

4



Etudes « qualité de l'air » d'un grand contournement autoroutier de Toulouse

Juillet 2007

RAPPORT D'ETUDES

ETUDES D'ENVIRONNEMENT PRELIMINAIRES AU
DOSSIER D'ENQUETE PREALABLE AU GRAND
CONTOURNEMENT DE TOULOUSE

REALISATION DES ETUDES DE QUALITE DE L'AIR

Liste de diffusion		
	Destinataire	Société
01	Mr Philippe GRAMMONT	DRE Midi Pyrénées
02	Mme Marie Pierre NERARD	DDE 31
03	Mr Christian FRANCOISE	CETE du Sud Ouest
04	Classement	ORAMIP

Approbation ORAMIP

Le Directeur,



J.P DELLA MASSA

Rédaction.....	: V.CRASSIER
Vérification.....	: M. MEYBECK
Date.....	: 27/07/2007
Référence.....	: ETU - 2007 - 41
Nombre de pages.....	: 63
Nombre de pages "Annexe".....	: -



SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
PRÉSENTATION DU SITE	7
LA POLLUTION DE L'AIR EN MIDI-PYRÉNÉES	10
Les émissions de polluants par la circulation automobile	10
Les mesures de qualité de l'air en Midi-Pyrénées	12
Rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé	15
Rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement	17
ETUDE « EMISSIONS »	19
Méthodologie	19
Résultats sur le domaine d'étude	19
Résultats sur le périphérique	21
ETUDE « POLLUTION DE PROXIMITÉ AUTOMOBILE »	24
Analyse des sensibilités sur la bande d'étude	24
modélisation des immissions de polluants	24
ETUDE « PÉRIPHÉRIQUE TOULOUSAIN »	26
Analyse des sensibilités sur la bande d'étude	26
Etat des lieux de la qualité de l'air à proximité du périphérique toulousain	26
modélisation des immissions de polluants	27
Résultats cartographiques	35
Indice Pollution Population	43
Evaluation des risques sanitaires	45
ETUDE « GCAT »	56
Introduction	56
Analyse des sensibilités sur la bande d'étude	56
modélisation des immissions de polluants	56
Conclusion Etudes « GCAT »	60
CONCLUSION	61



INTRODUCTION



Dans le cadre du dossier du grand contournement autoroutier de Toulouse (GCAT), la Direction Régionale de l'Equipement de Midi Pyrénées souhaite identifier, conformément à l'article L.128-1 du code de l'environnement, les impacts du projet sur l'environnement.

Ce rapport présente le dossier d'études de la qualité de l'air des impacts du GCAT sur la qualité de l'air en fonction des choix retenus.

L'importance de l'étude d'environnement «air» est fonction de la charge prévisionnelle de trafic qui sera supportée par le projet. Ainsi, le document intitulé «les études d'environnement» dans les projets routiers «volet air» annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers «volet air» du SETRA CERTU de juin 2001 fixe la consistance des études d'environnement «air» en fonction de leur type. Dans le cadre de cette étude, le contenu de l'étude air est de type I.

L'étude relatée dans ce document s'est donc basée sur le document du SETRA CERTU et de la note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières et fonction aussi du fait que les tracés définitifs du GCAT n'ont pas été effectués. Prenant en compte ces données l'étude présentée dans ce rapport comportera 4 grande parties:

- Une estimation des émissions des principaux polluants et de la consommation énergétique au niveau de l'aire d'étude (avec un «zoom» sur le périphérique toulousain),
- Une estimation de l'impact des différents scénarios de GCAT sur la qualité de l'air de proximité automobile sur l'ensemble de l'aire d'études,
- Une estimation de l'impact sur la qualité de l'air à proximité du GCAT et l'utilisation d'un indicateur sanitaire simplifiée pour voir jusqu'à quelle distance cet impact existe.
- Une étude complète d'impact à proximité du périphérique toulousain afin de connaître les implications sanitaires pour la population se trouvant à proximité de la rocade.

Dans ce rapport 17 scénarios seront comparés :

- L'état actuel basé sur le trafic 2005 modélisé par le CETE du Sud Ouest
- Le scénario «fil de l'eau» 2020, dans le cas où l'infrastructure routière n'est pas modifiée mais en prenant en compte l'augmentation du trafic
- 12 scénarios de GCAT basés sur 3 situations géographiques (Est, ¾ Est, Ouest) couplés avec 4 distances par rapport au périphérique (10km, 15km, 25km et 35km)
- 3 scénarios de mise à 2x4 voies du périphérique à l'horizon 2020.

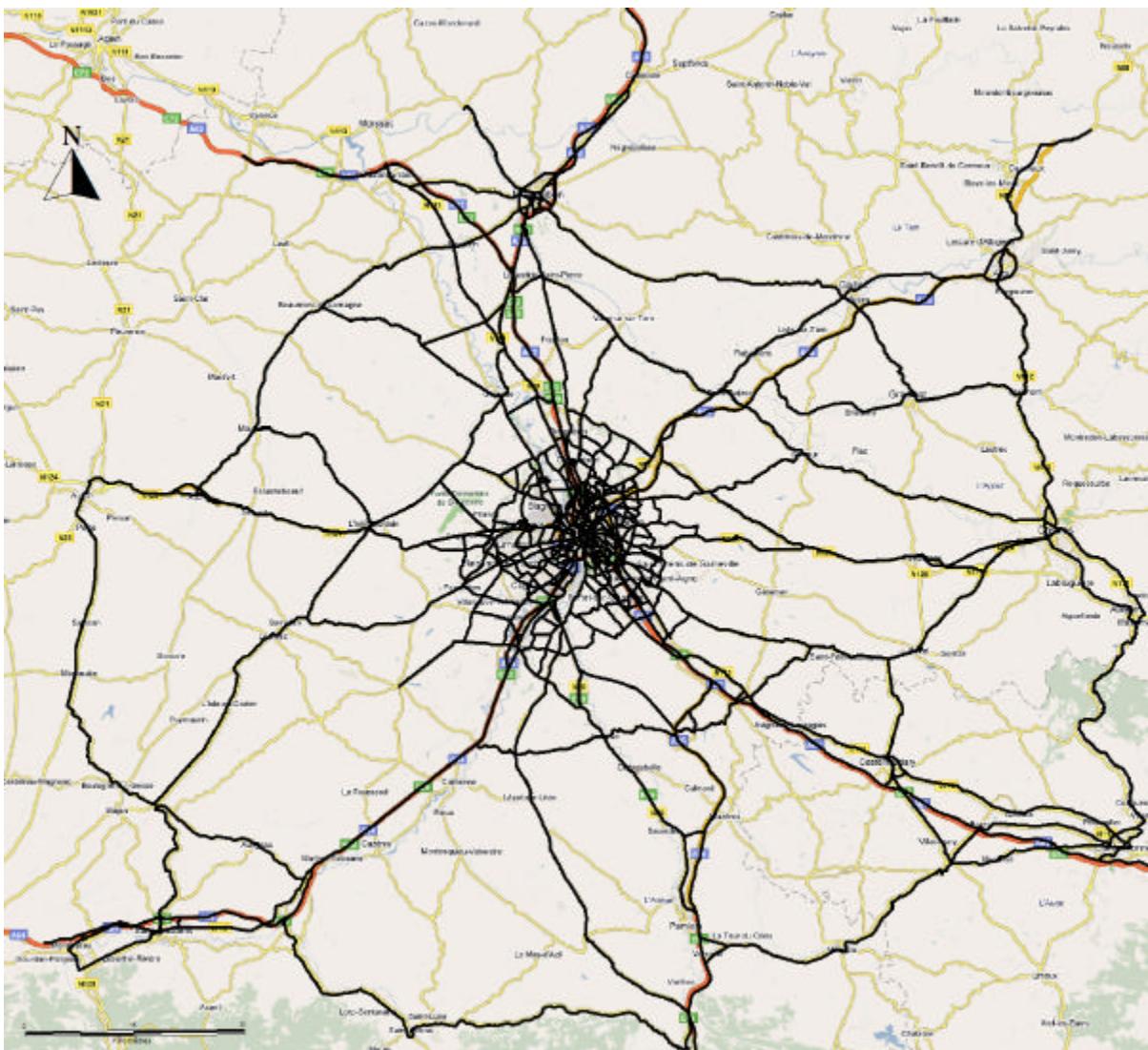
PRÉSENTATION DU SITE



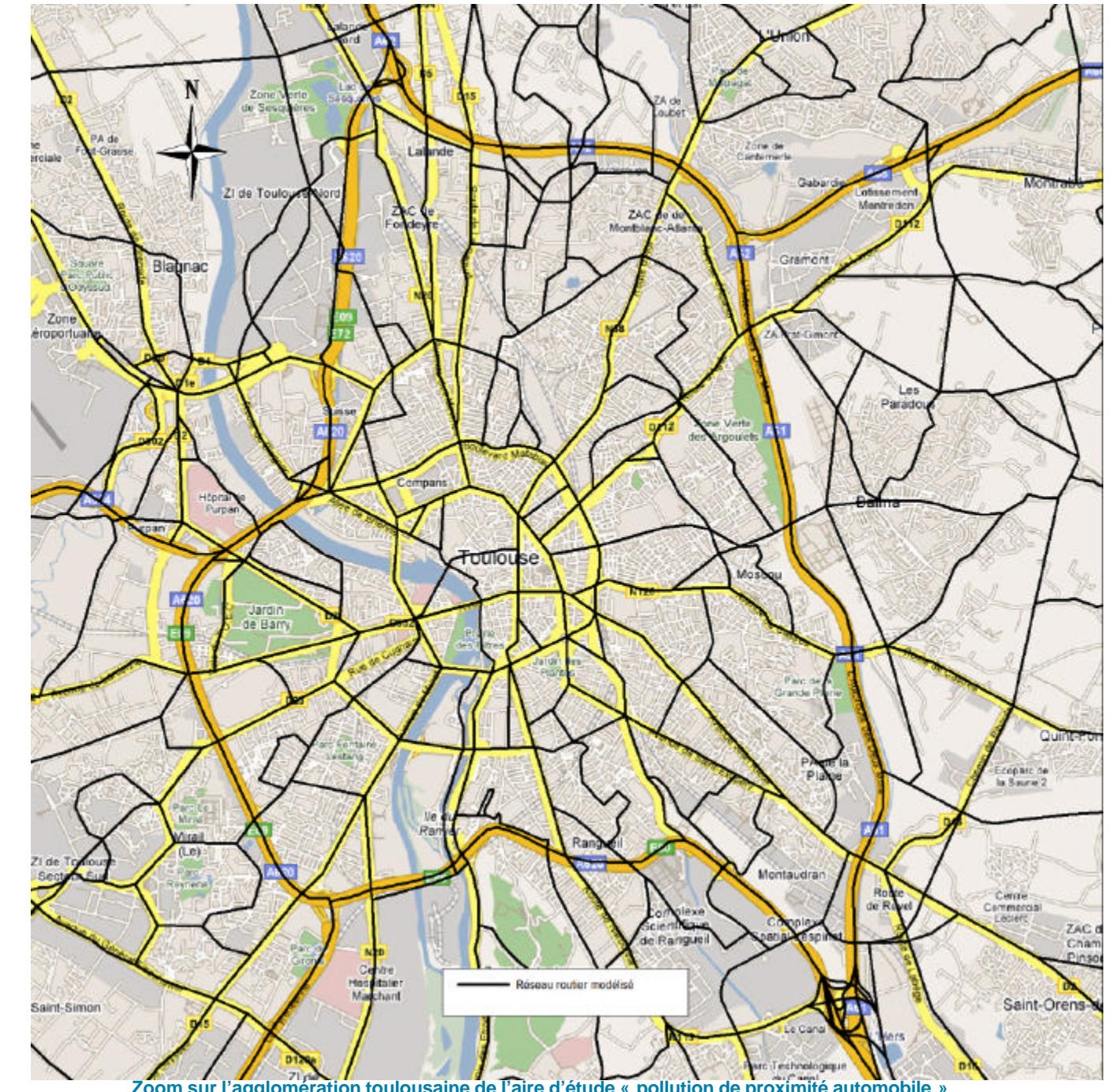
I. ZONE ETUDIEE

Comme décrit précédemment au cours de l'introduction, cette étude d'impact va tourner principalement autour de 3 zones d'étude :

I. A. ZONE D'ETUDE « POLLUTION DE PROXIMITE AUTOMOBILE »



Aire d'étude prise en compte dans le cadre de l'étude « pollution de proximité automobile »



Zoom sur l'agglomération toulousaine de l'aire d'étude « pollution de proximité automobile »

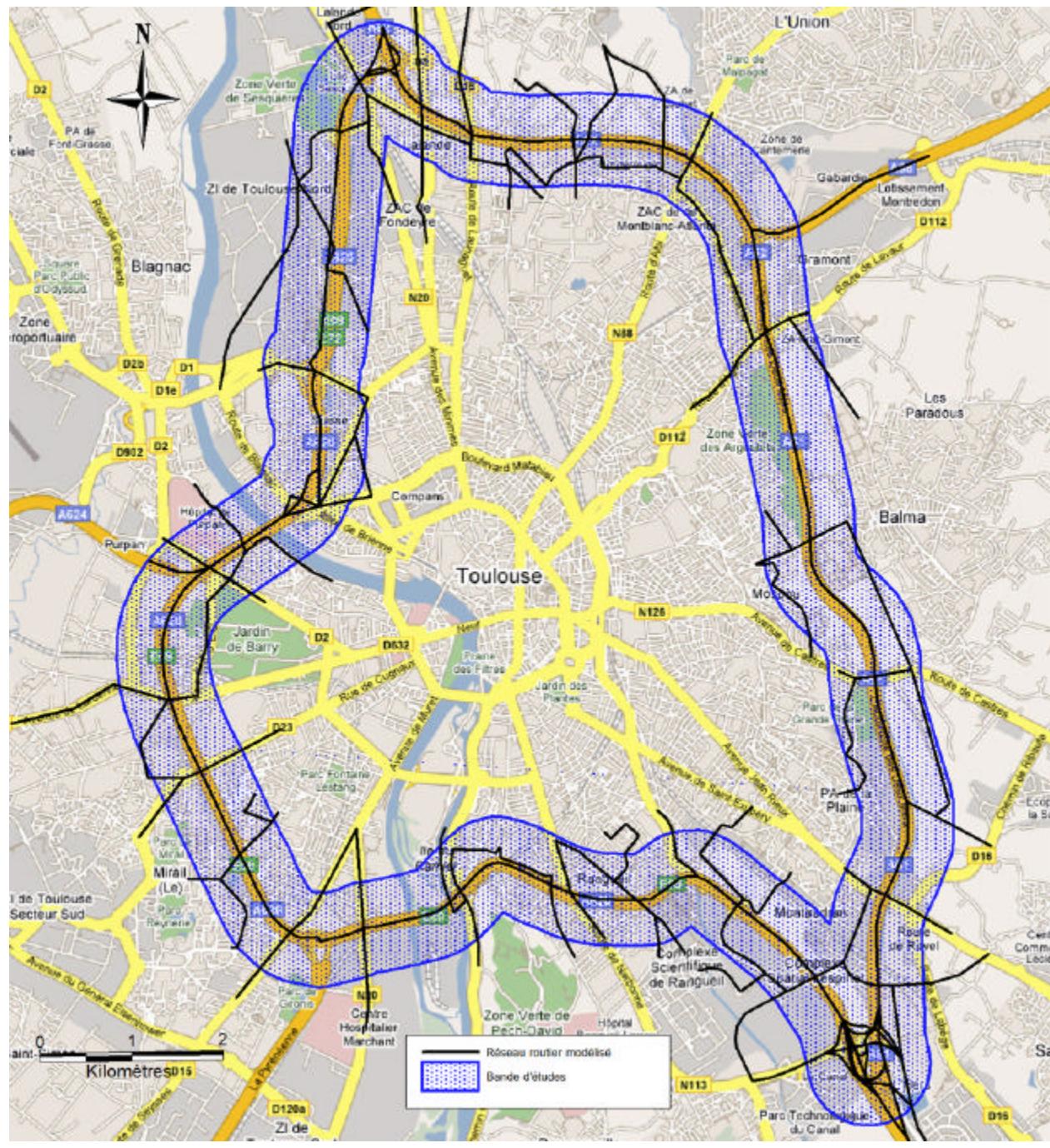
La **bande d'étude** considérée pour l'étude de « proximité automobile » se trouve à quelques mètres de part et d'autre de l'infrastructure routière afin de modéliser la concentration maximale des polluants au niveau de chaque axe routier.

I. B. ZONE D'ETUDE « GCAT »

La zone d'étude du « GCAT » n'est pas encore connue à ce jour vu qu'aucun tracé n'a encore été officiellement défini. Un tracé « fictif » d'un kilomètre sera étudié (avec le trafic réel projeté sur la voie) dans ce rapport. Une bande d'étude de 500m de part et d'autre de cet axe fictif sera considérée afin de modéliser la distance d'impact sur la qualité de l'air du GCAT.

La **bande d'étude** considérée pour l'étude de « périphérique » est de 500 mètres de part et d'autre de la rocade (voir figure précédente).

I. C. ZONE D'ETUDE « PERIPHERIQUE»





LES EMISSIONS DE POLLUANTS PAR LA CIRCULATION AUTOMOBILE

I. NATURE DES POLLUANTS

Les pollutions atmosphériques émises par le trafic automobile comprennent à la fois les **polluants directement issus de l'utilisation des véhicules**, appelés aussi **polluants primaires**, et les **polluants dérivés ou secondaires formés par réactions chimiques dans l'atmosphère** (comme l'ozone par exemple).

Les rejets gazeux proviennent essentiellement de **l'échappement**. Dans une moindre part, ils comprennent également les **gaz de carter**, les **vapeurs de carburants émanant du réservoir et du carburateur**, et les émissions causées par **l'usure des pneumatiques et des freins**.

Plus précisément, **les polluants émis par les véhicules roulant à l'essence** sont principalement :

- le **dioxyde de carbone** (CO_2), émis par la combustion de carburants fossiles ;
- le **monoxyde de carbone** (CO), qui résulte d'une combustion incomplète ;
- les **hydrocarbures** (HC) et les **composés organiques volatils** (COV), qui résultent d'une part d'une combustion incomplète, et d'autre part des vapeurs d'essence s'échappant du réservoir et du carburateur, et qui comprennent les hydrocarbures légers et les hydrocarbures aromatiques (tels que le benzène, composant usuel de l'essence) ;
- **les oxydes d'azote** (NOx), qui se forment à des températures de combustion élevées ;
- le **formaldéhyde** et **autres aldéhydes**, issus là encore d'une combustion incomplète des composés carbonés.

Les polluants émis par les véhicules roulant au diesel, qui forment environ la moitié du parc automobile neuf, comprennent essentiellement :

- du **dioxyde de carbone** (CO_2) ;
- du **monoxyde de carbone** (CO) et des **oxydes d'azote** (NOx), mais à des taux inférieurs à ceux des véhicules essence ;
- des **hydrocarbures** (HC), à des taux équivalents ou inférieurs à ceux des véhicules essence ;
- le **dioxyde de soufre** (SO_2), lié à la plus grande concentration en soufre dans le carburant diesel ;
- les **particules**, de taille inférieure à $2,5 \mu\text{m}$, qui sont formées de noyaux solides carbonés sur lesquels d'autres composés sont fixés, tels que les hydrocarbures imbrûlés, oxydés ou aromatiques ;
- le **formaldéhyde et autres aldéhydes**.

La **pollution atmosphérique provient** également, dans une moindre mesure, de **l'usure** des pneumatiques, garnitures de frein, disques d'embrayage et autres pièces métalliques, produisant des **particules de caoutchouc, de manganèse, de chrome, de cadmium,...**

LA POLLUTION DE L'AIR EN MIDI-PYRENEES

Il est important de rappeler que les polluants émis et pouvant avoir un effet sur la santé ne représentent au maximum que quelques pour-cent (de l'ordre de 2 à 4 %) de la totalité des gaz rejetés.

Constituants	Moteurs essence	Moteurs diesel
Proportions des principaux éléments		
Oxygène (O ₂)	1 - 17%	1 - 20%
Azote (N ₂)	75 - 80%	75 - 80%
Eau (H ₂ O)	12 - 14%	12 - 14%
Hydrogène (H ₂)	0 - 6%	0 - 2,5%
Monoxyde de carbone (CO)	0,2 - 10%	0 - 1%
Dioxyde de carbone (CO ₂)	0,7 - 15%	1 - 14%
Concentrations en certains polluants		
Oxyde d'azote (NO _x) ppm ⁽¹⁾	100 - 2 000	100 - 1 500
Anhydride sulfureux (SO ₂) ppm	0 - 80	100 - 200
Hydrocarbures (HC) ppm	100 - 1 000	0 - 500
Particules	0,2 - 3 mg par g d'essence	150 - 450 mg/m ³

(1) partie pour million - Source : SETRA - CSTR, 1992

Composition moyenne des gaz d'échappement des automobiles

II. LES TRANSPORTS ROUTIERS

II. A. EN FRANCE

Les transports par voie routière constituent le mode dominant (90%) que ce soit en terme de personnes et de marchandises transportées, que de nombre de déplacements. Utilisant un réseau routier extrêmement développé (national, départemental ou communal) innervant l'ensemble du territoire, le transport routier est un émetteur général de pollution sur l'ensemble du territoire. Il se concentre cependant sur les routes à fort trafic et dans les agglomérations.

Les grandes tendances d'évolution (jusqu'en 2010) d'émissions de polluants issus du transport routier, se caractérisent au travers de trois périodes :

- De 1950 à 1993, le parc de véhicules automobiles et les distances parcourues par chaque véhicule ont cru très rapidement jusque vers 1980, un peu plus lentement par la suite. L'indice de circulation (nombre de kilomètres parcourus) a été multiplié par environ 5 en 30 ans. La technologie des moteurs ayant relativement peu progressé malgré l'institution de contrôles antipollution, la pollution s'est donc accrue dans des proportions voisines de celles des kilomètres parcourus.
- Depuis 1993, l'entrée en vigueur de nouvelles normes pour les véhicules neufs a réduit leurs émissions d'un facteur de 10 pour les VL à essence, de 3 pour les VL diesel et de 2 pour les PL. Bien que la circulation ait continué à croître, à un taux plus faible que par le passé (environ

2,5%), le remplacement normal des véhicules anciens par de nouveaux véhicules moins polluants, laisse supposer une réduction de la pollution émise.

- Au cours des dernières années, malgré l'augmentation du parc automobile, les progrès technologiques réalisés sur les véhicules mais aussi dans la formulation des carburants ont permis de faire diminuer globalement en France les quantités de Pb, CO, COVNM et particules en suspension. Pour les oxydes d'azote, il n'est pas encore possible de mettre en évidence une tendance nette à la baisse. La baisse potentielle due à la part croissante de véhicules à essence catalysés a pu être compensée par l'augmentation du trafic, en particulier marchandises, des encombrements induisant une hausse des consommations en ville et du nombre de véhicules. Il y a une tendance globale à la diminution des quantités de polluants émis par le secteur transport qui devrait perdurer au cours des prochaines années par effet de renouvellement du parc automobile avec des véhicules plus propres (20% du parc sont responsables de 80% des émissions). Les améliorations technologiques sur les émissions unitaires entrent néanmoins en concurrence avec l'augmentation continue du parc automobile et du trafic. De plus, la demande croissante d'accessoires dans les véhicules tels les climatiseurs accroît la consommation et donc les émissions polluantes. C'est pourquoi les améliorations technologiques attendues ne devraient pas permettre à elles seules d'atteindre le respect des objectifs de qualité de l'air dans les plus grandes agglomérations européennes. Il faut donc s'attendre à un renforcement de la pression réglementaire à la fois sur les carburants et les performances des moteurs.

En revanche, dans tous les cas de figure, les émissions de CO₂ continueront de croître de manières très importantes car directement liées à la quantité de carburant consommé avec des conséquences sur l'effet de serre et le changement climatique.

II. B. EN MIDI-PYRENEES

Le tableau ci-après détaille, par polluant, les parts respectives, en pourcentage, des émissions de chacune des grandes sources de pollution atmosphérique en Midi-Pyrénées.

Polluant	SOURCES FIXES	TRANSPORTS			AGRICULTURE SYLVICULTURE	AUTRES
		Routiers	Non routiers	Total		
SO ₂	62,1%	31,8%	0,5%	32,3%	5,4%	0,2%
NO _x	15,7%	60,1%	0,9%	61%	23,2%	0,1%
COVMN ¹	29,4%	36,4%	1%	37,4%	30,1%	3,1%
CO	24,4%	62,6%	0,7%	63,3%	11,6%	0,7%
NH ₃	3,9%	0,3%	0%	0,3%	95,8%	0%
CO ₂	58,8%	33,7%	0,9%	34,6%	6,3%	0,3%

¹ : COVMN : Composés Organiques Volatils Non méthaniques.

Parts respectives des émissions de chacune des sources de pollution atmosphérique en Midi-Pyrénées (données issues du Plan Régional de la Qualité de l'Air – année 2000)

Il ressort de l'analyse sectorielle que :

- le poids des transports routiers est extrêmement important au niveau des émissions de NO_x et CO : ils représentent plus de 60% des quantités émises ; la pollution rejetée par les autres modes de transport reste très faible (inférieure à 1%, quel que soit le polluant concerné),
- au niveau des émissions de CO₂, plus d'1/3 sont émises par les transports routiers,
- Les COVMN proviennent pour un gros tiers des transports routiers.



LES MESURES DE QUALITE DE L'AIR EN MIDI-PYRENEES

L'ORAMIP est le **réseau de mesures, de surveillance et d'information sur la qualité de l'air en Midi-Pyrénées**.

L'ORAMIP, association loi 1901, est l'un des 40 organismes locaux agréés au titre du code de l'environnement pour la surveillance de la qualité de l'air et regroupés sous la charte commune du Réseau national "ATMO".

De vocation régionale, le réseau de l'ORAMIP couvre l'ensemble de Midi-Pyrénées, la plus grande région métropolitaine, avec ses 45 348 km², rassemblant 3 020 communes en huit départements (Ariège, Aveyron, Haute-Garonne, Gers, Lot, Hautes-Pyrénées, Tarn et Tarn et Garonne), et 2 548 600 habitants (recensement de population 1999 - INSEE).

Fin 2006, le réseau de mesure de qualité de l'air en Midi-Pyrénées comprend :

- 88 capteurs répartis dans 36 stations de mesures,
- 33 stations de mesures automatiques (hors stations météorologiques),
- 3 stations de mesures semi-automatiques (mesures du plomb),
- 6 mini stations météorologiques,
- 11 sites de mesures de retombées de poussières (3 réseaux de plaquettes et 8 réseaux de jauges),
- 1 station mobile lourde,
- 1 station mobile légère,
- 1 cabine portable.



Position des stations de surveillance de la qualité de l'air en Midi-Pyrénées.

L'emplacement des stations de mesure répond à un protocole élaboré au niveau national. Les sites de mesure sont répartis en 7 groupes :

- **station trafic.** L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du **niveau maximum d'exposition** auquel la population située **en proximité d'une infrastructure routière** est susceptible d'être exposée.

Les **polluants** mesurés sont uniquement ceux **d'origine automobile** : le **monoxyde de carbone** (CO), les **oxydes d'azote** (NO+NO₂), les **particules en suspension** (PS) et les **Benzène-Toluène-Xylène** (BTX).



Station trafic : Saint-Cyprien Toulouse

Toulouse (31), place St Cyprien (carrefour)
Toulouse (31), rue de Metz
Toulouse (31), rue Pargaminières
Toulouse (31), CCIT rue Alsace L.
Lourdes (65), Rue Paradis

- **station urbaine.** L'objectif de ces stations est le suivi du **niveau d'exposition moyen de la population** aux phénomènes de pollution atmosphérique dits de "fond" **dans les centres urbains**. Elles sont **situées** dans des **quartiers densément peuplés** (entre 3 000 et 4 000 habitants/km²) et **à distance de sources de pollution directes**.

On y mesure les teneurs en **particules en suspension** (PS), en **oxydes d'azote** (NO+NO₂), en **ozone** (O₃), en **dioxyde de soufre** (SO₂).



Station urbaine : Square Delmas, Albi

Albi (81), square Delmas
Castres (81), DOAS centre hospitalier
Tarbes (65), école Victor Hugo
Tarbes (65), école Paul Bert
Lourdes (65), collège Lappaca
Toulouse (31), Mazades
Toulouse (31), Ecole Maurice Jacquier
Toulouse (31), Lycée Berthelot
Toulouse (31), DOAS

- **station périurbaine.** L'objectif de ces stations est le suivi du **niveau d'exposition moyen de population** phénomènes de pollution atmosphérique dits de "fond" **à la périphérie du centre urbain**. Les polluants mesurés sont donc les **particules en suspension** (PS), en **oxydes d'azote** (NO+NO₂), en **ozone** (O₃), en **dioxyde de soufre** (SO₂)



Station périurbaine : Sicoval, Montgiscard

Albi (81), Cantebau
Balma (31), Arènes
Colomiers (31), av. Clément Ader
Sicoval (31), Montgiscard



Station rurale régionale : Gaudonville

Bélesta en Lauragais (31)
Gaudonville (32), Mairie

- **station industrielle.** L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur les concentrations représentatives du **niveau maximum de pollution** induit par des phénomènes de panache ou d'accumulation en **proximité d'une source industrielle**. Les **polluants mesurés** sont **l'hydrogène sulfuré (H₂S)** le **dioxyde de soufre (SO₂)**, les **oxydes d'azote (NO et NO₂)**, les **particules de diamètre inférieur à 10 µm** et le **plomb (Pb)**



Station industrielle : Miramont de Comminges

Miramont-de-comminges (31), mairie
St Gaudens (31), collège Didier Daurat
Toulouse (31), Pompage, ch. étroits
Toulouse (31), Bouloydrome
Toulouse (31), F. Faure
Toulouse (31), J. Ferry
Toulouse (31), Eisenhower
Toulouse (31), Chapitre



Station rurale nationale : Peyrusse-Vieille

Peyrusse Vieille (32), station du réseau MERA-EMEP

- **station rurale nationale :** Ces stations participent à la surveillance dans des zones rurales de la pollution atmosphérique dite "de fond", issue des transports de masses d'air à longue distance notamment transfrontaliers.

- **station rurale régionale.** Ces stations participent à la surveillance **de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de "fond"** notamment photochimique dans les **zones rurales**. Elles participent à la surveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire et notamment dans les zones très étendues à densité de population faible. Ces stations peuvent être sous l'influence d'émissions locales faibles mais ne perturbant pas la mesure de la pollution d'origine régionale notamment photochimique. Les polluants surveillés sont l'ozone (O₃), les oxydes d'azote (NOx).

En complément des stations fixes, un grand nombre **d'études ponctuelles** sont réalisées en Midi-Pyrénées, soit par **l'utilisation de moyens mobiles**, soit par **la mise en place de tubes échantillonneurs passifs**.

L'ORAMIP n'a jamais réalisé de mesures de la qualité de l'air aux abords de l'autoroute A61. Les **mesures les plus proches**, mesures de **monoxyde et dioxyde d'azote** ont été menées à Avignonnet Lauragais.

En 1998, l'ORAMIP en partenariat avec Météo France a mis en place une étude dont le but était une meilleure connaissance de l'impact des rejets (automobiles et industriels) de l'agglomération toulousaine sur les teneurs en ozone rencontrées en site rural non influencé par des émissions locales de polluants.

Compte tenu de la direction des deux vents dominants (vent de nord ouest peu canalisé et vent de sud est (le vent d'Autan) canalisé dans le couloir de la vallée du canal du Midi) et de la disposition des stations de surveillance de l'ozone gérées par l'ORAMIP sur l'agglomération toulousaine, l'installation de deux nouvelles stations fixes de mesure de l'ozone (l'une dans le nord ouest de Toulouse pour échantillonner en période de vent d'Autan, l'autre dans le sud est de Toulouse pour échantillonner les cas de vents de nord ouest) est apparue nécessaire afin de compléter la base de données existante.



La première station (station n°28 sous le vent de nord ouest) a été installée dans la gare désaffectée d'Avignonet Lauragais. Elle était dotée d'un analyseur d'ozone ainsi que d'un analyseur de monoxyde et de dioxyde d'azote. Ce dernier permettait de vérifier qu'il n'y avait pas de source de pollution pouvant influencer les concentrations en ozone à proximité de la station de surveillance. Les premières mesures ont été obtenues le 23 juin 1998.

La seconde station (station n°29 sous le vent d'Autan) a été installée dans le bâtiment de la Mairie de Gaudonville (Gers), les premières mesures effectives ont été enregistrées à partir du 16 juin 1998.

A la fin de l'été 1998, les premiers enseignements ont été tirés des premières données obtenues par ces deux stations de mesures. Il a été décidé que :

- La station gersoise de Gaudonville serait conservée car elle était bien représentative de la pollution par l'ozone en milieu rural placé sous les vents d'une agglomération,
- La station d'Avignonet Lauragais devait être déplacée car elle semblait subir l'influence de l'autoroute A61 située à environ 550 mètres à vol d'oiseau de la station.

Concentrations (en µg/m ³) mesurées à Avignonet Lauragais du 23 juin 1998 au 06 juillet 1999		
NO	NO ₂	O ₃
6	14	56

Un autre site, à l'écart de toute source de pollution (routes passantes, industrie) a donc été recherché. La station d'Avignonet Lauragais a ainsi finalement été arrêtée le 07 juillet 1999 et déménagée le 20 juillet 1999 dans l'ancien presbytère de Bélesta en Lauragais (station n°31).

Concentrations (en µg/m ³) mesurées à Saint-Félix en Lauragais du 20 juillet 1999 au 19 juillet 2000		
NO	NO ₂	O ₃
0	8	65

RAPPEL SOMMAIRE DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE

A l'heure actuelle, les effets sur la santé de la pollution atmosphérique commencent à être mieux connus par de nombreuses études menées au niveau international depuis les années 1990. **Il existe des éléments de connaissance indiquant que les niveaux actuels d'exposition aux polluants représentent un risque pour la santé, très étudiés à court terme.** Ces études mettent en évidence une corrélation entre pollution atmosphérique et indicateurs sanitaires.

