



ORAMIP

OBSERVATOIRE RÉGIONAL
DE L'AIR EN MIDI-PYRÉNÉES

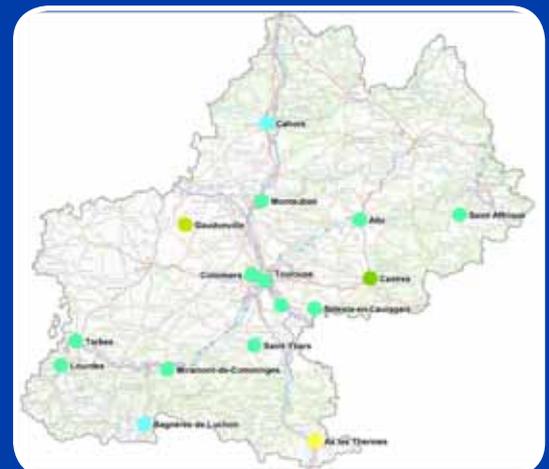
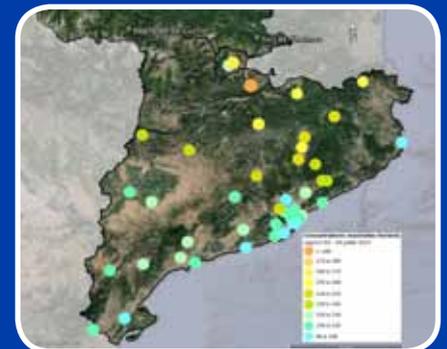
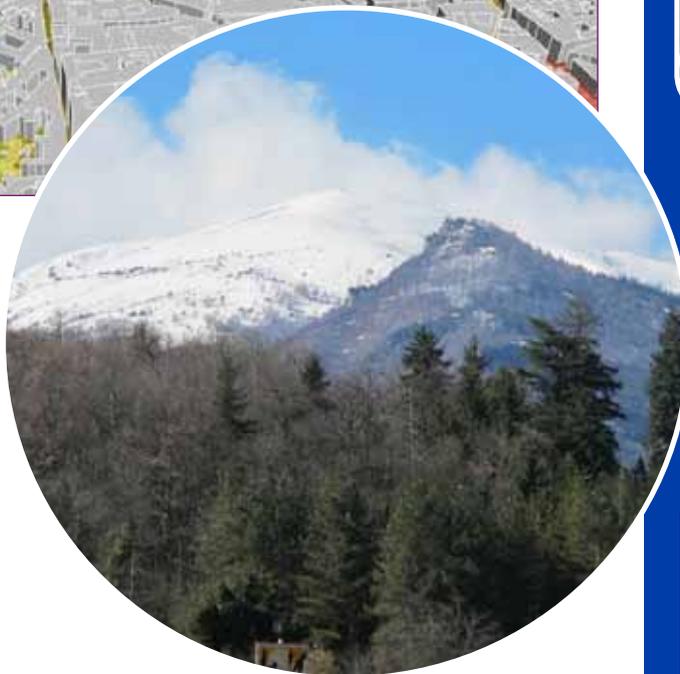
Atmo Midi-Pyrénées

Qualité de l'air Rapport d'étude

Édition juin 2014

ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UNE PLATEFORME DE MODÉLISATION DANS
LES VALLÉES PYRÉNÉENNES

- CONTRAT PLAN ÉTAT-RÉGION 2012 -



ORAMIP

19 avenue Clément Ader

31770 COLOMIERS

Tél : 05 61 15 42 46

contact@oramip.org - www.oramip.org

CONDITIONS DE DIFFUSION

ORAMIP Atmo - Midi-Pyrénées, est une association de type loi 1901 agréée par le Ministère de l'Ecologie, 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 Midi-Pyrénées. ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées 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'Etat 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.

ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées 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'étude sont librement accessibles sur le site www.oramip.org.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle de ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées.

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

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

Par ailleurs, ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées 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 l'ORAMIP :

- depuis le formulaire de contact sur le site www.oramip.org
- par mail : contact@oramip.org
- par téléphone : 05.61.15.42.46

SOMMAIRE

CONDITIONS DE DIFFUSION.....	1
SOMMAIRE	2
OBJECTIF	3
SYNTHESE	4
PRESENTATION DE LA PLATEFORME DE MODELISATION TEST "VALLEE PYRENEENNE"	5
RESULTATS DES TESTS D'UNE PLATEFORME DE MODELISATION "VALLEE PYRENEENNE"	9
CONCLUSIONS SUR L'ETUDE DE FAISABILITE	17
ANNEXE I : METHODOLOGIE DE CALCUL DES EMISSIONS	18
ANNEXE II : CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE.....	21
ANNEXE III : INTERPOLATION POUR CARTOGRAPHIE	25

OBJECTIF

Les modèles de prévision de la qualité de l'air à "grande échelle" PrevAir pour le territoire national et CHIMERE pour le territoire régional ne permettent pas actuellement de disposer de données fiables sur le massif pyrénéen et plus précisément à l'échelle des vallées pyrénéennes.

L'une des principales raisons réside dans l'échelle de travail de ces modèles qui est de l'ordre de quelques kilomètres et qui n'est donc pas compatible pour obtenir des résultats "fins" au niveau des vallées.

De plus, la modélisation de la qualité de l'air dans les vallées pyrénéennes se heurte aussi à deux difficultés majeures:

- la prise en compte de la complexité du relief environnant dans la modélisation des données météorologiques
- la prise en compte des variations d'émissions (trafic routier et résidentielles) pendant l'hiver dues aux activités touristiques

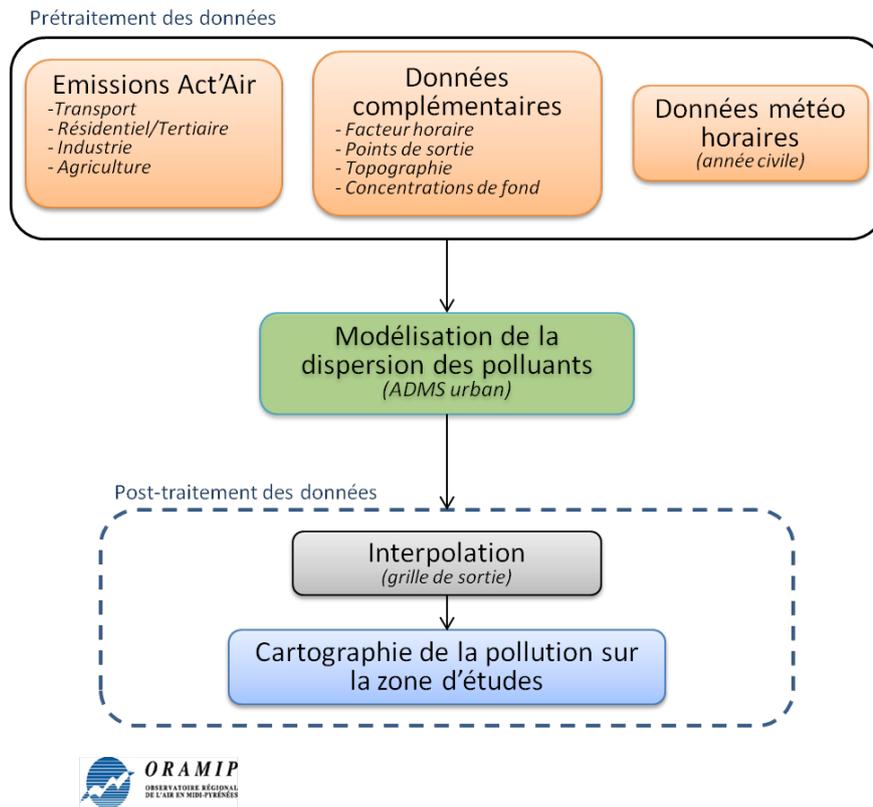
Le but de cette étude est donc de vérifier, si dans l'état des connaissances actuelles, il est possible de développer une plateforme de modélisation spécifique aux vallées pyrénéennes, afin notamment d'assurer une évaluation de la qualité de l'air sur les vallées avec la même précision sur le reste du territoire régional.

SYNTHESE

- Compte tenu des mesures réalisées sur la Vallée d’Ax-les-thermes, les niveaux mesurés sont relativement comparables à ceux observés en situation rurale. En période hivernale, les émissions locales notamment ne semblent pas influencer de manière très importante les concentrations de particules PM10 voire de dioxyde d'azote.
- Pour la commune de Luchon, que ce soit en termes de particules PM10 ou de NO₂, on peut constater un net regain des concentrations en hiver par rapport à la situation de fond régionale. Les émissions locales semblent donc influencer les niveaux de concentration mesurés dans l’air ambiant. Cependant, les concentrations restent globalement inférieures à celles des stations de fond urbaines en Midi-Pyrénées.
- L'étude de faisabilité de la plateforme de modélisation va principalement être développée autour de la vallée de Luchon afin de vérifier s'il est possible de reproduire cette tendance hivernale via les modèles à fine échelle de l'ORAMIP.

PRESENTATION DE LA PLATEFORME DE MODELISATION TEST "VALLEES PYRENEENNES"

I. Méthodologie générale



Méthodologie utilisée pour la modélisation de la dispersion à fine échelle sur les vallées pyrénéennes

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 de dispersion statistique gaussien et prend en compte la topographie du terrain de manière 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 période donnée, 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.

Dans une étude de faisabilité telle que celle effectuée au niveau des vallées pyrénéennes plusieurs types de paramètres différents seront utilisés afin de déterminer la méthodologie optimale dans les conditions demandées (vallées, forte variabilité des émissions en raison d'une activité touristique saisonnière importante). Les paramètres étudiés sont:

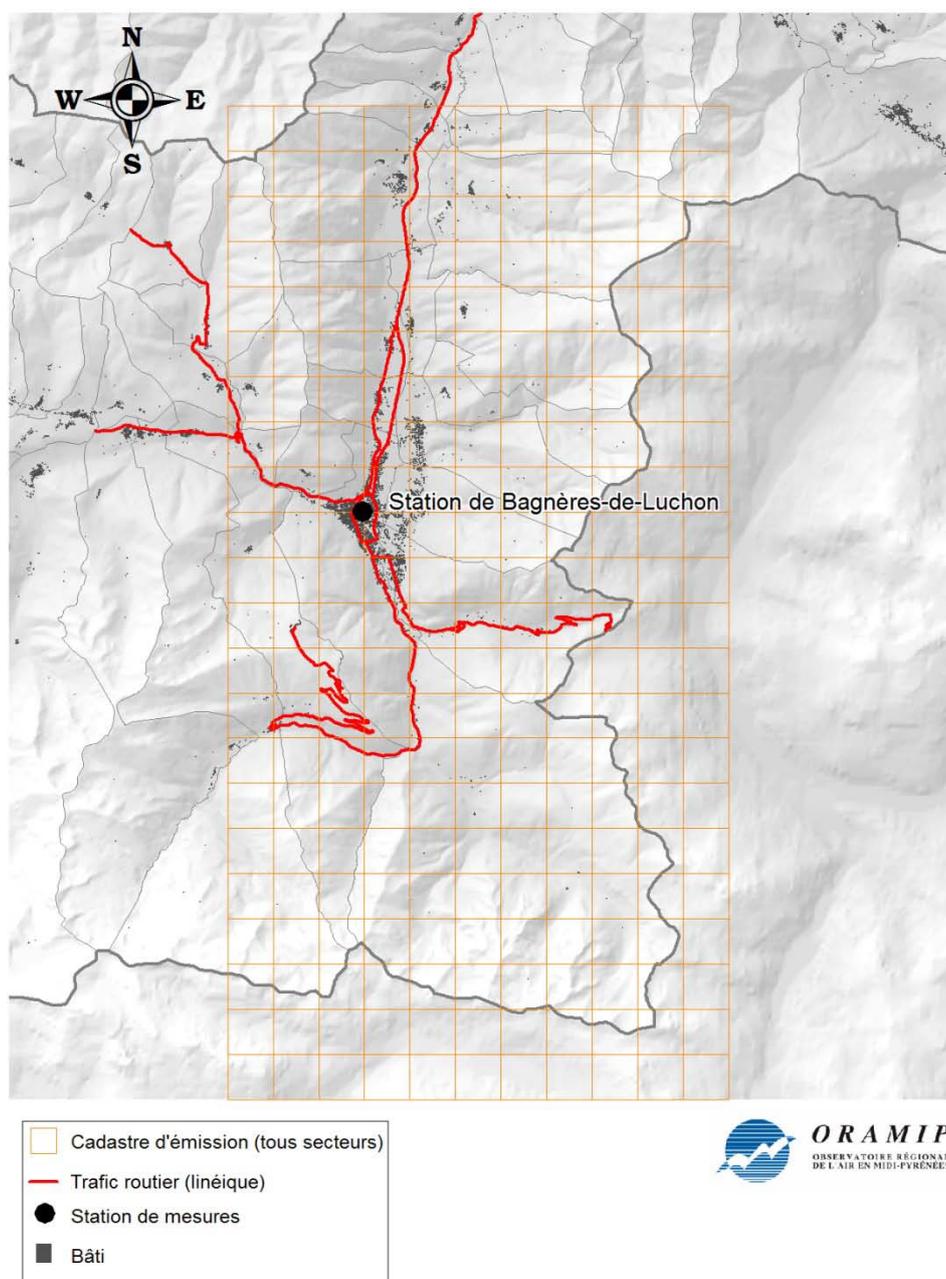
- La pollution de fond: la station rurale régionale sera utilisée afin d'amorcer les calculs du modèle
 - utilisation d'un fond moyen constant sur la période d'étude
 - utilisation d'un fond avec une variation horaire
- La météorologie
 - utilisation des données de la station Météo France située à Bagnères-de-Luchon,
 - utilisation de paramètres météorologiques calculés par notre modèle régional (CHIMERE)

- La temporalisation des émissions
 - utilisation d'émissions moyennes sur la période d'étude
 - utilisation d'émissions horaires en fonction du jour de la semaine et des conditions climatiques
 - utilisation des émissions horaires précédentes corrigées pour les périodes de tourisme
- La variabilité des émissions
 - utilisation des émissions issues de l'outil Act'Air
 - utilisation d'un facteur "correctif" afin d'augmenter artificiellement les émissions issues d'Act'Air

II. Pré-traitement des données

L'objet de ce paragraphe est de présenter la méthodologie utilisée pour agréger les données nécessaires à la modélisation fine échelle sur la zone d'étude.

Emissions



Cartographie des émissions modélisées sur la zone d'étude

La méthodologie complète de calcul des émissions est présentée dans l'annexe I.

Dans cette plateforme de modélisation des vallées pyrénéennes la totalité des émissions sera prise en compte (trafic, industrie, résidentiel/tertiaire et agriculture).

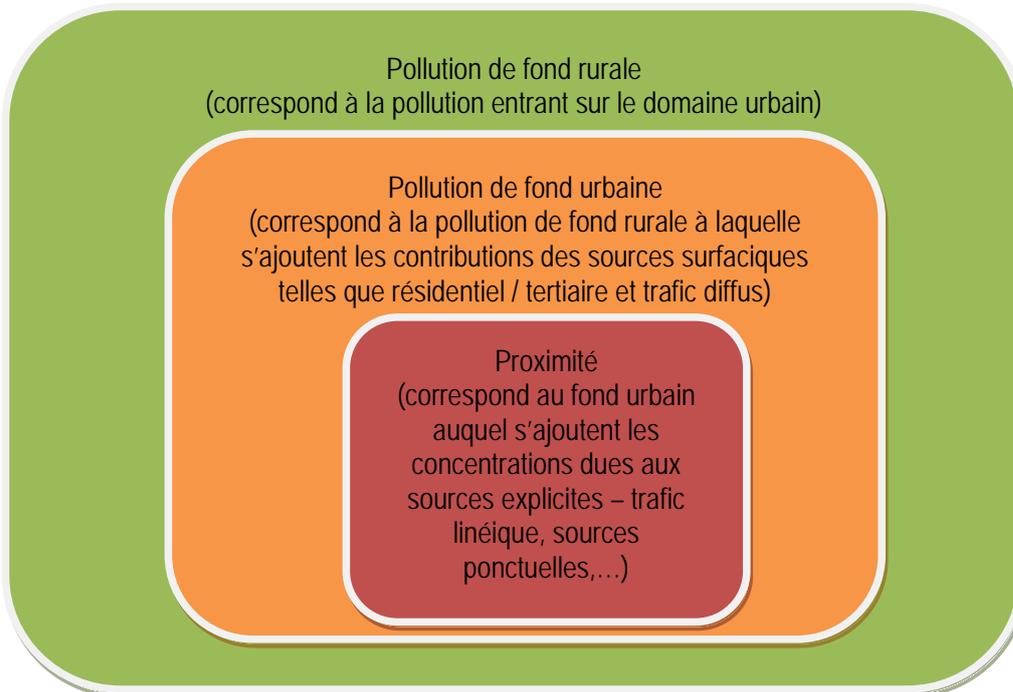
Le trafic routier sur les axes principaux sera représenté de façon linéique tandis que le reste des émissions sera agrégé sous forme d'une grille dans un cadastre de 1km de côté (cf carte ci dessus)

Données d'entrée (hors émissions)

a) Pollution de fond

Les choix de caractérisation de la pollution de fond est fonction des sources d'émission complémentaires au trafic routier qui vont être intégrées à la plateforme de modélisation.

Pour réaliser ces choix, il est tout d'abord essentiel de comprendre les différentes contributions régionales et locales dans la structure de la pollution en zone urbaine. Celles-ci peuvent ainsi être décrites par le schéma suivant :



Les principales échelles de pollution en milieu urbain

Dans le cas de cette plateforme de modélisation, la totalité des émissions sera prise en compte dans le domaine: nous nous trouvons donc dans le rectangle vert au niveau du schéma précédent. La pollution de fond utilisée sera donc celle de la station rurale de fond régionale située à Peyrusse - Vieille dans le Gers.

b) Facteurs horaires

Les données d'émission calculées par l'ORAMIP via son outil Act'Air sont des données annuelles sur une année civile complète. Cependant la variabilité horaire des émissions joue un rôle important dans les résultats horaires d'une plateforme de modélisation locale.

Ainsi des facteurs horaires spécifiques sont calculés pour chaque heure de la période d'étude et pour chaque secteur d'émission:

- pour le secteur routier, un facteur horaire moyen par type de voirie et par jour de la semaine est attribué à chaque axe
- pour le secteur résidentiel/tertiaire, la variation horaire des émissions (principalement liée au chauffage) est calculée en fonction de la température ressentie pour chaque heure de la journée et est intégrée au niveau du cadastre.

La dispersion de ces émissions est ainsi réalisée pour chaque jour de la période d'étude en intégrant ces facteurs horaires spécifiques: le résultat final provenant de la concaténation de l'ensemble des modélisations journalières effectuées.

Données météorologiques

La modélisation est réalisée pour obtenir des concentrations horaires. Les calculs de dispersion ont donc été effectués à partir des mesures horaires de plusieurs paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournis soit

- Par les stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude. Dans le cas de cette plateforme, les données issues de la station météorologique de Météo France de Bagnères-de-Luchon ont été utilisées
- par les données météorologiques calculées par le modèle régional CHIMERE de l'ORAMIP.

III. Post-traitement des données

Adaptation statistique

Dans le cadre de cette plateforme de modélisation, aucune adaptation statistique des données de modélisation n'est effectuée. En effet, les données de la station de fond urbaine seront utilisées pour effectuer une comparaison avec les résultats de la modélisation.

Interpolation

Pour effectuer une cartographie de la pollution sur le domaine d'étude, les données de sortie de modélisation ne sont pas spatialement homogènes. Aussi il est nécessaire de faire une interpolation de celles-ci. La méthodologie d'interpolation est présentée plus en détail dans l'annexe II.

RESULTATS DES TESTS D'UNE PLATEFORME DE MODELISATION "VALLEES PYRENEENNES"

Description des différents types de modélisation effectués

Six différents types de modélisation ont été effectués afin de tester les différentes paramétrisations possibles et de voir quelles étaient les paramètres les plus importants pour obtenir une plateforme de modélisation des vallées pyrénéennes qui soit pertinente.

Les variations de 4 grands types de paramétrisation sont étudiées :

- Au niveau de la pollution de fond
 - « Moyen » : une concentration moyenne annuelle pour chaque polluant étudié est utilisée
 - « Horaire » : les concentrations pour chaque heure de la période d'étude sont utilisées
- Au niveau de la temporalisation des émissions
 - « Moyen » : les émissions moyennes annuelles pour chaque polluant et pour chaque secteur d'émission sont utilisées
 - « Horaire » : les émissions horaires pour chaque heure de la période d'étude, pour chaque polluant et pour chaque secteur d'émission sont utilisées
 - « Tourisme » : comme pour « Horaire » sauf que pendant les week-ends hivernaux et les vacances scolaires les émissions horaires sont multipliées par 4
- Au niveau de la météorologie
 - « Météo France » : les données de la station Météo France de Bagnères-de-Luchon sont utilisées
 - « CHIMERE » : les données issues du modèle régional CHIMERE de l'ORAMIP sont utilisées
- Au niveau des émissions
 - « Act'Air brut » : les émissions totales issues d'Act'Air sont utilisées
 - « Act'Air x10 » : les émissions totales issues d'Act'Air multipliées par 10 sont utilisées

Scénario	Pollution de Fond		Temporalisation			Météo		Emissions	
	Moyen	Horaire	Moyen	Horaire	Tourisme	Météo France	CHIMERE	Act'Air brut	Act'Air x10
Brut									
Fond Horaire									
Emis Horaire									
Emis Tourisme									
Emis CHIMERE									
Emis x10									

Tableau des scénarios étudiés (en bleu, les paramètres activés)

Pour chaque scénario, les résultats statistiques de comparaison entre les mesures de la commune de Bagnères-de-Luchon et la modélisation sont calculés et synthétisés dans un tableau. Ces outils statistiques sont:

- le **biais** qui donne une idée de la surestimation ou de la sous estimation du modèle par rapport aux mesures (signe du calcul) ainsi que l'amplitude de celle-ci (valeur du calcul)
- l'**erreur RMS** qui donne une évaluation de la variabilité de la modélisation par rapport aux mesures: plus on est proche de zéro, meilleure est la modélisation.

Les résultats statistiques sont calculés pour la période entière (du 05/07/2012 au 31/07/2013) et pour la période hivernale 2012/2013 (du 01/12/2012 au 01/04/2013). Cette période a été étudiée plus particulièrement car elle combine plusieurs phénomènes complexes à étudier:

- Les grandes amplitudes thermiques combinées avec l'absence de vent peuvent favoriser l'accumulation de pollution au niveau du sol
- Les émissions de polluants primaires sont les plus importantes au niveau de la commune de Bagnères-de-Luchon
 - Utilisation du chauffage (et plus particulièrement du chauffage au bois)
 - Augmentation de la fréquentation de la commune pendant la période d'ouverture des remontées mécaniques (augmentation du trafic et du nombre de logements occupés).

