

### III.7 -Etat initial de la qualité de l'air

Ce chapitre se présente en deux parties :

- La **première partie** a pour objectif de présenter les données générales sur la pollution d'origine automobile indispensables à une bonne compréhension de la thématique « air ».
- Sur cette base, la **deuxième partie** présente ensuite une synthèse des données sur la qualité de l'air de la zone d'étude du contournement de Nice.

#### III.7.1 - Données générales sur la pollution d'origine automobile

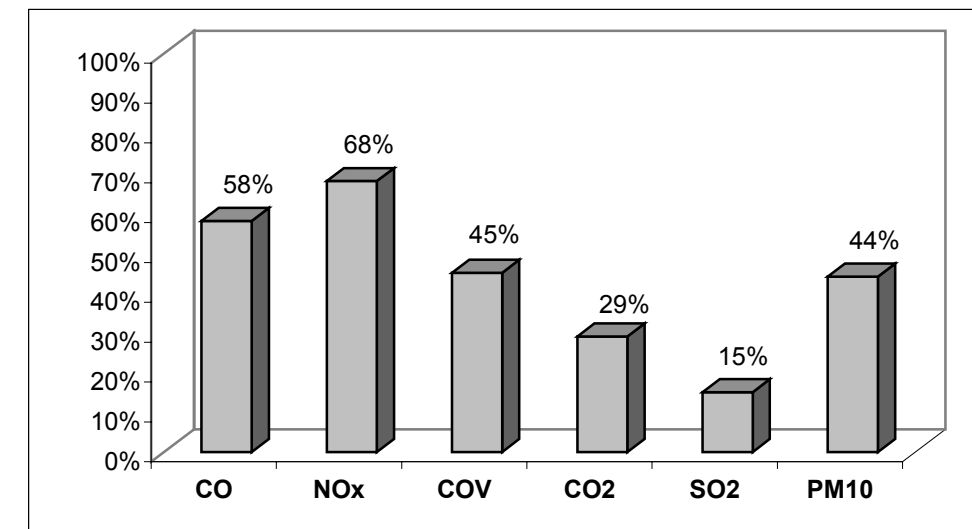
##### La nature des polluants d'origine automobile :

Les transports routiers et l'automobile consomment près du quart de la consommation énergétique française annuelle et les transports représentent près de 60 % de la consommation nationale de produits pétroliers. Cette consommation de produits pétroliers par les moteurs à explosion est à l'origine de 60 % des rejets d'émissions polluantes en milieu urbain. Le tableau suivant présente les principaux polluants d'origine autoroutière.

	ORIGINE/MODE D'EMISSION
CO	Monoxyde de carbone : Produit de la combustion incomplète des hydrocarbures. Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand il y a une concentration de véhicules qui roulent au ralenti dans les espaces couverts (tunnel, parking)
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone : Produit naturel de l'oxydation du carbone des carburants
NO <sub>x</sub>	Oxydes d'azote : Principalement monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ), formés à haute température par l'oxydation de l'azote dans l'air. Produit principalement par des véhicules en milieu urbain et en l'absence de sources fixes importantes.
PM10	Particules en suspension : Particules d'un diamètre inférieur à 10 µm. Proviennent d'une combustion incomplète du carburant / lubrifiant (diamètres < 10 µm), ou des phénomènes d'usure et de frottement (diamètres > 10 µm)
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques : Ensemble d'hydrocarbures et composés oxygénés essentiellement (méthane non compris) comprenant 2 familles : les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et polycycliques (HAP). Proviennent de la combustion et de l'évaporation des hydrocarbures, solvants et composés organiques issus des différents organes des véhicules.
HAM	Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques : En particulier benzène, toluène, éthylbenzène, les xylènes (famille BTEX) ; 1,2,4 triméthylbenzène (124 tmb) ; aldéhydes (formaldéhyde ; acétaldéhyde). Emis essentiellement par les véhicules à essence : combustion incomplète et évaporation (réservoir, carburateur ...) représentent près de 30% des COVNM.
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques : Plusieurs centaines de composés émis principalement par les véhicules diesel et présents sous forme gazeuse et particulaire dans l'atmosphère urbaine.
METAUX LOURDS	Principalement le plomb (Pb) (combustion des additifs contenus dans l'essence). Mais aussi cadmium (Cd), nickel (Ni) et zinc (Zn ; provenant de l'usure des glissières de sécurité) qui peuvent être émis mais restent présents à l'état de trace et ne constituent pas dans l'état actuel des connaissances un danger pour la santé humaine à proximité des axes routiers.
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre : Combustion de matière fossiles contenant du soufre (charbon, fuel, gazole)
O <sub>3</sub>	Ozone : Polluant secondaire formé sous l'action du rayonnement ultraviolet par réaction avec les NO <sub>x</sub> et COV dans les basses couches de l'atmosphère. Issu des réactions lentes au cours du transport des masses d'air sur de longues distances (quelques kilomètres à partir du point d'émission), c'est un polluant « régional » et plutôt extra-urbain.

##### L'évolution des émissions polluantes d'origine automobile :

La part de l'automobile dans les émissions globales est importante, comme l'a montré l'inventaire des émissions anthropiques (dues aux activités humaines) de polluants réalisé par le CITEPA pour la période 1990-1995 et revu en 2002 (Cf. Graphique ci-dessous).