Les risques individuels sont relativement faibles, mais, du fait de l'exposition à la pollution atmosphérique (population exposée très importante), d'une part, et de la fréquence élevée des pathologies concernées, d'autre part, les risques au niveau de l'ensemble de la population sont loin d'être négligeables.

En effet, les maladies qui pourraient être liées à la pollution atmosphérique extérieure, les maladies respiratoires, les allergies, les maladies cardiovasculaires et les cancers, sont responsables d'une mortalité et d'une morbidité importantes. De plus, en France, comme dans tous les pays industrialisés, on constate une augmentation notable du nombre de personnes allergiques et asthmatiques, depuis une vingtaine d'années, qui pourrait être expliquée par des facteurs environnementaux.

Toutefois, les données disponibles actuellement ne donnent pas une idée claire des relations spécifiques entre les polluants atmosphériques et les pathologies, particulièrement en ce qui concerne la relation quantitative entre l'exposition à un polluant et ses effets ainsi que les paramètres en cause.

En effet, l'atmosphère renferme un mélange complexe de polluants. Si la convergence de nombreuses études semble indiquer une influence de la pollution atmosphérique sur la santé, considérée dans son ensemble, les analyses épidémiologiques ne permettent pas toujours d'identifier précisément quels constituants ou caractéristiques sont les véritables déterminants de son impact. Ainsi chaque polluant est considéré comme un indicateur de pollution qui représente, à ce titre, éventuellement ses effets propres mais aussi ceux de polluants émis ou formés avec lui.

Dans ce contexte, les difficultés méthodologiques rencontrées portent sur la connaissance des éléments suivants :

- l'évaluation correcte de l'exposition (variabilité géographique et dans le temps),
- les effets de synergie,
- les périodes de latence,
- la présence de facteurs de confusion, comme la pollution à l'intérieur des locaux (chaque individu passant en moyenne 80 % de son temps à l'intérieur des locaux) et le tabagisme.

En l'état actuel des connaissances, les liens observés à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé, lors des études nationales ou internationales, donnent des indications précieuses, mais il faut être prudent quand il s'agit de transposer quantitativement les résultats obtenus par les études réalisées à d'autres niveaux de pollutions et à d'autres situations caractérisées par des sources de pollutions différentes, des facteurs environnementaux spécifiques ou des populations différentes par leurs modes de vie et leurs comportements.

I. EFFETS CONNUS DE CERTAINS POLLUANTS

Les effets sur la santé sont connus pour la pollution acidoparticulaire (particules en suspension et dioxyde de soufre), et photochimique (ozone), les produits cancérigènes et les allergènes.

Pour ce qui est de la **pollution acidoparticulaire et photochimique** :

- ces polluants **irritent l'appareil respiratoire** et **favorisent l'expression clinique de l'allergie ou de l'asthme** chez les personnes sensibles ;
- ils sont susceptibles de rendre plus allergisants les pollens.

Les **particules diesel** sont classées par le Centre Interprofessionnel de Recherche sur le Cancer "probablement cancérogène chez l'homme" et les émissions d'essence "potentiellement cancérogène pour l'homme".

Les **allergènes** déclenchent des **crises d'asthme** et des **allergies** ainsi que des **problèmes ophthalmologiques** (conjonctivites).

En l'état actuel des connaissances, les **mécanismes d'action** sont **évalués** sur la base **d'expositions à de fortes doses**, bien **supérieures aux expositions** constatées en pollution **atmosphérique ambiante** et doivent donc être utilisés avec précaution.

Nous décrivons ci-dessous brièvement les principales sources et l'impact sur la santé de certains polluants.

I. A. MONOXYDE DE CARBONE (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz inodore, incolore et inflammable. Il se forme lorsque la **combustion de matières organiques** (gaz, charbon, fioul ou bois, carburants) est **incomplète**, par suite d'une insuffisance d'oxygène. La **source principale** de monoxyde de carbone est le **trafic automobile**. Il est le polluant toxique le plus abondant dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles.

Il **pénètre** dans l'organisme **par les voies pulmonaires**. Il diffuse à travers la paroi alvéolaire et se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénéation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. Il entraîne des **maladies cardio-vasculaires, problèmes nerveux et/ou ophthalmologiques**.

A des taux importants, et à des doses répétées, il peut être à l'origine d'intoxication chronique avec céphalées, vertiges, asthénie, vomissements. En cas d'exposition très élevée et prolongée en milieu confiné, il peut être mortel ou laisser des séquelles neuropsychiques irréversibles.

I. B. DIOXYDE DE CARBONE OU GAZ CARBONIQUE (CO₂)

Il n'est considéré que depuis très récemment comme un polluant. La loi sur l'air (décembre 1996) l'a défini en tant que tel pour son implication dans **l'effet de serre**. Il est émis par toutes les activités de combustion de composés carbonés dont il est le produit final.

Les **activités de transport** représentent **40% des émissions globales de CO₂** (données CITEPA pour 1997) et prennent aujourd'hui une importance grandissante du fait de l'augmentation de la consommation en carburant.

En milieu confiné, des risques pour la santé apparaissent dans les **cas de concentration excessive** sous forme **d'asphyxie par dysfonctionnement des systèmes pulmonaire et respiratoire**. En milieu ouvert, ce problème ne se rencontre pas.

I. C. OXYDES D'AZOTE (NO_x) : MONOXYDE D'AZOTE (NO) ET DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

Les oxydes d'azote sont émis lors des **phénomènes de combustion**. Ils résultent de la combinaison, à haute température au moment de la combustion, entre l'azote présent dans l'air et l'oxygène disponible. Dans les gaz d'échappement, on les retrouve essentiellement sous la forme de monoxyde d'azote (NO) et



de dioxyde d'azote (NO_2), complétés par le **protoxyde d'azote** (N_2O) qui est un **gaz à effet de serre**, émis en très faibles quantités. Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du NO. Les sources principales sont **les véhicules** et les installations de combustion. 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 deux les européens prennent leur voiture pour faire moins de 3 km, une fois sur quatre, pour faire moins de 1 km et une fois sur huit, pour faire moins de 500 m ; or le pot catalytique n'a une action sur les émissions qu'à partir de 10 km.

Les risques pour la santé proviennent surtout du NO_2 (le seul à être concerné par les réglementations sur la qualité de l'air). **Gaz irritant**, le NO_2 pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une **altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité bronchique** chez l'asthmatique et, chez les enfants, augmenter la **sensibilité des bronches aux infections microbiennes**.

Toutefois, au vu des études épidémiologiques réalisées, des interrogations sont émises sur les effets propres de ce paramètre sur la santé. Il est pris en tant qu'indicateur de pollution automobile et de chimie atmosphérique.

I. D. COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

Ils constituent une famille de polluants d'une extrême diversité et d'une grande complexité. Ils sont composés d'une base d'atomes de carbone et d'hydrogène à laquelle peuvent venir se rajouter d'autres atomes et même des métaux.

Les **effets** sont **très divers** selon les polluants. Ils vont de la simple **gêne olfactive** à une **irritation** (aldéhydes), à une **diminution de la capacité respiratoire** jusqu'à des **risques d'effets mutagènes et cancérigènes** (benzène).

I. E. DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2)

Il s'agit du polluant le plus caractéristique des agglomérations industrialisées. Le dioxyde de soufre est issu de la **combustion des énergies fossiles contenant des impuretés soufrées** plus ou moins importantes : charbon, fioul.

Ses principales sources sont l'industrie, les chauffages individuels et collectifs. Le **trafic automobile** (les véhicules diesel) ne constitue qu'une **faible part des émissions totales** surtout depuis que le taux de soufre dans le gasoil est passé de 0,2% à 0,05%. Depuis la fin des années 1980, le développement de l'énergie électronucléaire, la régression du fuel lourd et du charbon, une bonne maîtrise des consommations énergétiques et la réduction de la teneur en soufre des combustibles (et carburants) ont permis la diminution des concentrations ambiantes en SO_2 en moyenne de plus de 50%.

Le dioxyde de soufre est un **gaz irritant**. Le mélange acido-particulaire peut, selon les concentrations des différents polluants, déclencher des **effets bronchospasmodiques** chez l'asthmatique, augmenter les **symptômes respiratoires aigus** chez l'adulte (toux, gêne respiratoire, excès de toux ou de crise d'asthme). Ce paramètre ne peut être dissocié de la pollution acidoparticulaire qui est un mélange complexe avec des effets de synergie non encore bien quantifiés.

I. F. PARTICULES

Ce terme regroupe **l'ensemble des substances solides de diamètre inférieur à 100 µm** et d'origines diverses. Celles de tailles inférieures à 10 µm, dites PM10, restent en suspension dans l'air, tandis que les autres se déposent à proximité du point d'émission, contribuant ainsi au phénomène d'encrassement des bâtiments.

Les particules issues des activités de transports proviennent des résidus de combustion des véhicules Diesel, de l'usure des pièces mécaniques (plaquettes de frein, disques d'embrayage, pneus,...) et des chaussées.

Les plus grosses sont stoppées par les voies respiratoires supérieures et rejetées. Les plus fines de type PM10 et plus petites, pénètrent profondément et restent bloquées au niveau alvéolaire. Inhalées en grande quantité, les particules, par **effet mécanique** pur (indépendant des éléments qu'elles transportent) peuvent générer des **troubles respiratoires**, des **irritations bronchiques** allant de la toux, à l'exacerbation de crise d'asthme et à une **mortalité précipitée** des personnes souffrant de pathologies respiratoires ou cardio-vasculaires et notamment par bronchoconstriction.

Aux effets mécaniques des particules, on peut rajouter les **effets induits** par les éléments qu'ils transportent (effets cancérogènes de certains hydrocarbures transportés et émis par les véhicules diesels).

I. G. METAUX LOURDS

Fixés sur les particules, ils sont également responsables de **troubles spécifiques** :

- le **plomb** est un **poison du système nerveux** (saturnisme). La fin de la vente du super plombé depuis le 1er janvier 2000 a conduit à une **réduction massive** (voire la disparition) **de ce polluant dans l'atmosphère urbaine en proximité de trafic automobile**, ce qui n'est pas vrai dans l'environnement d'une industrie émettrice de plomb ;
- le **cadmium** est également un des métaux considérés parmi les plus toxiques. Les **émissions dues aux transports** restent **faibles** et proviennent des additifs de lubrifiants à base de zinc (le cadmium étant l'impureté associée au zinc) et par usure des pneumatiques contenant des additifs au naphténate et octate de cadmium, comme stabilisants de caoutchouc ;
- le **zinc** est **moins nocif** que le cadmium. Au niveau routier, les émissions de zinc proviennent à la fois des automobiles (fuites de lubrifiants) et des équipements de sécurité (érosion des glissières de sécurité).

I. H. OZONE (O_3)

En milieu urbain, il n'est pas directement émis par les véhicules automobiles mais est créé lors **d'interactions entre les rayonnements ultraviolets solaires et des polluants primaires précurseurs** tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures et la famille des Composés Organiques Volatils (COV) **présents dans les gaz d'échappement**.

Cet ozone, créé par les activités humaines, s'ajoute à l'ozone naturel. Les concentrations en ozone dans l'atmosphère augmentent ainsi de 2% par an. L'ozone est un indicateur de pollution photochimique. Ses plus fortes concentrations se rencontrent lors de conditions de fort ensoleillement et de stagnation de l'air. Il se forme dans les zones polluées, puis est transporté. Dans les villes, à proximité des foyers de pollution, il est immédiatement détruit par interaction avec le monoxyde d'azote. Les pointes de pollution sont donc plus fréquentes en dehors des villes.

L'ozone est un **gaz agressif** à fort pouvoir oxydatif, peu soluble, il pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque des **irritations oculaires**, de la **toux** et une **altération pulmonaire** surtout chez les enfants et les asthmatiques. Les effets sont majorés par l'exercice physique et sont variables selon les individus.

RAPPEL SOMMAIRE DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT

A l'heure actuelle, il est admis que la **pollution atmosphérique a des effets sur les sols, les eaux de surface, la végétation et le bâti**.

Elle se constate sur les secteurs ou milieux suivants :

- **agriculture** : grandes cultures, maraîchage, arboriculture, jardinage, vigne, élevage, forêts de production et pépinières,
- **milieu naturel** : forêts de loisirs, parcs, jardins, arbres d'alignement, milieux aquatiques (eaux de surface, zones humides), faune (terrestre, aquatique, aérienne),
- **sols**,
- **patrimoine bâti** : monuments historiques et autres bâtiments,
- **matériaux divers** (ex : carrosserie de voitures).

Selon les polluants, on pourra constater des **pertes de rendement pour certaines cultures**, des **phénomènes de contamination, de corrosion...** Pour les bâtiments, selon les cas, on observera des **dépôts sur façades**, des **attaques pelliculaires** et parfois même la **dissolution des matériaux** dans des zones très exposées aux pluies.

Ces effets peuvent se caractériser de diverses manières : pourcentage de perte en matière de production végétale, fréquence et budgets de ravalement ou de restauration.

Dans les études actuelles, il apparaît la notion de "**charges critiques**" : on entend par là "**des seuils de contamination au-delà desquels des effets nocifs peuvent survenir sur des éléments sensibles de l'environnement**". Il demeure difficile de trouver des données quantifiées voir même des indicateurs. Il s'agit d'une problématique large et tout à fait internationale. Diverses études sont en cours à l'échelle européenne ; elles concernent notamment les effets de polluants atmosphériques sur les sols, les eaux de surface et la végétation de même que sur les matériaux de construction.

On constate visuellement une détérioration, liée notamment à la pollution, sur les bâtiments, selon la nature des matériaux. Toutefois, on ne dispose pas de données, à ce jour, permettant de préciser l'importance de l'impact de la pollution de l'air.

La pollution atmosphérique a **deux actions sur la flore** :

- une action à proximité des infrastructures routières,
- une action plus globale loin des sources ponctuelles, telle que la perte de rendement des cultures céréaliers (via l'ozone).

Nous présentons ci-dessous des éléments connus ou supposés concernant l'impact de certains polluants sur les différentes cibles.

I. LES RETOMBÉES ACIDES

Certains composés atmosphériques évoluent, par des phénomènes chimiques complexes **vers des formes acides** (notamment SO₂ vers l'acide sulfurique, NO₂ vers l'acide nitrique) : ce sont les retombées acides. Elles **ont diminué en Europe** mais sont inégalement réparties. "En France, le sud est mieux protégé en raison de la faiblesse des dépôts acides et de la relative protection par les retombées de poussières d'origine saharienne" IFEN - les données de l'environnement n° 34.

L'unité de mesure retenue pour les dépôts acides est l'équivalent acide (Aeq) basé sur la part en masse des ions H⁺ contenus dans les substances.

II. LES COV

Pour les COV (composés organiques volatils), la surface foliaire est un bio-accumulateur de ce type de produit. A tel point que l'INRA met au point des méthodes par bio-indicateur, pour estimer l'impact de ces pollutions aux abords d'autoroutes, d'aérodromes et de stations service (selon "l'environnement à l'INRA" 1995).

III. LES METAUX LOURDS

Dans le domaine des infrastructures routières interurbaines et périurbaines, **65 % des micropolluants métalliques émis par le trafic routier se dispersent à proximité de la route** et sont susceptibles de contaminer aussi bien les cultures que la faune, directement ou indirectement à travers l'alimentation. Cette action associée aux dépôts de la pollution particulaire, a des conséquences tant sur les plantes que sur l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Les polluants s'accumulent dans le sol au cours du temps, avec un risque ultérieur de restitution de cette pollution.

IV. L'OZONE

"Dans le cadre de la convention de Genève sur la pollution de l'air à longue distance, des valeurs d'exposition à l'ozone au-delà desquelles des effets peuvent se produire sur la végétation (niveaux critiques) ont été proposées".

En effet les dommages causés par une concentration excessive d'ozone sur la végétation se matérialisent par des perturbations du métabolisme et de la photosynthèse des plantes, des baisses de rendement des cultures, des nécroses foliaires. De très nombreuses cultures semblent touchées mais aussi la végétation "naturelle".

Les informations actuellement disponibles parlent de baisse de rendement pouvant se situer entre 5 et 15 % quand il s'agit des effets à long terme et pour les effets à court terme, de lésions sont visibles à partir d'épisodes de pollution sur 5 jours.



Métaux lourds	COV	Particules solides	Dépôts Azotés	Retombées acides	Pollution photochimique	CO
O	O	Plusieurs feuillaisons difficulté d'adaptations des jeunes				O
Végétation urbaine (parcs, arbres d'alignements)						
Forêts de production et de loisir, pépinières, horticultures	Non phytotoxiques	?	?			
Grandes cultures	très peu accumulatrices	Protégées par leur enveloppe	Protégées par leur enveloppe	Meilleure nutrition azotée	Perdées de rendement	O
Maraîchages arboricoles, jardins familiaux, fourrages	Accumulation sans phytotoxicité, mais contamination de la chaîne alimentaire			Meilleure Végétation nitrophile favorisée en proximité	Baisse de productivité Pas de nécroses ?	O
Végétation naturelle (dont zones humides)		Non phytotoxiques ?		En bord de route : hausse de la bioaccumulation des métaux lourds	?	O

O : aucun effet aux concentrations rencontrées, à l'état actuel des connaissances

? : effet supposé mais non étudié

Effets spécifiques des polluants sur les cibles retenues, pour les teneurs observées en Ile-de-France

Extrait du projet de Plan Régional de Qualité de l'air Ile-de-France juillet 1998

METHODOLOGIE

Le trafic routier sur l'aire d'étude « pollution de proximité automobile » a été modélisé par le CETE du Sud Ouest en fonction des 17 scénarios présentés en introduction.

Ces données correspondent à des trafics en heure de pointe du soir (HPS), ainsi que les vitesses en heures creuses et en heures de pointe, et la part de véhicules légers (VL) et de poids lourds (PL).

La réalisation de la modélisation des émissions à l'échappement et par évaporation a été menée à l'aide du logiciel Impact Ademe version 2, logiciel développé par l'Ademe qui adapte à la situation française la méthodologie européenne COPERTIII.

Les **facteurs d'émission** utilisés sont issus de la **méthodologie européenne du programme COPERT III** (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport ; version 2000) 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 III repose sur une **banque de données européenne** réunissant les résultats de mesures réalisées sur cycles réels, segmentées en classes technologiques.

Les données relatives au parc français de véhicules et à son évolution jusqu'en 2025 sont issues de travaux réalisés en 2003 par le Laboratoire Transports et Environnement de l'INRETS.

Le logiciel **IMPACT** permet de quantifier la consommation de carburant et les émissions de polluants liées à la circulation de véhicules, sur un tronçon de voie et pour une situation actuelle ou future, à partir de données simples et concrètes :

- année de simulation,
- longueur de voie,
- flux de véhicules,
- Type de véhicules (VL, PL, etc),
- vitesse de circulation.

Il fournit des données adaptées aussi bien à un contexte urbain qu'interurbain.

Les émissions ont donc été calculées suivant le trafic horaire des véhicules sur chacun des tronçons modélisés (soit près de 3000).

RESULTATS SUR LE DOMAINE D'ETUDE



Emissions des polluants indicateurs majeurs

		Consommation énergétique	CO2	CO	NOx	Particules	SO2	COV	benzene
		(tonnes/jour)				(kg/jour)			
2005		3 276	10 203	79,6	36,6	2 686	262	7 716	269
2020	Référence ("Fil de l'eau")	4 351	13 627	41,7	35,0	2 162	348	3 925	70
	GCAT 10 km	3/4 Est	4 330	13 564	41,5	34,9	2 191	346	3 853
		Est	4 345	13 610	41,7	35,0	2 186	348	3 885
		Ouest	4 328	13 555	41,4	34,9	2 180	346	3 853
	GCAT 15 km	3/4 Est	4 330	13 561	41,5	34,9	2 202	346	3 832
		Est	4 351	13 627	41,8	35,1	2 197	348	3 873
		Ouest	4 320	13 533	41,4	34,8	2 184	346	3 837
	GCAT 25 km	3/4 Est	4 343	13 602	41,8	35,0	2 214	347	3 846
		Est	4 358	13 651	41,9	35,1	2 206	349	3 880
		Ouest	4 331	13 566	41,5	34,9	2 183	346	3 860
2020	GCAT 35 km	3/4 Est	4 346	13 612	42,0	35,1	2 229	348	3 843
		Est	4 355	13 641	41,9	35,1	2 214	348	3 866
		Ouest	4 344	13 605	41,9	35,0	2 193	348	3 884
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	4 338	13 587	41,3	34,9	2 160	347	3 891
		Est	4 343	13 602	41,5	34,9	2 161	347	3 905
		Ouest	4 330	13 564	41,2	34,9	2 153	346	3 884
									70

Emissions des polluants indicateurs majeurs sur le domaine d'études

		Emissions des polluants métalliques						
		Plomb	Cadmium	Cuivre	Chrome	Nickel	Selenium	Zinc
		(g/jour)						
2005		2 711	33,9	5 570	159	224	33,9	3 277
2020	Référence ("Fil de l'eau")	2 111	36,4	7 401	215	312	36,4	4 343
	GCAT 10 km	3/4 Est	2 091	36,7	7 366	215	310	36,7
		Est	2 102	36,8	7 392	215	311	36,8
		Ouest	2 091	36,4	7 362	215	310	36,4
	GCAT 15 km	3/4 Est	2 090	36,9	7 365	215	310	36,9
		Est	2 105	36,9	7 401	216	311	36,9
		Ouest	2 088	36,2	7 350	214	309	36,2
	GCAT 25 km	3/4 Est	2 098	37,1	7 387	215	311	37,1
		Est	2 107	37,0	7 414	216	312	37,0
		Ouest	2 095	36,3	7 368	215	310	36,3
2020	GCAT 35 km	3/4 Est	2 102	37,6	7 392	216	311	37,6
		Est	2 105	37,2	7 409	216	312	37,2
		Ouest	2 109	36,7	7 389	215	311	36,7
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	2 097	36,0	7 379	215	311	36,0
		Est	2 103	36,1	7 387	215	311	36,1
		Ouest	2 093	35,7	7 366	214	310	35,7
								4 322

Emissions des polluants métalliques sur le domaine d'études

		Emissions des composés volatils				
		HAP	NMVOC	Acétaldéhyde	Acroléine	Formaldéhyde
		(kg/jour)				
2005		1,3	6 885	189	92,8	367
2020	Référence ("Fil de l'eau")	2,3	3 525	172	89,4	319
	GCAT 10 km	3/4 Est	2,3	3 450	168	87,5
		Est	2,3	3 483	169	88,3
		Ouest	2,3	3 452	168	87,5
	GCAT 15 km	3/4 Est	2,3	3 429	167	87,1
		Est	2,3	3 470	169	88,1
		Ouest	2,3	3 436	167	87,2
	GCAT 25 km	3/4 Est	2,3	3 441	168	87,4
		Est	2,3	3 475	169	88,2
		Ouest	2,3	3 459	168	87,7
Rocade 2x4 voies	GCAT 35 km	3/4 Est	2,3	3 438	168	87,4
		Est	2,3	3 462	169	87,9
		Ouest	2,3	3 482	170	88,5
		3/4 Est	2,3	3 491	170	88,4
		Est	2,3	3 505	170	88,8
		Ouest	2,3	3 484	169	88,2

Emissions des composés volatils sur le domaine d'études

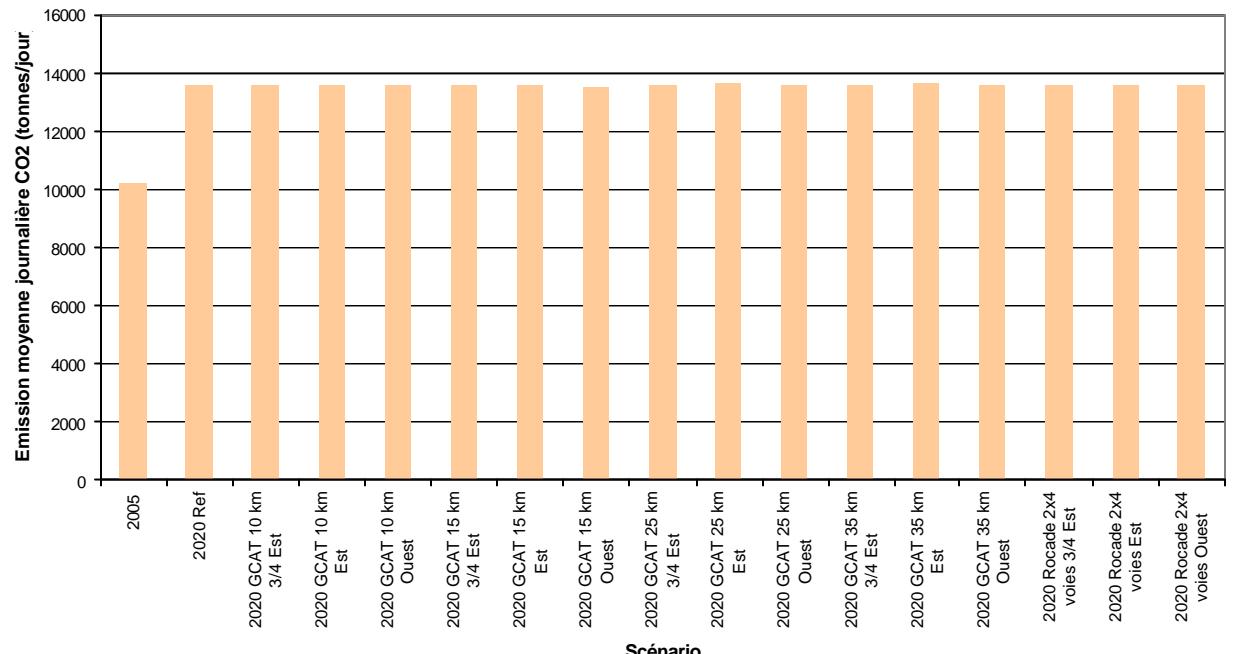
Bilan carbone sur le domaine d'études

Les tableaux ci dessus montrent :

- qu'entre 2005 et la situation de référence 2020 l'augmentation de la circulation prévue (en nombre de km parcourus) dans le domaine d'études devrait entraîner une augmentation de la consommation énergétique et des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) de l'ordre de 33%.
- Qu'entre la situation de référence 2020 et les autres scénarios prospectifs, les variations de consommation et d'émissions de CO₂ sont relativement faibles puisque le « meilleur » scénario en terme de bilan carbone (« GCAT 15km Ouest ») ne conduit qu'à une diminution de rejet de CO₂ de l'ordre de 0,7%.

Ceci est du au fait que les différents scénarios prospectent sur un déplacement du trafic dans le domaine et non à une réduction de celui-ci

Ainsi on peut remarquer que tous les scénarios prospectifs tendent à donner des émissions de CO₂ quasi-constantes.

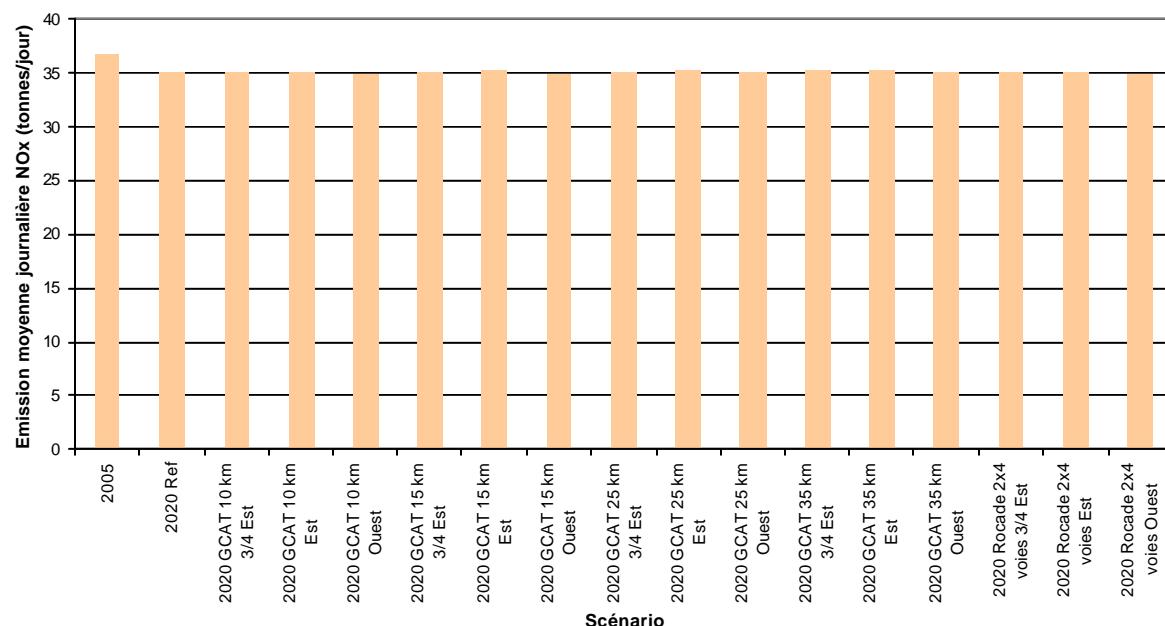


Comparaison des émissions totales de CO₂ sur le domaine d'études pour chaque scénario

Bilan sur les autres polluants

Les tableaux ci dessus montrent :

- Que vu les progrès attendus en matière d'émissions de polluants pour les véhicules d'ici à 2020, cette augmentation de trafic (et de consommation) ne devrait pas empêcher une diminution des émissions des principaux polluants réglementés entre 2005 et la situation de référence 2020.
- Les variations d'émissions totales de polluants sur l'ensemble du domaine d'études sont relativement faibles, en effet il s'agit ici plutôt d'un déplacement du trafic et donc des émissions, que d'une diminution du trafic en lui même.



Comparaison des émissions totales de NO_x sur le domaine d'études pour chaque scénario

RESULTATS SUR LE PERIPHERIQUE

Le but de ce « zoom » au niveau des inventaires d'émissions est de voir plus particulièrement l'impact des scénarios de transport sur les **émissions au niveau du périphérique** toulousain (qui est une des zones les plus polluées de l'agglomération toulousaine)

		Emissions des polluants indicateurs majeurs										
		Consommation énergétique			CO2	CO	NOx	Particules	SO2	COV	benzene	
		(tonnes/jour)			(kg/jour)							
2005		Référence ("Fil de l'eau")			206	643	3,5	2,4	159	16	384	13
		265			265	829	2,1	2,1	114	21	240	4
		Scénario GCAT 10 km			230	721	1,8	1,9	104	18	197	4
		Est	239	750	1,9	1,9	108	19	209	4		
		Ouest	240	753	1,8	1,9	105	19	208	4		
		Scénario GCAT 15 km			236	741	1,8	1,9	106	19	204	4
		Est	244	764	2,0	2,0	109	19	214	4		
		Ouest	245	767	1,9	2,0	106	20	214	4		
		Scénario GCAT 25 km			248	777	1,9	2,0	108	20	218	4
		Est	253	793	2,0	2,0	110	20	225	4		
		Ouest	253	792	2,0	2,0	109	20	224	4		
		Scénario GCAT 35 km			248	776	2,0	2,0	109	20	218	4
		Est	251	787	2,0	2,0	111	20	223	4		
		Ouest	258	808	2,0	2,1	111	21	231	4		
		Rocade 2x4 voies			263	824	1,9	2,1	117	21	220	4
		Est	264	828	2,0	2,1	117	21	228	4		
		Ouest	265	832	1,9	2,1	115	21	224	4		

Emissions des polluants indicateurs majeurs sur le périphérique



Emissions des polluant métalliques

	Plomb	Cadmium	Cuivre	Chrome	Nickel	Selenium	Zinc	
	(g/jour)							
2005	152	1,6	350	10	14	1,6	206	
Référence ("Fil de l'eau")	123	1,6	450	13	19	1,6	264	
	3/4 Est	105	1,3	391	11	17	1,3	229
	Est	111	1,4	407	12	17	1,4	239
	Ouest	109	1,3	408	12	17	1,3	240
Scénario GCAT 10 km	3/4 Est	109	1,3	402	12	17	1,3	236
	Est	114	1,4	415	12	18	1,4	243
	Ouest	111	1,3	416	12	18	1,3	244
	3/4 Est	113	1,4	421	12	18	1,4	247
Scénario GCAT 15 km	Est	116	1,5	430	13	18	1,5	252
	Ouest	116	1,4	430	13	18	1,4	252
	3/4 Est	114	1,5	421	12	18	1,5	247
	Est	117	1,5	427	13	18	1,5	250
Scénario GCAT 25 km	Ouest	118	1,5	438	13	19	1,5	257
	3/4 Est	116	1,4	447	13	19	1,4	262
	Est	120	1,5	449	13	19	1,5	264
	Ouest	115	1,3	451	13	19	1,3	265

Emissions des polluants métalliques sur le périphérique

Emissions des composés volatils

	HAP	NMVOC	Acétaldéhyde	Acroléine	Formaldéhyde
	(kg/jour)				
2005	0,1	341	11	5,1	21
Référence ("Fil de l'eau")	0,2	216	10	5,3	19
	3/4 Est	0,1	175	8	4,3
	Est	0,1	186	9	4,6
	Ouest	0,1	185	9	4,5
Scénario GCAT 10 km	3/4 Est	0,1	182	9	4,4
	Est	0,1	191	9	4,7
	Ouest	0,1	190	9	4,6
	3/4 Est	0,1	195	9	4,7
Scénario GCAT 15 km	Est	0,1	201	9	4,9
	Ouest	0,2	200	9	4,9
	3/4 Est	0,1	195	9	4,8
	Est	0,2	200	9	4,9
Scénario GCAT 25 km	Ouest	0,2	207	10	5,0
	3/4 Est	0,1	195	9	4,8
	Est	0,2	200	9	4,9
	Ouest	0,2	207	10	5,0
Scénario GCAT 35 km	3/4 Est	0,2	194	9	4,6
	Est	0,2	203	10	4,9
	Ouest	0,2	198	9	4,7
	3/4 Est	0,2	200	10	4,9
Rocade 2x4 voies	Est	0,2	203	10	4,9
	Ouest	0,2	198	9	4,7
	3/4 Est	0,2	200	10	4,9
	Est	0,2	203	10	4,9

Emissions des composés volatils sur le périphérique

Bilan carbone sur le périphérique

Comme pour l'ensemble du domaine d'études, les tableaux ci-dessous montrent que la consommation énergétique et les émissions de CO₂ devraient augmenter entre 2005 et la situation de référence 2020. Cependant les variations entre les différents scénarios prospectifs et la situation de référence sont beaucoup plus marquées que pour l'ensemble du domaine d'études.