Résultats sur les paramètres de pollution de fond

Concernant l'influence des paramètres de pollution de fond, les scénarios "Brut" et "Fond Horaire" sont utilisés. Le tableau ci-après synthétise les résultats statistiques de comparaison entre les mesures de la commune de Bagnères-de-Luchon et la modélisation pour chaque scénario, pour le NO₂ et les particules PM10:

Scénario	NO ₂							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Brut	10.3	2.9	-7.3	11.4	20.2	2.9	16.9	18.9
Fond Horaire		3.4	-7.0	11.2		3.2	-16.8	18.5

Tableau récapitulatif des résultats statistiques en NO₂ de comparaison pour la paramétrisation de la pollution de fond (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

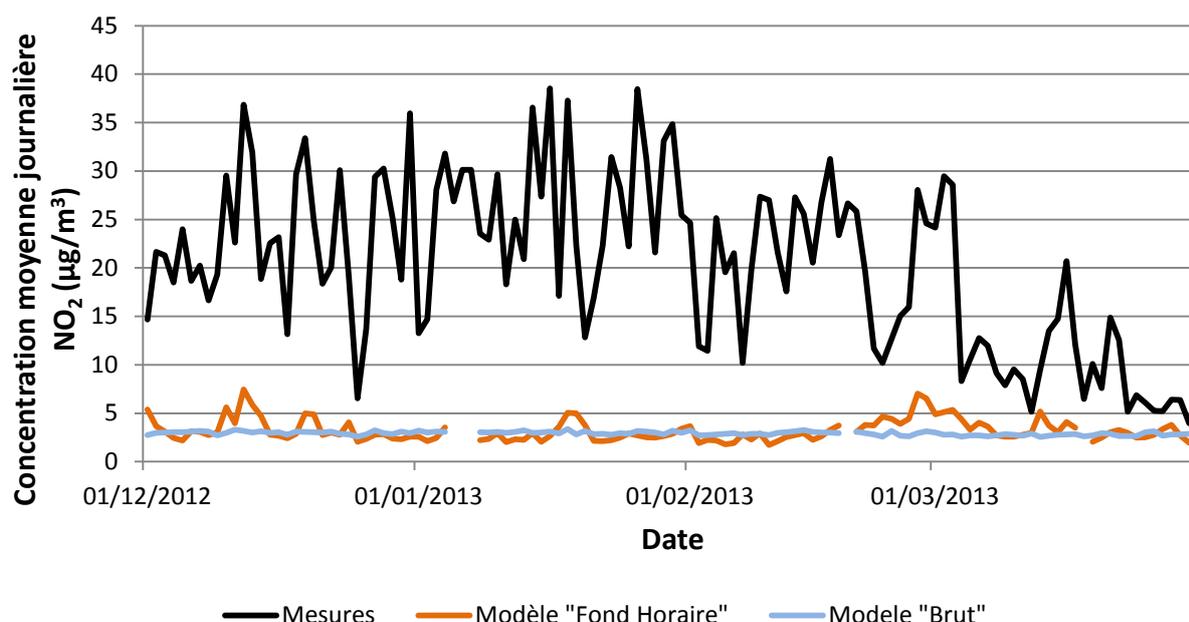
Scénario	PM10							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Brut	18.6	18.1	-0.5	8.5	21.3	18.0	-3.1	9.7
Fond Horaire		18.2	-0.4	7.1		17.0	-4.4	8.4

Tableau récapitulatif des résultats statistiques en PM10 de comparaison pour la paramétrisation de la pollution de fond (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

Les tableaux ci-dessus mettent en évidence une sous-estimation systématique des modèles qui est très importante pour le NO₂. En effet les émissions semblent largement sous-estimées en ce qui concerne ce polluant. De plus, le scénario "Fond Horaire" semble obtenir de meilleurs résultats pour le NO₂ et les PM10: en effet si la moyenne PM10 est moins bonne que celle du scénario "Brut", la variabilité est bien meilleure.

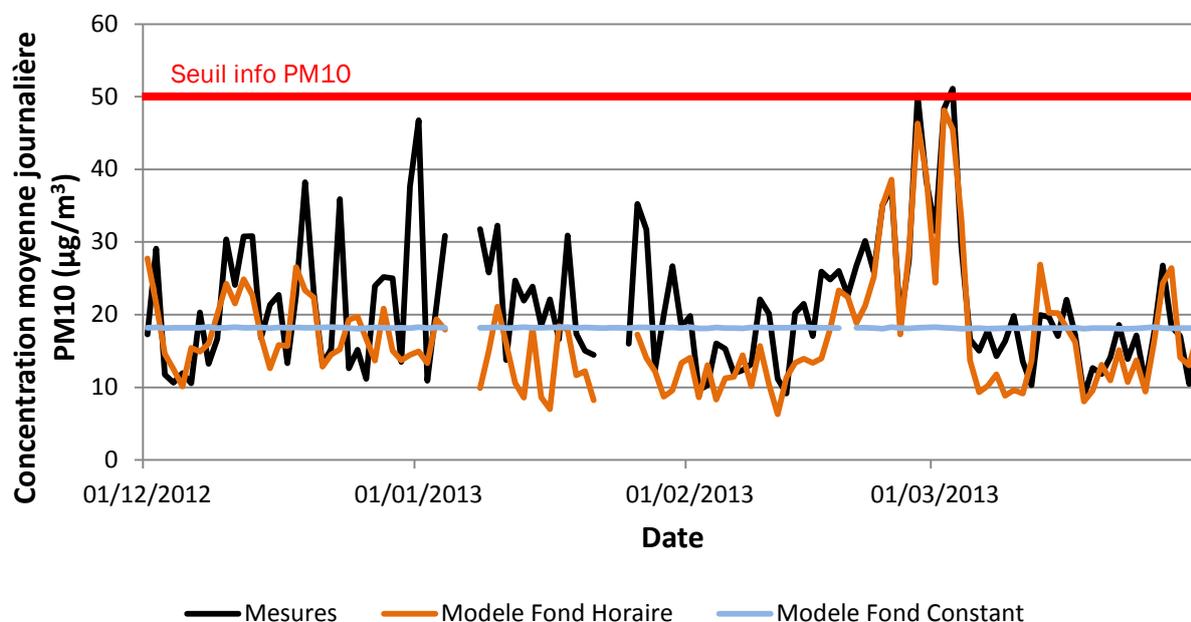
Les graphiques ci-dessous permettent de comparer visuellement les concentrations moyennes journalières mesurées avec les sorties de modélisation pour chacun des scénarios. 2 conclusions s'imposent:

- Concernant le NO₂, les modèles sous-évaluent nettement les concentrations mesurées et l'apport d'une pollution de fond horaire n'est pas très significatif. En effet, le NO₂ est essentiellement un polluant local (i.e. qui dépend essentiellement des émissions locales) et les fortes variations hivernales de concentrations proviennent des émissions au niveau de la vallée.



Graphique de comparaison entre les mesures NO₂ et les sorties de modélisation pour les scénarios "Brut" et "Fond Horaire"

- Concernant les particules PM10, l'apport d'une pollution de fond horaire est indéniable. Ceci est dû principalement au fait que les PM10 sont un polluant de niveau "régional" (voire "national"). En effet, les particules PM10 ont une durée de vie beaucoup plus importante que le NO₂ dans l'atmosphère: ces particules peuvent donc se transporter sur de longues distances et entraînent de fait une concentration homogène sur la région. Les phénomènes de pics sont donc la conjonction d'une concentration de fond régionale élevée et/ou d'une contribution "locale" importante. Ainsi on peut noter clairement que les pics de début décembre 2012 et dans une moindre mesure de mars 2013 proviennent d'un phénomène "régional", tandis que les pics de fin décembre 2012 / début janvier 2013 seraient plutôt locaux.



Graphique de comparaison entre les mesures PM10 et les sorties de modélisation pour les scénarios "Brut" et "Fond Horaire"

En conclusion:

Au vu des résultats statistiques mais aussi des graphiques de comparaison, l'impact de l'utilisation d'une pollution de fond horaire semble indéniable. Ainsi cette paramétrisation sera retenue dans la plateforme finale.

L'utilisation d'une station de fond pyrénéenne, qui pourrait prendre en compte les spécificités du climat d'altitude (en comparaison avec une station rurale du Gers), devrait permettre d'améliorer encore le gain constaté sur ce paramètre. Cette station pourrait être complétée (ou remplacée) par des sorties de notre modèle régional adapté. Cependant cette adaptation ne fournit que des concentrations moyennes journalières et nous perdrons l'information horaire.

Résultats sur les paramètres de temporalisation des émissions

Concernant l'influence des paramètres de temporalisation des émissions, les scénarios "Fond Horaire", "Emis Horaire" et "Emis Tourisme" sont utilisés. Le tableau ci-après synthétise les résultats statistiques de comparaison entre les mesures de la commune de Bagnères-de-Luchon et la modélisation pour chaque scénario:

Scénario	NO ₂							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Fond Horaire	10.3	3.4	-7.0	11.2	20.2	3.2	-16.8	18.9
Emis Horaire		3.4	-6.9	10.9		3.4	-16.4	18.5
Emis Tourisme		3.5	-6.7	10.7		3.8	-15.9	18.1

Tableau récapitulatif des résultats statistiques en NO₂ de comparaison pour la paramétrisation de la temporalisation (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

Scénario	PM10							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Modèle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Biais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	RMS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mesures ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Modèle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Biais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	RMS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fond Horaire	18.6	18.2	-0.4	7.1	21.3	17.0	-4.4	8.4
Emis Horaire		18.2	-0.3	6.9		17.1	-4.0	8.1
Emis Tourisme		18.3	-0.2	6.8		17.5	-3.6	7.8

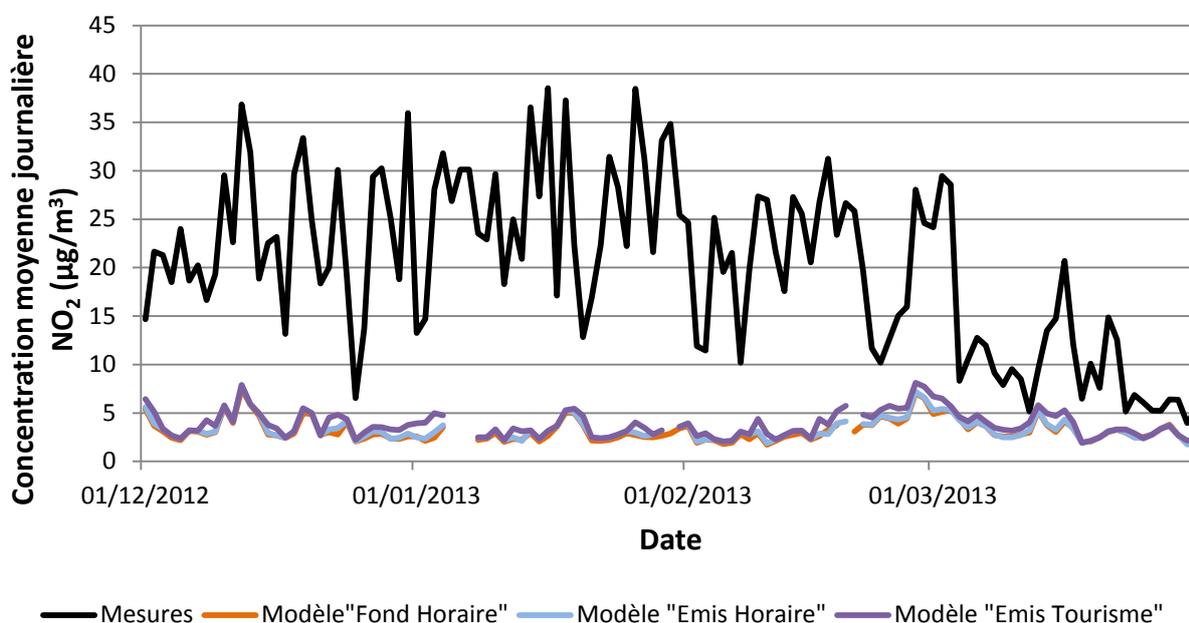
Tableau récapitulatif des résultats statistiques en PM10 de comparaison pour la paramétrisation de la temporalisation (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

Les tableaux ci-dessus mettent en évidence une sous-estimation systématique des modèles quel que soit le polluant. De plus, le scénario "Emis Tourisme" semble obtenir les meilleurs résultats.