Part du transport routier dans les émissions anthropiques en France 1990-1995, (CITEPA, 1997)

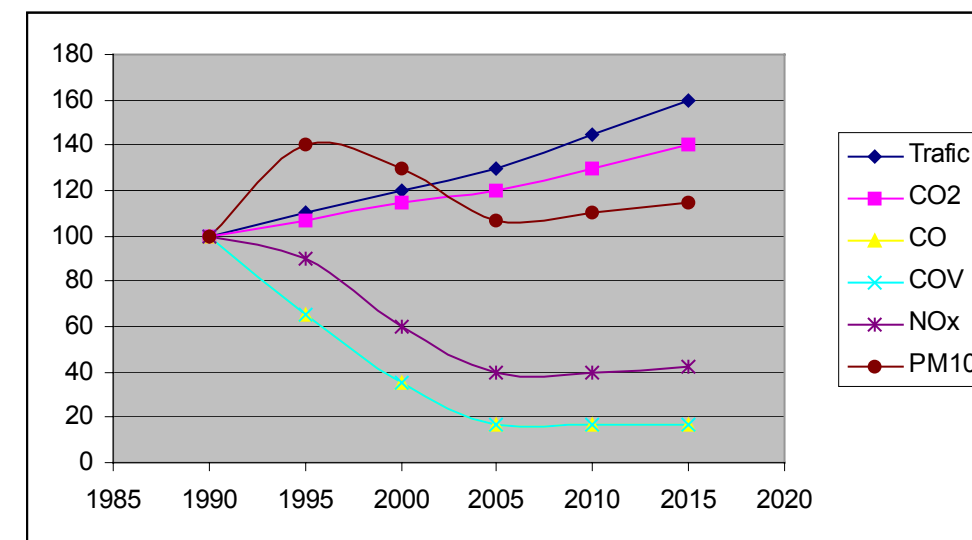
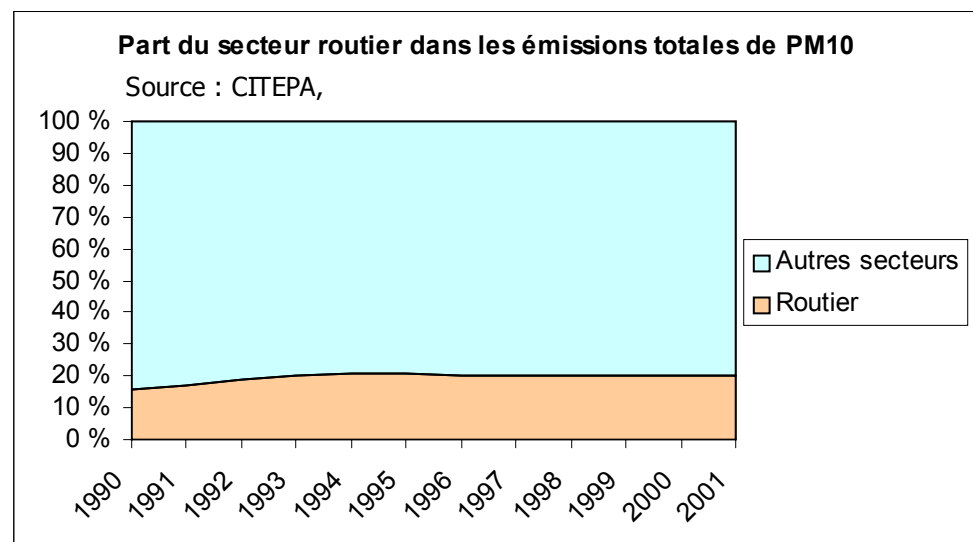
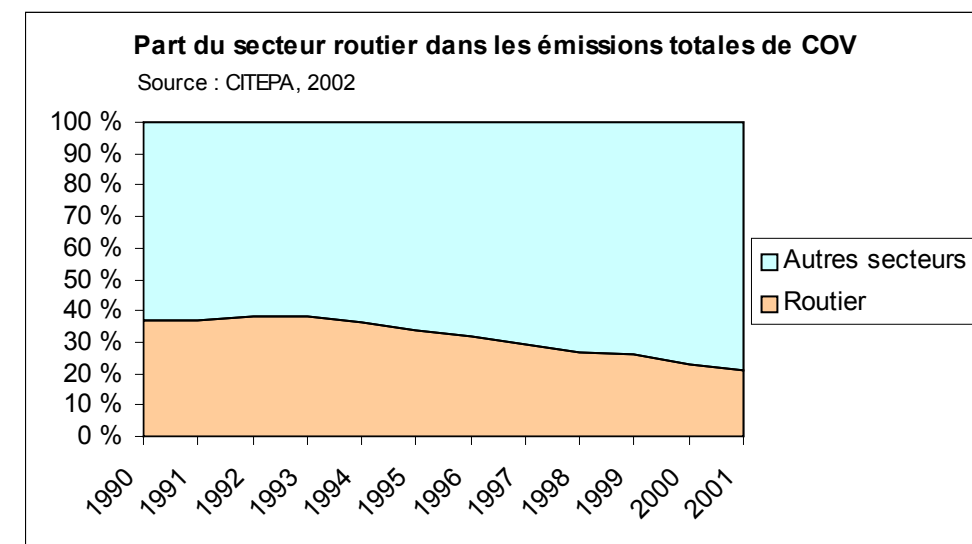
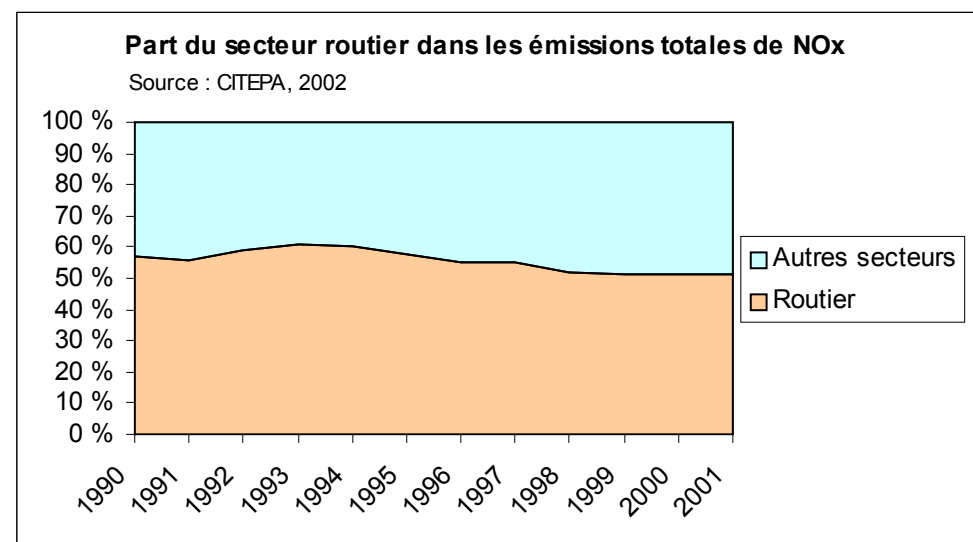