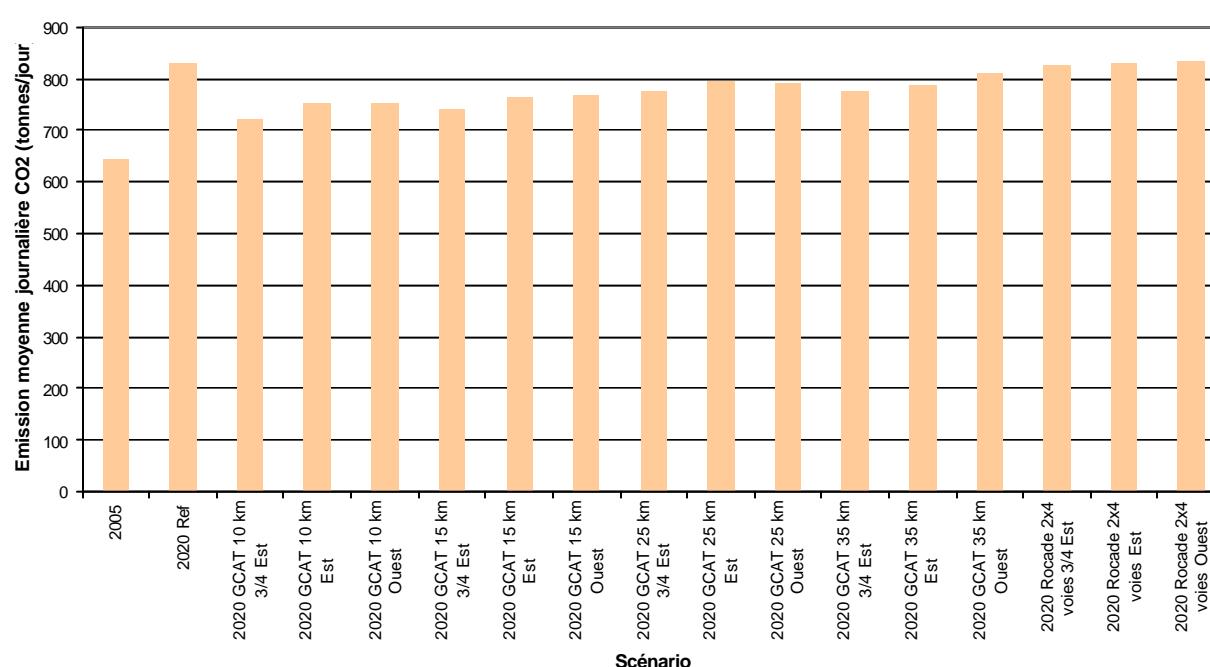
En effet :

- la présence d'un GCAT dévie une partie du trafic du périphérique et donc de ce fait, d'une part fluidifie la trafic sur celui-ci et d'autre part diminue le nombre de véhicules l'empruntant.

- Cet effet a tendance à s'estomper avec l'éloignement du GCAT par rapport au périphérique, qui rend le contournement moins attractif : plus le GCAT s'éloigne du périphérique et plus les émissions sur celui-ci augmentent et se rapprochent des émissions de la situation de référence.
- Le passage à 2x4 voies sur le périphérique a, quant à lui, un effet complètement inverse, en rendant celui-ci plus attractif et donc en augmentant le trafic l'empruntant. Ce qui se traduit par une augmentation des émissions de polluant sur le périphérique.

Par rapport au bilan carbone sur le périphérique, c'est le scénario GCAT 10km ¾ Est qui semble le meilleur avec une diminution des émissions de CO₂ de l'ordre de 13% par rapport à la situation de référence 2020.

A titre de comparaison d'après une étude ORAMIP, le passage de 110 à 90km/h sur le périphérique toulousain pendant l'été 2006 a permis d'économiser 10% d'émissions de CO₂.



Comparaison des émissions totales de CO₂ sur le périphérique pour chaque scénario

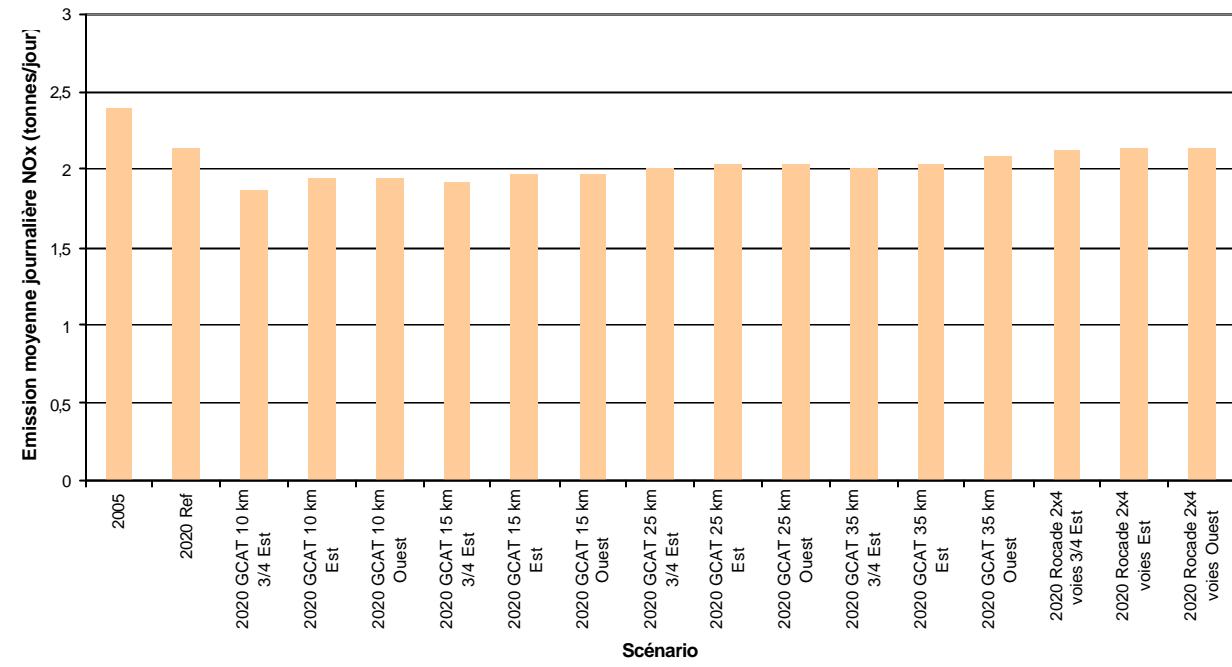
Bilan sur les autres polluants

Comme pour l'ensemble du domaine d'études, les tableaux ci-dessous montrent que les émissions de polluants devraient diminuer entre 2005 et la situation de référence 2020. Cependant les variations entre les différents scénarios prospectifs et la situation de référence sont beaucoup plus marquées que pour l'ensemble du domaine d'études.

En effet :

- la présence d'un GCAT dévie une partie du trafic du périphérique et donc de ce fait, d'une part fluidifie la trafic sur celui-ci et d'autre part diminue le nombre de véhicules l'empruntant.
- Cet effet a tendance à s'estomper avec l'éloignement du GCAT par rapport au périphérique, qui rend le contournement moins attractif : plus le GCAT s'éloigne du périphérique et plus les émissions sur celui-ci augmentent et se rapprochent des émissions de la situation de référence.
- Le passage à 2x4 voies sur le périphérique a, quant à lui, un effet complètement inverse, en rendant celui-ci plus attractif et donc en augmentant le trafic l'empruntant. Ce qui se traduit par une augmentation des émissions de polluant sur le périphérique.

Par rapport aux émissions des polluants réglementés sur le périphérique, c'est le scénario GCAT 10km ¾ Est qui semble le meilleur avec une diminution des émissions entre 9% et 18% (suivant les polluants) par rapport à la situation de référence 2020.



Comparaison des émissions totales de NO_x sur le périphérique pour chaque scénario



ANALYSE DES SENSIBILITES SUR LA BANDE D'ETUDE

L'aire d'étude est basée sur 296 communes de la région Midi Pyrénées pour une superficie de .6550 km². L'évolution de la population prévue à l'horizon 2020 nous a été fournie pour la DDE Haute Garonne

Population estimée de l'ensemble des communes		
2003	2010	2020
1 090 230	1 180 170	1 307 960

Evolution de la population des communes de l'aire d'études.

MODELISATION DES IMMISSIONS DE POLLUANTS

ETUDE « POLLUTION DE PROXIMITE AUTOMOBILE »

I. PRINCIPE DE LA METHODE

Afin de modéliser la pollution de proximité automobile pour les axes routiers pris en compte, le logiciel STREET a été utilisé. Ce logiciel nécessite en plus des émissions présentées précédemment de connaître les caractéristiques spatiales des rues à modéliser. Pour cela, nous avons donc utilisé la base de données qui avait été établie lors des études que l'ORAMIP avait effectuées dans le cadre du PDU de l'agglomération toulousaine. Les routes principales se trouvant en dehors de cette agglomération ont, quant à elles, été considérées comme des routes de « campagne » (sans effet canyon).

II. DONNEES DE SORTIE DU MODELE

A partir du cadastre d'émission réalisé, le logiciel « STREET » a permis l'obtention de [cartes d'estimation de distribution des concentrations](#) (exprimées en µg/m³) à proximité des axes routiers considérés pour :

- [Le monoxyde de carbone](#),
- [Le dioxyde d'azote](#),
- [Le benzène](#)
- [Les particules](#),
- [Le dioxyde de soufre](#),

L'estimation de ces polluants a été réalisée pour chacun des axes routiers considérés

III. RESULTATS

Enfin les résultats de la modélisation des concentrations de polluants sur les axes routiers retenus pour chaque situation envisagée ont été synthétisés à l'aide de l'utilisation de « points noirs ».

Un « point noir » est défini comme un axe routier sur lequel les concentrations de NO₂, de poussières PM10 et de benzène dépassent les valeurs limites réglementaires annuelles :

- « point noir potentiel » dépassement de moins de 40% des valeurs limites précitées associées avec le degré d'incertitude du modèle (+/-20%)
- « point noir moyen » dépassement entre 40% et 80% des valeurs limites
- « point noir critique » dépassement de plus de 80% des valeurs limites

		Points noirs potentiels	Points noirs moyens	Points noirs critiques	Total Points noirs	
		(km)				
2005		383	111	139	633	
2020	Référence ("Fil de l'eau")	265	86	137	488	
	GCAT 10 km	3/4 Est	241	83	134	458
		Est	236	86	135	457
		Ouest	253	82	133	468
	GCAT 15 km	3/4 Est	253	78	137	468
		Est	251	81	137	469
		Ouest	247	82	133	462
	GCAT 25 km	3/4 Est	271	79	137	487
		Est	270	81	137	488
		Ouest	254	81	134	469
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	246	84	135	465
		Est	247	82	138	467
		Ouest	253	82	140	475

Synthèses des points noirs rencontrés sur le domaine d'études par scénario

Le tableau précédent montre une relative constance des points noirs moyens et critiques qui se situent essentiellement sur la rocade, les autoroutes sortant de l'agglomération toulousaine et les grands boulevards de Toulouse.

Cette relative constance dans les points noirs entre les différents scénarios est due au peu d'impact (relatif) des diminutions attendues des émissions sur les axes «points noirs» (rocade, autoroutes, boulevards) du fait du GCAT. En effet comme nous le verrons dans le chapitre suivant les diminutions maximales modélisées sont de l'ordre de quelques $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soit quelques pourcents des teneurs en polluants concernés).

Le scénario le «meilleur» quant à la diminution du nombre de points noirs est le scénario «GCAT 10km ¾ Est»

Il faut aussi rappeler que le modèle utilisé dans cette étude est un modèle «statistique» qui a donc une marge d'erreur plus importante que les modèles utilisés dans les chapitres suivants. Il ne faut donc considérer ses résultats qu'en relatif les uns par rapport aux autres et non pas dans leur valeur absolue.



ANALYSE DES SENSIBILITES SUR LA BANDE D'ETUDE

La bande d'étude se trouve à 500m de part et d'autre du tracé du périphérique toulousain, ce qui représente une superficie totale de 32 km² répartie sur 4 communes (Balma, Launaguet, L'Union et Toulouse) et 201 zones d'habitation (zones pour lesquelles la densité de population est considérée comme constante). Ces zones d'habitation ont été dessinées à partir de photos aériennes.

Population estimée de l'ensemble des communes		
2003	2010	2020
74 440	79 740	92 020

Evolution de la population des communes de la bande d'études.

ETAT DES LIEUX DE LA QUALITE DE L'AIR A PROXIMITE DU PERIPHERIQUE TOULOUSAIN

ETUDE « PERIPHERIQUE TOULOUSAIN »

I. . PRESENTATION.

En 2004, la Direction Départementale de l'Equipement de la Haute Garonne DDE31 a sollicité l'ORAMIP pour l'installation et le fonctionnement d'un dispositif de surveillance de la qualité de l'air à proximité des **rocades Nord-Ouest et Sud de Toulouse**.

Une convention a été signée entre la DDE31 et l'ORAMIP dans le but de :

- Formaliser l'engagement de la DDE 31 à contribuer à l'installation et au fonctionnement du dispositif de surveillance de la qualité de l'air à proximité des rocades toulousaines,
- Définir les conditions de mise en œuvre de cet engagement entre la DDE31 et l'ORAMIP.

Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air a été installé aux abords :

- de la **rocade Nord-Ouest** à Toulouse du **1^{er} mars 2005** jusqu'au **02 novembre 2005**
- de la **rocade Sud** à Toulouse du **7 décembre 2005** au **17 mai 2006**
- de l'**A64** à Muret du **26 juin 2006** au **23 mars 2007**.

En parallèle des mesures réalisées à Muret, des mesures supplémentaires ont été demandées par la DDE à l'ORAMIP, sur le site même de Muret, et sur un site à Carbonne, aux abords de l'A64 également, **du 26 février au 21 mars 2007**. A Carbonne, c'est la station mobile légère de l'ORAMIP qui a été installée.

A partir de fin mars 2007, la cabine de mesures de l'ORAMIP sera déplacée à **Colomiers, le long de la RN124**, pour environ 6 mois de mesures. Un nouveau rapport de mesures en rendra compte début 2008.

Les concentrations relevées par la cabine de mesures aux abords des différentes rocades ont été comparées aux teneurs rencontrées par certaines stations appartenant au réseau fixe de surveillance de la qualité de l'air de l'agglomération toulousaine, ces **stations de référence de l'ORAMIP** ayant été choisies en fonction de leur typologie.

Les teneurs rencontrées ont également fait l'objet d'une mise en relation avec les directions du vent les plus fréquentes afin de réaliser des roses de pollution. Ces roses de pollution permettent de déterminer de quelles directions viennent les teneurs les plus élevées enregistrées.

Les résultats ont été comparés aux critères nationaux de qualité de l'air. Ces critères nationaux de qualité de l'air résultent du **décret n°2002-213, du 15 février 2002** relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.



II. RESULTATS.

Le rapport d'études fait état des teneurs relevées par le dispositif de mesures en **CO, NO et NO₂, PM10 non corrigées avant 2007, et corrigées à partir du 1^{er} janvier 2007 et BTEx**, ce qui a permis d'établir des «photographies» de la qualité de l'air pour les trois campagnes de mesures.

Compte tenu des résultats obtenus, les sites en bordure des rocades nord-ouest et sud ont été caractérisés comme étant de **typologie trafic**, le site de la **rocade sud** ayant été **le plus influencé** de tous. Le site en bordure d'**A64 à Muret**, de typologie trafic également, est **le moins influencé**, et les concentrations obtenues en différents polluants sont moins élevées.

Le **trafic** sur les rocades et l'A64 est nettement plus important qu'en proximité des stations trafic du centre ville, cependant la **topographie des sites** de la rocade nord-ouest et de l'A64 est plus aérée que celles des stations fixes ce qui permet une dispersion plus rapide des polluants. La topographie du site de la rocade sud est moins aérée que ceux de la rocade nord-ouest et de l'A64, mais l'influence du trafic et les concentrations obtenues restent plus importantes qu'en centre ville.

Ces trois campagnes de mesures ont porté respectivement sur 66%, 43% et 75% du temps. Après comparaison des teneurs mesurées sur chaque période par les stations fixes trafic toulousaines avec les moyennes annuelles de ces mêmes stations, nous avons estimé les concentrations annuelles qui auraient pu être mesurées en bordures des rocades et de l'A64.

Pour chacune des **trois périodes de mesures, les teneurs** obtenues en bordure des rocades toulousaines et de l'A64 à Muret ont été comparées aux seuils de la réglementation française :

- **valeur limite :**

- **respectée** pour le **monoxyde de carbone** et le **benzène** pour les trois campagnes,
- **dépassée** pour le **dioxyde d'azote** sur les rocades nord-ouest et sud, les mesures de l'A64 ont respecté cette réglementation.
- **dépassée** pour les **PM10 « non corrigées »** pour les teneurs de la rocade sud,
- **respectée** pour les **PM10 « non corrigées »** pour les teneurs de la rocade nord-ouest et de l'A64 à Muret en 2006,

- **objectif de qualité :**

- **valeur dépassée** pour le **benzène**, pour les mesures de la rocade sud, les mesures de la rocade nord-ouest et de l'A64 ont respecté cette réglementation.
- **valeur dépassée** pour le **dioxyde d'azote** pour les trois campagnes.
- **valeur dépassée** pour les **PM10 « non corrigées »** par les moyennes sur les rocades nord-ouest et sud, mais pas par celles de l'A64 à Muret en 2006.
- **valeur dépassée** pour les **PM10 « corrigées »** par les moyennes de l'A64 à Muret en 2007.

- **seuil horaire de recommandation et d'information à la population pour le NO₂:**

- Sur les rocades nord-ouest et sud les teneurs horaires ont été **supérieures au seuil horaire de recommandation et d'information**, sans qu'une procédure ait été déclenchée, car aucune station urbaine n'a dépassé ces seuils en même temps. Les mesures de l'A64 ont respecté cette réglementation.

MODELISATION DES IMMISSIONS DE POLLUANTS

I. PRINCIPE DE LA METHODE

Le modèle **ADMS-Roads** permet de **simuler la dispersion des polluants atmosphériques** issus d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéaires, 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 Gausien** 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-Roads est un **modèle gaussien statistique cartésien**. Le programme effectue les calculs de dispersion individuellement pour chacune des sources (ponctuelles, linéaires et surfaciques) et somme pour chaque espèce les contributions de toutes les sources de même type.

De plus, le logiciel ADMS-Roads intègre 2 types de module permettant **d'estimer les concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) à partir de celles d'oxydes d'azote (NO_x)** :

- un module de corrélation, basé sur la corrélation de Derwent et Middleton (1996, An empirical function for the ratio $\text{NO}_2 : \text{NO}_x$, Clean Air, 26, 57-60)
- un module de schéma chimique simplifié basé sur le schéma de Venkatram et al (1994, The development and application of a Simplified Ozone Modelling System. Atmospheric Environment 28, 3665-3678)

Les hypothèses de calcul de ce modèle sont les suivantes :

- La mesure du site est représentative de l'ensemble du domaine de calcul,
- La composante verticale du vent est négligeable devant la composante horizontale,
- Le régime permanent est instantanément atteint.

Ces hypothèses sont généralement majorantes et permettent une visualisation rapide des ordres de grandeur de la pollution sur des domaines de 1 à 50 km.

II. DONNEES D'ENTREE DU MODELE

Plusieurs types de données sont intégrés au modèle ADMS Roads.

II. A. LA TOPOGRAPHIE

La topographie n'a pas été intégré dans le logiciel ADMS Roads.

II. B. LA POLLUTION DE FOND

Modéliser les niveaux de pollution à l'intérieur du domaine étudié nécessite la connaissance de la pollution de fond (pollution rencontrée sur le site s'il n'y avait pas d'infrastructure routière). C'est un élément important pour la simulation puisqu'elle vient se rajouter à la pollution générée par le projet étudié. La pollution de fond englobe la pollution naturelle existante et la pollution générée par d'autres sources localisées.

Sur l'aire d'étude, nous pouvons considérer qu'excepté les infrastructures routières, les autres sources de pollution peuvent être négligées. En effet, il ne devrait pas y avoir d'industries émettrices de pollution dans la zone d'étude.

La pollution de fond correspond donc ici aux teneurs en polluants rencontrées en milieu rural hors de l'influence de sources de polluants.

Ces teneurs ont été fixées à partir des données mesurées par certaines stations de surveillance de la qualité de l'air du réseau ORAMIP. Ces teneurs « minimales » sont indiquées ci-dessous.

Polluant	Teneurs exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Monoxyde de carbone (CO)	200
Oxydes d'azote (NO_x)	17
Dioxyde d'azote (NO_2)	4

Benzène	0.5
Dioxyde de soufre (SO_2)	3
Particules PM10	18
Arsenic	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Cadmium	$0,8 \cdot 10^{-3}$
Nickel	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Plomb	$4 \cdot 10^{-3}$
Benzo(a)pyrène	$0,4 \cdot 10^{-3}$

Teneurs en polluants rencontrées en milieu rural hors de l'influence d'émetteurs.

Ces teneurs de fond ont été utilisées pour les deux états ; l'état initial et l'état futur. En effet, nous considérons que ces teneurs correspondent aux concentrations rencontrées « naturellement » dans l'environnement. Elles sont très faibles et ne devraient donc pas évoluer dans le temps.

II. C. LES EMISSIONS

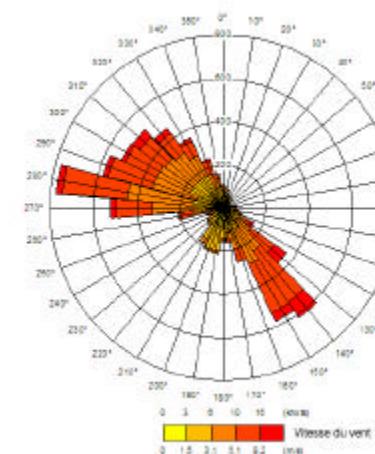
Les données concernant les émissions intégrées dans le logiciel ADMS Roads sont la localisation géographique des voies de circulation (ici hypothétique) et les quantités émises par espèce de polluants (calculées pour l'inventaire d'émission) exprimées en tonne par an.

II. D. LA MODELISATION DU NO_2

Le module de corrélation, basé sur la corrélation de Derwent et Middleton (1996) a été utilisée pour passer de la dispersion des oxydes d'azote (NO_x) à celle du dioxyde d'azote (NO_2).

II. E. LA METEOROLOGIE

Les modélisations ont été réalisées pour obtenir des concentrations moyennes annuelles. 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 les stations météorologiques de Toulouse (données Météo-France) pour l'année 2005.



Rose des vents pour la station de Toulouse.

III. DONNEES DE SORTIE DU MODELE

A partir du cadastre d'émission réalisé, le modèle «ADMS Roads » a permis l'obtention de **cartes d'estimation de distribution des concentrations** (exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) **dans l'atmosphère de la bande d'étude** des polluants réglementés suivants :

- **Le monoxyde de carbone,**
- **Les oxydes d'azote,**
- **Le benzène**
- **Les particules avec distinction des particules diesels,**
- **Le dioxyde de soufre,**
- **L'arsenic,**
- **Le cadmium,**
- **Le nickel,**
- **Le plomb,**
- **Le benzo(a)pyrène.**

IV. COMPARAISON MESURES/MODELE

Afin de valider le modèle, nous avons comparé les mesures des stations présentées dans le chapitre « Etat des lieux.. » avec les sorties du modèle pour l'année 2005.

Il est à noter que les mesures sont des mesures extrapolées à l'année à partir de données recueillies sur quelques mois.

		Rocade Nord Ouest	Modèle	Rocade Sud	Modèle
CO	Moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4	0.38	0.5	0.8
NO2		60	45	86	62
PM10		31	32	40	36
Benzène		2	1.5	2.5	2

Le tableau de comparaison entre les mesures sur les 2 stations «rocade» toulousaine et le modèle montre :

- une bonne corrélation mesures/modèle pour le monoxyde de carbone, les particules PM10 et le benzène
- une sous-estimation du modèle pour les concentrations en NO2 par rapport aux mesures

Dans l'ensemble on peut donc dire que le modèle et les hypothèses de fonctionnement utilisé donne des résultats cohérents avec les mesures, avec une légère sous-estimation pour le dioxyde d'azote

V. RESULTATS

Nous récapitulons dans le tableau ci-dessous les concentrations moyennes annuelles rencontrées en moyenne sur l'ensemble de la bande d'étude. Les concentrations indiquées pour toutes les situations envisagées correspondent à l'impact de l'infrastructure routière additionné du bruit de fond.

Polluant	Moyenne annuelle maximale estimée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Bruit de fond	Etat initial 2005	« Référence » 2020
Monoxyde de carbone - CO	200	1540	815
Oxydes d'azote - NOx	25	486	376
Dioxyde d'azote NO ₂	18	105	87
Benzène	0.5	5.5	1.4
Dioxyde de soufre – SO ₂	3.0	8	7
Particules	18	91	90
Arsenic	1.3e-3	2.8E-03	2.6E-03
Cadmium	0.8e-3	1.4E-03	1.4E-03
Nickel	2.4e-3	1.3E-02	1.2E-02
Plomb	4.0e-3	4.8E-02	3.2E-02
Benzo(a)pyrène	0.4e-3	1.8E-02	2.2E-02

Concentrations estimées les plus élevées rencontrées sur la bande d'étude entre la situation initiale 2005 et le scénario de référence « fil de l'eau » 2020.

La comparaison entre les concentrations moyennes annuelles maximales modélisées sur la bande d'études entre l"état initial 2005 et la situation de référence 2020 « fil de l'eau » montre que comme pour les émissions (ce qui est normal) malgré l'augmentation prévue du trafic routier, les concentrations de polluants dans l'air devraient diminuer. Cette tendance est donc quasiment exclusivement due à l'amélioration attendue des émissions des moteurs de véhicules associée à un fort renouvellement du parc roulant en 2020 par rapport à 2005.



Polluant	Moyenne annuelle maximale estimée (en µg/m ³)			
	« Référence 2020 »	Scénario 10km ¾ Est	Scénario 10km Est	Scénario 10km Ouest
Monoxyde de carbone - CO	815	800	806	814
Oxydes d'azote - NOx	376	371	383	351
Dioxyde d'azote NO ₂	87	86	88	82
Benzène	1.4	1.4	1.4	1.4
Dioxyde de soufre – SO ₂	7	6	7	6
Particules	90	88	89	83
Arsenic	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03
Cadmium	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03
Nickel	1.2E-02	1.1E-02	1.2E-02	1.2E-02
Plomb	3.2E-02	3.1E-02	3.1E-02	3.2E-02
Benzo(a)pyrène	2.2E-02	2.2E-02	2.2E-02	2.0E-02

Concentrations estimées les plus élevées rencontrées sur la bande d'étude .pour les scénarios GCAT 10km.

Polluant	Moyenne annuelle maximale estimée (en µg/m ³)			
	« Référence 2020 »	Scénario 15km ¾ Est	Scénario 15km Est	Scénario 15km Ouest
Monoxyde de carbone - CO	815	799	806	817
Oxydes d'azote - NOx	376	375	378	349
Dioxyde d'azote NO ₂	87	87	87	82
Benzène	1.4	1.4	1.4	1.4
Dioxyde de soufre – SO ₂	7	6	7	6
Particules	90	89	89	85
Arsenic	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03
Cadmium	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03
Nickel	1.2E-02	1.1E-02	1.2E-02	1.2E-02
Plomb	3.2E-02	3.1E-02	3.1E-02	3.2E-02
Benzo(a)pyrène	2.2E-02	2.2E-02	2.2E-02	2.1E-02

Concentrations estimées les plus élevées rencontrées sur la bande d'étude .pour les scénarios GCAT 15km.

Polluant	Moyenne annuelle maximale estimée (en µg/m ³)			
	« Référence 2020 »	Scénario 25km ¾ Est	Scénario 25km Est	Scénario 25km Ouest

Monoxyde de carbone - CO	815	814	817	817
Oxydes d'azote - NOx	376	374	383	359
Dioxyde d'azote NO ₂	87	86	88	84
Benzène	1.4	1.4	1.4	1.4
Dioxyde de soufre – SO ₂	7	6	7	6
Particules	90	89	90	87
Arsenic	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03
Cadmium	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03
Nickel	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02
Plomb	3.2E-02	3.2E-02	3.2E-02	3.2E-02
Benzo(a)pyrène	2.2E-02	2.2E-02	2.2E-02	2.2E-02

Concentrations estimées les plus élevées rencontrées sur la bande d'étude .pour les scénarios GCAT 25km.

Polluant	Moyenne annuelle maximale estimée (en µg/m ³)			
	« Référence 2020 »	Scénario 2x4 voies ¾ Est	Scénario 2x4 voies Est	Scénario 2x4 voies Ouest
Monoxyde de carbone - CO	815	799	812	815
Oxydes d'azote - NOx	376	373	381	384
Dioxyde d'azote NO ₂	87	86	88	88
Benzène	1.4	1.4	1.4	1.4
Dioxyde de soufre – SO ₂	7	6	7	7
Particules	90	89	89	95
Arsenic	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03	2.6E-03
Cadmium	1.4E-03	1.4E-03	1.4E-03	1.5E-03
Nickel	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02
Plomb	3.2E-02	3.1E-02	3.2E-02	3.2E-02
Benzo(a)pyrène	2.2E-02	2.2E-02	2.2E-02	2.3E-02

Concentrations estimées les plus élevées rencontrées sur la bande d'étude .pour les scénarios « passage à 2x4 voies de la rocade ».

La comparaison entre les concentrations moyennes annuelles maximales modélisées sur la bande d'études entre la situation de référence 2020 et les différents scénarios de GCAT ainsi que le passage à 2x4 voies de la rocade, montre que les variations sont relativement modestes : de l'ordre de quelques % par rapport à la situation de référence. De plus aucune tendance notable ne peut être dégagée de cette étude sur les concentrations moyennes maximales sur la bande d'études :

- La concentration minimale en monoxyde de carbone est trouvée pour le scénario « GCAT 15km ¾ Est »
- La concentration minimale en dioxyde d'azote est trouvée pour le scénario « GCAT 10km Ouest »

Ainsi il faut attendre sur les résultats croisés avec la population pour estimer quel est le meilleur scénario en termes de qualité de l'air.

VI. COMPARAISON A LA REGLEMENTATION

La réglementation française fixe des seuils de concentrations dans l'atmosphère pour les polluants suivants :

- Le monoxyde de carbone,
- Les oxydes d'azote
- Le dioxyde d'azote
- Le plomb
- Le dioxyde de soufre
- Le benzène
- Les particules

Ces seuils réglementaires sont des moyennes statistiques sur une année complète de mesures, basées sur des données horaires ou journalières. La comparaison des résultats des modélisations avec les seuils réglementaires s'avère donc délicate pour certains polluants.

En outre, une directive européenne en attente de transcription en droit français fixe une valeur cible pour le cadmium, le nickel, l'arsenic et le benzo(a)pyrène.

Les concentrations modélisées utilisées pour ces comparaisons sont les concentrations maximales de la bande d'études

VI. A. LES POLLUANTS GAZEUX

VI. A. 1. le monoxyde de carbone

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air N°2003-213 **du 15/02/02** (modifiant le décret N°98-360 du 06/05/98) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et sur l'environnement fixe la **valeur limite pour la protection de la santé humaine à 10 000 µg/m³ en moyenne glissante à ne pas dépasser sur 8 heures.**

Scénario	Moyenne annuelle (µg/m ³)	Variation / Référence	Max Moyenne sur 8h	Variation / Référence
			(µg/m ³)	
2005	1 540		5 349	
2020	Référence ("Fil de l'eau)	815	2 831	
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	799	-2.0%
		Est	812	-0.5%
		Ouest	815	-0.1%
	GCAT 10 km	3/4 Est	800	-1.9%
		Est	806	-1.1%
		Ouest	814	-0.2%
	GCAT 15 km	3/4 Est	799	-2.0%
		Est	806	-1.2%
		Ouest	817	0.1%
	GCAT 25 km	3/4 Est	814	-0.1%
		Est	817	0.2%
		Ouest	817	0.1%

Concentrations estimées pour le monoxyde de carbone.

Les teneurs en CO rencontrées **respectent la réglementation pour tous les scénarios modélisés**. Le scénario « GCAT 15km ¾ Est » semble être le meilleur en termes de monoxyde de carbone (pour le point de concentration maximum du domaine).

VI. A. 2. Les oxydes d'azote

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air **du 15/02/02** fixe la **Valeur limite pour la protection de la végétation à 30 µg/m³ en moyenne sur l'année civile** ;

Scénario	Moyenne annuelle (µg/m ³)	Variation / Référence		
2005	486			
2020	Référence ("Fil de l'eau)	376		
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	373	-0.9%
		Est	381	1.3%
		Ouest	384	2.1%
	GCAT 10 km	3/4 Est	371	-1.2%
		Est	383	1.9%
		Ouest	351	-6.7%
	GCAT 15 km	3/4 Est	375	-0.4%
		Est	378	0.4%
		Ouest	349	-7.2%
	GCAT 25 km	3/4 Est	374	-0.6%
		Est	383	1.8%
		Ouest	359	-4.6%

Concentrations estimées pour les oxydes d'azote.

La **valeur limite pour la protection de la végétation n'est respectée** par aucun des scénarios en leur point maximum. Le scénario « GCAT 15km Ouest » semble être le meilleur en termes d'oxydes d'azote (pour le point de concentration maximum du domaine).