Le Scénario « Emis Tourisme » est le scénario pour lequel les émissions horaires sont multipliées par 4 pendant les week-ends hivernaux et les vacances scolaires ; ceci afin de mieux prendre en compte les surémissions liées au tourisme sur ces périodes (chauffage résidentiel et trafic routier).

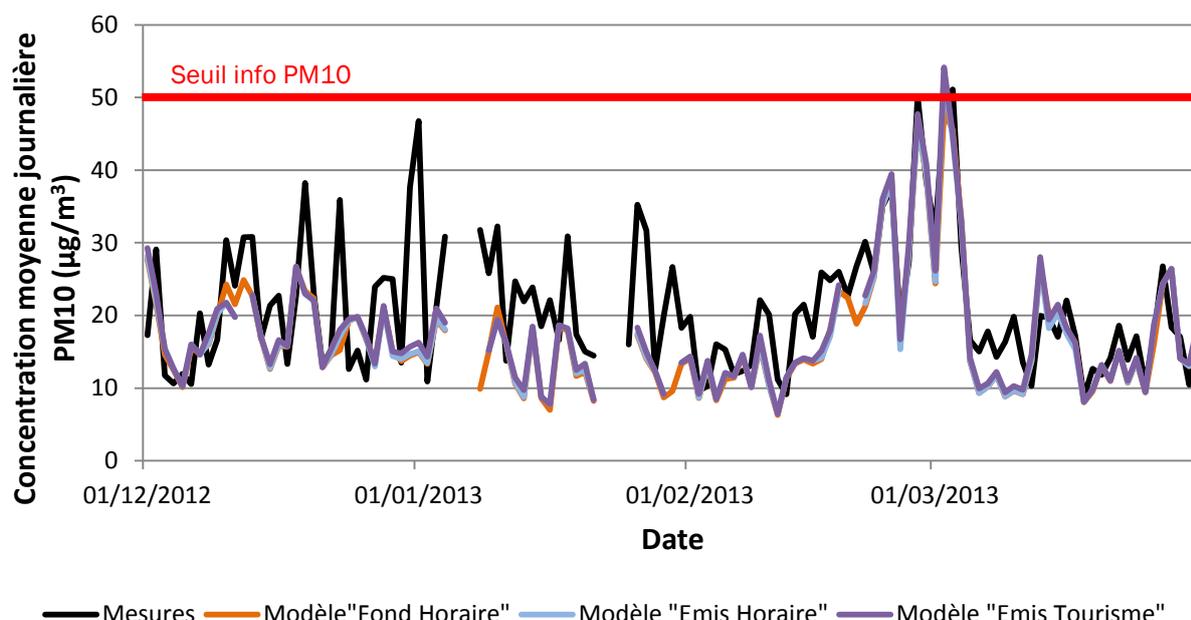
Les graphiques ci-dessous permettent de comparer visuellement les concentrations moyennes journalières mesurées avec les sorties de modélisation pour chacun des scénarios. 2 conclusions s'imposent :

- Concernant le NO₂, les modèles sous-évaluent nettement les concentrations mesurées. Le fait de prendre en compte les surémissions dues au tourisme permet d'augmenter les concentrations au niveau des pics, cependant l'apport de cette temporalisation des émissions n'est pas suffisant. Cela prouve qu'il existe une sous-estimation importante des émissions locales (en effet le NO₂ est principalement un polluant local).



Graphique de comparaison entre les mesures NO₂ et les sorties de modélisation pour les scénarios "Fond Horaire", "Emis Horaire" et "Emis Tourisme"

- Concernant les particules PM10, l'apport de la temporalisation a un impact plus faible que pour le NO₂, même si comme précédemment la prise en compte des surémissions dues au tourisme a permis d'augmenter quelque peu les concentrations au niveau des pics, notamment au cours des événements de pollution de fin février / début mars 2013.



Graphique de comparaison entre les mesures PM10 et les sorties de modélisation pour les scénarios "Fond Horaire", "Emis Horaire" et "Emis Tourisme"

En conclusion:

au vu des résultats statistiques mais aussi des graphiques de comparaison, l'impact de l'utilisation d'une temporalisation des émissions avec prise en compte de l'impact du tourisme semble le meilleur. Ainsi cette paramétrisation sera-t-elle retenue dans la plateforme finale.

Résultats sur les paramètres météorologiques

Concernant l'influence des paramètres météorologiques, les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis CHIMERE" sont utilisés. Le tableau ci-après synthétise les résultats statistiques de comparaison entre les mesures de la commune de Bagnères-de-Luchon et la modélisation pour chaque scénario:

Scénario	NO ₂							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Emis Tourisme	10.3	3.5	-6.7	10.7	20.2	3.8	-15.9	18.1
Emis CHIMERE		3.5	-6.8	10.8		3.7	-16.1	18.2

Tableau récapitulatif des résultats statistiques en NO₂ de comparaison pour la paramétrisation de la météorologie (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

Scénario	PM10							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Emis Tourisme	18.6	18.3	-0.2	6.8	21.3	17.5	-3.6	7.8
Emis CHIMERE		18.3	-0.2	6.9		17.4	-3.6	7.9

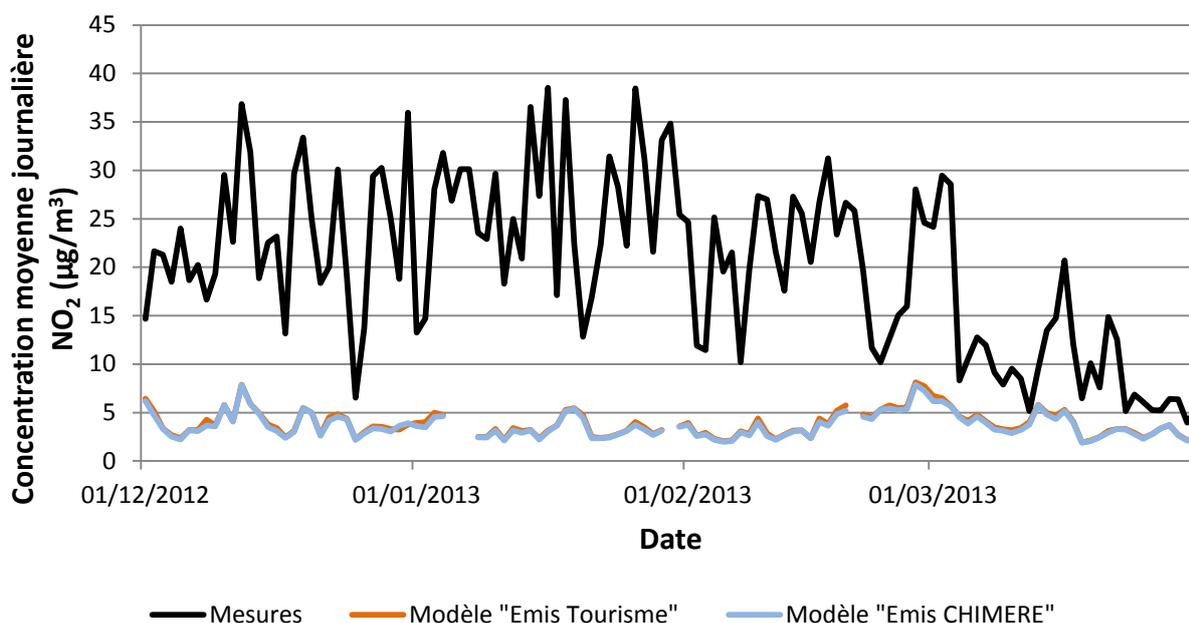
Tableau récapitulatif des résultats statistiques en PM10 de comparaison pour la paramétrisation de la météorologie (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

Les tableaux ci-dessus mettent en évidence une sous-estimation systématique des modèles quel que soit le polluant. De plus, le scénario "Emis Tourisme" semble obtenir des résultats légèrement meilleurs.

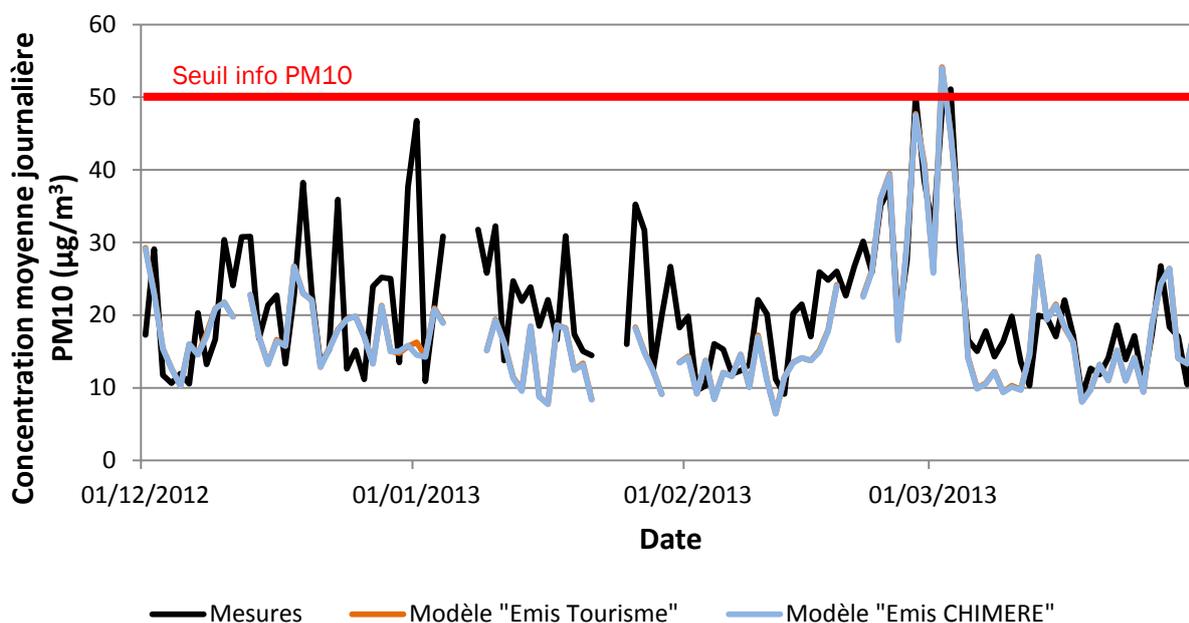
Le Scénario « Emis Tourisme » est le scénario pour lequel la météorologie retenue est celle de la station Météo France de Bagnères-de-Luchon.