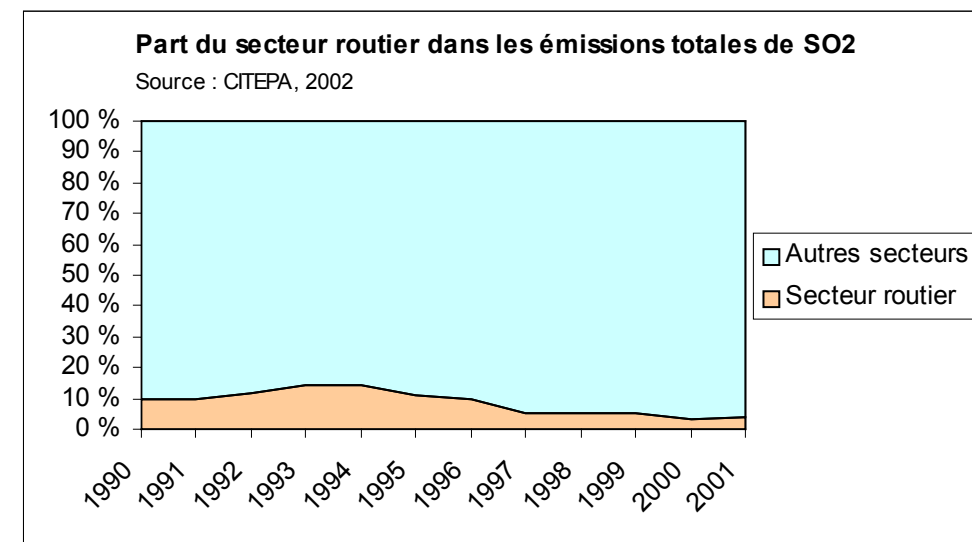
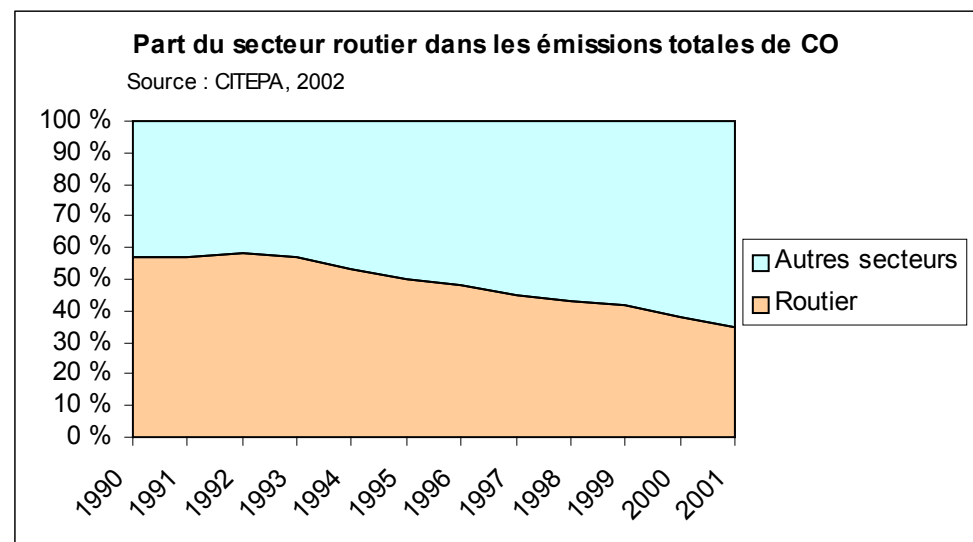
En milieu urbain, en l'absence de sources fixes importantes de pollution (industries principalement), cette part tend à devenir encore plus importante pour constituer la source principale de pollution.