VI. A. 3. Le dioxyde d'azote

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air N°2003-213 **du 15/02/02** (modifiant le décret N°98-360 du 06/05/98) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et sur l'environnement fixe les valeurs suivantes :

- **L'objectif de qualité** est de **40 µg/m³** en moyenne sur l'année civile ;
- la **valeur limite pour la protection de la santé humaine** est fixée à **50 µg/m³** en moyenne sur l'année pour 2005 et à **40 µg/m³** moyenne sur l'année pour 2010, sans dépasser 175 heures par année civile la moyenne horaire de 200 µg/m³ et 18 heures par année civile la moyenne horaire de 250 µg/m³.
- Le **Seuil d'information et de recommandation** et de **200 µg/m³** en moyenne sur 1 heure
- Le **Seuil d'alerte** est fixé à **400 µg/m³** en moyenne horaire ou 200 µg/m³ si la procédure d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un dépassement le lendemain.

Scénario	Moyenne annuelle	Variation / Référence	Centile horaire 98	Variation / Référence	Centile horaire 99.8	Variation / Référence	Maximum horaire	Variation / Référence		
	(µg/m ³)		(µg/m ³)		(µg/m ³)		(µg/m ³)			
2005	105		336		510		541			
2020	Référence ("Fil de l'eau")	87		269		408		428		
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	86	-0.6%	269	-0.2%	405	-1.0%	426	-0.4%
		Est	88	1.0%	276	2.6%	416	1.7%	436	1.9%
		Ouest	88	0.8%	285	5.9%	450	10.2%	456	6.5%
	GCAT 10 km	3/4 Est	86	-1.0%	262	-2.7%	393	-3.8%	419	-2.1%
		Est	88	1.3%	269	0.0%	407	-0.4%	432	0.9%
		Ouest	82	-5.5%	240	-10.9%	357	-12.7%	399	-6.8%
	GCAT 15 km	3/4 Est	87	-0.2%	271	0.8%	408	0.0%	430	0.5%
		Est	87	0.3%	273	1.4%	412	0.8%	433	1.1%
		Ouest	82	-5.1%	239	-11.4%	360	-11.8%	391	-8.7%
	GCAT 25 km	3/4 Est	86	-0.5%	267	-0.9%	403	-1.4%	423	-1.1%
		Est	88	1.2%	273	1.4%	412	1.0%	429	0.1%
		Ouest	84	-3.3%	253	-5.9%	385	-5.7%	402	-6.1%

Concentrations estimées pour le dioxyde d'azote.

Tous les seuils réglementaires sont dépassés pour tous les scénarios modélisés. Le scénario « GCAT 15km Ouest » semble être le meilleur en terme de dioxyde d'azote (pour le point de concentration maximum du domaine)

VI. A. 4. Le benzène

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air N°2003-213 **du 15/02/02** (modifiant le décret N°98-360 du 06/05/98) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et sur l'environnement fixe les valeurs suivantes :

- **L'objectif de qualité** est fixé à **2 µg/m³** en moyenne sur l'année civile,
- La **valeur limite pour la protection de la santé humaine** est fixée à **10 µg/m³** en moyenne sur l'année civile pour 2005 et à **5 µg/m³** en moyenne sur l'année civile pour 2010.

Scénario	Moyenne annuelle	Variation / Référence		
	(µg/m ³)			
2005	5.4			
2020	Référence ("Fil de l'eau")	1.4		
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est	1.4	-1.5%
		Est	1.4	-0.4%
		Ouest	1.4	-0.1%
	GCAT 10 km	3/4 Est	1.4	-1.4%
		Est	1.4	-0.9%
		Ouest	1.4	-0.4%
	GCAT 15 km	3/4 Est	1.4	-1.4%
		Est	1.4	-0.8%
		Ouest	1.4	0.0%
	GCAT 25 km	3/4 Est	1.4	-0.2%
		Est	1.4	0.2%
		Ouest	1.4	0.0%

Concentrations estimées pour le benzène.

Pour l'état initial 2005, la concentration maximale sur le domaine en benzène dépasse l'objectif de qualité mais reste inférieur à la valeur limite 2005.

Pour tous les autres scénarios, les **teneurs** rencontrées sont faibles **inférieures aux différentes réglementations** fixées pour la santé humaine. Le scénario rocade 2x4 voies ¾ Est semble être le meilleur pour le benzène (pour le point de concentration maximum du domaine)

VI. A. 5. Le dioxyde de soufre

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air N°2003-213 **du 15/02/02** (modifiant le décret N°98-360 du 06/05/98) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et sur l'environnement fixe les valeurs suivantes :

- **L'objectif de qualité** est fixé à **50 µg/m³** en moyenne sur l'année civile,
- La **valeur limite pour la protection des écosystèmes** est à **20 µg/m³** en moyenne sur l'année civile et à **20 µg/m³** en moyenne sur l'hiver du 1er octobre au 31 mars,
- La **valeur limite** en 2005 pour la protection de la santé humaine est fixée à **350 µg/m³** en moyenne horaire sur l'année civile, avec **24 heures de dépassement autorisées** et à **125 µg/m³** en moyenne journalière avec **3 jours de dépassement autorisés**,
- Le **seuil d'information et de recommandation** est de **300 µg/m³** en moyenne sur 1 heure,
- Le **seuil d'alerte** est de **500 µg/m³** en moyenne horaire dépassée pendant 3 heures consécutives.

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m³)	Variation / Référence	
2005		8		
2020	Référence ("Fil de l'eau)	7		
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est Est Ouest	6 7 7	-0.6% 0.6% 0.5%
	GCAT 10 km	3/4 Est Est Ouest	6 7 6	-0.9% 0.8% -5.2%
	GCAT 15 km	3/4 Est Est Ouest	6 7 6	-0.4% 0.0% -4.2%
	GCAT 25 km	3/4 Est Est Ouest	6 7 6	-0.4% 1.0% -2.7%

Concentrations estimées pour le dioxyde de soufre.

Les teneurs rencontrées sont très faibles nettement **inférieures aux différentes réglementations** fixés pour les écosystèmes ou la santé humaine.

En conclusion pour les polluants gazeux :

Au niveau des points de concentrations maximales de la bande d'étude de la rocade toulousaine, les seuils réglementaires pour la protection de la santé sont respectés en 2005 et 2020 pour la quasi-totalité des polluants gazeux (monoxyde de carbone, dioxyde de soufre et benzène). En revanche, pour le dioxyde d'azote tous les seuils réglementaires sont dépassés que ce soit en 2005 ou en 2020.

VI. B. LES POLLUANTS PARTICULAIRES

Comme précédemment, les concentrations modélisées utilisées pour ces comparaisons sont les concentrations maximales de la bande d'études qui se trouvent au croisement de l'A61 et le l'A9. (extrême Est de la bande d'étude)

VI. B. 1. particules de diamètre inférieur à 10 µm

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air N°2003-213 **du 15/02/02** (modifiant le décret N°98-360 du 06/05/98) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et sur l'environnement fixe les valeurs suivantes :

- **L'objectif de qualité** est fixé à **30 µg/m³ en moyenne sur l'année civile**,
- **La valeur limite pour la protection de la santé humaine** est de **40 µg/m³ à partir de 2005**, sans dépasser plus de 35 jours dans l'année la moyenne journalière de 50 µg/m³.

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m³)	Variation / Référence	Centile horaire 90.4 (µg/m³)	Variation / Référence	
2005		91		161		
2020	Référence ("Fil de l'eau)	90		157		
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est Est Ouest	89 89 95	-1.6% -0.9% 5.4%	156 158 169	-0.8% 0.3% 7.1%
	GCAT 10 km	3/4 Est Est Ouest	88 89 83	-2.2% -0.9% -8.1%	155 157 143	-1.8% 0.0% -9.0%
	GCAT 15 km	3/4 Est Est Ouest	89 89 85	-1.1% -0.6% -5.5%	156 157 149	-0.7% -0.3% -5.0%
	GCAT 25 km	3/4 Est Est Ouest	89 90 87	-1.6% -0.3% -3.6%	157 159 152	-0.5% 0.8% -3.2%

Concentrations maximales estimées pour les particules dans l'aire d 'étude.

Les teneurs rencontrées en 2005 et en 2020 sont **supérieures à l'objectif de qualité** et à la **valeur limite**. Ces teneurs élevées sont en très grande partie dues à la prise en compte du réenvol de particules lors du passage des véhicules sur les infrastructures routières, la quantité de particules remises en suspension étant directement proportionnelle au nombre de véhicules en circulation. Le scénario « GCAT 10km Ouest » semble être le meilleur en terme de PM10 (pour le point de concentration maximum du domaine)

VI. B. 2. Le plomb

Le **Décret d'application** de la Loi sur l'air N°2003-213 **du 15/02/02** (modifiant le décret N°98-360 du 06/05/98) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et à ses effets sur la santé et sur l'environnement fixe les valeurs suivantes :

- **L'objectif de qualité** est fixé à **0,25 µg/m³ en moyenne sur l'année civile**,
- **La valeur limite** est fixée à **0,5 µg/m³ en moyenne sur l'année civile**.

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m³)	Variation / Référence	
2005		4.8E-02		
2020	Référence ("Fil de l'eau)	3.2E-02		
	Rocade 2x4 voies	3/4 Est Est Ouest	3.1E-02 3.2E-02 3.2E-02	-2.2% -0.5% -0.4%
	GCAT 10 km	3/4 Est Est Ouest	3.1E-02 3.1E-02 3.2E-02	-2.2% -1.4% -0.6%
	GCAT 15 km	3/4 Est Est Ouest	3.1E-02 3.1E-02 3.2E-02	-2.3% -1.3% 0.0%
	GCAT 25 km	3/4 Est Est Ouest	3.2E-02 3.2E-02 3.2E-02	-0.3% 0.2% 0.0%

Concentrations maximales estimées pour le plomb dans l'aire d 'étude.



Les teneurs rencontrées en 2005 et pour tous les scénarios en 2020 respectent l'objectif de qualité. Le scénario « GCAT 15km ¾ Est » semble être le meilleur en terme de plomb (pour le point de concentration maximum du domaine).

VI. B. 3. Le cadmium

La Directive européenne n°2004/107/CE du 15/12/2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques fixe une valeur cible de **5.10⁻³ µg/m³ en moyenne annuelle** pour le **cadmium** (contenu total de la fraction PM10).

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m ³)	Variation / Référence
2005		1.4E-03	
2020	Référence ("Fil de l'eau)	1.4E-03	
	3/4 Est	1.4E-03	-0.8%
	Est	1.4E-03	-0.2%
	Ouest	1.5E-03	0.7%
	3/4 Est	1.4E-03	-0.7%
	GCAT 10 km	1.4E-03	-0.3%
	Est	1.4E-03	0.3%
	Ouest	1.4E-03	-0.8%
	3/4 Est	1.4E-03	-0.5%
	GCAT 15 km	1.4E-03	0.2%
2025	3/4 Est	1.4E-03	0.1%
	GCAT 25 km	1.4E-03	0.2%
	Est	1.4E-03	0.2%
	Ouest	1.4E-03	0.2%
	3/4 Est	1.4E-03	0.2%
	GCAT 25 km	1.4E-03	0.1%
	Est	1.4E-03	0.1%
	Ouest	1.4E-03	0.1%
	3/4 Est	1.4E-03	0.0%
	GCAT 25 km	1.4E-03	0.0%

Concentrations maximales estimées pour le cadmium dans l'aire d'étude.

Les teneurs rencontrées en 2005 et pour tous les scénarios en 2020 respectent la valeur cible. Le scénario « GCAT 15km ¾ Est » semble être le meilleur en terme de cadmium (pour le point de concentration maximum du domaine).

VI. B. 4. Le nickel

La Directive européenne n°2004/107/CE du 15/12/2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques fixe une valeur cible de **20.10⁻³ µg/m³ en moyenne annuelle** pour le **nickel** (contenu total de la fraction PM10).

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m ³)	Variation / Référence
2005		1.3E-02	
2020	Référence ("Fil de l'eau)	1.2E-02	
	3/4 Est	1.2E-02	-0.7%
	Est	1.2E-02	-0.2%
	Ouest	1.2E-02	0.7%
	3/4 Est	1.1E-02	-0.9%
	GCAT 10 km	1.2E-02	-0.5%
	Est	1.2E-02	0.4%
	Ouest	1.2E-02	-0.9%
	3/4 Est	1.1E-02	-0.4%
	GCAT 15 km	1.2E-02	0.2%
2025	3/4 Est	1.2E-02	0.0%
	GCAT 25 km	1.2E-02	0.0%
	Est	1.2E-02	0.0%
	Ouest	1.2E-02	0.2%
	3/4 Est	1.2E-02	0.0%
	GCAT 25 km	1.2E-02	-0.8%
	Est	1.2E-02	0.1%
	Ouest	1.2E-02	0.2%
	3/4 Est	1.2E-02	0.0%
	GCAT 25 km	1.2E-02	0.0%

Concentrations maximales estimées pour le nickel dans l'aire d'étude.

Les teneurs rencontrées en 2005 et pour tous les scénarios en 2020 respectent la valeur cible. Le scénario « GCAT 15km ¾ Est » semble être le meilleur en terme de nickel (pour le point de concentration maximum du domaine).

VI. B. 5. L'arsenic

La Directive européenne n°2004/107/CE du 15/12/2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques fixe une valeur cible de **6.10⁻³ µg/m³ en moyenne annuelle** pour l'**arsenic** (contenu total de la fraction PM10).

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m ³)	Variation / Référence
2005		2.8E-03	
2020	Référence ("Fil de l'eau)	2.6E-03	
	3/4 Est	2.6E-03	0.2%
	Est	2.6E-03	0.1%
	Ouest	2.6E-03	0.2%
	3/4 Est	2.6E-03	0.2%
	GCAT 10 km	2.6E-03	0.2%
	Est	2.6E-03	0.1%
	Ouest	2.6E-03	0.1%
	3/4 Est	2.6E-03	0.2%
	GCAT 15 km	2.6E-03	0.1%
2025	3/4 Est	2.6E-03	0.1%
	GCAT 25 km	2.6E-03	0.1%
	Est	2.6E-03	0.1%
	Ouest	2.6E-03	0.0%
	3/4 Est	2.6E-03	0.1%
	GCAT 25 km	2.6E-03	0.0%
	Est	2.6E-03	0.1%
	Ouest	2.6E-03	0.0%
	3/4 Est	2.6E-03	0.1%
	GCAT 25 km	2.6E-03	0.0%

Concentrations maximales estimées pour l'arsenic dans l'aire d'étude.

Les teneurs rencontrées en 2005 et pour tous les scénarios en 2020 respectent la valeur cible. Le scénario « GCAT 15km ¾ Est » semble être le meilleur en terme d'arsenic (pour le point de concentration maximum du domaine).

VI. B. 6. Le benzo(a)pyrène

La Directive européenne n°2004/107/CE du 15/12/2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques fixe une valeur cible de **1.10⁻³ µg/m³ en moyenne annuelle** pour le **benzo(a)pyrène** (contenu total de la fraction PM10).

Scénario		Moyenne annuelle (µg/m ³)	Variation / Référence
2005		1.8E-02	
2020	Référence ("Fil de l'eau)	2.2E-02	
	3/4 Est	2.2E-02	-1.3%
	Est	2.2E-02	-0.3%
	Ouest	2.3E-02	5.3%
	3/4 Est	2.2E-02	-0.9%
	GCAT 10 km	2.2E-02	-0.9%
	Est	2.2E-02	0.0%
	Ouest	2.0E-02	-8.4%
	3/4 Est	2.2E-02	-0.8%
	GCAT 15 km	2.2E-02	0.0%
2025	3/4 Est	2.2E-02	-0.8%
	GCAT 25 km	2.2E-02	-0.3%
	Est	2.2E-02	0.1%
	Ouest	2.2E-02	-2.5%
	3/4 Est	2.2E-02	-0.3%
	GCAT 25 km	2.2E-02	0.0%
	Est	2.2E-02	0.1%
	Ouest	2.2E-02	-2.5%
	3/4 Est	2.2E-02	-0.3%
	GCAT 25 km	2.2E-02	0.0%

Concentrations maximales estimées pour le benzo(a)pyrène dans l'aire d'étude.

Les teneurs rencontrées en 2005 et pour tous les scénarios en 2020 ne respectent pas la valeur cible. Le scénario «GCAT 10km Ouest» semble être le meilleur en terme de BaP (pour le point de concentration maximum du domaine).

En conclusion pour les polluants particulaires :

Pour toutes les situations, les concentrations en particules maximales estimées (émission à l'échappement + émission des équipements des véhicules + réenvol des particules) sont supérieures à la valeur limite fixée par la réglementation, du fait de la part importante du réenvol dans les concentrations en particules estimées (liées au nombre de véhicules en circulation).

Les teneurs en plomb, cadmium, nickel et arsenic respectent la réglementation en 2005 et pour tous les scénarios 2020. Les teneurs en benzo(a)pyrène ne respectent pas la réglementation en 2005 et pour tous les scénarios 2020.

VI. C. CONCLUSION SUR LA COMPARAISON A LA REGLEMENTATION

Les concentrations issues du modèle utilisé pour ces comparaisons sont les concentrations maximales de la bande d'études qui se trouvent au Nord de la bande d'études au croisement entre la rocade et l'autoroute A62

Pour certains polluants gazeux (dioxyde d'azote) et particulaires (particules de diamètre inférieur à 10 µm, et benzo-a-pyrène), les concentrations maximales estimées sont supérieures à la réglementation existante. Nous rappelons cependant que ces teneurs ont été estimées au plus près de la rocade, où il n'y a pas d'habitations. Seuls les usagers de l'autoroute sont soumis à ces concentrations sur un pas de temps qui est très nettement inférieur à l'année (pas de temps fixé par les réglementations).

Quant au « meilleur » des scénarios pour les concentrations maximales issus du modèle nous avons vu qu'il était fluctuant en fonction du polluant considéré.

Si on ne s'intéresse qu'aux polluants ne respectant pas les réglementations en vigueur : les « meilleurs scénarios » semblent être les « GCAT 10km Ouest » et « GCAT 15km Ouest ». Cependant cette comparaison n'est valable que pour les points de concentrations maximales sur le domaine d'études.

Un autre indicateur plus « pertinent » pourrait être le croisement entre les concentrations de polluants modélisées et la population qui est abordé dans le chapitre suivant.

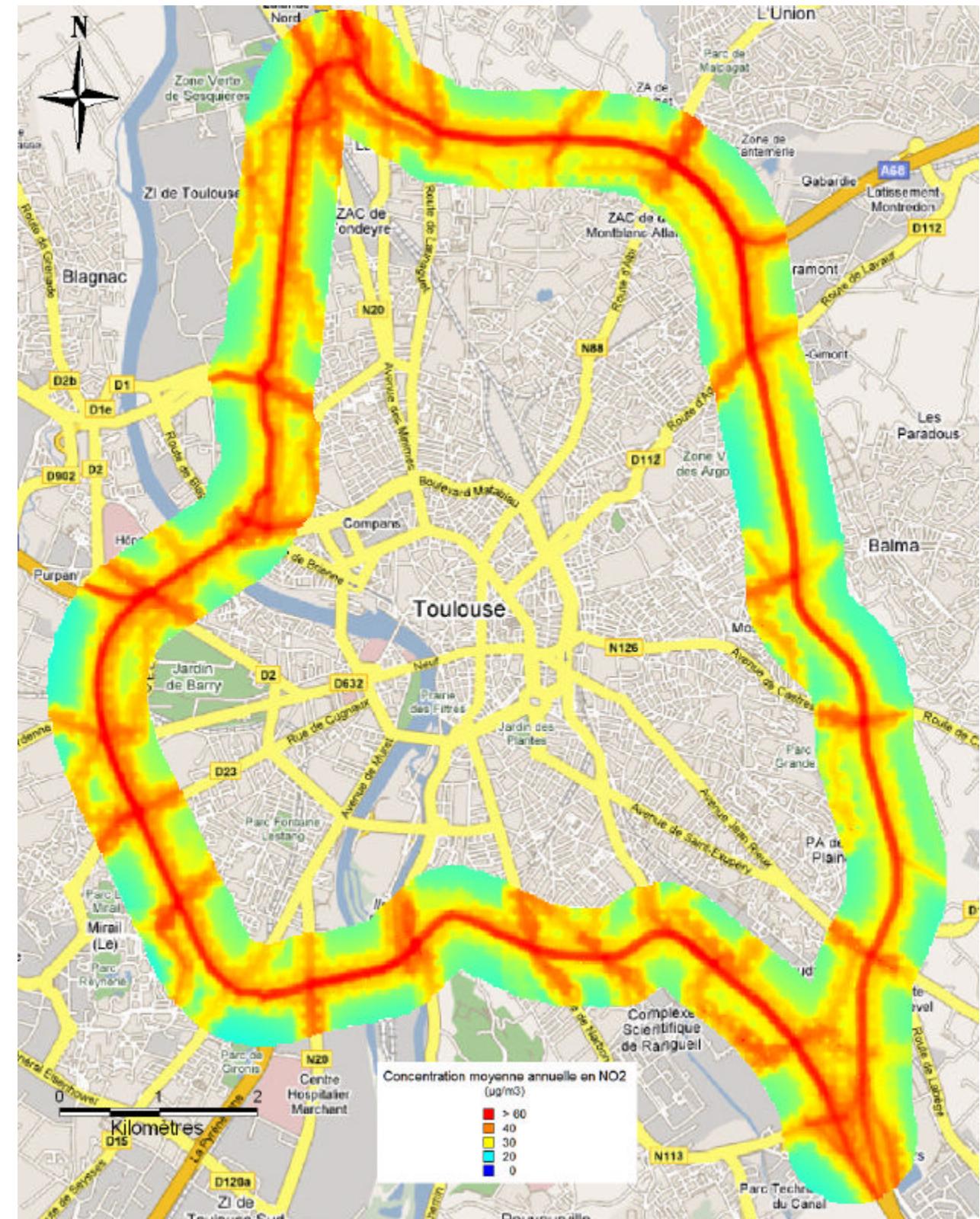
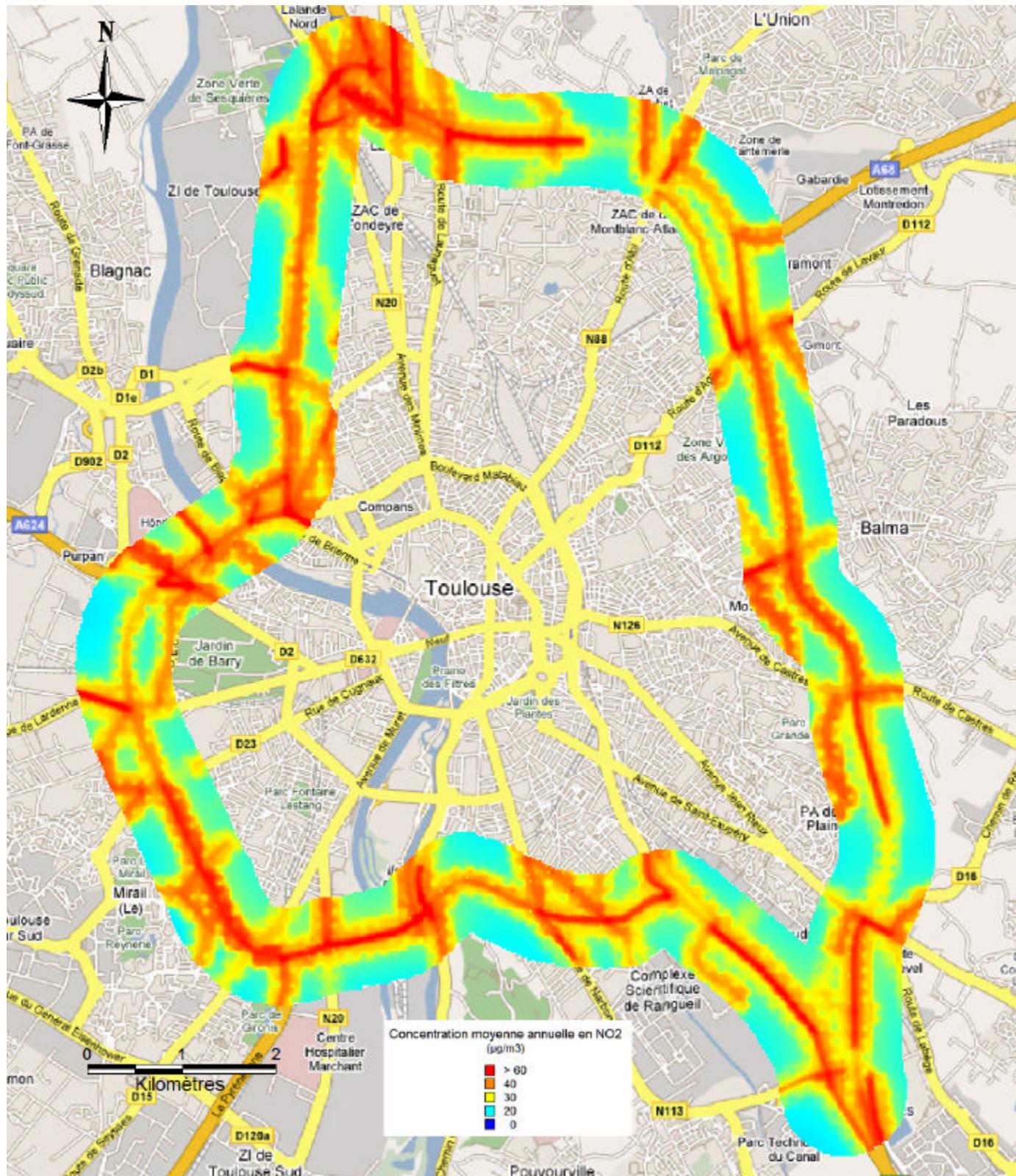
RESULTATS CARTOGRAPHIQUES

Les résultats cartographiques qui vont être présentés ici correspondent aux principaux polluants réglementés pour lesquels les réglementations en vigueur ne sont pas respectées : le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules d'un diamètre inférieur à 10 µm (PM10). Ces résultats seront croisés dans le prochain chapitre avec les zones de populations pour estimer un indice « pollution population ».

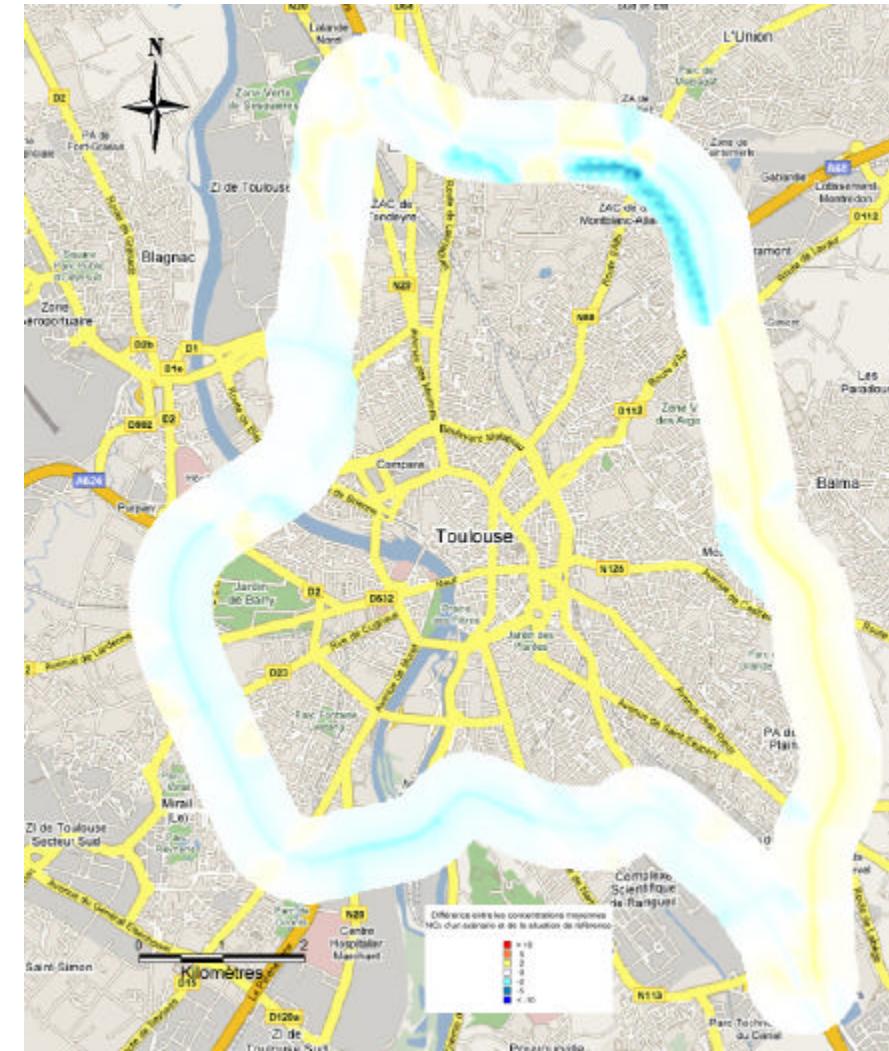
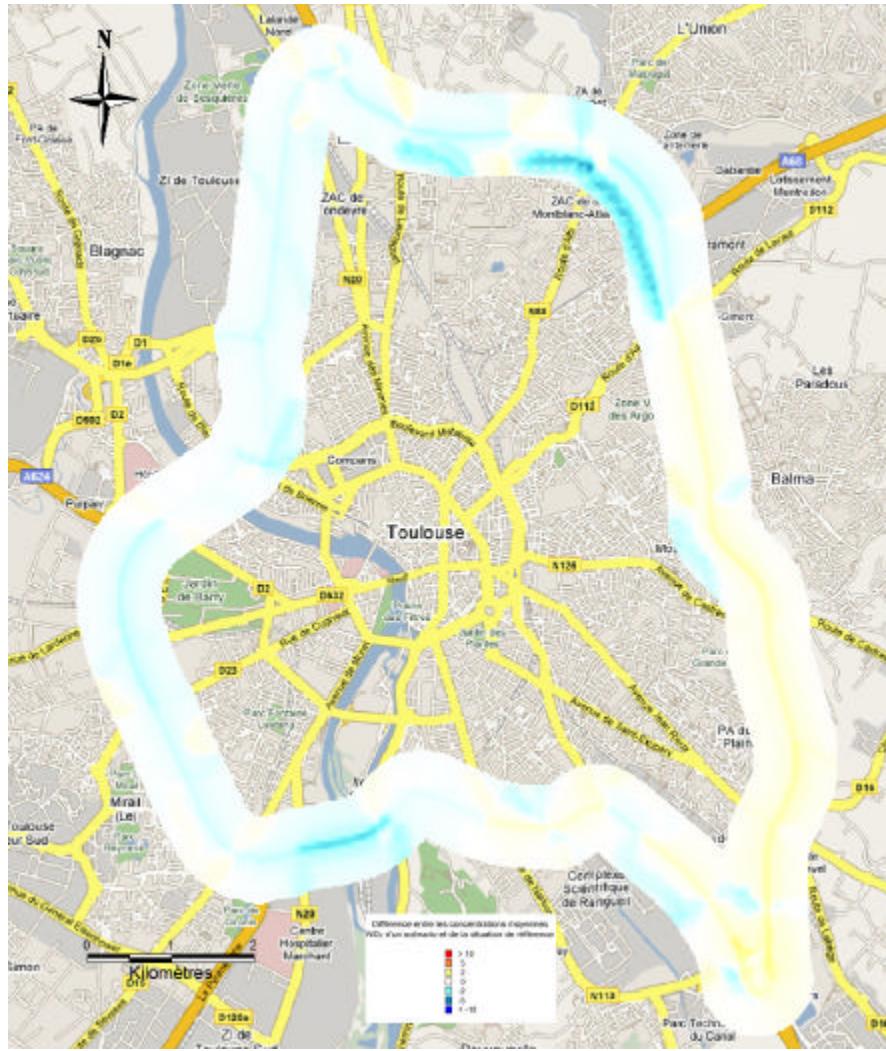
I. LE DIOXYDE D'AZOTE (NO_2)

La présentation des résultats pour le dioxyde d'azote se fera en 2 parties :

- Tout d'abord les cartes des concentrations moyennes annuelles de « l'état initial 2005 » et de la situation de référence « fil de l'eau 2020 » sont comparées. Cette comparaison permet de mettre en évidence que quasiment toutes les concentrations de proximité automobile dépassent les valeurs limites 2010. De plus on peut voir nettement l'atténuation rapide des concentrations modélisées de part et d'autre de la rocade. Ces cartes de concentration seront comparées dans le prochain chapitre pour estimer l'impact des différents scénarios sur la qualité de l'air respirée par les riverains de la rocade.
- Les cartes de concentrations annuelles pour l'ensemble des autres scénarios 2020 sont toutes quasiment identiques (il n'existe que quelques % de variation entre elles) et ne seront donc pas présentées directement. Cependant les cartes de différence de concentrations moyennes en NO_2 entre chaque scénario étudié et la situation de référence 2020 seront comparées et permettront d'estimer l'impact de chacun d'entre eux sur les concentrations de dioxyde d'azote de la bande d'études.