Les graphes ci-dessous permettent de comparer visuellement les concentrations moyennes journalières mesurées avec les sorties de modélisation pour chacun des scénarios. Une conclusion s'impose:

- Que ce soit pour le NO₂ ou pour les PM10, les modèles sous-évaluent nettement les concentrations mesurées. La différence entre les 2 scénarios est minimale même si « Emis Tourisme » semble être le meilleur.



Graphique de comparaison entre les mesures NO₂ et les sorties de modélisation pour les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis CHIMERE"



Graphique de comparaison entre les mesures PM10 et les sorties de modélisation pour les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis CHIMERE"

En conclusion :

Le scénario pour lequel la météorologie retenue est celle de la station Météo France de Bagnères-de-Luchon est le meilleur. Cependant il faut aussi noter que la différence avec les données météo issues du modèle régional de l'ORAMIP CHIMERE est faible. Ce qui semble indiquer que celles-ci peuvent être une bonne alternative dans les vallées ne disposant pas de stations de mesure météorologiques permanentes.

Résultats sur les paramètres d'émission

Concernant l'influence des paramètres d'émission, les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis x10" sont utilisés. Le tableau ci-après synthétise les résultats statistiques de comparaison entre les mesures de la commune de Bagnères-de-Luchon et la modélisation pour chaque scénario:

Scénario	NO ₂							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Emis Tourisme	10.3	3.5	-6.7	10.7	20.2	3.8	-15.9	18.1
Emis x10		7.5	-2.7	7.3		12.7	-7.2	12.2

Tableau récapitulatif des résultats statistiques en NO₂ de comparaison pour la paramétrisation des émissions (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

Scénario	PM10							
	Période totale 2012/2013				Hiver 2012/2013			
	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)	Mesures (µg/m ³)	Modèle (µg/m ³)	Biais (µg/m ³)	RMS (µg/m ³)
Emis Tourisme	18.6	18.3	-0.2	6.8	21.3	17.5	-3.6	7.8
Emis x10		21.3	2.8	7.5		24.4	3.3	8.8

Tableau récapitulatif des résultats statistiques en PM10 de comparaison pour la paramétrisation des émissions (en bleu se trouvent les meilleurs résultats)

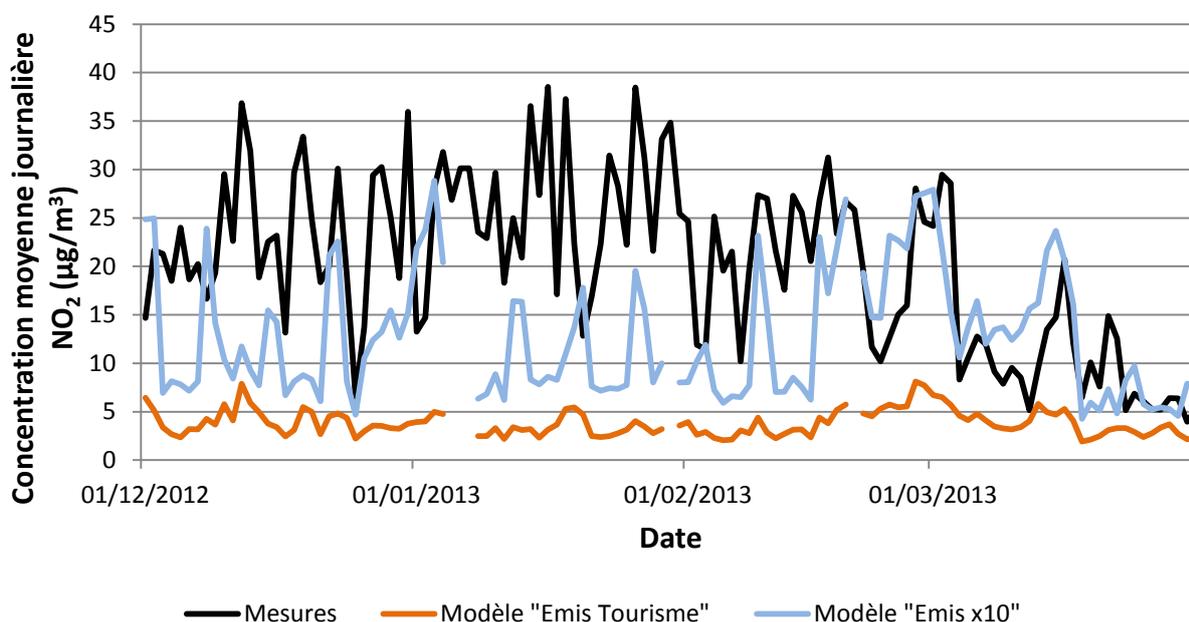
Les tableaux ci-dessus mettent en évidence une situation contrastée :

- Pour le NO₂, une sous-estimation systématique des modèles est constatée. Cependant le scénario « Emis x10 » obtient de bien meilleur résultat, confirmant une probable sous-estimation des émissions sur le domaine d'étude.
- Pour les particules PM10, le scénario « Emis Tourisme » sous-estime les concentrations tandis que « Emis x10 » les surestime. De plus le scénario « Emis Tourisme » obtient les meilleurs résultats pour la période entière d'étude, tandis que « Emis x10 » est meilleur sur la période hivernale avec les pics de concentration les plus importants.

Le Scénario « Emis x10 » est le scénario pour lequel les émissions horaires sont multipliées par 10 sur l'ensemble de l'année (y compris les surémissions liées au tourisme).

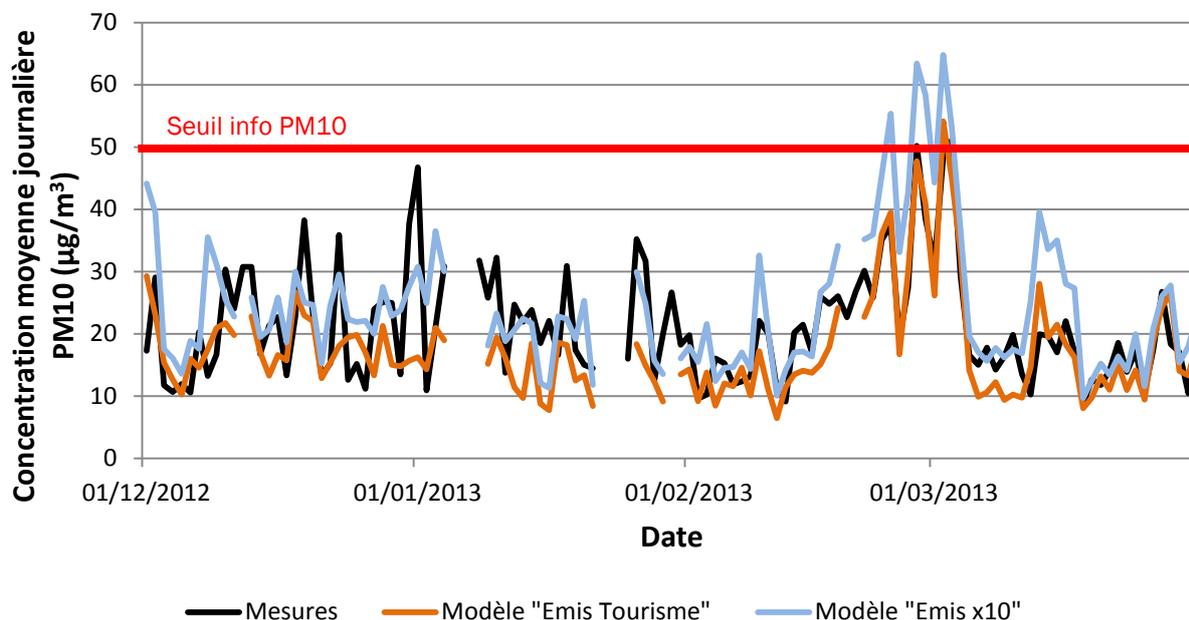
Les graphiques ci-dessous permettent de comparer visuellement les concentrations moyennes journalières mesurées avec les sorties de modélisation pour chacun des scénarios. 2 conclusions s'imposent:

- Concernant le NO₂, l'apport d'un facteur multiplicatif pour les émissions est indéniable : principalement pour les pics de concentration. Ceci s'explique principalement par le fait que le NO₂ est un polluant local (i.e. qui est influencé par les émissions locales).

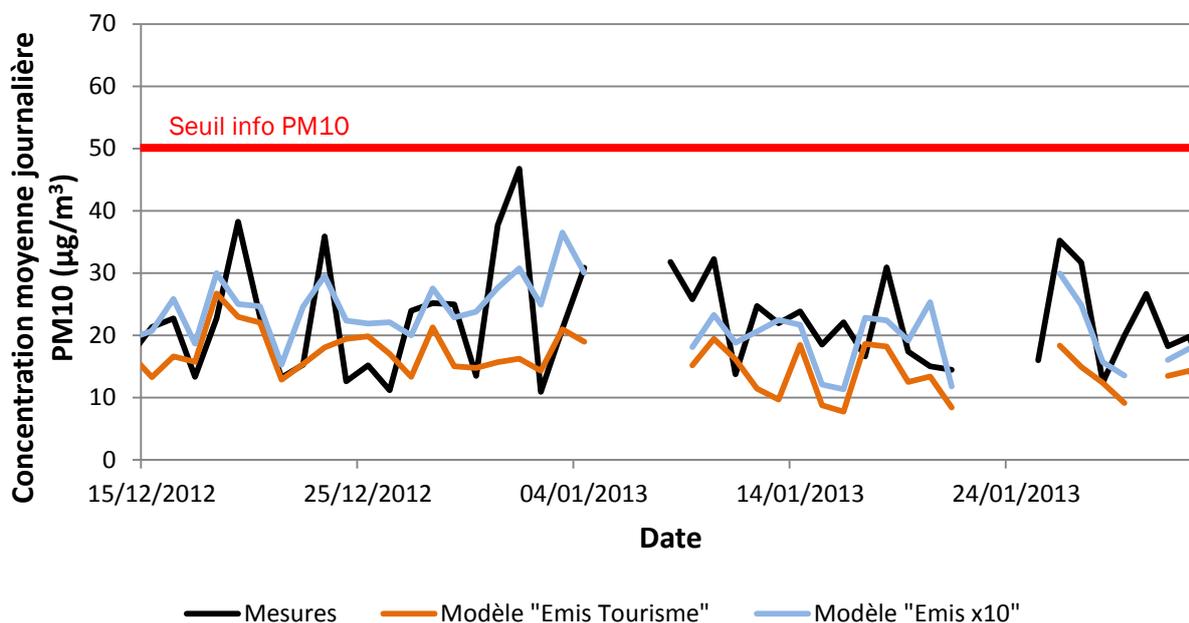


Graphique de comparaison entre les mesures NO₂ et les sorties de modélisation pour les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis x10"

- Concernant les particules PM10, l'apport d'un facteur multiplicatif pour les émissions semble fournir de bons résultats pour la 1^{ère} partie de la période hivernale (voir graphique spécifique) mais surestime les pics de concentration pour le mois de mars 2013. Ceci est certainement dû au caractère constant du facteur multiplicatif, alors que les surémissions liées au tourisme sont fluctuantes au cours de la saison.



Graphique de comparaison entre les mesures PM10 et les sorties de modélisation pour les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis x10"



Graphique de comparaison entre les mesures PM10 et les sorties de modélisation pour les scénarios "Emis Tourisme" et "Emis x10" (zoom sur le début de la période hivernale)

En conclusion :

Au vu des résultats statistiques mais aussi des graphes de comparaison, une meilleure connaissance des émissions et de ses variations au cours de l'année et notamment des périodes touristiques hivernales est une condition importante de la justesse d'une plateforme de modélisation sur les vallées pyrénéennes. Cela pourrait se faire via une amélioration des connaissances sur le domaine d'étude avec des campagnes de tubes passifs NO₂.