Les graphiques en page suivante montrent l'évolution des rejets pour les principaux polluants automobiles.

L'analyse de ces graphiques permet d'observer les évolutions suivantes :

- **La pollution émise par les véhicules baisse globalement** grâce au durcissement des réglementations et aux améliorations sur les émissions unitaires des véhicules :
  - Baisse des émissions du CO et des COV depuis 1990 : baisse de près de 40 % grâce à l'entrée en vigueur de nouvelles normes de rejets et pots catalytiques ;
  - Baisse des émissions de SO<sub>2</sub> : de près de 70 % à partir de 1994 grâce à l'abaissement de la teneur en soufre des carburants ;
  - Stabilisation des rejets des NO<sub>x</sub> : les quantités rejetées ne diminuent que faiblement (11 %) sous l'effet de la croissance du parc roulant malgré l'amélioration des véhicules ;
- **Les émissions de particules fines ou PM10 augmentent sensiblement** : principalement issues des véhicules diesel, les émissions augmentent de près de 30 % consécutivement à l'augmentation du trafic des poids lourds et voitures légères diesel ;
- **Les émissions de gaz à effet de serre augmentent**, notamment le CO<sub>2</sub>, du fait de la croissance du parc des véhicules et du kilométrage parcouru. Aucune norme ne vient restreindre la consommation des véhicules. Le CO<sub>2</sub> étant un produit naturel des processus de combustion, son émission est proportionnelle à la quantité de carburant consommée. Cette tendance devrait se poursuivre dans l'avenir comme l'indique de manière synthétique le dernier graphique de la page suivante.

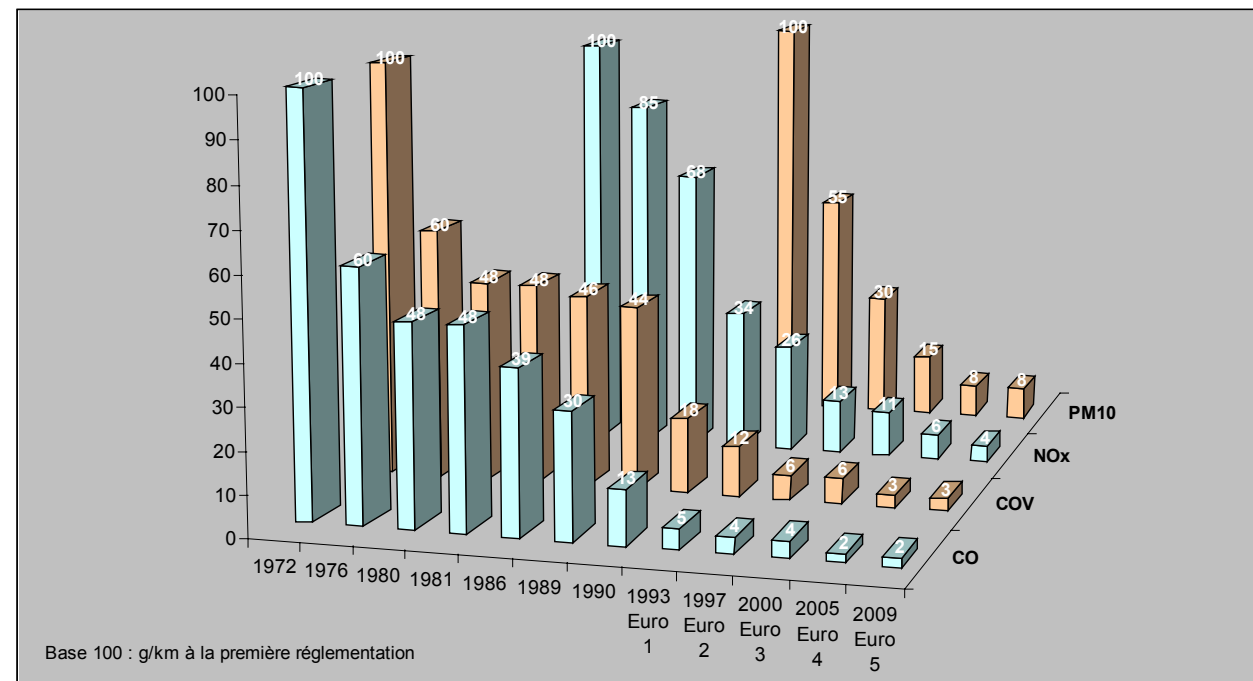
Le paragraphe suivant permet de préciser les raisons de ces évolutions.



## Les facteurs de variation des émissions polluantes d'origine automobile :

### **Des véhicules moins polluants :**

La réglementation des rejets à l'échappement des véhicules n'a cessé d'évoluer vers une plus grande sévérité ces 25 dernières années : ainsi par exemple, les valeurs applicables aujourd'hui représentent 4 % de celles de 1972 pour le monoxyde de carbone et les COV ; 11 % de celles de 1981 pour les NOx. Le graphique ci-dessous montre l'évolution des normes applicables ainsi que les réglementations projetées jusqu'en 2009.



Les dernières normes applicables aux véhicules particuliers et utilitaires neufs en terme de rejet à l'échappement fixent des limites de plus en plus contraignantes pour les émissions atmosphériques (normes Euro : applicables Euro 1 à 3 ; Euro 4 et Euro 5 en projet). Ces limites sont quasiment divisées par deux à chaque nouvelle norme.