I. A. SCENARIOS « ROCADE A 2X4 VOIES 2020 »



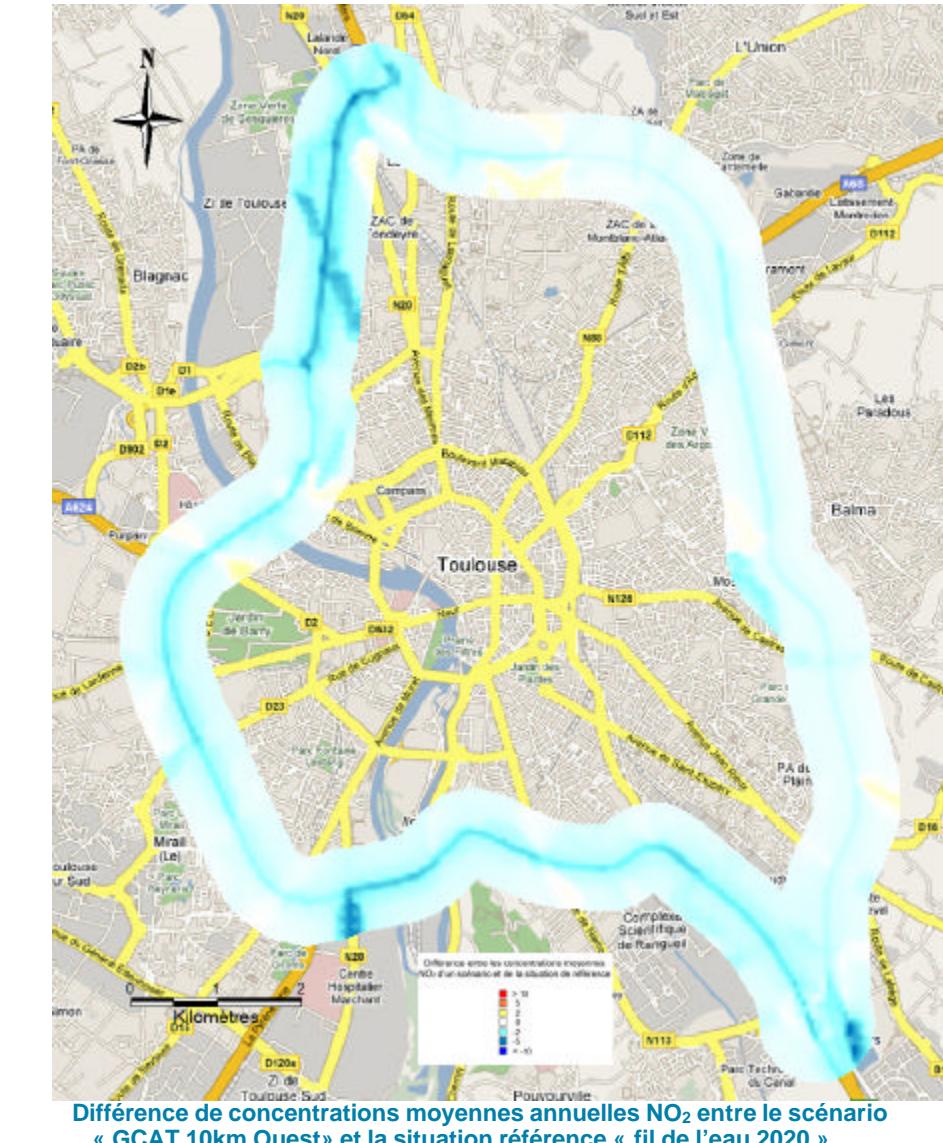
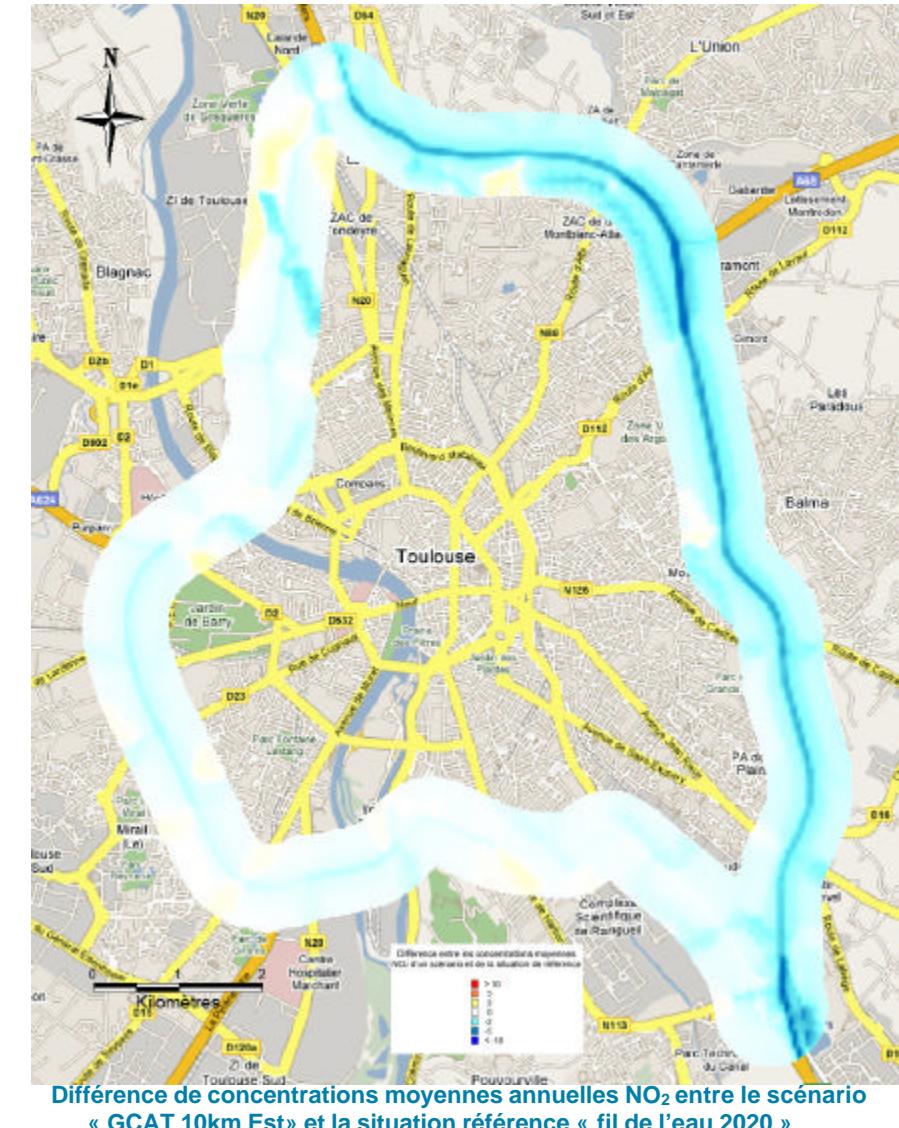
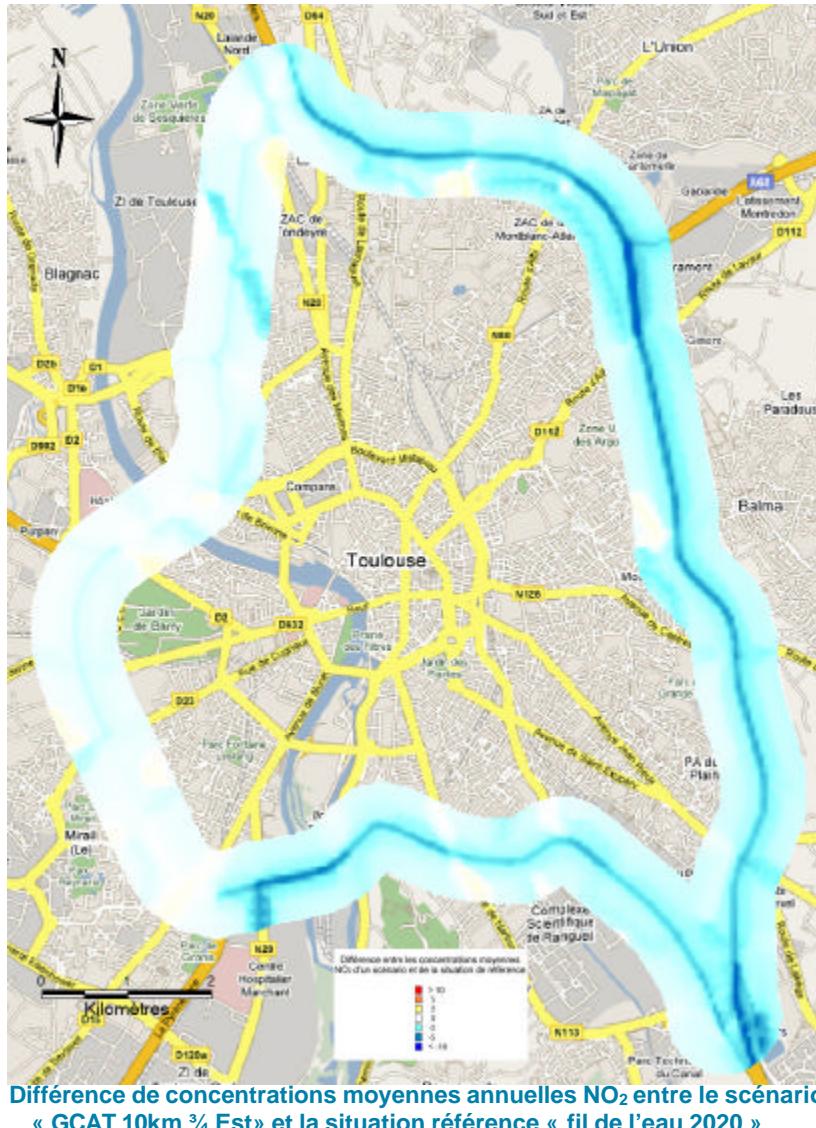
La comparaison des cartes de différence entre les concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur la bande d'études montre que le passage à 2x4 voies de la rocade, ayant pour effet à la fois de fluidifier le trafic routier, mais aussi et surtout d'attirer plus de véhicules sur la rocade, entraîne un double impact :

- sur la voirie concernée par le passage à 2x4 voies, le trafic et les émissions augmentant on observe une augmentation des concentrations en dioxyde d'azote
- tandis que cet effet d'attraction sur le trafic tend à faire diminuer celui-ci sur certaines portions de rocade non concernées par l'élargissement.

Ces effets sont les plus marqués par le scénario « Rocade 2x4 voies Ouest » avec notamment des augmentations de concentration en NO₂ relativement importantes sur la rocade Ouest.



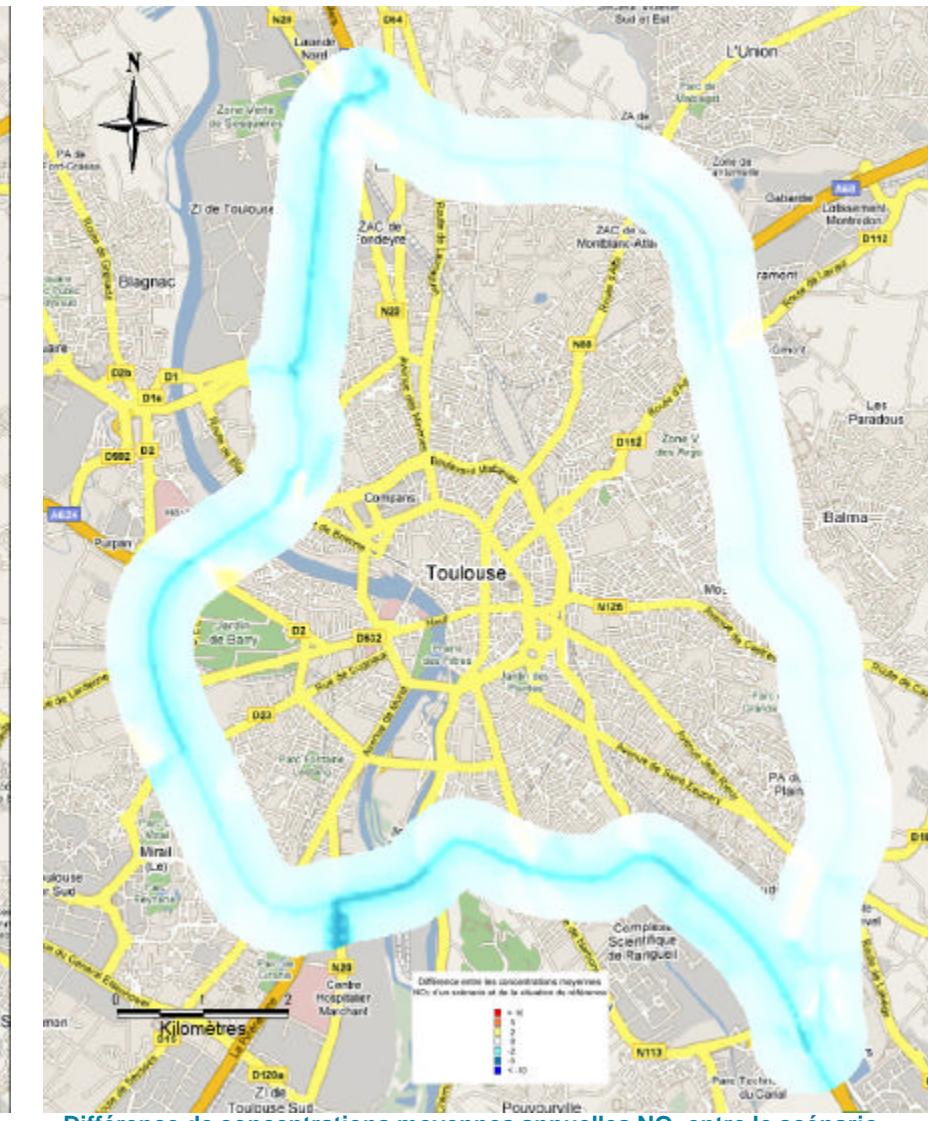
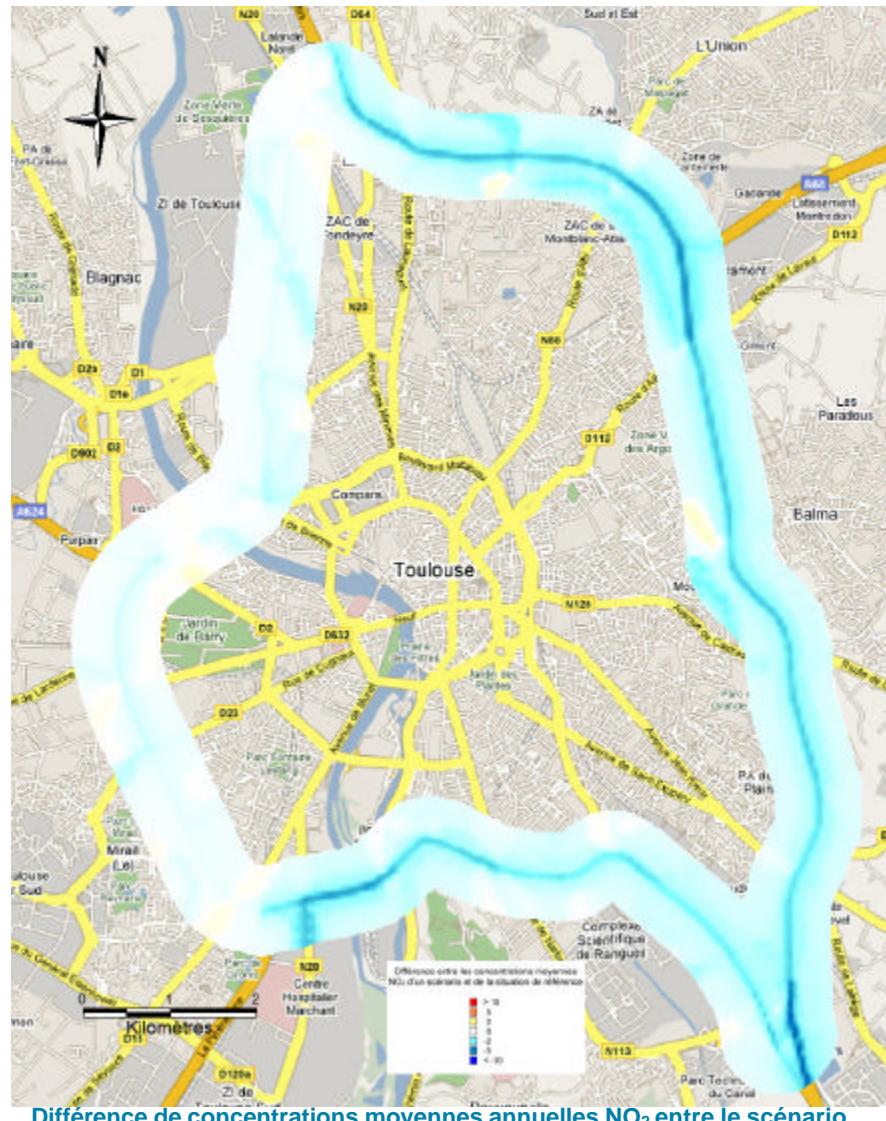
I. B. SCÉNARIOS « GCAT 10KM 2020 »



La comparaison des cartes de différence entre les concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur la bande d'études montre que la présence d'un Grand Contournement Autoroutier a pour effet d'attirer une partie du trafic routier hors de la rocade. Ceci a comme corollaire une baisse des concentrations d'azote de l'ordre de 5 à 10 µg/m³ à proximité des portions de rocade concernées.

Le scénario le plus favorable à une baisse des concentrations semble être le « GCAT 10km ¾ Est ».

I. C. SCÉNARIOS « GCAT 15KM 2020 »



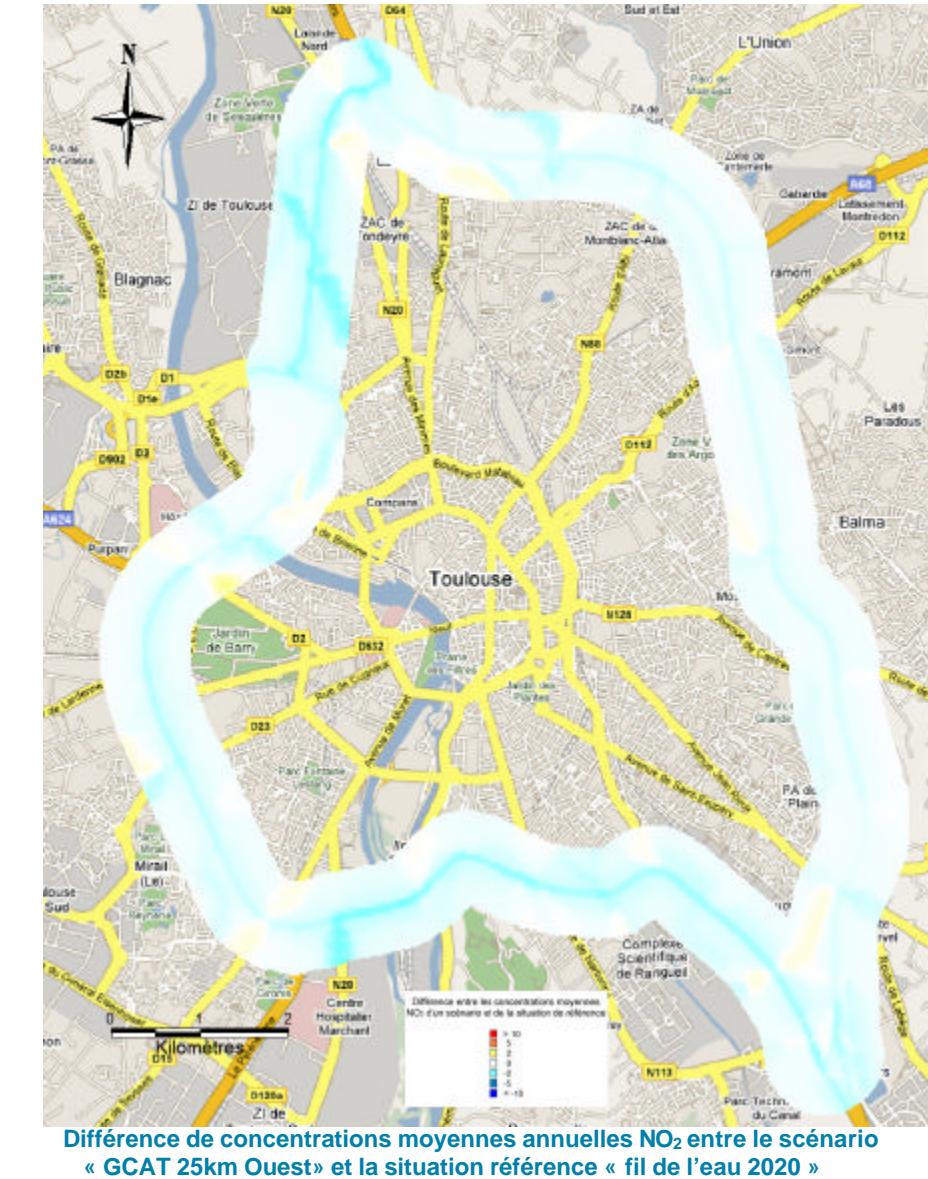
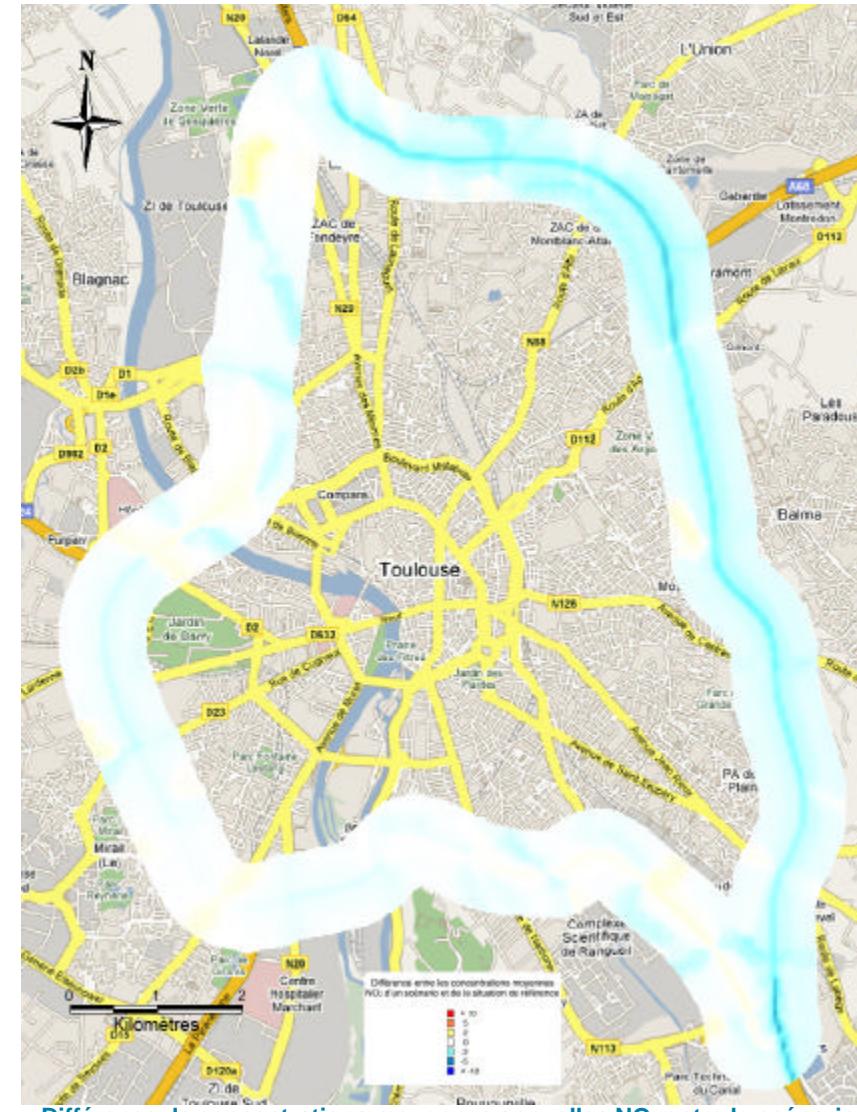
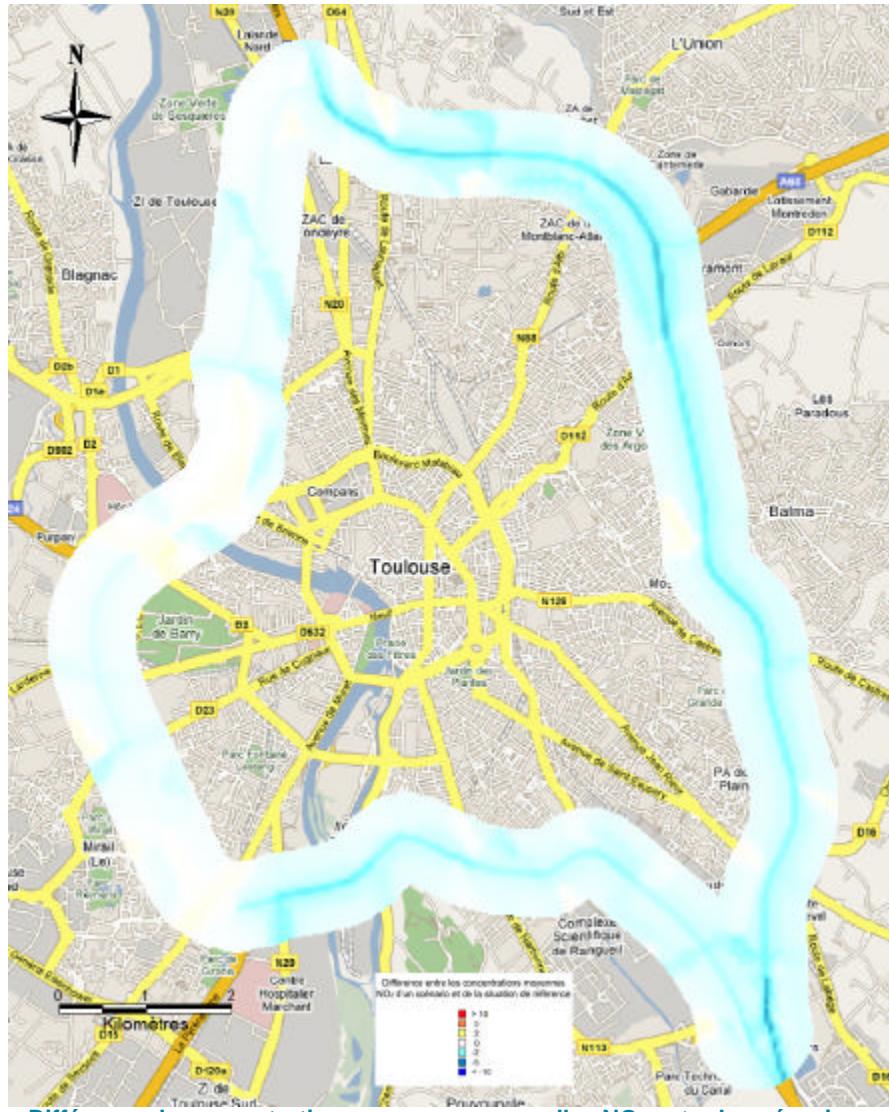
La comparaison des cartes de différence entre les concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur la bande d'études montre que la présence d'un Grand Contournement Autoroutier a pour effet d'attirer une partie du trafic routier hors de la rocade. Ceci a comme corollaire une baisse des concentrations d'azote de l'ordre de 5 à 10 µg/m³ à proximité des portions de rocade concernées.

Le scénario le plus favorable à une baisse des concentrations semble être le « GCAT 15km ¾ Est ».

L'éloignement du GCAT de la rocade semble diminuer son pouvoir attractif sur le trafic routier et donc les résultats trouvés ici sont légèrement inférieurs à ceux des scénarios « GCAT 10km »



I. D. SCÉNARIOS « GCAT 25KM 2020 »



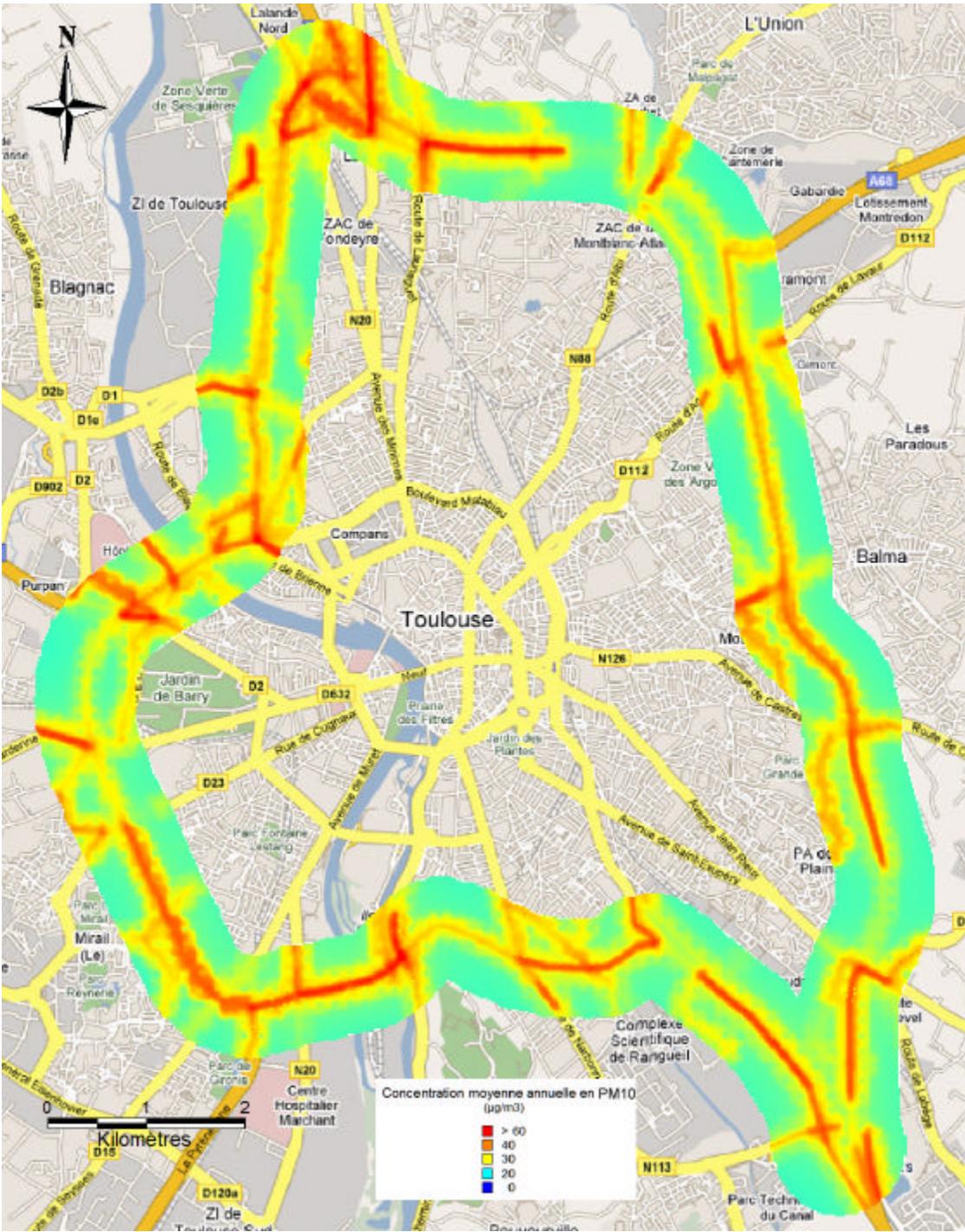
La comparaison des cartes de différence entre les concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur la bande d'études montre que la présence d'un Grand Contournement Autoroutier a pour effet d'attirer une partie du trafic routier hors de la rocade. Ceci a comme corollaire une baisse des concentrations d'azote de l'ordre de 5 à 10 µg/m³ à proximité des portions de rocade concernées.

Le scénario le plus favorable à une baisse des concentrations semble être le « GCAT 25km ¾ Est ».

L'éloignement du GCAT de la rocade semble diminuer son pouvoir attractif sur le trafic routier et donc les résultats trouvés ici sont nettement inférieurs à ceux des scénarios « GCAT 10km »

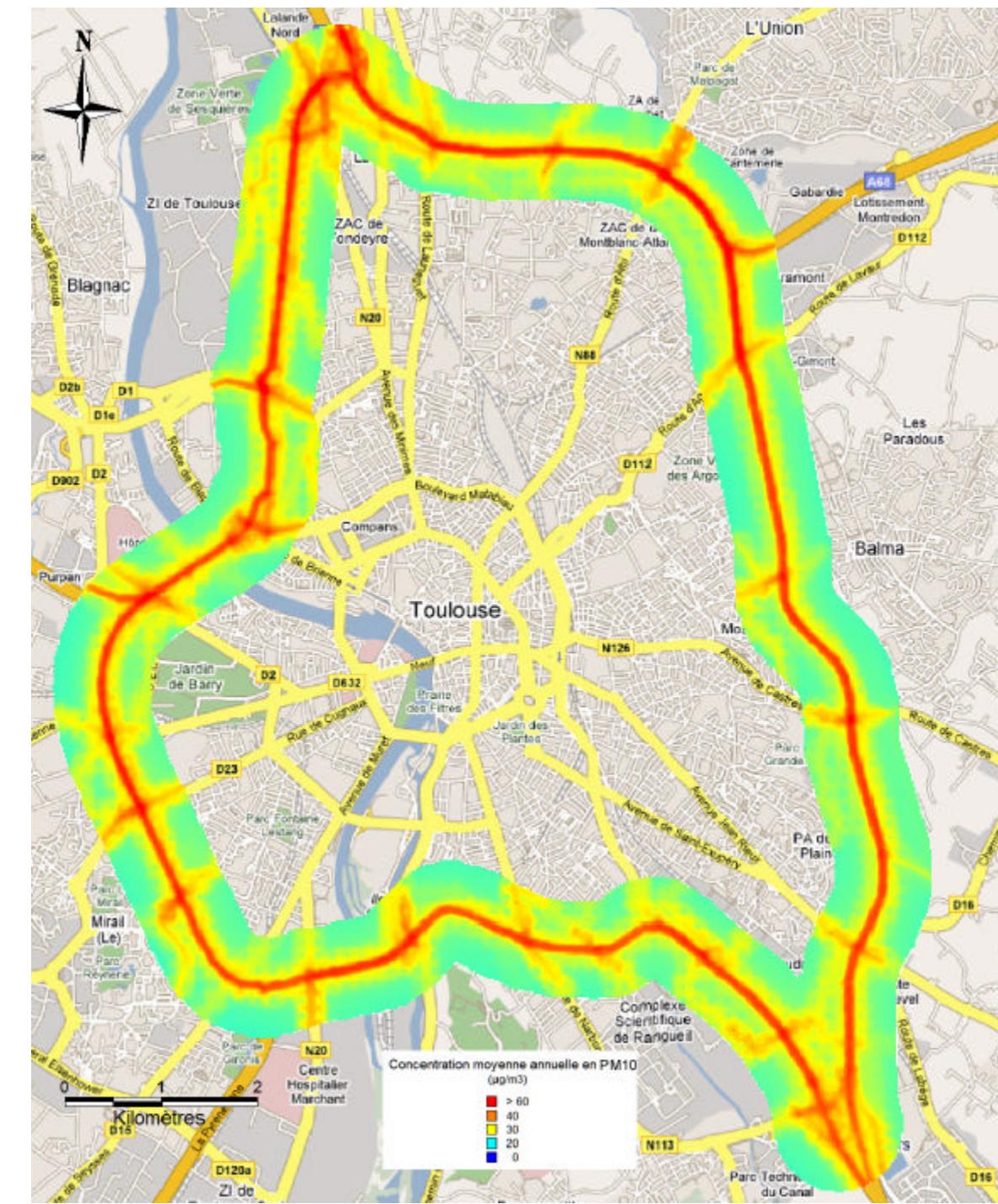
II. LES PARTICULES PM10

La présentation des résultats pour les particules PM10 ne se fera que sur la comparaison entre les cartes « état initial 2005 » et la situation référence « fil de l'eau 2020 » : en effet, les cartes de différence entre les scénarios 2020 et la situation de référence sont quasiment identiques à celles du NO₂ et engendrent les mêmes conclusions.