CONCLUSIONS SUR L'ETUDE DE FAISABILITE

Les différentes études statistiques réalisées dans le cadre de ce projet ont montré que :

- L'utilisation des paramètres météorologiques d'une station de mesure était un plus mais que l'utilisation de celles d'un modèle régional de prévision météorologique pouvait être une solution suffisante en cas d'absence de données locales.
- La prise en compte de la variation des émissions en intégrant une temporalisation de ces émissions, notamment lors des l'augmentation de celles-ci en périodes touristiques, avait un bénéfice important sur la qualité des résultats.
- Pour les particules en suspension PM10 les paramètres les plus importants étaient :
 - La prise en compte du niveau de pollution de fond selon un pas de temps horaire le plus représentatif possible du secteur modélisé
 - Une meilleure estimation des quantités d'émissions en période hivernale notamment pour les dispositifs de chauffage au bois.
- Pour le NO₂, le paramètre le plus important était la meilleure estimation quantitative possible des émissions locales.

Cette étude de faisabilité a permis d'aboutir à une plateforme test de modélisation sur les vallées pyrénéennes, avec le scénario « Emis x10 » fournissant des résultats cohérents et permettant notamment la modélisation des évènements de pollution de fin février/début mars 2013.

Cependant, les niveaux de concentrations mesurées et modélisées sur la période 2012/2013 pour les vallées d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon restent globalement inférieurs aux seuils d'information et d'alerte. Ainsi, les dépassements restent relativement rares sur ces deux vallées, même lorsque le reste de la région met en évidence des évènements de pollution.

Ce constat n'est pas celui qui est fait sur la vallée de Lourdes dans laquelle de nombreux dépassements sont observés par les dispositifs de mesure. Cependant, compte tenu des conclusions pour les vallées d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon, le travail de prévision de la pollution de l'air à fine échelle pour les particules en suspension sur ce secteur de Lourdes nécessiterait une étude approfondie sur les sources d'émission. Ce recensement des pratiques concernerait à la fois les modes de chauffage (part de la biomasse) et les pratiques agricoles (écobuage) afin de mieux prendre en compte les émissions de particules en suspension.

Compte-tenu de cette situation et des difficultés de mise en œuvre d'un modèle de vallée :

- connaissance de la pollution de fond en milieu pyrénéen,
- connaissance exhaustive des sources d'émission et de leur variabilité temporelle,
- difficulté de modéliser la dispersion des polluants en intégrant une topographie complexe,

la pérennisation d'un modèle commun à l'ensemble des vallées pyrénéennes ne paraît pas opportune compte tenu des disparités d'activité et de topographie observées.

Cependant, malgré des niveaux de concentration en particules en suspension inférieurs aux seuils d'information et d'alerte, l'évaluation de la composition des particules dans ces mêmes vallées reste d'intérêt. Les résultats du suivi du Benzo(a)pyrène sur Bagnères-de-Luchon en période hivernale en est l'illustration. Les niveaux de concentration observés sur cette commune durant l'hiver ont été supérieurs à ceux de l'agglomération de Tarbes jusqu'alors le site pour lequel les niveaux les plus élevés étaient observés. Des travaux restent donc à mener sur les vallées pyrénéennes concernant la composition des particules en suspension et l'identification par ce biais des sources d'émission.

ANNEXE I : METHODOLOGIE DE CALCUL DES EMISSIONS

EMISSIONS DU SECTEUR TRANSPORT

Act'Air Transport utilise 3 types de données d'entrée :

- les données de trafic routier
- Une estimation de la composition du parc roulant aux horizons 2008 et 2020,
- Les facteurs d'émissions COPERT IV

a) Les données de trafic

Le trafic routier sur l'aire urbaine de Toulouse a été modélisé par Tisséo (pour les scénarios « 2008 », « 2020 Fil de l'eau » et « 2020 PDU »).

Les données fournies sont des données linéiques (associées à un tronçon de route) :

- o les Trafics Heure de Pointe du Soir (HPS) pour l'ensemble des véhicules (véhicules légers (VL) et transport en commun (TC)),
- o la capacité de chaque tronçon,
- o la vitesse à vide
- o et la vitesse en charge HPS.

L'outil Act'Air Transport affecte alors une catégorie de voirie (« Centre Ville », « Desserte urbaine », « Voies rapides urbaines », « Rocade », « Autoroute » et « Rurale ») à chaque tronçon. Chaque catégorie possède un profil permettant de passer du Trafic HPS au trafic horaire (trafic pour chaque heure de la journée) et d'affecter un pourcentage de poids lourds (PL) à prendre en compte.

Une fois le trafic horaire calculé, la vitesse est estimée en fonction de la charge du trafic et de la capacité du tronçon étudié : ceci permet de prendre en compte heure par heure, la présence de bouchon sur chaque tronçon et d'estimer les surémissions de polluants qui y sont dues.

b) L'évaluation de la composition du parc automobile français

(Méthodologie issue de la note Certu 2010/13 « Le calcul des émissions des pollutions routières et la consommation énergétique »)

Dans le cadre d'une thèse réalisée au sein de l'INRETS, Béatrice Bourdeau a élaboré un modèle informatique de calcul du parc automobile en France à partir de données réelles. Ce modèle évalue d'une part, le parc statique (véhicules qui existent) à partir des immatriculations de véhicules neufs recensées au Fichier Central Automobile et d'autre part, le parc roulant (véhicules qui circulent). Ce modèle tient compte de l'usage des véhicules à partir de lois de survie, ce qui permet d'intégrer le rythme de mise à la casse d'une classe d'âge de véhicules en fonction du temps. Ces données extrapolées pour le futur ont permis de modéliser le parc automobile français entre 1970 et 2020 et de mettre en évidence ses évolutions technologiques. On entend ici par évolutions technologiques les efforts réalisés par les constructeurs sur les véhicules conventionnels pour respecter les normes antipollution toujours plus exigeantes. Il ne s'agit pas de ruptures technologiques s'appuyant sur des énergies nouvelles.

Le parc roulant relatif à une année donnée est composé de différentes classes technologiques de véhicules qui conditionnent largement les émissions de polluants. La méthode de calcul permet de connaître pour chaque année, les effectifs, la nature et les caractéristiques détaillées des véhicules en circulation. Ces données servent de base aux calculs d'inventaire des émissions du trafic routier en France.

En 2010, 40% des voitures respecteront les normes de 2005 contre 90% en 2020.

c) Les facteurs d'émission : la méthodologie COPERT

La réalisation de la modélisation des émissions à l'échappement et par évaporation a été menée à partir de la méthodologie européenne COPERT IV adaptée à la situation française.

Les facteurs d'émission utilisés sont donc issus de la méthodologie européenne du programme COPERT IV (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) développée pour le compte de l'Agence Européenne de l'Environnement dans le cadre des activités du Centre thématique européen sur les émissions atmosphériques. La méthodologie COPERT IV repose sur une banque de données européennes réunissant les résultats de mesures réalisées sur cycles réels, segmentées en classes technologiques.

d) Calcul des émissions

L'outil Act'Air Transport combine alors ces 3 types de données d'entrée afin de calculer les émissions directes de tous les polluants réglementés sur chaque axe routier pris en compte et pour chaque heure de la journée.

ÉMISSIONS DU SECTEUR RESIDENTIEL/TERTIAIRE

a) Principe général

Les émissions de ce secteur sont principalement liées aux chauffages, à la production d'eau chaude sanitaire et aux divers équipements ménagers (cuisson, agrément, ...) et dépendent du combustible utilisé.

Pour le secteur résidentiel il s'agit de croiser les données relatives au parc régional de résidences principales issues du recensement général de la population (RGP INSEE 2006 – Fichier Détail Logements) avec des consommations énergétiques unitaires (par type de logement) fournies par le CEREN. Le parc de résidences principales de chaque commune est spécifié selon 96 catégories. Ainsi à chaque ensemble homogène de résidences principales est associé une consommation unitaire type de chauffage principal, chauffage d'appoint, d'eau chaude sanitaire, de cuisson, d'usage spécifique de l'électricité.

Pour le secteur tertiaire il s'agit de croiser les données relative aux emplois (voir des surfaces – on suppose que les surfaces par emploi sont stables au sein d'un même secteur d'activité) issues du RGP (INSEE 2006) avec des consommations unitaires (consommation thermique et électrique par emploi). Les branches d'activité du tertiaire retenues dans l'étude sont au nombre de 7 (bureaux et administrations / santé / enseignement / sport loisir culture / établissement du transport / hôtels cafés restaurants / commerces).

Ces données retravaillées sont fournies par l'OREMIP (Observatoire Régionale de l'Energie en région Midi-Pyrénées). Elles sont ensuite multipliées par les facteurs d'émission associés issus du guide OMINEA (Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques)

b) Temporalisation des données de chauffage du secteur résidentiel/Tertiaire

Les émissions de chauffage du secteur résidentiel/tertiaire sont calculées annuellement mais dépendent fortement des conditions météorologiques de l'année retenue. C'est pour cela qu'une temporalisation des émissions est estimée pour chaque zone de modélisation et pour chaque année civile retenue.

Etape 1: Calculer la température ressentie pour chaque heure de l'année civile dans la zone d'étude. En effet la température "ressentie" permet de prendre en compte l'impact du refroidissement éolien dans les consommations (i.e. la déperdition supplémentaire de chaleur due à la présence du vent).

Etape 2: Les jours de "chauffage" sont déterminés en comparant la moyenne des températures extérieures de 6h à 20h avec la moyenne des températures de chauffage intérieures. Si la première est inférieure à la seconde alors on considère que c'est un jour de "chauffage".

Etape 3: Pour chaque jour de chauffage, l'écart entre la température extérieure et la température de chauffage intérieure est calculé pour chaque heure de l'année. Le facteur horaire est alors le ratio entre cet écart et la somme des écarts sur l'année civile:

$$Fac_h = \frac{\theta T_h}{\sum_{h=1}^N \theta T_h}$$

où

$$\theta T_h = (T_{i_h} - T_{e_h})$$

avec:

- Fac_h : le facteur horaire de chauffage par secteur
- h : l'heure de calcul et N le nombre d'heures dans l'année
- T_{i_h} : la température horaire intérieure de chauffage. Cette température est différente entre le secteur résidentiel et le secteur tertiaire (en fonction de l'heure de la journée et du jour de la semaine)
- T_{e_h} : la température horaire extérieure "ressentie"

ÉMISSIONS DU SECTEUR INDUSTRIEL

Les « grandes industries » regroupent les industries qui déclarent leurs émissions annuelles à la DREAL. Ces données sont publiques et disponibles sur internet via la base IREP (Registre Français des Emissions Polluantes) ou par demande à la DREAL. Ces industries sont localisées avec précision et forment des sources ponctuelles d'émission.

Une base de données sur les ICPE est disponible sur le site du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement. Il est ainsi possible de connaître les différentes activités des ICPE et d'avoir accès aux arrêtés préfectoraux correspondants.

Les émissions pour les polluants non déclarés sont recalculées en fonction de la nature des activités, avec les facteurs d'émission disponibles par le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

Sur Midi-Pyrénées, les données d'environ 170 industries sont intégrées dans l'inventaire.

ÉMISSIONS DU SECTEUR AGRICOLE

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.

Les quantités engendrées pour certaines substances telles que le méthane, le protoxyde d'azote et l'ammoniac notamment sont très importantes et font de ce secteur l'émetteur parfois le plus important.