Depuis 1993, les véhicules neufs à essence doivent être munis de pots catalytiques alors que le recours à des catalyseurs d'oxydation pour le diesel n'est obligatoire que depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1997.

Globalement, il ressort donc que la mise en place de nouvelles réglementations conduit à une diminution sensible des émissions unitaires aux horizons lointains. Mais cette tendance est à relativiser, du fait d'un renouvellement relativement lent du parc de véhicules : ainsi, c'est seulement aux environs de 2010 que la majorité des kilomètres parcourus en voiture particulière le sera avec des véhicules conformes aux normes de 1997 (véhicules essence et diesel catalysés).

### **Des carburants moins polluants :**

Cette évolution concerne essentiellement la diminution des teneurs en soufre, plomb et composés aromatiques (notamment le benzène) avec par exemple :

- **L'abaissement de la teneur en soufre du gazole** : 0,3 % en 1993 ; 0,2 % en 1994 ; 0,05 % depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1996 et 0,035 % en 2000, jusqu'à la suppression totale prévue en 2005 (teneur de l'ordre de 0,005%).
- **La suppression progressive du plomb** comme antidétonant dans les carburants, qui a eu pour effet de diminuer drastiquement les concentrations dans l'air ambiant au point que ce polluant n'est plus considéré aujourd'hui comme un traceur de la pollution automobile. De 0,25 g/l en 1989, la concentration en plomb était de l'ordre 0,013 g/l dans les meilleurs carburants sans plomb 10 ans plus tard. Cette concentration est passée à 0,005 g/l en 2000.
- **Le taux de benzène dans l'essence**, inférieur à 3 % en 1998, a été abaissé à 1 % en 2000.

### **Influence de la composition et du renouvellement du parc roulant :**

Le parc roulant à un instant donné est composé de différentes classes technologiques de véhicules. Une classe technologique est un ensemble homogène de véhicules, en particulier du point de vue du type (véhicule léger, poids lourd ...), de la motorisation (essence ou diesel) et des émissions unitaires (rejets normalisés).

La composition du parc de véhicules, décrit en France jusqu'en 2025<sup>11</sup>, conditionne en grande partie la composition des émissions.

Globalement, le renouvellement du parc roulant, avec l'introduction de véhicules plus propres et catalysés, conduit à une diminution des émissions pour les années futures.

### **Influence de la vitesse :**

La consommation énergétique des véhicules ainsi que les émissions des polluants tendent à augmenter avec la vitesse moyenne.

Toutefois, la tendance s'inverse pour les faibles vitesses : ainsi, en milieu urbain, les bas régimes contribuent largement à la pollution. Ainsi, on démontre que le minimum de consommation en carburant et d'émission pour le CO, CO<sub>2</sub> et COV est atteint pour des vitesses de l'ordre de 50 à 80 km/h, les émissions étant beaucoup plus importantes pour les vitesses moyennes inférieures à 30 km/h et pour les vitesses supérieures à 90 km/h.

L'amélioration de la fluidité du trafic permet donc généralement de réduire les émissions polluantes.

Pour les véhicules essence, les émissions des NO<sub>x</sub> augmentent avec la vitesse moyenne alors que l'effet inverse est observé pour les véhicules diesel.

<sup>11</sup> B. BOURDEAU, Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020 (1998 et mise à jour 2003).

### **Influence du type de conduite (urbain, extra-urbain, mixte) et de la longueur du parcours :**

Les parcours courts en milieu urbain provoquent des fortes émissions de polluants et une consommation de carburant beaucoup plus importante par rapport aux trajets extra-urbains (routier ou autoroutier) : une forte proportion du trajet est réalisé à moteur froid qui émet et consomme d'avantage qu'un moteur chaud.

De plus, les températures faibles ne sont pas favorables à un fonctionnement optimal des catalyseurs et les cycles fréquents accélération/décélération en ville favorisent les émissions.

### **Influence de la température extérieure :**

La température extérieure peut augmenter les pertes par évaporation en provenance des différents organes des véhicules (réservoir), en particulier les émissions de COV.

### **Influence de la climatisation :**

L'influence de la climatisation a été pendant longtemps sous-estimée dans les bilans d'émissions. Aujourd'hui, avec la généralisation des véhicules équipés de cette option, ces émissions tendent à devenir non-négligeables.

Des études récentes ont montré une surémission de l'ordre de 20 % pour le CO, 25 % pour le CO<sub>2</sub> et 70 % pour les NOx ainsi qu'un surconsommation de 1 à 3 L/100 km pour les véhicules essence catalysés et des températures extérieures variant de 30 à 40 °C.

### **III.7.2 - L'état initial de la qualité de l'air**

La qualité de l'air est appréhendée à trois échelles : en région PACA, dans l'agglomération niçoise, puis au droit de la zone d'étude.

#### La qualité de l'air en région PACA :

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 rend obligatoire l'élaboration de trois outils d'analyse et de planification pour améliorer la qualité de l'air : les Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air (PRQA) et Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants ainsi que les Plans de Déplacements Urbains (PDU) dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

Le Plan Régional de la Qualité de l'Air est basé sur un inventaire régional des émissions polluantes qui a été confiée au CITEPA<sup>12</sup>, organisme qui assiste le ministère chargé de l'Environnement dans ses obligations internationales en terme d'inventaires.