Carte des concentrations moyennes annuelle en PM10 sur la bandé d'étude pour la situation initiale 2005

- Les cartes des concentrations moyennes annuelles de « l'état initial 2005 » et de la situation de référence « fil de l'eau 2020 » permettent de mettre en évidence que quasiment toutes les concentrations de proximité automobile dépassent les valeurs limites 2005. De plus on peut voir nettement l'atténuation rapide des concentrations modélisées de part et d'autre de la rocade. Ces cartes de concentration seront comparées dans le prochain chapitre pour estimer l'impact des différents scénarios sur la qualité de l'air respirée par les riverains de la rocade.

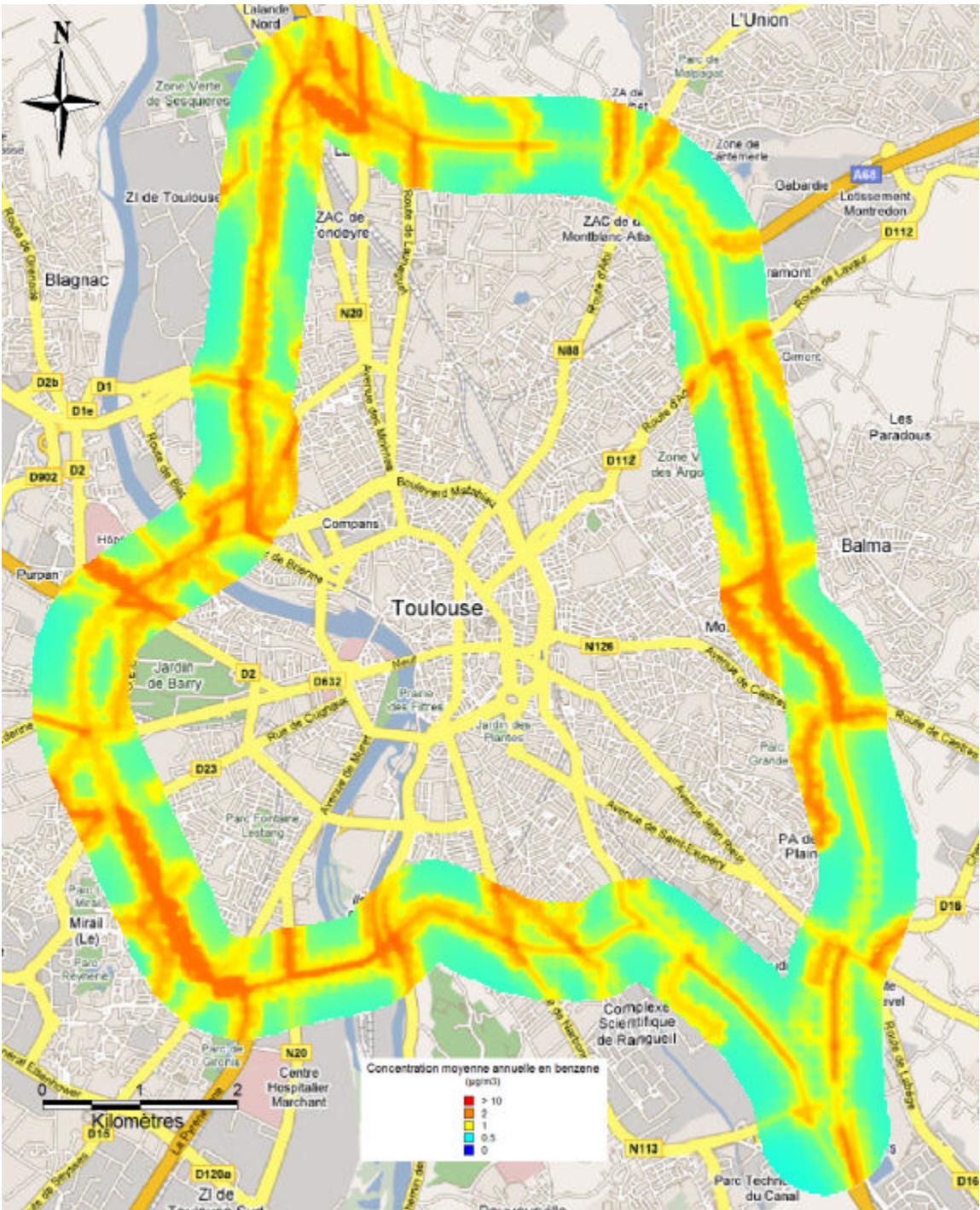


Carte des concentrations moyennes annuelle en PM10 sur la bandé d'étude pour la situation de référence « fil de l'eau » 2020



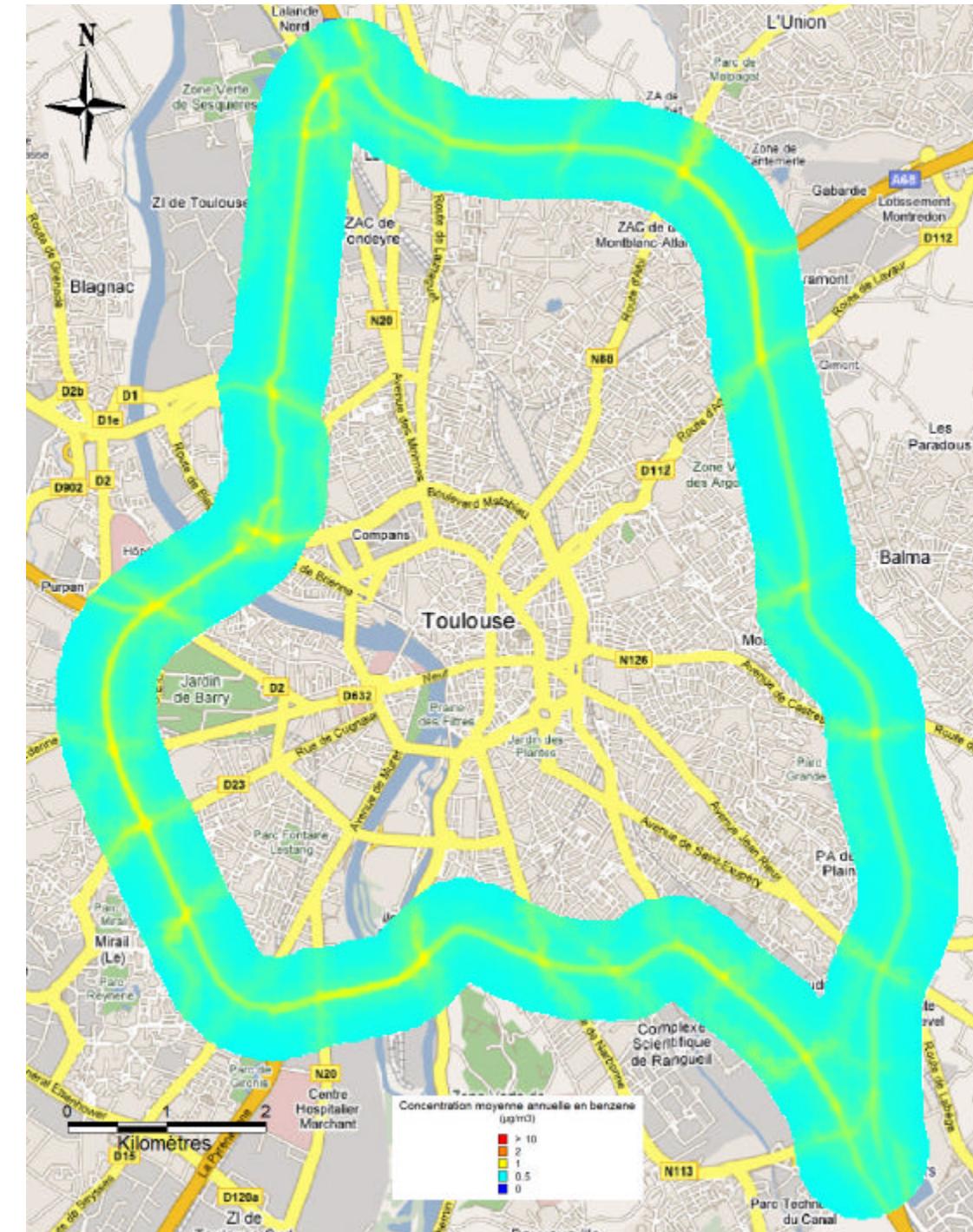
III. LE BENZENE

La présentation des résultats pour le benzène ne se fera que sur la comparaison entre les cartes « état initial 2005 » et la situation référence « fil de l'eau 2020 » : en effet, les concentrations en benzène modélisées pour 2020 sont si faibles qu'il n'existe quasiment pas de différence entre les scénarios 2020.



Carte des concentrations moyennes annuelles en Benzène sur la bandé d'étude pour la situation initiale 2005

- Les cartes des concentrations moyennes annuelles de « l'état initial 2005 » et de la situation de référence « fil de l'eau 2020 » permettent de mettre en évidence que la valeur limite n'est jamais atteinte, même en proximité automobile. De plus on peut voir nettement l'atténuation des concentrations prévues entre 2005 et 2020, ceci s'explique par le renouvellement du parc routier avec des véhicules émettant beaucoup moins de benzène en 2020 qu'en 2005.



Carte des concentrations moyennes annuelles en Benzène sur la bandé d'étude pour la situation de référence « fil de l'eau » 2020

INDICE POLLUTION POPULATION

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.

I. DOMAINE D'ETUDES

Le domaine d'études retenu correspond à la bande d'études.

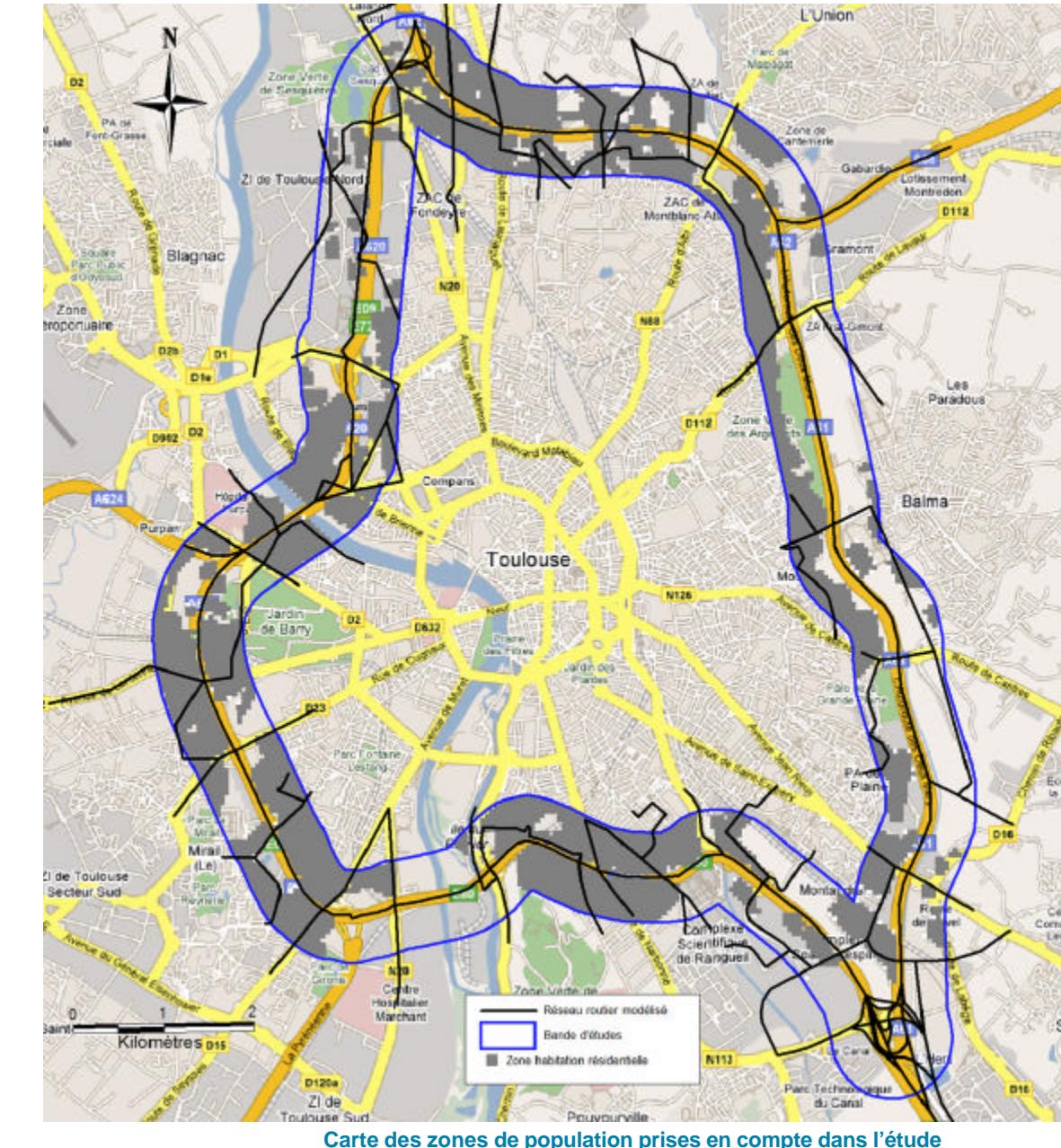
II. CHOIX DU POLLUANT INDICATEUR

- La Note Méthodologique sur l'Évaluation des Effets sur la Santé de la pollution de l'Air dans les Etudes d'Impact Routières indique que le traceur à prendre en compte dans la construction de l'IPP est le benzène. Il a été retenu pour des critères de toxicité et de santé publique. Les raisons de ce choix sont étayées dans la Note Méthodologique citée en référence.

III. CONSTRUCTION D'UNE BASE POPULATION

Le territoire de la bande d'études s'étend sur 500m de par et d'autre de la rocade toulousaine. Il a été découpé selon un maillage de 50 mètres de côté. A chaque maille a été associé le nombre d'habitants demeurant sur sa surface pour 2005 et 2020 en croisant les zones d'habitations repérées via carte aérienne et les îlots d'habitation fournis par le CETE du Sud Ouest.

Les habitations installées aux abords de la rocade sont assez denses, notamment au Nord, à l'Ouest et au Sud de Toulouse.



IV. PRÉSENTATION DES IPP OBTENUS

Le croisement des données de population et de concentration permet de fournir un indicateur d'exposition (Indice Pollution/Population ou IPP) et de **distinguer les zones critiques caractérisées par des concentrations de polluants élevées et une population importante**.

Cependant les variations de concentration en benzène sont si faibles sur l'ensemble de la bande d'études (maximum de 1 à 2%) par rapport à des niveaux de départ (situation de référence 2020) déjà très bas que les IPP obtenus ne montrent aucune tendance concrète.

C'est pourquoi nous avons voulu croisé, les concentrations des 2 polluants réglementés principaux ne répondant pas aux valeurs limites réglementaires (le NO₂ et les particules PM10) avec la population.



V. CROISEMENT DES VARIATIONS DE CONCENTRATIONS DU NO₂ ET DES PM10 AVEC LA POPULATION

V. A. NO₂

Le tableau ci-après synthétise les habitants de la bande d'études qui sont soumis à des concentrations moyennes annuelles en NO₂ supérieures à la valeur limite 2010 (40 µg/m³)

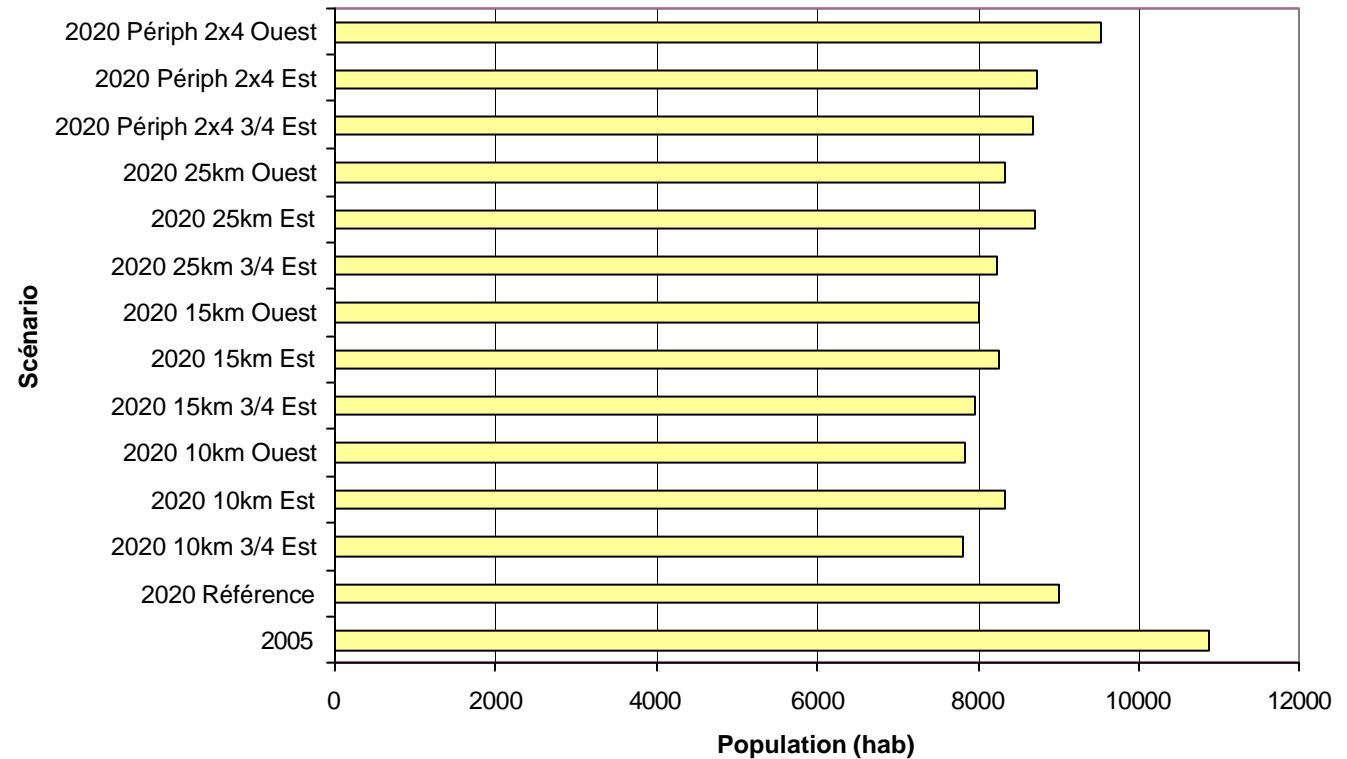


Tableau de synthèse des populations soumises à des concentrations moyennes annuelles de NO₂ supérieures à la valeur limite 2010 (40 µg/m³)

Ce tableau permet de voir que :

- entre l'état initial 2005 et la situation de référence « fil de l'eau » 2020, la population « touchée » par des concentrations supérieures à la valeur limite 2010 diminue malgré l'augmentation prévue de la population dans la bande d'études : ceci traduit une diminution importante des concentrations de NO₂ prévue entre 2005 et 2020 principalement due à l'amélioration des véhicules en termes d'émissions de NO₂.
- Les scénarios « rocade à 2x4 voies » semblent être les pires en matière de population touchée (notamment le scénario « rocade 2x4 voies Ouest »).
- Sur l'ensemble des scénarios 2020 c'est le « GCAT 10km ¾ Est » qui semble être le meilleur en terme de population touchée. Ceci étant principalement du à l'impact sur la zone Sud de la bande d'études.

V. B. PARTICULES PM10

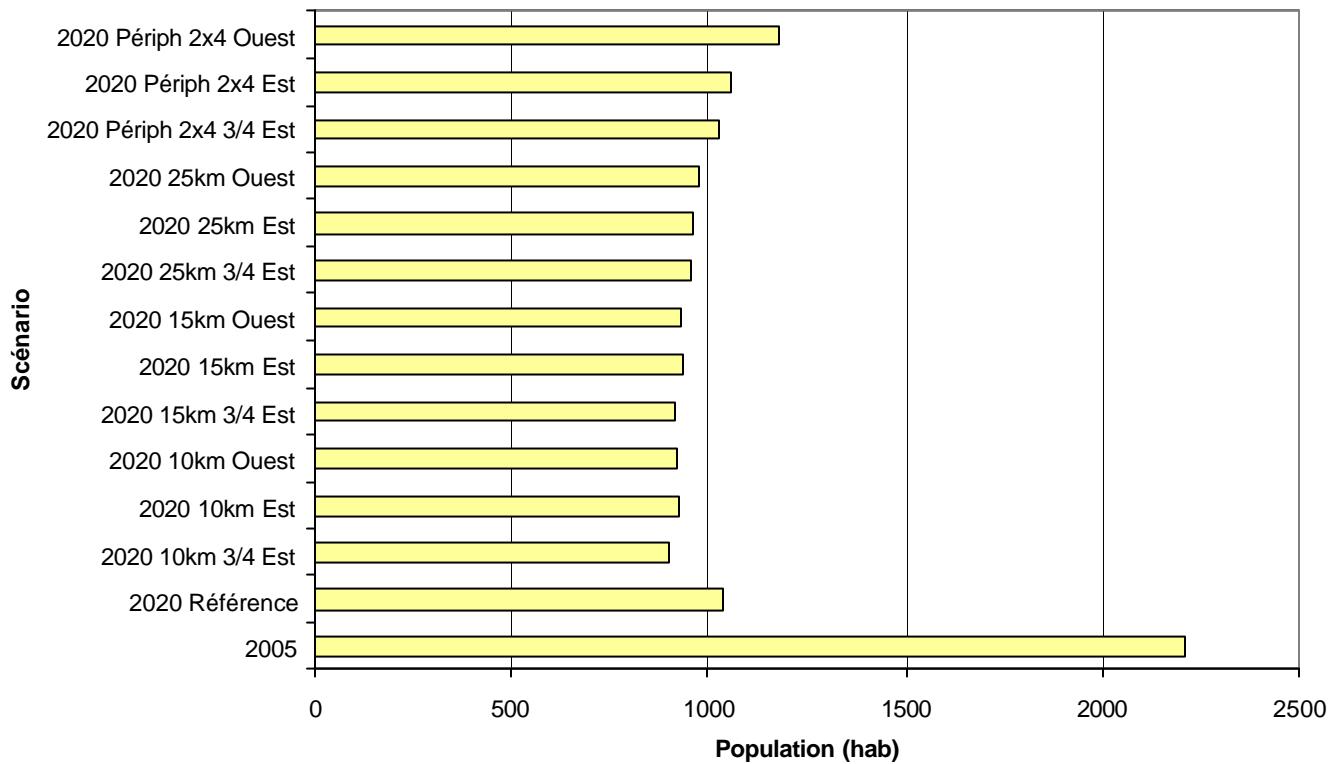


Tableau de synthèse des populations soumises à des concentrations moyennes annuelles de NO₂ supérieures à la valeur limite 2005 (40 µg/m³)

Ce tableau permet de voir que :

- entre l'état initial 2005 et la situation de référence « fil de l'eau » 2020, la population « touchée » par des concentrations supérieures à la valeur limite 2005 diminue malgré l'augmentation prévue de la population dans la bande d'études : ceci traduit une diminution importante des concentrations de PM10 prévue entre 2005 et 2020 principalement due à l'amélioration des véhicules en termes d'émissions de PM10.
- Les scénarios « rocade à 2x4 voies » semblent être les pires en matière de population touchée (notamment le scénario « rocade 2x4 voies Ouest »).
- Sur l'ensemble des scénarios 2020 c'est le « GCAT 10km ¾ Est » qui semble être le meilleur en terme de population touchée. Ceci étant principalement du à l'impact sur la zone Sud de la bande d'études.

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

L'évaluation des risques sanitaires s'appuie sur une méthodologie précise qui a été définie en 1983 par l'académie des sciences américaine et retranscrite par l'INERIS et l'INVS.

Cette méthodologie se déroule en 4 étapes :

Identification du danger des substances chimiques : l'identification de potentiel dangereux ou identification des dangers consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme.

Évaluation de la relation dose-réponse : l'évaluation de la dose-réponse estime la relation entre la dose ou le niveau d'exposition aux substances, et la réponse observée (l'apparition d'un effet sur la santé, c'est-à-dire la présence d'un risque) sur une période de temps donnée.

Évaluation des expositions : l'évaluation des expositions consiste à déterminer les émissions, les voies de transfert et les vitesses de déplacement des substances et leur transformation ou leur dégradation afin d'évaluer les concentrations ou les doses auxquelles les populations humaines sont exposées ou susceptibles de l'être.

Caractérisation du risque : la caractérisation du risque est l'étape finale d'une évaluation de risque. Les informations issues de l'évaluation de l'exposition des populations et de l'évaluation de la toxicité des substances sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression quantitative du risque, ou qualitative lorsque cela n'est pas possible.

Cette méthodologie intègre les expositions aiguë et chronique par inhalation et par ingestion, la zone étudiée étant installée dans une zone pavillonnaire, il n'est pas exclu que certaines habitations soient dotées de jardins potagers.

I. IDENTIFICATION DES DANGERS

Le travail d'identification des dangers et de quantification des facteurs d'émissions des polluants par les véhicules a été réalisé par un groupe d'expert piloté par l'INVS (rapport : sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières, novembre 2004). Ces résultats peuvent être considérés comme stables sur une période de 3 à 5 ans. Une centaine de substances émises par les infrastructures routières ont ainsi été recensées. Ces substances peuvent être regroupées en 2 catégories (liste non exhaustive) :

- Les substances gazeuses :
 - o Ayant un impact sur l'effet de serre (CO_2 , CO , CH_4 , N_2O),
 - o Participant à une dégradation de l'environnement (acidification, eutrophisation), (SO_2 , NH_3 ...)
 - o Participant à la photochimie et à la formation de polluants dits secondaires (NO_x , COVNM)
- Les substances particulières (PM10 : particules de diamètre inférieur à 10 μm)
 - o Les éléments métalliques (plomb, cadmium, cuivre, chrome...)
 - o Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

Le groupe d'expert a ensuite recensé toutes les substances émises par les véhicules pour lesquelles sont disponibles un facteur d'émission et une valeur toxicologique de référence.

En appliquant une méthodologie explicitée dans le rapport cité en source, le groupe d'experts piloté par l'INVS a émis des recommandations concernant les substances à prendre en compte dans les études d'impact volet « air et santé ». Elles sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Substances	Exposition aiguë	Exposition chronique par inhalation, effets cancérigènes	Exposition chronique par voie orale, effets cancérigènes	Exposition chronique par inhalation, effets non cancérigènes	Exposition chronique par voie orale, effets non cancérigènes
Acroléine	X				X
Dioxyde d'azote	X				X
Dioxyde de soufre	X				
Benzène	X	X			X
Particules PM10		X			
Particules diesel				X	
Chrome		X			X
Formaldéhyde		X			X
1,3-butadiène		X			X
Acétaldéhyde		X			X
Nickel		X		X	X
Cadmium		X		X	X
Benzo[a]pyrène		X	X		
Arsenic		X	X		X
Plomb				X	X
Mercure					X
Baryum					X

Substances à prendre en compte dans les études d'impact volet « air et santé »

La sélection des substances faites par le groupe de travail piloté par l'INVS est issue d'une classification basée sur la dangerosité a priori de ces substances dans le cadre de leurs émissions par les infrastructures routières, en dehors de toute considération spécifique.



II. EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

Cette étape a pour but de définir une relation quantitative entre la dose administrée ou absorbée et l'apparition d'un ou de plusieurs effets néfastes sur la santé.

Cette relation dose-réponse s'exprime sous la forme d'une **valeur toxicologique de référence** (ou VTR).

Une valeur toxicologique de référence, ou VTR, est un indice toxicologique qui permet de qualifier ou de quantifier un **risque pour la santé humaine**. Elle établit le lien entre une exposition à une substance toxique et l'occurrence d'un effet sanitaire indésirable.

Il existe de nombreuses VTR qui ne s'expriment pas de la même façon, soit parce qu'elles ne s'appliquent pas aux mêmes conditions d'exposition, soit parce que leurs méthodes de construction sont différentes.

En effet, les VTR sont spécifiques d'une durée d'exposition (aiguë, subchronique ou chronique) et d'une voie d'exposition (orale ou respiratoire).

Ces différents contextes sont à l'origine de la diversité des VTR que l'on est amené à utiliser.

Par ailleurs, leur construction diffère en fonction des connaissances ou des hypothèses formulées sur les mécanismes d'action biologiques des substances.

Ainsi, si une substance est connue comme ayant une action directe sur le matériel génétique humain (l'ADN), alors on considère que les effets indésirables que peut engendrer une exposition à cette substance peuvent se produire même pour la plus petite dose reçue, et que la probabilité de survenue de cet effet croît linéairement avec la dose. On parle de « VTR sans seuil d'effet » ou « sans seuil de toxicité ». Le résultat est un **excès de risque unitaire** (ERU), c'est-à-dire la probabilité supplémentaire, par rapport à un individu non exposé, qu'un individu développe une pathologie (souvent cancéreuse) s'il est exposé pendant une longue durée (généralement cela correspond à « sa vie entière ») à une unité de dose de la substance considérée. L'unité de cette VTR est l'inverse d'une dose (l'inverse d'une quantité par kilogramme de poids corporel et par jour pour une exposition orale, et l'inverse d'une quantité par mètre cube pour une exposition respiratoire).

Si une substance n'a pas d'action directe sur le matériel génétique humain, alors on considère en général que l'effet indésirable survient au-delà d'une certaine dose reçue et c'est la gravité de l'effet qui croît avec la dose plutôt que la probabilité de survenue. On parle de « VTR à seuil d'effet » ou « à seuil de toxicité ». L'unité de cette VTR à seuil d'effet est une quantité par kilogramme de poids corporel et par jour pour une exposition orale (et une quantité par mètre cube pour une exposition respiratoire)

Il est important de comprendre que du fait des **nombreuses hypothèses et approximations faites pour établir une VTR**, les valeurs numériques produites ne sont, toujours, que des **ordres de grandeur**, et non des valeurs exactes et précises. En outre, il peut exister pour un composé plusieurs VTR concernant un même impact sur la santé. Le choix des VTR ne fait l'objet d'aucune réglementation et est laissé à l'appréciation de l'auteur en fonction des paramètres de l'étude.

Les VTR sont établies par des instances internationales comme l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS**), ou par des structures nationales faisant autorité comme l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry américaine (**ATSDR**), l'Environmental Protection Agency américaine (**US EPA**), **Santé Canada** ou encore l'Agence de santé publique des Pays Bas (**RIVM**).

Dans cette étude, lorsqu'il existait **plusieurs VTR** pour un même effet sanitaire, **nous avons choisi la valeur de concentration la plus faible**.

De même, lorsqu'il existait **plusieurs ERU** pour un même organe cible, **nous avons choisi la valeur la plus forte** (nombre de cas de cancers le plus important).

Les tableaux ci-après présentent les VTR retenues pour cette étude (exposition par inhalation et par ingestion).

Substances	VTR chronique par inhalation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Source (type d'étude)	Facteur d'incertitude	Effet critique
Acroléine	0.4 ¹	Health Canada (animal)	100	Lésions nasales
Dioxyde d'azote	40	OMS (homme)	2	Diminution des fonctions pulmonaires chez les sujets astmatiques
Dioxyde de soufre	125	OMS	-	Effets respiratoires
Benzène	30	US-EPA (homme)	300	Diminution du nombre de lymphocytes
Particules diesel	5	US-EPA (animal)	30	Effets respiratoires.
Particules PM10	20	OMS	-	Effets respiratoires, augmentation de la mortalité
Formaldéhyde	9.84	ATSDR (homme)	30	Altération de l'épithélium nasal
1,3-butadiène	2	US-EPA (animal)	1000	Atrophie ovarienne
Acétaldéhyde	300	OMS (animal)	1000	Irritation du tractus respiratoire
	9	US-EPA (animal)	1000	Dégénérescence de l'épithélium olfactif
	1	RIVM	100	Effets cardiovasculaires
Cadmium	$5 \cdot 10^{-3}$	OMS (homme)	-	Altération de la fonction rénale
Chrome (VI)	$8 \cdot 10^{-3}$	US-EPA (animal)	300	Atrophie nasale
Mercure métallique	0.3	US-EPA (homme)	30	Effets neurotoxiques
	1.0	OMS	20	Altération de la fonction rénale
Nickel métallique	0.2	ATSDR (animal)	30	Inflammation des voies respiratoires
Plomb	0.5	OMS (homme)	2	Effets neurologiques ou hématologiques

Valeurs toxicologiques de référence par inhalation retenues pour cette étude

¹ Il existe également une VTR de l'acroléine plus conservatrice de $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ US EPA, toutefois, nous avons décidé de retenir la valeur Canadienne pour plusieurs raisons :

- La VTR canadienne est basée sur une étude plus sensible (des effets ont été observés aux concentrations les plus faibles) et plus récente (1996 pour Health Canada contre 1981 pour l'US-EPA),
- Les VTR canadienne et américaine ont toutes deux été calculées à partir de résultats d'études sub-chroniques. Les doses auxquelles des effets ont été observés ($0,14 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour Health Canada et $0,917 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour l'US-EPA) ne sont pas très éloignées. En revanche, la VTR de l'US-EPA est basée sur un facteur d'incertitude considérable de 1000. Par rapport à Health Canada, l'US EPA ajoute un facteur supplémentaire de 10 car il considère les données insuffisantes sur les effets chroniques. Ce point n'est pas retenu par Santé Canada car il n'y a pas d'éléments montrant que la sévérité des effets critiques augmenterait avec la durée d'exposition

Substances	Excès de risque unitaire - inhalation (en $\mu\text{g}/\text{m}^{3-1}$)		Source (type d'étude)	Site du cancer
Benzène	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$7,80 \cdot 10^{-6}$	US-EPA (homme)	Sang (leucémie)
Particules diesel	$3,4 \cdot 10^{-5}$		OMS (animal)	poumon
Chrome (chrome VI)	$1,10 \cdot 10^{-2}$	$1,30 \cdot 10^{-1}$	OMS (homme)	poumon
Formaldéhyde	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$	Health Canada (homme/animal)	Nez
1,3-butadiène	$3 \cdot 10^{-5}$		US-EPA (homme)	Sang (leucémie)
Acétaldéhyde	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-7}$	OMS (animal)	Nez
Nickel	$3,8 \cdot 10^{-4}$		OMS (homme)	Poumon
Cadmium	$9,8 \cdot 10^{-3}$		US-EPA (homme)	Poumon
Benzo[a]pyrène	$1,1 \cdot 10^{-3}$		OEHHA (homme)	Tractus respiratoire
Arsenic	$1,5 \cdot 10^{-3}$		OMS (homme)	Poumon

Excès de risque unitaire par inhalation retenues pour cette étude

En ce qui concerne le benzo[a]pyrène, il existe un ERU fourni par l'OMS fixé à $8,7 \cdot 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^{3-1}$. Cette valeur a été établie à partir de données épidémiologiques chez des salariés travaillant dans une cokerie. Les effets liés à l'exposition au mélange de HAPs émis par la cokerie ont été attribués au seul benzo[a]pyrène considéré retenu alors comme indicateur. Ceci conduit donc à une surestimation du potentiel cancérogène du benzo[a]pyrène.

