution de fond entre deux heures consécutives est difficilement prise en compte par les modèles de dispersion.
- L'apport de pollution provenant de l'extérieur de la zone de modélisation

Ces différents points sont les sources principales de différence entre les sorties brutes de la modélisation et les mesures. L'hypothèse retenue dans cette méthodologie est que cette différence est homogène sur la zone d'étude et peut être représentée par un biais moyen horaire. Le but de l'adaptation statistique est donc d'estimer ce biais moyen sur la zone pour chaque heure de l'année et pour chaque polluant.

Sur l'agglomération toulousaine, les stations de fond d'Atmo Occitanie sont utilisées pour estimer ce biais horaire.

#### INTERPOLATION DES DONNÉES

Les données de sortie de modélisation ne sont pas spatialement homogènes dans le domaine d'études. Aussi avant de créer une cartographie des concentrations, une interpolation par pondération inverse à la distance est effectuée sur une grille régulière.

## **CARTOGRAPHIE ET IMPACT SUR LES POPULATIONS**

### **CARTOGRAPHIE**

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

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

### **IMPACT SUR LES POPULATIONS**

Les concentrations interpolées de polluants sont croisées avec les données de population sur chaque point de grille ce qui permet le calcul de l'indice polluant/population.

# MÉTHODOLOGIE DE L'ADAPTATION STATISTIQUE DES MESURES

## ADAPTATION STATISTIQUE DES ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS

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

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

## ADAPTATION STATISTIQUE DES STATIONS MOBILES

### HYPOTHÈSES

Nous avons cherché à mettre en avant une relation de dépendance entre les variables  $Y$  et  $X_1, X_2, X_3$ .  $Y$  appelée variable endogène, est la variable que l'on cherche à expliquer (à prédire). Le modèle de régression linéaire simple s'écrit :

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

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

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

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

L'équation de régression s'écrit :

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

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

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

### VARIABLES EXPLICATIVES

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

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

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

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

### DÉTECTION DES POINTS ABERRANTS ET DES POINTS INFLUENTS

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

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

Les points influents sont des observations qui pèsent exagérément sur les résultats de la régression.

On peut les distinguer de plusieurs manières : ils sont "isolés" des autres points, on constate alors que la distribution des résidus est asymétrique ; ils correspondent à des valeurs extrêmes des variables, en cela ils se rapprochent des points atypiques.

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

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

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

## TESTS DE SIGNIFICATIVITÉ

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

### LE COEFFICIENT DE DÉTERMINATION :

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

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

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

### LE TEST DE SIGNIFICATIVITÉ GLOBALE DE LA RÉGRESSION

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

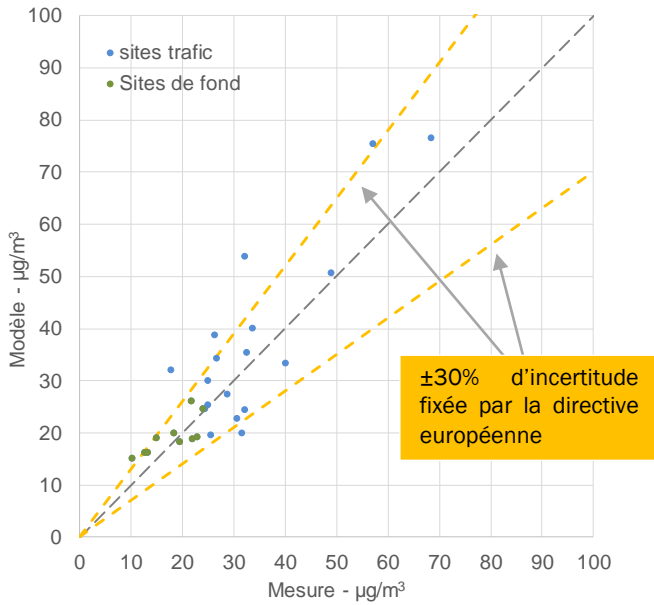
L'hypothèse nulle correspond à la situation où aucune des variables explicatives n'emmène de l'information utile dans l'explication de Y c'est-à-dire que le modèle ne sert à rien. Sous l'hypothèse nulle, F suit une loi de Fisher. On considère que le modèle est globalement significatif lorsque F est supérieur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

### LE TEST DE SIGNIFICATIVITÉ D'UN COEFFICIENT

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

# MÉTHODOLOGIE DE LA VALIDATION DU MODÈLE

## UN MODÈLE PERFORMANT



Les critères statistiques utilisés pour valider le modèle ont été choisis en tenant compte des recommandations du faites par J.C. Chang et S. R. Hanna dans leurs mesures de la performance de modèles de qualité de l'air<sup>1</sup>.