Les six substances considérées dans l'inventaire concernant la région PACA sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NOx), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), le monoxyde de carbone (CO), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Les émissions de la région Provence, Alpes, Côte d'Azur représentent environ 15 % des émissions nationales pour le SO<sub>2</sub>, 7 % pour les NOx, 8 % pour les COVNM, 10 % pour le CO, 1 % pour le NH<sub>3</sub> et 9 % pour le CO<sub>2</sub>. Pour cinq des six substances (NH<sub>3</sub> excepté), entre 33 et 55 % des émissions régionales sont localisées dans les unités urbaines de plus de 100 000 habitants.

Au niveau régional, l'analyse sectorielle des émissions met en évidence :

- Pour le SO<sub>2</sub>, la part prépondérante des secteurs de l'extraction et transformation de l'énergie, de l'industrie et traitement des déchets (87 % des émissions régionales).
- Pour les NOx, la part majoritaire du secteur des transports (66 % des émissions régionales).
- Pour les COVNM, la part importante de plusieurs agents économiques : 43 % des émissions régionales issues du secteur des transports routiers, 14 % de l'extraction et transformation de l'énergie, 19 % du secteur de l'industrie et traitement des déchets, 11 % du secteur résidentiel / tertiaire, commercial et institutionnel, et 10 % du secteur agriculture et sylviculture.
- Pour le CO, la contribution primordiale du secteur des transports routiers (49 % des émissions régionales).
- Pour le NH<sub>3</sub>, la part écrasante du secteur de l'agriculture (90 % des émissions régionales).
- Pour le CO<sub>2</sub>, les contributions de l'industrie 29 %, l'extraction et la transformation d'énergie 28 %, les transports routiers 24 %, le résidentiel / tertiaire 18 %.

Avec certaines réserves relatives aux données disponibles, les émissions auraient diminué entre 1990 et 1994 : 14 % pour le SO<sub>2</sub>, 24 % pour les NOx, 13 % pour les COVNM, 35 % pour le CO, et 6 % pour le NH<sub>3</sub> ; tandis que pour le CO<sub>2</sub>, une stabilité est observée (+ 2 %).

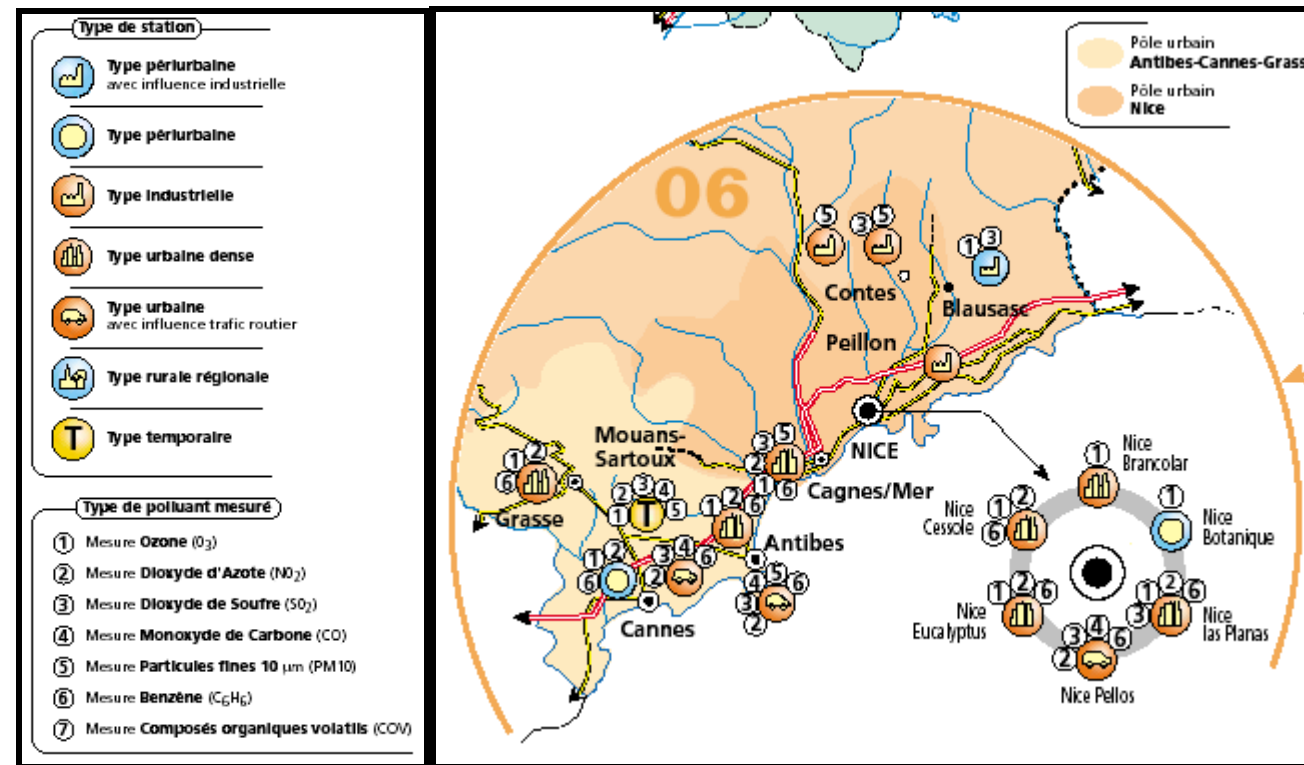
<sup>12</sup> CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique

La qualité de l'air dans l'agglomération niçoise :

Les données présentées dans cette partie s'inspirent du rapport d'activité 2002 du réseau local de surveillance de la qualité de l'air Qualitair.