Les données utilisées dans l'inventaire proviennent du recensement agricole AGRESTE de l'année 2000. Il fournit les surfaces cultivées en fonction du type de culture et les cheptels par type d'animaux au niveau de la commune. Les facteurs d'émission associés aux activités proviennent du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

ANNEXE II : CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE

Présentation des campagnes de mesures

Des campagnes de mesures ont été effectuées dans deux vallées pyrénéennes entre l'été 2012 et l'été 2013: au sein des vallées d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon. Les résultats de ces campagnes de mesures ont été détaillés dans deux rapports distincts (ETU-2013-16 Campagne de mesures sur la commune de Bagnères-de-Luchon et ETU-2013-27 Rapport annuel Ax-les-Thermes) et ne seront pas repris ici.

En effet nous allons nous intéresser principalement aux comparaisons avec les autres stations de la région pour essayer de mettre en évidence (ou pas) les spécificités de chacune des stations en termes de qualité de l'air. Pour cela les deux polluants régionaux seront étudiés:

- les particules PM10, afin d'évaluer si le modèle permet la précision des épisodes de pollution concernant ce polluant
- le dioxyde d'azote, afin de valider la justesse des émissions locales.

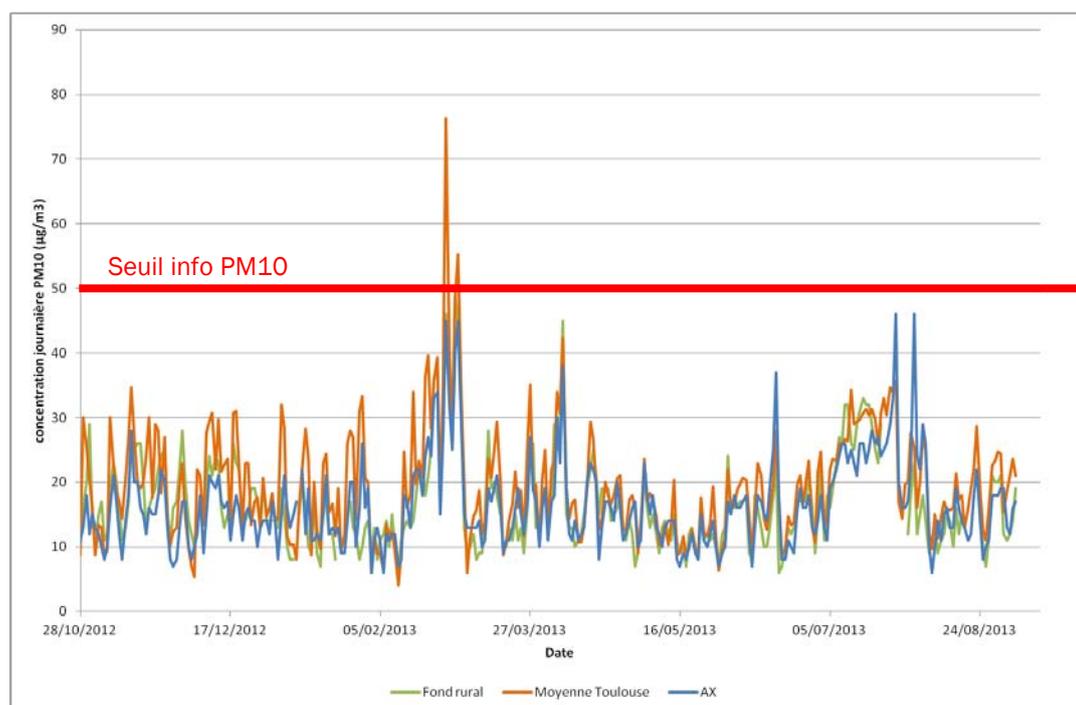
Résultats concernant les particules PM10

Les graphiques ci-après permettent de comparer les concentrations moyennes journalières en PM10 entre les communes d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon, la situation moyenne de fond toulousaine et la situation rurale régionale.

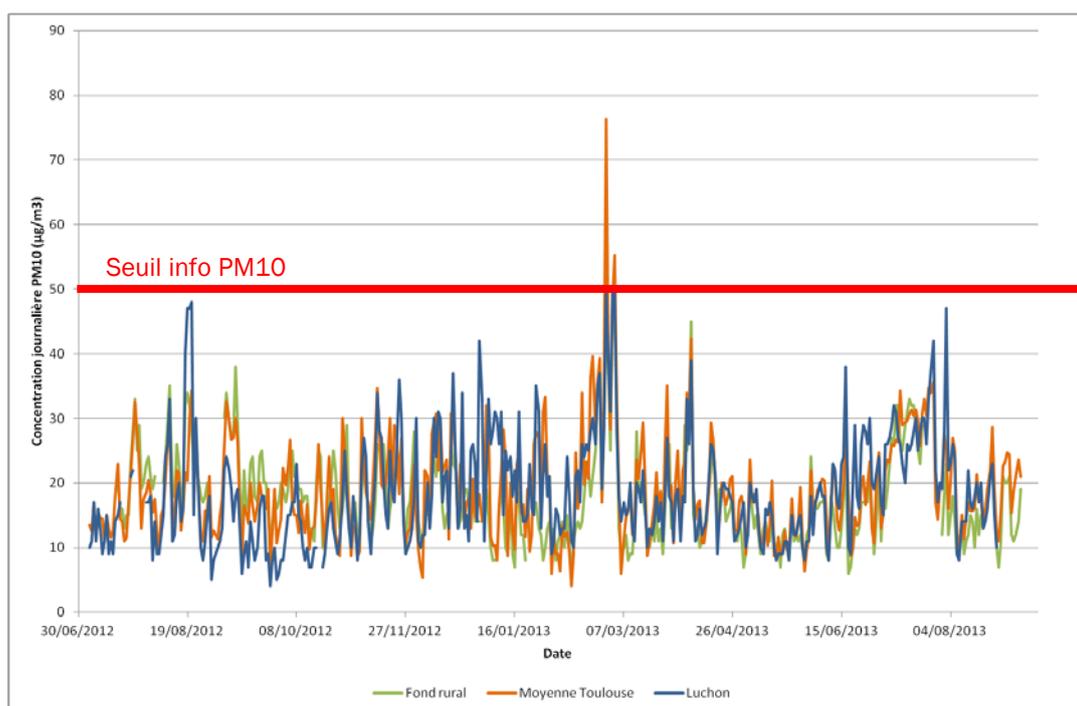
Concernant Ax-les-Thermes, on peut constater que les concentrations mesurées sont relativement proches de celles de la station rurale de Peyrusse, et ceci y compris pendant les épisodes de pollution apparaissant pendant l'hiver 2012-2013. La commune d'Ax-les-Thermes est donc moins influencée par des émissions locales de PM10 que par les flux régionaux de particules.

Concernant Bagnères-de-Luchon, deux tendances apparaissent:

- hors période hivernale, les concentrations en particules se rapprochent de celles de la station de fond régionale de Peyrusse.
- pendant la période hivernale, les concentrations en particules sont plus élevées que celles d'Ax-les-Thermes ou encore que celles du fond rural régional. Pendant cette période, la commune est influencée soit par des phénomènes climatiques locaux, soit par des émissions locales de particules PM10 plus importantes.



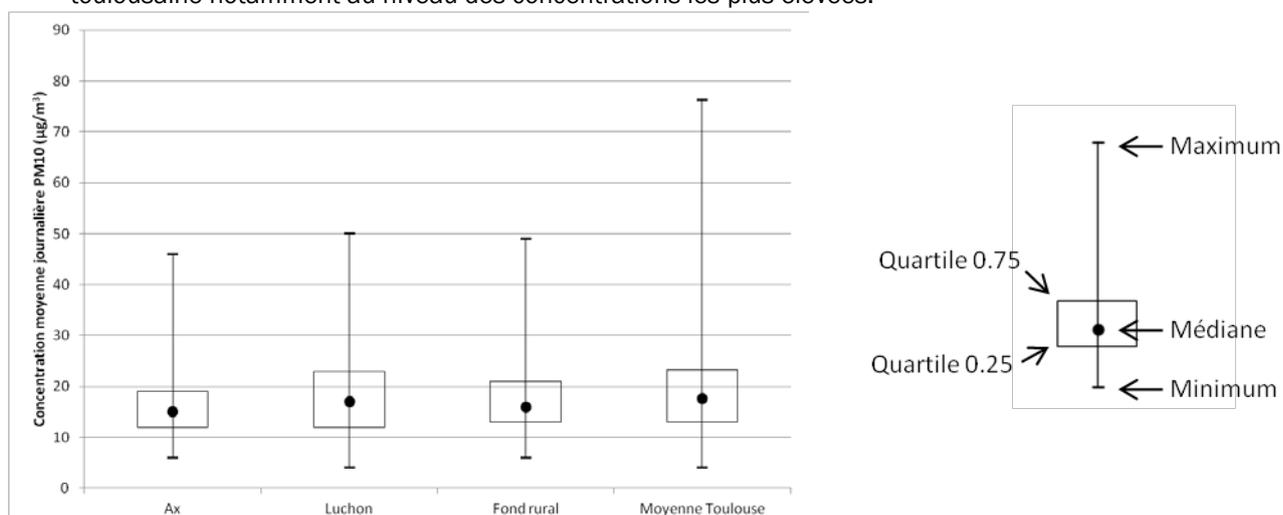
Comparaison des moyennes journalières en PM10 entre Ax les Thermes, la situation de fond rurale régionale (Peyrusse) et la situation moyenne de fond toulousaine.



Comparaison des moyennes journalières en PM10 entre Luchon, la situation de fond rurale régionale (Peyrusse) et la situation moyenne de fond toulousaine.

L'utilisation de boîtes à moustache pour comparer statistiquement les moyennes journalières confirme les observations précédentes:

- Les concentrations mesurées à Ax-les-Thermes sont proches de celles de la station de fond rurale régionale (Peyrusse)
- Les concentrations mesurées à Bagnères-de-Luchon sont plus proches de celles de la situation de fond toulousaine notamment au niveau des concentrations les plus élevées.



Comparaison des moyennes journalières en PM10 entre Ax, Luchon, la situation de fond rurale régionale (Peyrusse) et la situation moyenne de fond toulousaine sous forme de boîte à moustache.