L'INERIS préconise, pour le benzo[a]pyrène, de suivre l'avis l'OEHHA.

L'exposition par voie orale aux polluants gazeux est jugée sans objet, seules les substances sous forme particulaire sont concernées dans cette partie. Compte tenu de l'absence de données de fond géologique (carottage) au niveau de la bande d'études l'ERS par voie orale n'a pas été effectuée.

III. EVALUATION DES EXPOSITIONS

L'exposition à une substance toxique dépend :

- De sa concentration dans les compartiments environnementaux et de son comportement physico-chimique,
- Des voies et des conditions d'exposition des individus en contact avec cette substance.

L'exposition est caractérisée, pour chaque voie d'exposition, par sa durée et sa fréquence et par le niveau de concentration.

D'une manière générale, les quantités de polluant administrées, exprimées en Dose journalière d'exposition (en mg/kg.jour), peuvent se définir de la façon suivante :

$$\text{DJE}_j = \sum_i \text{DJE}_{ij} = \sum_i \left(\frac{C_i \times Q_{ij} \times F}{P} \right) \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- DJE_{ij} : Dose Journalière d'Exposition, liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg.jour),

- C_i : Concentration d'exposition relative au milieu i (eau souterraine, eau superficielle, sol, aliments...), exprimée en $\mu\text{g}/\text{kg}$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou mg/l ,
- Q_{ij} : Quantité du milieu i, c'est-à-dire de sol, d'eau... administrée par la voie j par unité de temps d'exposition, exprimée en kg/j pour les milieux solides et en m^3/j ou L/j pour les milieux gazeux ou liquides,
- F : Fréquence ou taux d'exposition : fraction du nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) sur le nombre d'unités de temps de l'année (F est sans dimension)
- P : masse corporelle de la cible (kg),
- T : nombre d'années d'exposition (années),
- T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est remplacée par la concentration inhalée.

$$CI = \left(\sum_i (C_i \times t_i) \right) \times F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$),
- C_i : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$),
- t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée (t est sans dimension),
- T : Durée d'exposition (en années),
- F : Fréquence ou taux d'exposition : nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) ramené au nombre total d'unités de temps de l'année (F est sans dimension),
- T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

III. A. CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES

Environnement du site :

- [Environnement rural à périurbain](#),

III. A. 1. Apport de la métrologie

Campagnes de mesures dans l'environnement du site :

- [Mesures dans l'air ambiant en 2006](#)

Ces résultats permettent de caractériser les concentrations atmosphériques dans l'environnement proche du site sans pouvoir caractériser l'origine de ces émissions.

Substances	Type de prélèvement	Période de mesure	Durée de la mesure	Teneurs (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dioxyde d'azote	Tubes échantilleurs passifs	04/04 au 20/04/06, du 23/05 au 24/07/06 et du 20/11/06 au 04/01/07	120 jours	13 – 91
Benzène	Tubes échantilleurs passifs	04/04 au 20/04/06, du 23/05 au 24/07/06 et du 20/11/06 au 04/01/07	120 jours	0,4 – 0,8

[Mesures dans l'air ambiant en 2006](#)



III. A. 2. Apport de la modélisation

L'exposition de la population par inhalation strictement attribuable au site étudié est estimée via la modélisation des rejets atmosphériques automobiles, à partir des données d'émissions moyennes journalières pour l'année 2025 (émissions liées à la combustion des essences, à l'usure des équipements et à l'entretien des voies) et météorologiques pour l'ensemble des substances indiquées dans le chapitre identification des dangers – utilisation du modèle gaussien ADMS Roads.

III. A. 3. Hypothèses du scénario d'exposition

Les guides de l'InVS et de l'INERIS relatifs au volet sanitaire des études d'impact préconisent de retenir en première approche un ensemble **d'hypothèses raisonnablement majorantes** afin d'apprecier la probabilité d'apparition de risque.

Sur les concentrations dans l'environnement :

- A l'instant t, les concentrations modélisées disponibles sont représentatives du fonctionnement à long terme de l'installation,
- Les données météorologiques sont représentatives de l'environnement proche du site,
- Les concentrations maximales modélisées aux abords des habitations sont représentatives des concentrations d'exposition de l'ensemble des individus résidant autour du site.

Sur les populations :

- Les populations sont exposées à 100% de leur temps aux concentrations maximales mesurées et modélisées (C_i) (24 heures par jour, 365 jours par an), cette hypothèse simplificatrice et sans doute majorante est retenue en l'absence de connaissances sur le budget espace temps des populations habitant à proximité du site et des teneurs en polluants auxquelles elles sont exposées au cours de leurs déplacement.
- Le temps vie entière est de 70 ans (T_m), cette durée est utilisée pour tous les calculs de risque,
- Exposition par inhalation et par ingestion prises en compte,
- Calcul de la concentration moyenne inhalée (CI) à partir de la concentration maximale modélisée.

Le calcul de la concentration inhalée est alors simplifié ainsi :

Toxiques systémiques (non cancérogènes) : $CI = Ci$

Toxiques cancérogènes : $CI = Ci$

III. B. DETERMINATION DE L'EXPOSITION

Substance	Teneur maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) modélisée en bordure des habitations		
	2005	2025 sans élargissement	2025 avec élargissement
1,3 butadiène	4.9E-01	4.9E-1	4.8E-1
Benzène	5.9E-01	5.3E-1	5.2E-1
Benzo(a)pyrène	5.6E-04	6.4E-4	6.4E-4
Acétaldéhyde	1.6	1.6	1.6
Acroléine	4.5E-02	4.7E-2	3.6E-2
Formaldéhyde	1.7	1.7	1.6
Arsenic	1.5E-03	1.5E-03	1.5E-03

Baryum	4.0E-04	5.5E-03	5.5E-03
Cadmium	8.6E-04	8.3E-4	8.3E-4
Chrome particulaire	7.4E-04	6.8E-4	6.8E-4
Mercure métallique	1.9E-03	4.7E-5	4.7E-5
Nickel métallique	3.8E-03	3.7E-3	3.6E-3
Plomb	6.1E-03	5.3E-3	5.3E-3
Particules PM10	25.4	26.0	26.0
Particules diesel	3.6	2.8	2.8
Dioxyde d'azote	31.3	27.8	27.2
Dioxyde de soufre	3.3	3.3	3.3

Teneur maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) modélisée en bordure des habitations

IV. CARACTERISATION DES RISQUES

IV. A. EFFETS ATTRIBUABLES ET EFFETS CUMULES

L'évaluation des risques sanitaires liés à la modification d'une infrastructure routière permet de conclure au risque attribuable spécifiquement à ce projet pour la population riveraine. Il se peut que, à côté de ce risque quantifié et apprécié isolément comme acceptable, l'exposition liée au bruit de fond soit déjà importante (autres infrastructures routières, chauffages urbains, fond géochimique...). Il se peut également que la somme de cette exposition et de celles qui sont spécifiquement attribuables au site étudié, compte tenu des modifications envisagées ou même sans ces modifications, puisse amener à conclure à un risque non acceptable. En termes de santé publique, il est important de **tenir compte du risque cumulé**.

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires d'un projet routier, on travaille à un horizon lointain (2025) et l'on ne connaît pas comment évoluera la pollution de fond jusqu'à cet horizon. Nous nous sommes donc basés sur les données disponibles pour l'état actuel (données du réseau ORAMIP, recherche bibliographique).

Substances	Bruit de fond
	dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,3-butadiène	0,2
Benzène	0,5
Benzo[a]pyrène	0,4.10 ⁻³
Acétaldéhyde	1,5
Acroléine	<0.1 (considéré à 0)
Formaldéhyde	1,5
Arsenic	1,3.10 ⁻³
Baryum	Pas de données (considéré à 0)
Cadmium	0,8.10 ⁻³
Chrome total	-
Chrome VI	0
Mercure	<LD (considéré à 0)
Nickel	2,4.10 ⁻³
Plomb	4.10 ⁻³
Particules PM10	21
Particules diesel	0
Dioxyde d'azote	18
Dioxyde de soufre	3

Bruit de fond dans l'air ambiant et dans le sol (fond géochimique)

IV. B. ESTIMATION DU RISQUE POUR LES EFFETS A SEUIL

Pour les effets obéissant à des relations dose / réponse à seuil, le résultat de la caractérisation des risques est, pour un individu, égal au rapport de la dose d'exposition sur la VTR. Ce rapport est appelé « **quotient de danger** » (QD).

Lors de la caractérisation des risques, les quotients de danger de substances ayant les mêmes effets doivent être additionnés.

Lorsque le quotient de danger global est **inférieur à 1**, l'individu exposé est théoriquement **hors de danger**. Dans le cas contraire, l'effet indésirable peut se produire sans qu'il soit possible de déterminer une probabilité de survenue.

Dans les tableaux suivants, les concentrations indiquées et les quotients de danger sont calculés sur la base de la concentration moyenne annuelle maximale à laquelle est soumise la population riveraine.

Substances	VTR (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effet critique	Etat initial (2005) Concentration maximale	QD maximum	Situation de référence Concentration maximale	QD maximum
COV - Alcènes et alcynes						
1,3 butadiène	2	Reproduction, développement et effets hématologiques	5.3E-01	2.6E-01	3.6E-01	1.8E-01
Benzène	30	Diminution du nombre de lymphocytes	2.7E+00	9.0E-02	1.1E+00	3.7E-02
COV - Aldéhydes et cétones						
Acétaldéhyde	300	Irritations du tractus respiratoire	3.5E+00	1.2E-02	3.0E+00	1.0E-02
	9	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	3.5E+00	3.9E-01	3.0E+00	3.4E-01
Acroléine	0.4	Lésions nasales	9.4E-01	2.3E+00	8.1E-01	2.0E+00
Formaldéhyde	10	Altération de l'épithélium nasal	5.4E+00	5.5E-01	4.3E+00	4.4E-01
Métaux						
Baryum	1	effets cardiovasculaires	3.2E-03	3.2E-03	5.1E-03	5.1E-03
Cadmium	5.0E-03	Altération de la fonction rénale	1.2E-03	2.4E-01	1.2E-03	2.3E-01
Chrome VI particulaire	8.0E-03	Atrophie nasale	3.0E-03	3.8E-01	4.3E-03	5.4E-01
Nickel métallique	0.2	Inflammation des voies respiratoires	6.7E-03	3.3E-02	8.8E-03	4.4E-02
Plomb	0.5	Effets neurologiques ou hématologiques	2.4E-02	4.8E-02	2.2E-02	4.5E-02
Autres						
Particules diesel	5	Effets respiratoires	14.8	3.0E+00	13.6	2.7E+00
Particules	20	Effets respiratoires	70.4	3.5E+00	66.2	3.3E+00
Dioxyde d'azote	40	Effets respiratoires	82.4	2.1E+00	70.4	1.8E+00
Dioxyde de soufre	125	Effets respiratoires	6.0	4.8E-02	5.4	4.4E-02

Exposition chronique par inhalation avec seuil pour l'état initial 2005 et la situation de référence 2020

Substances	VTR (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effet critique	Scénario Rocade 2x4 3/4 Est Concentration maximale	QD maximum	Scénario Rocade 2x4 Ouest Concentration maximale	QD maximum
COV - Alcènes et alcynes						
1,3 butadiène	2	Reproduction, développement et effets hématologiques	3.6E-01	1.8E-01	3.6E-01	1.8E-01
Benzène	30	Diminution du nombre de lymphocytes	1.1E+00	3.7E-02	1.1E+00	3.8E-02
COV - Aldéhydes et cétones						
Acétaldéhyde	300	Irritations du tractus respiratoire	3.0E+00	1.0E-02	3.0E+00	1.0E-02
	9	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	3.0E+00	3.3E-01	3.3E-01	3.5E-01
Acroléine	0.4	Lésions nasales	8.0E-01	2.0E+00	8.0E-01	2.0E+00
Formaldéhyde	10	Altération de l'épithélium nasal	4.3E+00	4.4E-01	4.3E+00	4.4E-01
Métaux						
Baryum	1	effets cardiovasculaires	5.0E-03	5.0E-03	5.1E-03	5.0E-03
Cadmium	5.0E-03	Altération de la fonction rénale	1.2E-03	2.3E-01	1.2E-03	2.4E-01
Chrome VI particulaire	8.0E-03	Atrophie nasale	4.3E-03	5.4E-01	4.3E-03	5.9E-01
Nickel métallique	0.2	Inflammation des voies respiratoires	8.8E-03	4.4E-02	8.8E-03	4.4E-02
Plomb	0.5	Effets neurologiques ou hématologiques	2.2E-02	4.5E-02	2.2E-02	4.5E-02
Autres						
Particules diesel	5	Effets respiratoires	13.5	2.7E+00	13.6	2.7E+00
Particules	20	Effets respiratoires	66.1	3.3E+00	66.4	3.3E+00
Dioxyde d'azote	40	Effets respiratoires	70.2	1.8E+00	70.4	1.8E+00
Dioxyde de soufre	125	Effets respiratoires	5.4	4.3E-02	5.4	4.3E-02

Exposition chronique par inhalation avec seuil pour les scénarios « Rocade à 2x4 voies 2020 »



Substances	VTR (en µg/m³)	Effet critique	Scénario GCAT 10km 3/4 Est Concentration maximale	Scénario GCAT 10km Est QD maximum	Scénario GCAT 10km Ouest Concentration maximale	Scénario GCAT 10km Ouest QD maximum
COV - Alcènes et alcynes						
1,3 butadiène	2	Reproduction, développement et effets hématologiques	3.6E-01	1.8E-01	3.6E-01	3.5E-01
Benzène	30	Diminution du nombre de lymphocytes	1.1E+00	3.7E-02	1.1E+00	3.7E-02
OV - Aldéhydes et cétones						
Acétaldehyde	300	Iritations du tractus respiratoire	3.0E+00	1.0E-02	3.0E+00	1.0E-02
Acroléine	9	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	3.0E+00	3.3E-01	3.0E+00	3.4E-01
Formaldéhyde	0.4	Lésions nasales	8.0E-01	2.0E+00	8.1E-01	2.0E+00
Métaux	10	Altération de l'épithélium nasal	4.3E+00	4.4E-01	4.3E+00	4.4E-01
Baryum	1	Effets cardiovaskulaires	5.0E-03	5.0E-03	5.1E-03	5.1E-03
Cadmium	5.0E-03	Altération de la fonction rénale	1.2E-03	2.3E-01	1.2E-03	2.3E-01
Chrome VI particulaire	8.0E-03	Atrophie nasale	4.3E-03	5.4E-01	4.3E-03	5.4E-01
Nickel métallique	0.2	Inflammation des voies respiratoires	8.8E-03	4.4E-02	8.8E-03	4.4E-02
Plomb	0.5	Effets neurologiques ou hématologiques	2.2E-02	4.5E-02	2.3E-02	4.5E-02
Autres						
Particules diesel	5	Effets respiratoires	13.5	2.7E+00	13.5	2.7E+00
Particules	20	Effets respiratoires	66.1	3.3E+00	66.1	3.3E+00
Dioxyde d'azote	40	Effets respiratoires	70.3	1.8E+00	70.5	1.8E+00
Dioxyde de soufre	125	Effets respiratoires	5.4	4.3E-02	5.4	4.4E-02

Exposition chronique par inhalation avec seuil pour les scénarios « GCAT 10km 2020 »

Substances	VTR (en µg/m³)	Effet critique	Scénario GCAT 15km 3/4 Est Concentration maximale	Scénario GCAT 15km Est QD maximum	Scénario GCAT 15km Ouest Concentration maximale	Scénario GCAT 15km Ouest QD maximum
COV - Alcènes et alcynes						
1,3 butadiène	2	Reproduction, développement et effets hématologiques	3.6E-01	1.8E-01	3.6E-01	3.5E-01
Benzène	30	Diminution du nombre de lymphocytes	1.1E+00	3.7E-02	1.1E+00	3.7E-02
OV - Aldéhydes et cétones						
Acétaldehyde	300	Iritations du tractus respiratoire	3.0E+00	1.0E-02	3.0E+00	1.0E-02
Acroléine	9	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	3.0E+00	3.3E-01	3.0E+00	3.4E-01
Formaldéhyde	0.4	Lésions nasales	8.0E-01	2.0E+00	8.1E-01	2.0E+00
Métaux	10	Altération de l'épithélium nasal	4.3E+00	4.4E-01	4.3E+00	4.4E-01
Baryum	1	Effets cardiovaskulaires	5.0E-03	5.0E-03	5.0E-03	5.0E-03
Cadmium	5.0E-03	Altération de la fonction rénale	1.2E-03	2.3E-01	1.1E-03	2.3E-01
Chrome VI particulaire	8.0E-03	Atrophie nasale	4.3E-03	5.4E-01	4.3E-03	5.4E-01
Nickel métallique	0.2	Inflammation des voies respiratoires	8.8E-03	4.4E-02	8.8E-03	4.4E-02
Plomb	0.5	Effets neurologiques ou hématologiques	2.2E-02	4.5E-02	2.2E-02	4.5E-02
Autres						
Particules diesel	5	Effets respiratoires	13.4	2.7E+00	13.2	2.6E+00
Particules	20	Effets respiratoires	65.7	3.3E+00	65.1	3.3E+00
Dioxyde d'azote	40	Effets respiratoires	70.2	1.8E+00	69.8	1.7E+00
Dioxyde de soufre	125	Effets respiratoires	5.4	4.3E-02	5.4	4.3E-02

Exposition chronique par inhalation avec seuil pour les scénarios « GCAT 15km 2020 »

Substances	VTR (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effet critique	Scénario GCAT 25km 3/4 Est Concentration maximale	QD maximum	Scénario GCAT 25km Ouest Concentration maximale	Scénario GCAT 25km Est Concentration maximale	Scénario GCAT 25km Ouest QD maximum	Scénario GCAT 25km Est QD maximum
					QD maximum	Concentration maximale	QD maximum	Concentration maximale
COV - Alkenes et alcynes								
1,3 butadiène	2	Reproduction, développement et effets hématologiques	3.6E-01	1.8E-01	3.6E-01	1.8E-01	3.6E-01	1.8E-01
Benzène	30	Diminution du nombre de lymphocytes	1.1E+00	3.7E-02	1.1E+00	3.7E-02	1.1E+00	3.7E-02
OV - Aldéhydes et cétones								
Acétaldehyde	300	Irritations du tractus respiratoire	3.0E+00	1.0E-02	3.0E+00	1.0E-02	3.0E+00	9.9E-03
Acroléine	9	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	3.0E+00	3.4E-01	3.0E+00	3.4E-01	3.0E+00	3.3E-01
Formaldéhyde	0.4	Lésions nasales	8.1E-01	2.0E+00	8.2E-01	2.0E+00	7.9E-01	2.0E+00
Métaux	10	Altération de l'épithélium nasal	4.3E+00	4.4E-01	4.4E+00	4.4E-01	4.3E+00	4.3E-01
Autres								
Baryum	1	effets cardiovaskulaires	5.1E-03	5.1E-03	5.1E-03	5.1E-03	5.0E-03	5.0E-03
Cadmium	5.0E-03	Altération de la fonction rénale	1.2E-03	2.3E-01	1.2E-03	2.3E-01	1.2E-03	2.3E-01
Chrome VI particulaire	8.0E-03	Atrophie nasale	4.4E-03	5.5E-01	4.4E-03	5.5E-01	4.3E-03	5.4E-01
Nickel métallique	0.2	Inflammation des voies respiratoires	8.8E-03	4.4E-02	8.8E-03	4.4E-02	8.8E-03	4.4E-02
Plomb	0.5	Effets neurologiques ou hématologiques	2.2E-02	4.5E-02	2.3E-02	4.5E-02	2.2E-02	4.4E-02
Particules	5	Effets respiratoires	13.8	2.8E+00	13.8	2.8E+00	13.4	2.7E+00
Particules diesel	20	Effets respiratoires	67.0	3.3E+00	67.1	3.4E+00	65.8	3.3E+00
Particules	40	Effets respiratoires	70.8	1.8E+00	70.9	1.8E+00	69.9	1.7E+00
Dioxyde d'azote	40	Effets respiratoires	5.5	4.4E-02	5.5	4.4E-02	5.4	4.3E-02
Dioxyde de soufre	125	Effets respiratoires						

Exposition chronique par inhalation avec seuil pour les scénarios « GCAT 25km 2020 »

		Somme de l'ensemble des quotients de danger	Somme des quotients de danger – effets respiratoires	Somme des quotients de danger – effets respiratoires	Somme des quotients de danger – effets neurologiques
Polluant(s) pris en compte	Tous	Acétaldéhyde, Acroléine, Formaldéhyde, Cr, Ni, Particules, NO ₂ , SO ₂	Idem ci-dessus sans PM10 totales	Pb	
2005	13.0	12.3	8.8	0.05	
Référence ("Fil de l'eau")	11.7	11.2	7.9	0.04	
Rocade 2x4 voies	11.7	11.2	7.9	0.04	
Est	11.7	11.2	7.9	0.04	
Ouest	13.1	12.6	8.8	0.05	
GCAT 10 km	11.7	11.2	7.9	0.04	
Est	11.7	11.2	7.9	0.05	
Ouest	11.1	10.6	7.4	0.04	
GCAT 15 km	11.6	11.1	7.9	0.04	
Est	11.5	11.0	7.8	0.04	
Ouest	11.2	10.7	7.5	0.04	
GCAT 25 km	11.8	11.3	8.0	0.04	
Est	11.9	11.4	8.0	0.05	
Ouest	11.6	11.1	7.8	0.04	

Quotient de danger par inhalation – polluant à seuil

La somme des **quotients de danger** des polluants ayant des **effets respiratoires** est **supérieure à la limite empirique de 1**. On note que les **particules totales de diamètre supérieur à 10 μm** y contribuent pour un peu plus du tiers.

Les quotients de danger diminuent entre l'état initial et la situation de référence 2020. Ainsi, **les améliorations technologiques permettent de compenser l'augmentation du trafic** (induisant une augmentation des émissions des polluants particulaires).

L'évolution des quotients de danger suivant les type de scénario n'est pas le même : ainsi les scénarios « Rocade à 2x4 voies » entraîneraient une augmentation des quotients de danger, le scénario « Rocade 2x4 voies Ouest » étant le moins bon. Au contraire le scénario « GCAT 10km Ouest » semble être le meilleur en termes de diminution des quotients de danger. Ceci est du principalement au fait que le maximum de concentrations des polluants à proximité des habitations se trouve à l'ouest de la bande d'études et qu'elle est donc relativement peu influencée par les scénarios Est et ¾ Est.

IV. C. ESTIMATION DU RISQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL (CANCERIGENES)

Pour les effets obéissant à des relations dose / réponse sans seuil, le résultat de la caractérisation des risques est exprimé en **excès de risque individuel** (ERI). L'excès de risque individuel est la probabilité de survenue d'un danger au cours de la **vie entière** d'un individu, compte tenu de sa dose journalière d'exposition et de l'excès de risque unitaire (ERU) de la substance étudiée.

Pour les substances cancérogènes, tous les ERI sont additionnés quel que soit le type de cancer.

Lorsque $\text{ERI} < 1.10^{-5}$, l'excès de risque est **considéré comme acceptable**.



Substances	ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Effet critique	Concentration maximale	Etat initial (2005) ER maximum	Situation de référence 2020 Concentration maximale	ER maximum
COV - Alcènes et alcynes						
1,3 butadiène	3.0E-05	Sang (leucémie)	5.3E-01	1.6E-05	3.6E-01	1.1E-05
Benzène	2.2E-06	Sang (leucémie)	2.7E+00	5.9E-06	2.1E-06	2.5E-06
COV - Hydrocarbures Aromatiques polycycliques						
Benzo(a)pyrène	1.1E-03	tractus respiratoire	8.3E-03	9.2E-06	1.4E-02	1.6E-05
COV - Aldéhydes et cétones						
Acétaldéhyde	1.5E-07	9.0E-07	fosses nasales	3.5E+00	5.3E-07	3.2E-06
Formaldéhyde	2.3E-10	2.7E-08	Voies respiratoires	5.4E+00	1.2E-09	1.5E-07
Métaux						
Arsenic	1.5E-03	Poumon	1.8E-03	2.6E-06	2.1E-03	3.1E-06
Cadmium	9.8E-03	Poumon	1.2E-03	1.2E-05	1.2E-03	1.1E-05
Chrome III et VI	1.1E-02	Poumon	3.0E-03	3.3E-05	4.0E-04	4.3E-03
Nickel métallique	3.9E-04	Poumon	6.7E-03	2.5E-06	8.8E-03	5.6E-04
Autres						3.3E-06
Particules diesel	3.4E-05	Poumon	14.8	5.0E-04	13.6	4.6E-04

Exposition chronique par inhalation sans seuil pour l'état initial 2005 et la situation de référence 2020.

Substances	ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Effet critique	Concentration maximale	Scénario Rocade 2x4 3/4 Est ER maximum	Scénario Rocade 2x4 Est ER maximum	Scénario Rocade 2x4 Ouest Concentration maximale	ER maximum
COV - Alcènes et alcynes							
1,3 butadiène	3.0E-05	Sang (leucémie)	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01
Benzène	2.2E-06	Sang (leucémie)	1.1E+00	2.4E-06	8.7E-06	1.1E+00	1.1E-06
COV - Hydrocarbures Aromatiques polycycliques							
Benzo(a)pyrène	1.1E-03	tractus respiratoire	1.4E-02	1.6E-05	1.4E-02	1.6E-05	1.6E-02
COV - Aldéhydes et cétones							
Acétaldéhyde	1.5E-07	9.0E-07	fosses nasales	3.0E+00	4.5E-07	2.7E-06	4.5E-07
Formaldéhyde	2.3E-10	2.7E-08	Voies respiratoires	4.3E+00	9.9E-10	1.2E-07	4.3E+00
Métaux							
Arsenic	1.5E-03	Poumon	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06	3.1E-06
Cadmium	9.8E-03	Poumon	1.2E-03	1.1E-05	1.2E-03	1.1E-05	1.2E-05
Chrome III et VI	1.1E-02	Poumon	4.3E-03	4.8E-05	5.6E-04	4.3E-03	5.2E-05
Nickel métallique	3.8E-04	Poumon	8.8E-03	3.3E-06	8.8E-03	3.3E-06	3.5E-06
Autres							
Particules diesel	3.4E-05	Poumon	13.5	4.6E-04	13.6	4.6E-04	16.3
							5.5E-04

Exposition chronique par inhalation sans seuil pour les scénarios « Rocade 2x4 voies 2020 ».

Substances	ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}^{-1}$)	Effet critique	Scénario GCAT 10km 3/4 Est Concentration maximale	Scénario GCAT 10km 3/4 Est ER maximum	Scénario GCAT 10km Est Concentration maximale	Scénario GCAT 10km Est ER maximum	Scénario GCAT 10km Ouest Concentration maximale	Scénario GCAT 10km Ouest ER maximum
COV - Alcènes et alcynes								
1,3 butadiène	3.0E-05	Sang (leucémie)	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01	1.1E-05	3.5E-01	1.0E-05
Benzène	2.2E-06	7.8E-06	Sang (leucémie)	1.1E+00	2.4E-06	8.7E-06	1.1E+00	2.4E-06
COV - Hydrocarbures Aromatiques polycycliques								
Benz(o)a)pyrène	1.1E-03	tractus respiratoire	1.4E-02	1.6E-05	1.5E-02	1.6E-05	1.4E-02	1.5E-05
COV - Aldéhydes et cétones								
Acétaldéhyde	1.5E-07	9.0E-07	fosses nasales	3.0E+00	4.5E-07	2.7E-06	3.0E+00	4.5E-07
Formaldéhyde	2.3E-10	2.7E-08	Voies respiratoires	4.3E+00	9.9E-10	1.2E-07	4.3E+00	1.0E-09
Métaux								
Arsenic	1.5E-03	Poumon	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06
Cadmium	9.8E-03	Poumon	1.2E-03	1.1E-05	1.2E-03	1.1E-05	1.1E-03	1.1E-05
Chrome III et VI	1.1E-02	1.3E-01	Poumon	4.3E-03	4.8E-05	5.6E-04	4.3E-03	4.8E-05
Nickel métallique	3.8E-04	Poumon	8.8E-03	3.3E-06	8.8E-03	3.3E-06	8.6E-03	3.3E-06
Autres								
Particules diesels	3.4E-05	Poumon	13.5	4.6E-04	13.5	4.6E-04	12.6	4.3E-04

Exposition chronique par inhalation sans seuil pour les scénarios « GCAT 10km 2020 ».

Substances	ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}^{-1}$)	Effet critique	Scénario GCAT 15km 3/4 Est Concentration maximale	Scénario GCAT 15km 3/4 Est ER maximum	Scénario GCAT 15km Est Concentration maximale	Scénario GCAT 15km Est ER maximum	Scénario GCAT 15km Ouest Concentration maximale	Scénario GCAT 15km Ouest ER maximum
COV - Alcènes et alcynes								
1,3 butadiène	3.0E-05	Sang (leucémie)	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01	1.1E-05	3.5E-01	1.0E-05
Benzène	2.2E-06	7.8E-06	Sang (leucémie)	1.1E+00	2.5E-06	8.7E-06	1.1E+00	2.4E-06
COV - Hydrocarbures Aromatiques polycycliques								
Benz(o)a)pyrène	1.1E-03	tractus respiratoire	1.4E-02	1.6E-05	1.4E-02	1.6E-05	1.4E-02	1.5E-05
COV - Aldéhydes et cétones								
Acétaldéhyde	1.5E-07	9.0E-07	fosses nasales	3.0E+00	4.5E-07	2.7E-06	3.0E+00	4.5E-07
Formaldéhyde	2.3E-10	2.7E-08	Voies respiratoires	4.3E+00	9.9E-10	1.2E-07	4.3E+00	9.5E-10
Métaux								
Arsenic	1.5E-03	Poumon	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06
Cadmium	9.8E-03	Poumon	1.2E-03	1.1E-05	1.1E-03	1.1E-05	1.1E-03	1.1E-05
Chrome III et VI	1.1E-02	1.3E-01	Poumon	4.3E-03	4.8E-05	5.6E-04	4.3E-03	4.8E-05
Nickel métallique	3.8E-04	Poumon	8.8E-03	3.3E-06	8.8E-03	3.3E-06	8.7E-03	3.3E-06
Autres								
Particules diesels	3.4E-05	Poumon	13.4	4.6E-04	13.2	4.5E-04	12.8	4.4E-04

Exposition chronique par inhalation sans seuil pour les scénarios « GCAT 15km 2020 ».



Substances	ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Effet critique	Concentration maximale	Scénario GCAT 25km 3/4 Est		Concentration maximale	ER maximum	Scénario GCAT 25km Ouest	Concentration maximale	ER maximum
				Scénario GCAT 25km 3/4 Est	ER maximum					
COV - Alcènes et alcynes										
1,3 butadiène	3.0E-05	Sang (leucémie)	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01	1.1E-05	3.6E-01	1.1E-05
Benzène	2.2E-06	7.8E-06	Sang (leucémie)	1.1E+00	2.5E-06	8.7E-06	1.1E+00	2.5E-06	8.7E-06	1.1E+00
COV - Hydrocarbures Aromatiques polycycliques										
Benzo(a)pyrène	1.1E-03	tractus respiratoire	1.4E-02	1.6E-05	1.5E-02	1.6E-05	1.6E-05	1.4E-02	1.6E-05	1.6E-05
COV - Aldéhydes et cétones										
Acétaldéhyde	1.5E-07	9.0E-07	fosses nasales	3.0E+00	4.5E-07	2.7E-06	3.0E+00	4.6E-07	2.7E-06	3.0E+00
Formaldéhyde	2.3E-10	2.7E-08	Voies respiratoires	4.3E+00	1.0E-09	1.2E-07	4.4E+00	1.0E-09	1.2E-07	4.3E+00
Métaux										
Arsenic	1.5E-03	Poumon	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06	2.1E-03	3.1E-06
Cadmium	9.8E-03	Poumon	1.2E-03	1.1E-05	1.2E-03	1.1E-05	1.2E-03	1.1E-05	1.2E-03	1.1E-05
Chrome III et VI	1.1E-02	1.3E-01	Poumon	4.4E-03	4.8E-05	5.7E-04	4.4E-03	4.8E-05	5.7E-04	4.3E-03
Nickel métallique	3.8E-04	Poumon	8.8E-03	3.3E-06	8.8E-03	3.3E-06	8.8E-03	3.3E-06	8.8E-03	3.3E-06
Autres										
Particules diesel	3.4E-05	Poumon	13.8	4.7E-04	13.8	4.7E-04	13.8	4.7E-04	13.4	4.6E-04

Exposition chronique par inhalation sans seuil pour les scénarios « GCAT 25km 2020 ».