Les valeurs limites et les objectifs de qualité sont issus du **décret n° 2002-213 du 15 février 2002** et de la **directive 2002/3/CE** relative à l'ozone.

Le dispositif de surveillance de Qualitair est constitué de 20 stations dont la moitié est située dans le pôle urbain de Nice comme l'indique l'illustration ci-dessous.



Dispositif de surveillance QUALITAIR 2002 (non exhaustif)

Les sources fixes de pollution atmosphérique sont peu nombreuses et l'automobile reste la principale source de pollution atmosphérique, surtout dans le département des Alpes-Maritimes (3 860 000 déplacements se font chaque jour de la semaine dans les Alpes-Maritimes, source Plan de Protection de l'Atmosphère 06).

Les principaux émetteurs ponctuels de la zone d'étude sont les incinérateurs des villes de Nice et d'Antibes.

La part de l'automobile représente entre 50 % et 85 % des émissions polluantes, localisées principalement dans les agglomérations de Nice (environ 50 %) et de Cannes-Grasse-Antibes (environ 30 %).

L'aéroport de Nice Côte d'Azur représente une faible part des émissions atmosphériques (moins de 5 % sont attribuées au secteur des transports non-routiers). Son impact sur la qualité locale de l'air reste très limité, de même que l'impact d'autres plates-formes aéroportuaires importantes comme le montrent de nombreuses études réalisées en France (Nice, Paris, Marseille, Toulouse ...).

Le polluant principal est l'ozone. Sa production est favorisée par le fort ensoleillement de la région et par la présence de polluants primaires provenant en majorité du trafic automobile. La pollution à l'ozone se manifeste surtout en zone périurbaine.

Le tableau ci-dessous présente les niveaux en polluants pour différentes situations par rapport aux axes routiers :

- **En proximité routière** : cette situation est caractéristique d'une exposition maximale aux polluants (sauf ozone) ;
- **En zone urbaine** : caractéristique d'une exposition moyenne à la pollution atmosphérique ;
- **En zone périurbaine** : représentant les niveaux atteints à l'écart de toute source directe de pollution (routière ou industrielle).

**Tableau : Niveaux en polluants, état initial**

- polluant ne présentant pas de problèmes particuliers
- polluant pour lequel on observe le dépassement de certaines valeurs guides
- polluant dont les niveaux sont régulièrement supérieurs aux valeurs limites

Les valeurs indiquées correspondent aux valeurs limites réglementaires pour la protection de la santé humaine

Polluant	Situation (station)	Moyenne annuelle (µg/m3)			Maximum horaire (µg/m3)	
		Niveau observé	Objectif de qualité	Valeur limite	Niveau observé	Valeur limite
SO2	Proximité routière (Nice Pellos)	8	50	non définie	82	300
	Urbaine (Nice Las Planas)	2			25	
	Périurbaine (Cagnes-sur-Mer)	4			32	
NO2	Proximité routière (Nice Pellos)	64	40	56	210 (1 dépassement)	200
	Urbaine (Nice Las Planas)	28			114	
	Périurbaine (Nice Eucalyptus)	33			121	
CO	Proximité routière (Nice Pellos)	2000	non défini	non définie	17000	30000
	Urbaine	non mesuré				
	Périurbaine	non mesuré				
PM10	Proximité routière	non mesuré (1)	30	44	non mesuré	non définie
	Urbaine	non mesuré (1)				
	Périurbaine (Cagnes-sur-Mer)	27				
Benzène	Proximité routière (Nice Pellos)	3,2	2	10	non mesuré	non définie
	Urbaine (Nice Las Planas)	2,1				
	Périurbaine (Nice Eucalyptus)	1,8				
Ozone	Proximité routière	non mesuré	non défini	non définie	non mesuré	110 (sur 8h)
	Urbaine (Nice Las Planas)	46			129 (sur 8h)	
	Périurbaine (Nice Eucalyptus)	49			180 (sur 8h)	

(1) : Bien que les PM10 ne soient pas mesurés en configuration urbaine et proximité routière, le dépassement de l'objectif de qualité est probable pour les deux situations d'après les niveaux généralement relevés dans d'autres grandes agglomérations et en proximité routière.

Il ressort de l'analyse de ce tableau que :

- **Le SO2 et le CO** ne posent aucun problème particulier, y compris à proximité des axes routiers généralement rencontrés dans la zone d'étude ;
- **Pour le NO2**, l'objectif de qualité et la valeur limite pour la protection de la santé sont régulièrement dépassés à proximité des axes de circulation ;
- **Les particules fines** posent des problèmes similaires au NO2 en proximité routière ;
- Enfin, **les niveaux de benzène et d'ozone** dépassent systématiquement les valeurs limites pour la protection de la santé humaine définies par la réglementation.

## La qualité de l'air au droit de la zone d'étude :

Les **zones sensibles** au regard de la pollution de l'air sont :

- Les zones à forte **densité de population** qui subissent une forte densité de trafic, pollution industrielle ou photochimique ;
- Les zones de **cultures à forte valeur ajoutée** qui peuvent être soumises à la pollution ;
- A plus petite échelle, les **bâtiments à caractère sanitaire et social** (établissements scolaires et hospitaliers principalement, maisons de retraite etc.) qui peuvent présenter une sensibilité particulière de par la nature des personnes exposées (enfants, personnes âgées ou malades).