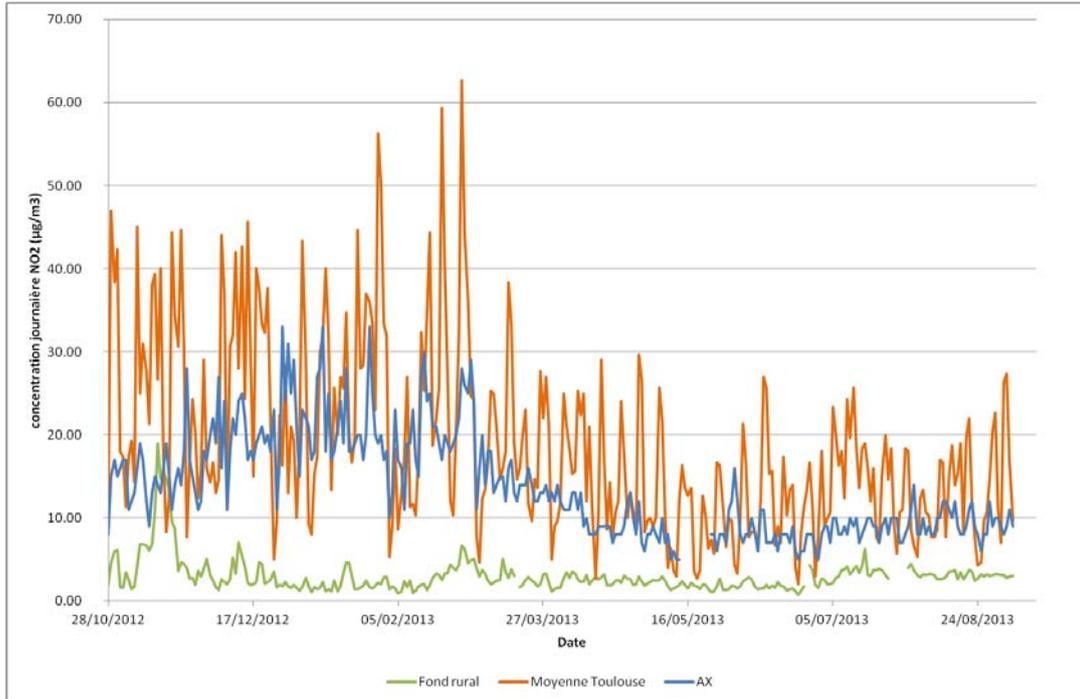
Résultats concernant le dioxyde d'azote NO₂

Les graphes ci-après permettent de comparer les concentrations moyennes journalières en NO₂ entre les communes d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon, la moyenne des stations de fond toulousaines et la station rurale régionale de Peyrusse.

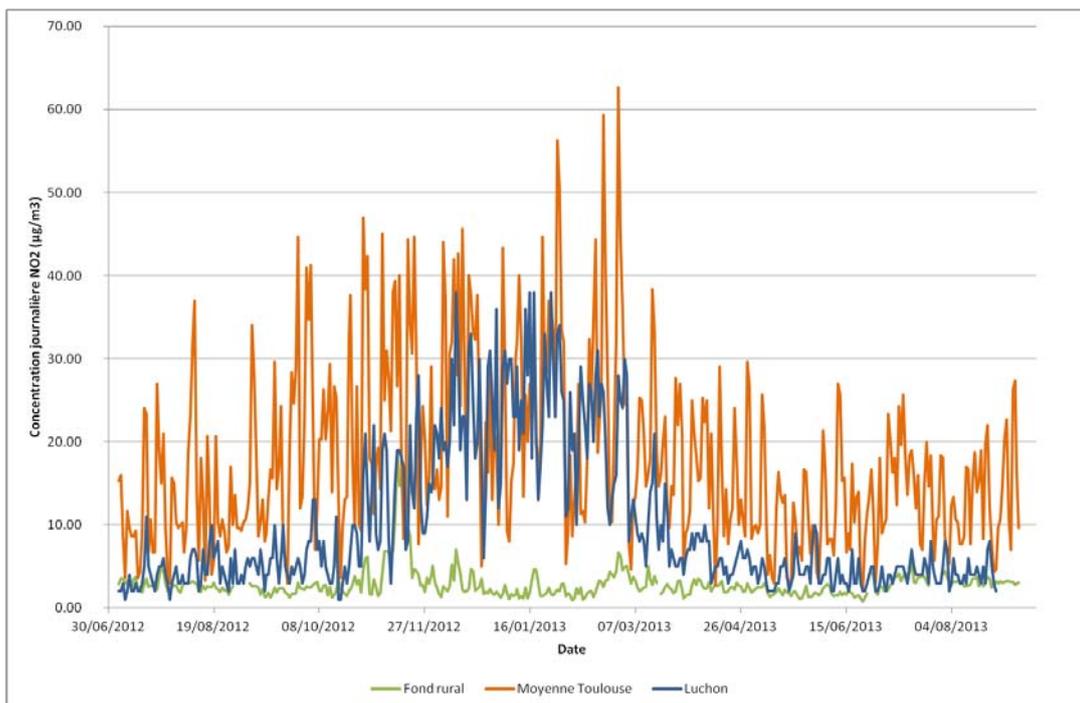
Les tendances sont les mêmes pour les communes d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon:

- hors période hivernale, les concentrations en NO₂ se rapprochent de celles de la station de fond régionale de Peyrusse.
- pendant la période hivernale, les concentrations sont plus élevées que celles de Peyrusse: les communes d'Ax-les-Thermes et de Bagnères-de-Luchon sont influencées soit par des phénomènes climatiques locaux, soit par des émissions locales en NO₂ plus importantes.

Dans tous les cas, même pendant les pics hivernaux, les concentrations en NO₂ d'Ax et de Luchon restent inférieures à celles des stations de fond toulousaines et donc respectent la réglementation en vigueur.



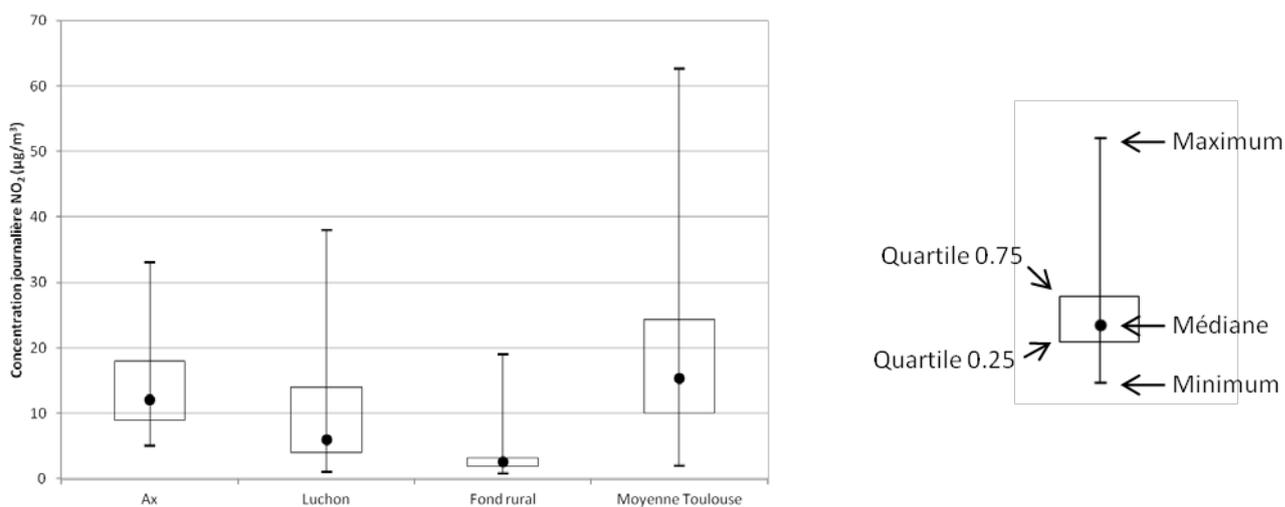
Comparaison des moyennes journalières en NO₂ entre Ax les Thermes, la situation de fond rurale régionale (Peyrusse) et la situation moyenne de fond toulousaine.



Comparaison des moyennes journalières en NO₂ entre Luchon, la situation de fond rurale régionale (Peyrusse) et la situation moyenne de fond toulousaine.

L'utilisation de boîtes à moustache pour comparer statistiquement les moyennes journalières confirme les conclusions précédentes:

- Les concentrations en NO₂ mesurées à Ax-les-Thermes et Bagnères-de-Luchon se rapprochent de celles de la station de fond rurale régionale (Peyrusse) pour les minimales. Quant aux maximales elles sont bien plus importantes sans pour autant se rapprocher de celles la situation de fond toulousaine.



Comparaison des moyennes journalières en NO₂ entre Ax, Luchon, la situation de fond rurale régionale (Peyrusse) et la situation moyenne de fond toulousaine sous forme de boîte à moustache.

Bilan concernant les campagnes de mesures

La commune d'Ax-les-Thermes ne semble pas influencée par des émissions hivernales très importantes en termes de particules PM₁₀ voire en termes de dioxyde d'azote: en effet si on peut constater une augmentation des concentrations de NO₂ par rapport à la station de Peyrusse, elles restent nettement inférieures à celles de stations de fond toulousaines.

Concernant la commune de Bagnères-de-Luchon, que ce soit en termes de particules PM₁₀ ou de NO₂, on peut constater un net regain des concentrations en hiver par rapport à la station de fond régionale. Cependant on reste dans des concentrations globalement inférieures à celles de stations de fond toulousaines.

En conclusion, l'étude de mise en place d'une plateforme de modélisation en vallées va principalement être développée autour de la vallée de Luchon afin de vérifier s'il est possible de reproduire les variations d'émissions et les conditions météorologiques en période hivernale via les modèles de fine échelle de l'ORAMIP.

ANNEXE III : INTERPOLATION POUR CARTOGRAPHIE

Au niveau de chaque maille, 2 situations peuvent se rencontrer:

1- la maille comprend au moins un point de sortie de la modélisation fine échelle

Dans ce cas, la concentration au niveau de la maille est considérée comme étant la moyenne des concentrations issues de la modélisation se trouvant dans cette maille.

2-la maille ne comprend aucun point de sortie de la modélisation fine échelle

Dans ce cas les 4 points de sortie de modélisation les plus proches de la maille sont identifiés et une interpolation par pondération inverse à la distance est utilisée.

La Pondération Inverse à la Distance est une méthode d'interpolation spatiale, un processus permettant d'assigner une valeur à un espace non connu à partir d'un semis de points connus.

Une forme courante pour trouver une valeur interpolée u à partir d'un point donné x en utilisant la PID est une fonction d'interpolation :

$$u(x) = \frac{\sum_{i=0}^N u_i \cdot w_i(x)}{\sum_{i=0}^N w_i(x)}$$

où :

$$w_i(x) = \frac{1}{\text{dist}(x, x_i)^p}$$

est une fonction simple de pondération, comme définie par Shepard (Shepard, Donald (1968). "A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data". *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*: 517-524):

- x étant un point (théorique) interpolé,
- x_i est un point connu,
- $\text{dist}(x, x_i)$ est une distance donnée du point connu x_i au point inconnu x ,
- N est le nombre total de points connus utilisés dans l'interpolation. Dans notre méthodologie $N=4$ (nous ne prenons que les 4 points les plus proches de la maille considérée)
- p est un nombre positif réel, appelé le paramètre de puissance.

Ici, le poids des points voisins diminue lorsque la distance augmente. Les plus grandes valeurs de p donnent une influence plus grande aux valeurs les plus proches du point interpolé.

Pour $0 < p < 1$, $u(x)$ donne des pics lissés au-dessus du point interpolé x_i , alors que pour $p > 1$ le pic devient plus pointu. 1.

Le choix de p est donc une fonction du degré de lissage désiré pour l'interpolation, de la densité et la distribution des échantillons interpolés, et de la distance maximum au delà de laquelle un échantillon individuel peut influencer les points environnants.

Dans notre méthodologie nous avons retenu 1 comme valeur de p .



ORAMIP

OBSERVATOIRE RÉGIONAL
DE L'AIR EN MIDI-PYRÉNÉES

Surveillance de la qualité de l'air en Midi-Pyrénées

24 heures/24 • 7 jours/7

• • prévisions • •

• • mesures • •



L'information
sur la qualité de l'air
en Midi-Pyrénées :
www.oramip.org

ÉTUDE RÉALISÉE PAR L'ORAMIP - FINANCEMENT DANS LE CADRE DU CONTRAT DE PROJETS ÉTAT-RÉGION MIDI-PYRÉNÉES 2007-2013



l'Oramip est certifié ISO 9001



Crédits photos : Oramip / ETU-2014-16/ Juin 2014