Dans le tableau ci après, nous indiquons les performances statistiques du modèle relativement aux concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> modélisées et observées sur le domaine d'études.

Indicateurs statistiques	Modèle 28 observations	Caractéristiques d'un modèle performant
FB	-0.15	-0.3 < FB < 0.3
MG	0.83	-0.7 < MG < 1.3
NMSE	0.09	NMSE <=2
VG	1.12	VG < 1.6
FAC2	0.9	FAC2 > 0.5
r	0.88	Le plus proche de 1

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

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

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

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

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

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

Pour le NO<sub>2</sub>, l'erreur sur la moyenne annuelle doit être inférieure à ±30% sur les sites de fond (sites en vert sur le graphe). Cette incertitude est représentée par les lignes oranges sur le graphe.

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

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

Pour les sites de fond, les erreurs sur la moyenne annuelle obtenues en NO<sub>2</sub> sont inférieures à 30% excepté pour un site de fond périurbain. La quasi-totalité des sites respectent donc la directive européenne.

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

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

## PRINCIPE DE LA MÉTHODE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Un modèle est considéré comme acceptable si :

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

## PRÉSENTATION DES INDICATEURS STATISTIQUES UTILISÉS

On utilise les notations suivantes :

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

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

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

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

### FB : BIAIS FRACTIONNEL

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

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

Valeur recherchée : 0

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



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

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

Type d'erreur : systématique

**NMSE : NORMALISED MEAN SQUARE ERROR**

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

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

Valeur recherchée : 0

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

Type d'erreur : totale

**MG : GEOMETRIC MEAN BIAS**

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

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

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

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : MG est une grandeur strictement positive. C'est un nombre sans dimension. Une valeur égale à 1 indique que les données d'observations et les données modélisées ont la même moyenne. Le modèle est donc en mesure de bien restituer la valeur moyenne du paramètre considéré. Toutefois les écarts peuvent être ponctuellement ou systématiquement très importants : il suffit que les écarts positifs compensent les écarts négatifs.

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

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

Type d'erreur : systématique

**VG : GEOMETRIC MEAN VARIANCE**

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

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

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

Valeur recherchée : 1

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

Type d'erreur : locale

**FAC2 : FACTOR OF TWO**

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

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

Valeur recherchée : 1

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

Type d'erreur : totale

**R : COEFFICIENT DE CORRÉLATION LINÉAIRE**

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

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

points représentant les couples "observations/valeurs modélisées".

Valeur recherchée : 1 ou -1 (une valeur proche de -1 dénote toutefois un comportement étrange du modèle mais démontre sa bonne capacité de prévision moyennant une correction simple. Ce genre de cas met souvent en évidence une erreur grossière et facilement corrigéable au sein du modèle, ou dans le traitement des données).

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

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

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

Type d'erreur : locale

## ANNEXE VIII - GÉNÉRALITÉS SUR LES POLLUANTS ÉTUDIÉS

### NO<sub>2</sub> LE DIOXYDE D'AZOTE

#### SOURCES

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont émis lors des phénomènes de combustion. Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du NO. Les sources principales sont les véhicules (près de 60%) et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffages...).

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

### PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> les particules

PM = Particulate Matter (matière particulaire)

#### SOURCES

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

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

#### EFFETS SUR LA SANTÉ

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

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles

#### EFFETS SUR LA SANTÉ

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Dès que sa concentration atteint 200 µg/m<sup>3</sup>, il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

#### EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

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

peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer également des effets cardio-vasculaires. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est notamment le cas de certaines particules émises par les moteurs diesel qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM<sub>10</sub> et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardiovasculaires.

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

#### EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

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

## C6H6 LE BENZÈNE

### SOURCES

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

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

### EFFETS SUR LA SANTÉ

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



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

[www.atmo-occitanie.org](http://www.atmo-occitanie.org)