			Somme des excès de risques individuels	Idem - Cr	Idem - Polluants métalliques
	2005		9.7E-04	5.7E-04	5.5E-04
	Référence ("Fil de l'eau")		1.1E-03	5.2E-04	5.0E-04
Rocade 2x4 voies	3/4 Est		1.1E-03	5.2E-04	5.0E-04
	Est		1.1E-03	5.2E-04	5.0E-04
	Ouest		1.2E-03	6.1E-04	6.0E-04
GCAT 10 km	3/4 Est		1.1E-03	5.2E-04	5.0E-04
	Est		1.1E-03	5.2E-04	5.0E-04
	Ouest		1.0E-03	4.8E-04	4.7E-04
GCAT 15 km	3/4 Est		1.1E-03	5.1E-04	4.9E-04
	Est		1.1E-03	5.1E-04	4.9E-04
	Ouest		1.0E-03	4.9E-04	4.7E-04
GCAT 25 km	3/4 Est		1.1E-03	5.5E-04	5.1E-04
	Est		1.1E-03	5.3E-04	5.1E-04
	Ouest		1.1E-03	5.1E-04	5.0E-04

Excès de risque individuel par inhalation – polluant sans seuil

Pour la voie d'inhalation, on note que le **Chrome** contribue pour près de la moitié au **risque cancérigène**. L'excès de risque individuel obtenu pour le chrome est **sans doute très surestimé**.

Pour le chrome, il est calculé à partir des concentrations de chrome total modélisé et de l'ERU des chrome III et VI. On considère donc que 100% du chrome émis par les véhicules est sous forme tri valente et hexavalente.

Parmi les scénarios étudiés, le plus favorable à une diminution des excès de risques individuels semble être le scénario « GCAT 10km Ouest » avec une diminution des ERI de l'ordre de 5% par rapport à la situation de référence 2020.

IV. D. DISCUSSION QUALITATIVE SUR LES INCERTITUDES

En ce qui concerne l'évaluation de la dose réponse

Nous avons choisi les VTR les plus conservatrices (excepté pour l'acroléine) avec des facteurs d'incertitude allant de 2 à 1000 selon les polluants ce qui induit certainement une **surestimation du risque**.

En ce qui concerne l'évaluation des expositions

Les émissions particulières (PM10, métaux et benzo(a)pyrène) hors échappement sont considérées constantes dans le temps. Des gains technologiques seront peut-être faits dans les prochaines années sur les freins, les embrayages...

Nous avons considéré que **30% des HAP** émis à l'échappement étaient du **benzo(a)pyrène**.

Le calcul des émissions futures est basé sur une estimation de l'évolution du trafic. La modélisation des concentrations dans l'air ambiant réalisée est cohérente avec les mesures faites dans l'environnement par la station mobile. Cependant, ces mesures n'ont été faites que sur **2 polluants**. Or la modélisation a été réalisée sur une **quinzaine de substances**. Des paramètres météorologiques tels que les **précipitations** n'ont **pas été prises en compte**. Ceci a certainement entraîné une surestimation des concentrations notamment pour tous les polluants particulaires.

Afin de définir les **concentrations maximales** proche des habitations, les concentrations des polluants ont été modélisées au **point du terrain habité le plus proche de l'autoroute** (et non pas au droit du lieu d'habitation) et ce pour les habitations les plus proches tout au long de la bande d'études. Ce qui est une hypothèse **majorante** pour l'ensemble des habitations de la bande d'étude

Nous avons considéré qu'en 2020, il n'y aurait **pas de constructions plus exposées** que celles qui sont déjà installées sur la zone d'études.

Nous avons choisi un **temps d'exposition des personnes** présentes dans la bande d'études **de 100%**, ce qui est **très majorant** (très peu de personnes restent 24h/24 , 7 jours sur 7 dans leur habitation).

Pour l'évaluation des risques des polluants sans effets de seuil, la **durée moyenne d'exposition** a été fixée à **70 ans** ce qui induit que les teneurs en polluants dans l'environnement seront **stables** sur les 70 prochaines années. On ne **prend pas en compte les éventuels gains technologiques** pour les émissions des gaz d'échappement après 2020 et les émissions des équipements des véhicules automobiles.

Nous n'avons **pas pris en compte les transferts air extérieur / air intérieur**. Or, on sait qu'en moyenne, la population passe 80% de son temps en air intérieur.

En ce qui concerne la caractérisation des risques

Nous n'avons **pas pris en compte** de façon exhaustive **l'ensemble des polluants émis par les véhicules automobiles** (à l'échappement et par leurs équipements). De ce fait, l'évaluation du risque sanitaire a sans doute été sous-estimée.

Nous avons attribué un **bruit de fond** de la pollution **constant** dans le temps.

Lors de l'étude des polluants à effets à seuil, nous avons considéré que la **totalité du chrome modélisé** était sous forme **hexavalente**. De même, lors de l'étude des polluants sans effets de seuil, nous avons considéré que la totalité du chrome modélisé était sous forme trivalente et hexavalente. Ces approximations induisent des **surestimations du risque dues à ce polluant**.

Lorsque pour le polluant envisagé, les instances ont fixé une VTR comprise entre 2 chiffres, nous avons pris en compte le chiffre le plus sévère en matière d'impact sur la santé pour réaliser les calculs de somme d'excès de risques individuels et collectifs. Ainsi, si l'on prend l'exemple du chrome, la limite supérieure de l'ERU de l'OMS a été utilisée ($1,3 \cdot 10^{-1}$) plutôt que sa limite inférieure ($1,1 \cdot 10^{-2}$).

Pour l'évaluation des risques des polluants sans effets de seuil, la durée moyenne d'exposition a été fixée à **70 ans**. Si l'on reprend le calcul de l'exposition au chrome ci-dessus, avec une durée de **10,1 ans** (temps de résidence moyen en France, ministère du logement, 1998), sans changer les autres paramètres, l'ERI obtenu pour le chrome pour la situation de référence est compris **entre $5,7 \cdot 10^{-5}$ et $4,8 \cdot 10^{-6}$** .



INTRODUCTION

Le but de ce chapitre est d'appréhender l'impact du GCAT sur son environnement proche en termes d'émissions et de dispersion de polluants réglementés.

Pour cela, un modèle de dispersion gaussienne a été utilisé avec un certain nombre d'hypothèses :

- Le tronçon modélisé est un tronçon rectiligne se trouvant parallèle aux axes dominants des vents, ce qui ne favorise pas la bonne dispersion des émissions.
- Les émissions prises sont les émissions les plus fortes se trouvant sur le GCAT. De plus comme précisé dans la note méthodologique de Février 2005 du CERTU sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières, les émissions hors échappement (usure de la route et des équipements) ont été prises en compte.
- Le GCAT est supposé se trouver en rase campagne afin de ne considérer que l'impact de celui-ci sur son environnement. Dans le cas où le GCAT se trouverait à proximité d'autres sources d'émissions (zones urbaines ou péri-urbaines), celles-ci viendraient se rajouter aux résultats présentés dans ce chapitre

Le modèle a été utilisé avec des données horaires météorologiques sur une année moyenne, ceci afin de pouvoir modéliser à la fois les moyennes horaires mais aussi les maxima horaires des polluants réglementés.

ANALYSE DES SENSIBILITES SUR LA BANDE D'ETUDE

ETUDE « GCAT »

Les différents tracés du GCAT n'ayant pas encore été définis, la population concernée par la bande d'étude ne peut être connue. Un indice IPP simplifié n'a donc pas été calculé mais une courbe traçant la diminution des teneurs en polluants en fonction de leur distance à l'axe a été dessinée. Ce graphe permet d'appréhender à partir de quelle distance par rapport au GCAT les risques sanitaires deviennent « faibles »

MODELISATION DES IMMISSIONS DE POLLUANTS

I. PRINCIPE DE LA METHODE

Le modèle **ADMS-Roads** permet de **simuler la dispersion des polluants atmosphériques** issus d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéaires, 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-Roads est un **modèle gaussien statistique cartésien**. Le programme effectue les calculs de dispersion individuellement pour chacune des sources (ponctuelles, linéaires et surfaciques) et somme pour chaque espèce les contributions de toutes les sources de même type.

De plus, le logiciel ADMS-Roads intègre 2 types **de module** permettant **d'estimer les concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) à partir de celles d'oxydes d'azote (NO_x)**:

- un module de corrélation, basé sur la corrélation de Derwent et Middleton (1996, An empirical function for the ratio $\text{NO}_2 : \text{NO}_x$, Clean Air, 26, 57-60)
- un module de schéma chimique simplifié basé sur le schéma de Venkatram et al (1994, The development and application of a Simplified Ozone Modelling System. Atmospheric Environment 28, 3665-3678)

Les hypothèses de calcul de ce modèle sont les suivantes :

- La mesure du site est représentative de l'ensemble du domaine de calcul,
- La composante verticale du vent est négligeable devant la composante horizontale,
- Le régime permanent est instantanément atteint.

Ces hypothèses sont généralement majorantes et permettent une visualisation rapide des ordres de grandeur de la pollution sur des domaines de 1 à 50 km.

II. DONNEES D'ENTREE DU MODELE

Plusieurs types de données sont intégrés au modèle ADMS Roads.

II. A. LA TOPOGRAPHIE

La topographie n'a pas été intégrée dans le logiciel ADMS Roads.

II. B. LA POLLUTION DE FOND

Modéliser les niveaux de pollution à l'intérieur du domaine étudié nécessite la connaissance de la pollution de fond (pollution rencontrée sur le site s'il n'y avait pas d'infrastructure routière). C'est un élément important pour la simulation puisqu'elle vient se rajouter à la pollution générée par le projet étudié. La pollution de fond englobe la pollution naturelle existante et la pollution générée par d'autres sources localisées.

Sur l'aire d'étude, nous pouvons considérer qu'excepté les infrastructures routières, les autres sources de pollution peuvent être négligées. En effet, il ne devrait pas y avoir d'industries émettrices de pollution dans la zone d'étude.

La pollution de fond correspond donc ici aux teneurs en polluants rencontrées en milieu rural hors de l'influence de sources de polluants.

Ces teneurs ont été fixées à partir des données mesurées par certaines stations de surveillance de la qualité de l'air du réseau ORAMIP. Ces teneurs « minimales » sont indiquées ci-dessous.

Polluant	Teneurs exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Monoxyde de carbone (CO)	200
Oxydes d'azote (NOx)	17
Dioxyde d'azote (NO_2)	4
Benzène	0.5
Dioxyde de soufre (SO_2)	3
Particules PM10	18
Arsenic	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Cadmium	$0,8 \cdot 10^{-3}$
Nickel	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Plomb	$4 \cdot 10^{-3}$
Benzo(a)pyrène	$0,4 \cdot 10^{-3}$

Teneurs en polluants rencontrées en milieu rural hors de l'influence d'émetteurs.

Ces teneurs de fond ont été utilisées pour les deux états ; l'état initial et l'état futur. En effet, nous considérons que ces teneurs correspondent aux concentrations rencontrées « naturellement » dans l'environnement. Elles sont très faibles et ne devraient donc pas évoluer dans le temps.

II. C. LES EMISSIONS

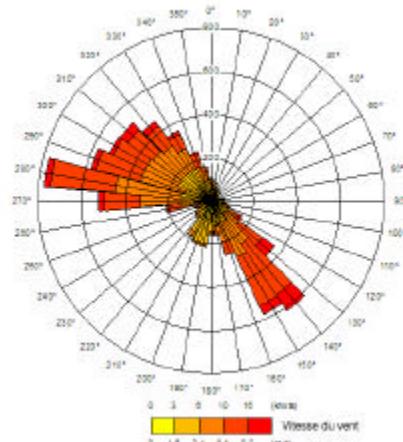
Les données concernant les émissions intégrées dans le logiciel ADMS Roads sont la localisation géographique des voies de circulation (ici hypothétique) et les quantités émises par espèce de polluants (calculées pour l'inventaire d'émission) exprimées en tonne par an.

II. D. LA MODELISATION DU NO_2

Le module de corrélation, basé sur la corrélation de Derwent et Middleton (1996) a été utilisé pour passer de la dispersion des oxydes d'azote (NO_x) à celle du dioxyde d'azote (NO_2).

II. E. LA METEOROLOGIE

Les modélisations ont été réalisées pour obtenir des concentrations moyennes annuelles. 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 les stations météorologiques de Toulouse (données Météo-France) pour l'année 2005.



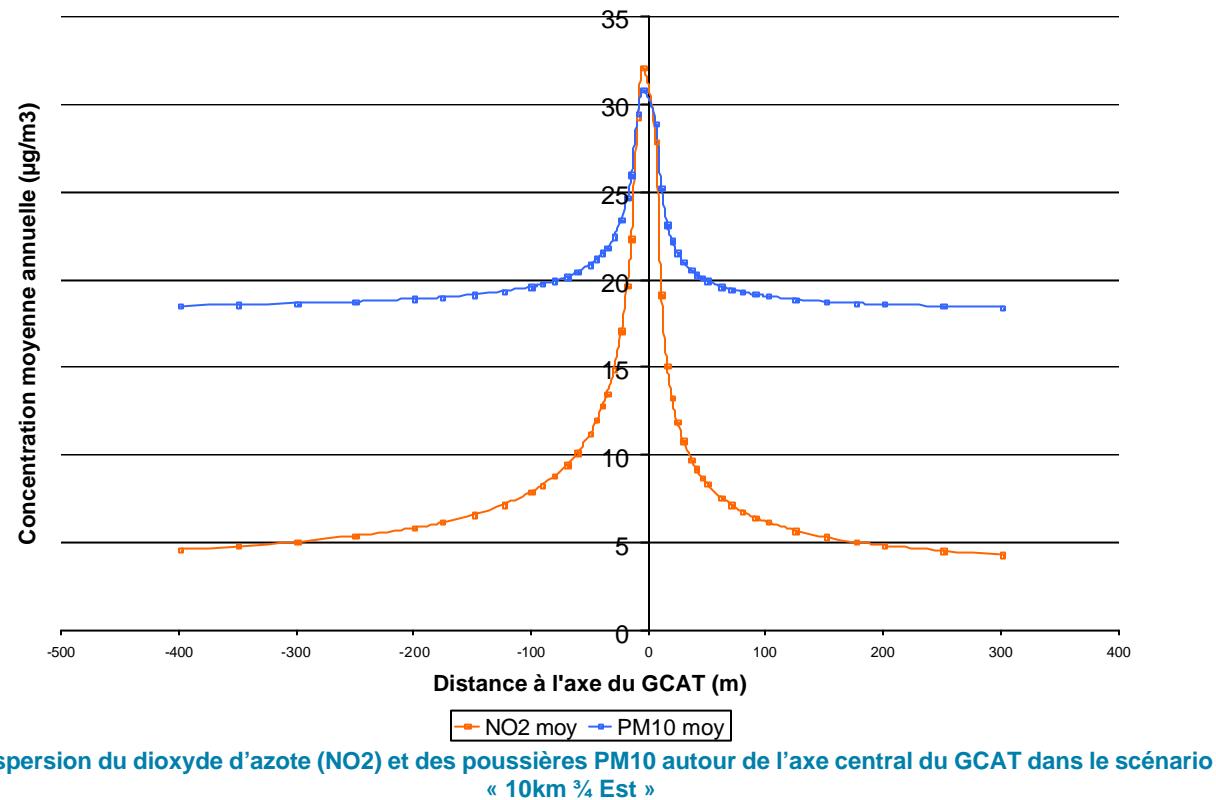
Rose des vents pour la station de Toulouse.

III. DONNEES DE SORTIE DU MODELE

A partir du cadastre d'émission réalisé, le modèle «ADMS Roads » a permis l'obtention de **cartes d'estimation de distribution des concentrations** (exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) **dans l'atmosphère de la bande d'étude** des polluants réglementés suivants :

- Le monoxyde de carbone,
- Les oxydes d'azote,
- Le benzène
- Les particules avec distinction des particules diesels,
- Le dioxyde de soufre,
- L'arsenic,
- Le cadmium,
- Le nickel,
- Le plomb,
- Le benzo(a)pyrène.

IV. RESULTATS



Le graphique précédent permet de voir la dispersion des émissions de dioxyde d'azote (NO₂) et de PM10 autour de l'axe central du GCAT pour le scénario « 10km ¾ Est », qui est le scénario avec les émissions de polluants les plus importantes au niveau du GCAT. On remarque que la diminution des concentrations intervient très rapidement à partir de l'axe : dès 100m, les concentrations sont presque au niveau de fond. Ceci est du, entre autre, au fait que les émissions restent modérées (trafic prévu de l'ordre de 30 000 véhicules/jour).

De plus les tableaux suivants donnent les concentrations moyennes annuelles maximales trouvées à proximité du GCAT pour les principaux polluants réglementés.

Ceci permet de voir que tant pour les polluants gazeux que pour les polluants particulaires, les valeurs limites, les objectifs de qualité et les valeurs cibles sont respectés.

Seul l'objectif de qualité pour les poussières PM10 n'est pas respecté dans le cadre des scénarios GCAT 10km. Cependant le dépassement est faible et se trouve au centre du GCAT, comme nous l'avons vu dans le graphe précédent dès quelques dizaines de mètres hors du centre, les concentrations respectent l'objectif de qualité.

	concentration de fond	Concentration moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		CO	NO ₂	Particules	benzene
GCAT 10 km	200	4		18	0.5
	3/4 Est	263	33.7	31.4	0.6
	Est	260	32.2	30.9	0.6
GCAT 15 km	Ouest	260	30.8	30.0	0.6
	3/4 Est	259	30.3	29.9	0.6
	Est	256	29.3	29.5	0.6
GCAT 25 km	Ouest	249	25.1	27.4	0.6
	3/4 Est	247	24.0	26.4	0.6
	Est	246	23.3	26.2	0.6
GCAT 35 km	Ouest	234	18.4	24.3	0.5
	3/4 Est	247	24.7	27.2	0.6
	Est	244	24.1	27.2	0.6
	Ouest	225	14.7	22.8	0.5

		Concentration moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Fond		Plomb	Cadmium	Arsenic	Chrome	Nickel	Baryum
		0.0040	0.0008	0.0013	0	0.0024	0
GCAT 10 km	3/4 Est	0.0730	0.0023	0.0017	0.0015	0.0051	0.0011
	Est	0.0685	0.0023	0.0017	0.0015	0.0050	0.0010
	Ouest	0.0668	0.0023	0.0017	0.0014	0.0050	0.0010
GCAT 15 km	3/4 Est	0.0652	0.0023	0.0017	0.0014	0.0050	0.0009
	Est	0.0620	0.0022	0.0017	0.0014	0.0050	0.0009
	Ouest	0.0539	0.0020	0.0017	0.0013	0.0049	0.0007
GCAT 25 km	3/4 Est	0.0547	0.0019	0.0017	0.0013	0.0048	0.0007
	Est	0.0531	0.0019	0.0017	0.0013	0.0048	0.0007
	Ouest	0.0391	0.0017	0.0017	0.0012	0.0047	0.0005
GCAT 35 km	3/4 Est	0.0541	0.0020	0.0017	0.0013	0.0049	0.0007
	Est	0.0505	0.0020	0.0017	0.0013	0.0049	0.0007
	Ouest	0.0296	0.0016	0.0017	0.0011	0.0047	0.0004

		Concentration moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Fond		HAP	Acétaldéhyde	Acroléine	Formaldéhyde
GCAT 10 km	3/4 Est	0.0004	1.5	0	1.5
	Est	0.0034	1.69	0.099	1.86
	Ouest	0.0031	1.69	0.094	1.84
GCAT 15 km	3/4 Est	0.0029	1.67	0.088	1.82
	Est	0.0027	1.67	0.085	1.81
	Ouest	0.0023	1.64	0.072	1.76
GCAT 25 km	3/4 Est	0.0024	1.64	0.071	1.75
	Est	0.0023	1.63	0.069	1.75
	Ouest	0.0017	1.60	0.052	1.69
GCAT 35 km	3/4 Est	0.0024	1.64	0.074	1.77
	Est	0.0023	1.64	0.072	1.76
	Ouest	0.0014	1.58	0.039	1.64

Concentrations moyennes annuelles maximales au niveau du GCAT pour les principaux polluants réglementés suivant les scénarios de GCAT.

3. Evaluation des risques sanitaires.

Le détail de l'évaluation des risques sanitaires ne sera pas traité dans ce rapport.

Les résultats présentés dans le paragraphe précédent permettent de dire que dans le cadre d'une étude IPP, qui est principalement basée sur les concentrations de benzène, aucun problème ne devrait apparaître. En effet les concentrations de benzène sont très faibles à proximité du GCAT. Ceci est du principalement au fait des émissions relativement faibles du benzène : celui-ci est principalement émis à faible vitesse, or le trafic prévu sur le GCAT ne devrait pas entraîner de bouchon.

L'évaluation des risques sanitaires s'appuie sur une méthodologie précise qui a été définie en 1983 par l'académie des sciences américaine et retranscrite par l'INERIS et l'INVS.

Cette méthodologie se déroule en 4 étapes :

Identification du danger des substances chimiques : l'identification de potentiel dangereux ou identification des dangers consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme.

Évaluation de la relation dose-réponse : l'évaluation de la dose-réponse estime la relation entre la dose ou le niveau d'exposition aux substances, et la réponse observée (l'apparition d'un effet sur la santé, c'est-à-dire la présence d'un risque) sur une période de temps donnée.

Évaluation des expositions : l'évaluation des expositions consiste à déterminer les émissions, les voies de transfert et les vitesses de déplacement des substances et leur transformation ou leur dégradation afin d'évaluer les concentrations ou les doses auxquelles les populations humaines sont exposées ou susceptibles de l'être.

Caractérisation du risque : la caractérisation du risque est l'étape finale d'une évaluation de risque. Les informations issues de l'évaluation de l'exposition des populations et de l'évaluation de la toxicité des substances sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression quantitative du risque, ou qualitative lorsque cela n'est pas possible.

- Les 2 premières étapes ont été réalisées mais ne seront pas développées ici.

- L'évaluation des expositions a été menée et conduit à la mise en lumière de 2 risques :
 - Par voie d'inhalation par voie sans seuil, le risque vient du chrome
 - Par voie d'inhalation par voie avec seuil, le risque vient des particules PM10

		Distance par rapport à l'axe du GCAT (m)	
		Chrome	PM10
GCAT 10 km	3/4 Est	100	80
	Est	100	80
	Ouest	100	70
GCAT 15 km	3/4 Est	100	70
	Est	100	70
	Ouest	90	50
GCAT 25 km	3/4 Est	90	50
	Est	90	50
	Ouest	80	40
GCAT 35 km	3/4 Est	80	50
	Est	80	50
	Ouest	80	30

Table 8 : zone à l'intérieur de laquelle un risque sanitaire existe par voie d'inhalation.

Pour le chrome, le risque est très surestimé car il ne correspond qu'au chrome VI alors que la modélisation fournit des concentrations pour le chrome total.

Enfin pour les poussières PM10, on voit que le risque est très limité en étendue, en effet il s'agit d'une distance par rapport à l'axe du GCAT à laquelle il faut soustraire la largeur du GCAT.

Une étude plus exhaustive des risques sur la santé devra être effectuée quand le tracé des différents scénarios de GCAT sera connu (connaissance des zones de population riveraines)



CONCLUSION ETUDES « GCAT »

Une étude de l'impact du GCAT sur son environnement proche a été menée. Elle a montré que l'impact des émissions de polluants ne se faisait que jusqu'à une distance de 100m par rapport à l'axe du GCAT. Des hypothèses fortes, les plus défavorables possibles pour la dispersion des polluants ont été retenus pour modéliser l'impact du GCAT.

Les résultats de cette modélisation montrent que tant pour les polluants gazeux que pour les polluants particulaires, les valeurs limites, les objectifs de qualité et les valeurs cibles sont respectés pour l'ensemble des scénarios.

Seul l'objectif de qualité pour les poussières PM10 n'est pas respecté dans le cadre des scénarios GCAT 10km. Cependant le dépassement est faible et se trouve au centre du GCAT, comme nous l'avons vu dans le graphe précédent dès quelques dizaines de mètres hors du centre, les concentrations respectent l'objectif de qualité.

Enfin une étude préliminaire des risques pour la santé a été menée pour caractériser l'impact du GCAT selon les scénarios retenus et a montré qu'il pouvait exister des risques pour certains polluants (Chrome et PM10) dans une zone de 30 à 100m du centre du GCAT suivant les scénarios.

CONCLUSION



Le terme « meilleur » utilisé dans cette conclusion n'est utilisé qu'en terme de classification des scénarios entre eux par rapport à un paramètre donné.

Dans ce rapport 17 scénarios ont été comparés quant à leur impact sur la qualité de l'air au niveau de la zone d'études :

- L'état actuel basé sur le trafic 2005 modélisé par le CETE du Sud Ouest
- Le scénario « fil de l'eau » 2020, dans le cas où l'infrastructure routière n'est pas modifiée mais en prenant en compte l'augmentation du trafic
- 12 scénarios de GCAT basés sur 3 situations géographiques (Est, ¼ Est, Ouest) couplés avec 4 distances par rapport au périphérique (10km, 15km, 25km et 35km)
- 3 scénarios de mise à 2x4 voies du périphérique à l'horizon 2020.

La première partie de ce rapport a fait une synthèse des émissions à l'échappement des principaux polluants réglementés :

Pour l'ensemble du domaine d'études :

- Le bilan carbone montre qu'entre 2005 et la situation de référence 2020 l'augmentation de la circulation prévue (en nombre de km parcourus) dans le domaine d'études devrait entraîner une augmentation de la consommation énergétique et des émissions de dioxyde d'azote (CO_2) de l'ordre de 33%. De plus entre la situation de référence 2020 et les autres scénarios prospectifs, les variations de consommation et d'émissions de CO_2 sont relativement faibles puisque le « meilleur » scénario en terme de bilan carbone (« GCAT 15km Ouest ») ne conduit qu'à une diminution de rejet de CO_2 de l'ordre de 0,7%. Ceci est du au fait que les différents scénarios prospectent sur un déplacement du trafic dans le domaine et non à une réduction de celui-ci
- Vu les progrès attendus en matière d'émissions de polluants pour les véhicules d'ici à 2020, cette augmentation de trafic (et de consommation) ne devrait pas empêcher une diminution des émissions à l'échappement des principaux polluants réglementés entre 2005 et la situation de référence 2020. Les variations d'émissions totales de polluants sur l'ensemble du domaine d'études sont relativement faibles, en effet il s'agit ici plutôt d'un déplacement du trafic et donc des émissions, que d'une diminution du trafic en lui même

Un zoom a été effectué au niveau du périphérique Toulousain

- Le bilan carbone montre que comme pour l'ensemble du domaine d'études la consommation énergétique et les émissions de CO_2 devraient augmenter entre 2005 et la situation de référence 2020. Cependant les variations entre les différents scénarios prospectifs et la situation de référence sont beaucoup plus marquées que pour l'ensemble du domaine d'études.
 - o la présence d'un GCAT dévie une partie du trafic du périphérique et donc de ce fait, d'une part fluidifie la trafic sur celui-ci et d'autre part diminue le nombre de véhicules l'empruntant.
 - o Cet effet a tendance à s'estomper avec l'éloignement du GCAT par rapport au périphérique, qui rend le contournement moins attractif : plus le GCAT s'éloigne du périphérique et plus les émissions sur celui-ci augmentent et se rapprochent des émissions de la situation de référence.
 - o Le passage à 2x4 voies sur le périphérique a, quant à lui, un effet complètement inverse, en rendant celui-ci plus attractif et donc en augmentant le trafic l'empruntant. Ce qui se traduit par une augmentation des émissions de polluant sur le périphérique.
 - o le scénario GCAT 10km ¾ Est semble le meilleur avec une diminution des émissions de CO_2 de l'ordre de 13% par rapport à la situation de référence 2020 (à titre de comparaison d'après une étude ORAMIP, le passage de 110 à 90km/h sur le périphérique toulousain pendant l'été 2006 a permis d'économiser 10% d'émissions de CO_2)
- Comme pour l'ensemble du domaine d'études, les émissions de polluants devraient diminuer entre 2005 et la situation de référence 2020. Cependant les variations entre les différents scénarios prospectifs et la situation de référence sont beaucoup plus marquées que pour l'ensemble du domaine d'études :
 - o Par rapport aux émissions des polluants réglementés sur le périphérique, c'est le scénario GCAT 10km ¾ Est qui semble le meilleur avec une diminution des émissions entre 9% et 18% (suivant les polluants) par rapport à la situation de référence 2020

La seconde partie de ce rapport s'est intéressé à la pollution de proximité automobile sur l'ensemble du domaine d'études. Avec le calcul des axes routiers pouvant représenter un « point noir » en termes de qualité de l'air. Le bilan global ressemble logiquement au bilan des émissions du chapitre précédent : en effet, la diminution maximale des émissions sur les axes « points noirs » ne devrait pas entraîner une baisse des teneurs en polluant suffisante pour sortir de la catégorie « point noir ». Dans ce cadre, le scénario le « meilleur » semble être le scénario GCAT 10km ¾ Est (comme pour les émissions)

Une troisième partie a été abordée dans ce rapport : elle concerne une étude plus approfondie de l'impact des différents scénarios sur la qualité de l'air à proximité du périphérique toulousain.

Les concentrations issues du modèle utilisées pour faire des comparaisons avec les réglementations sont les concentrations maximales de la bande d'études qui se trouvent au Nord de celle-ci (au croisement entre la rocade et l'autoroute A62)

Pour certains polluants gazeux (dioxyde d'azote) et particulaires (particules de diamètre inférieur à 10 µm, et benzo-a-pyrène), les concentrations maximales estimées sont supérieures à la réglementation existante. Nous rappelons cependant que ces teneurs ont été estimées au plus près de la rocade, où il n'y a pas d'habitations. Seuls les usagers de l'autoroute sont soumis à ces concentrations sur un pas de temps qui est très nettement inférieur à l'année (pas de temps fixé par les réglementations).

Quant au « meilleur » des scénarios pour les concentrations maximales issus du modèle nous avons vu qu'il était fluctuant en fonction du polluant considéré.

Si on ne s'intéresse qu'aux polluants ne respectant pas les réglementations en vigueur : les « meilleurs scénarios » semblent être les « GCAT 10km Ouest » et « GCAT 15km Ouest ». Cependant cette comparaison n'est valable que pour les points de concentrations maximales sur le domaine d'études.

Des cartes de sortie du modèle ont été présentées pour les principaux polluants réglementés supérieurs à la réglementation : le NO_2 et les PM10. Ces cartes de comparaison entre les scénarios et la situation de référence a permis de montrer que le meilleur scénario de diminution « spatiale » des concentrations était le scénario « GCAT 10km ¾ Est ».

Un autre indicateur plus « pertinent » est le croisement entre les concentrations de polluants modélisées et la population. Les résultats de cette étude pour le NO_2 et les PM10 montrent que

- entre l'état initial 2005 et la situation de référence « fil de l'eau » 2020, la population « touchée » par des concentrations supérieures aux valeurs limites diminue malgré l'augmentation prévue de la population dans la bande d'études : ceci traduit une diminution des concentrations maximales de NO_2 et de PM10 prévue entre 2005 et 2020 principalement due à l'amélioration des véhicules en termes d'émissions.
- Les scénarios « rocade à 2x4 voies » semblent être les pires en matière de population touchée (notamment le scénario « rocade 2x4 voies Ouest »).
- Sur l'ensemble des scénarios 2020 c'est le « GCAT 10km ¾ Est » qui semble être le meilleur en terme de population touchée. Ceci étant principalement du à l'impact sur la zone Sud de la bande d'études.

Enfin une Etude des Risques Sanitaires (ERS) a été conduite qui a montré que :

- L'évolution des quotients de danger suivant les type de scénario n'est pas le même : ainsi les scénarios « Rocade à 2x4 voies » entraîneraient une augmentation des quotients de danger, le scénario « Rocade 2x4 voies Ouest » étant le moins bon.
- Au contraire le scénario « GCAT 10km Ouest » semble être le meilleur en termes de diminution des quotients de danger et des excès de risques individuels. Ceci est du principalement au fait que le maximum de concentrations des polluants à proximité des habitations se trouve à l'ouest de la bande d'études et qu'elle est donc relativement peu influencée par les scénarios Est et ¾ Est.

Enfin pour conclure cette étude, il faut ajouter que la plupart des travaux présentés dans ce rapport sont issus de modélisation. Aucun modèle de dispersion des polluants ou de calcul des émissions n'est parfait. Cependant le travail présenté ici s'est essentiellement basé sur une comparaison entre différents scénarios : en s'occupant d'écart relatif plutôt que de valeur absolu pour juger les scénarios, nous nous sommes donc affranchis des différents problèmes de biais pouvant survenir (même si des erreurs d'incertitude peuvent quand même restées comme notamment pour le calcul des émissions)

La quatrième et dernière partie de ce rapport a été consacrée à une étude simplifiée de l'impact du GCAT sur son environnement immédiat. Cette étude est dite simplifiée car comme le tracé des différents scénarios de GCAT n'est pas encore arrêté, seule une étude prospective pouvait être effectuée.

D'après les résultats de cette étude, l'impact des émissions de polluants ne se faisait que jusqu'à une distance de 100m par rapport à l'axe du GCAT.

Des hypothèses fortes, les plus défavorables possibles pour la dispersion des polluants ont été retenus pour modéliser l'impact du GCAT.

Les résultats de cette modélisation montrent que tant pour les polluants gazeux que pour les polluants particulaires, les valeurs limites, les objectifs de qualité et les valeurs cibles sont respectés pour l'ensemble des scénarios.

Seul l'objectif de qualité pour les poussières PM10 n'est pas respecté dans le cadre des scénarios GCAT 10km. Cependant le dépassement est faible et se trouve au centre du GCAT : dès quelques dizaines de mètres hors du centre, les concentrations respectent l'objectif de qualité.

Enfin une étude préliminaire des risques pour la santé a été menée pour caractériser l'impact du GCAT selon les scénarios retenus et a montré qu'il pouvait exister des risques pour certains polluants (Chrome et PM10) dans une zone de 30 à 100m du centre du GCAT suivant les scénarios.