Le bilan des émissions de polluants gazeux a été réalisé par SCETAUROUTE à l'aide du logiciel IMPACT de l'ADEME. Ce logiciel est lui-même établi sur la base :

- de l'étude du parc roulant élaborée à l'INRETS (Thèse de B. Bourdeau<sup>13</sup>),
- de la base de données d'émissions unitaires et de consommation pour chaque catégorie de véhicule COPERT III de l'Agence Européenne de l'Environnement.

### Les hypothèses des calculs :

Les bilans des émissions ont été établis sur la base des données de trafic moyen journalier (TMJA) et vitesses moyennes issues d'une modélisation de trafic à l'échelle de l'agglomération et différenciées pour les VL et PL (modèle Ariane).

### Le bilan des émissions :

Le tableau ci-dessous présente les émissions globales dans la zone d'étude.

	Consommation	CO	NOx	PM10	CO2	COVNM	Benzène	EquiCO2
Etat actuel 2002	1 025 346	26 685	14 340	998	3 192 731	3 063	144	3 307 074

Consommation : en équivalent pétrole/lj

EquiCO2: quantité d'émissions en "équivalent CO2" qui mesure la contribution à l'effet de serre

### La répartition des émissions dans la zone d'étude :

Les zones de fortes émissions sont principalement localisées sur les axes à fort trafic. Les zones conjuguant fortes émissions et densité de population importante sont particulièrement sensibles à l'impact direct des polluants (par exemple pour les NOx et les PM10).

Ces deux critères permettent de définir dans la zone d'étude les secteurs de forte sensibilité à la pollution atmosphérique :

- Cœur de Nice et sa partie ouest, encadrée par l'A 8 et le Var,
- Zone côtière de Cagnes-sur-Mer.

## La pollution photochimique :

L'agglomération niçoise est principalement affectée par la pollution photochimique (ozone). De ce point de vue, ce n'est pas tant la localisation mais la quantité globale des émissions des précurseurs nécessaires (principalement COV et NOx) qui est primordiale, l'ozone se formant lors du transport des polluants sur des distances relativement importantes. Ainsi, c'est principalement la périphérie des grandes agglomérations qui est touchée par la pollution à l'ozone, à l'endroit où les émissions de précurseurs restent les moins importantes.

### Les conditions de dispersion de la pollution de l'air :

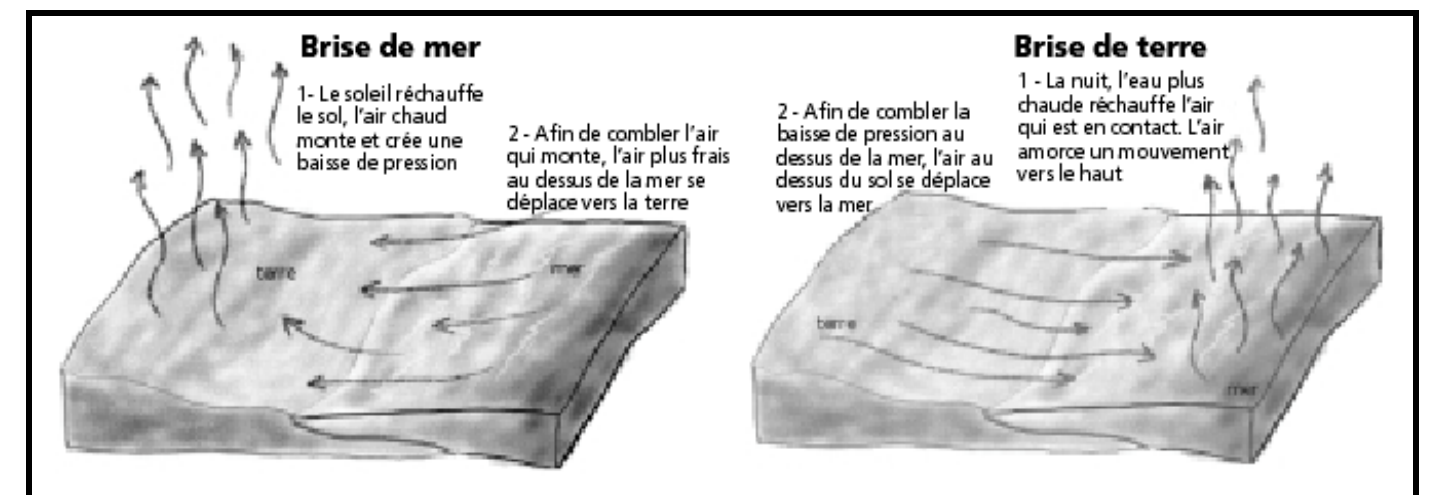
Les conditions météorologiques de la région niçoise sont déterminantes et interviennent sur le devenir des polluants :

- Les vents d'ouest sont en général modérés mais peuvent atteindre des pointes certains jours. Ils proviennent du Mistral descendant la vallée du Rhône et remontant ensuite la côte méditerranéenne jusqu'au niveau des Alpes-Maritimes. Le Mistral est un air sec et froid qui accompagne des journées ensoleillées.
- Les vents d'est soufflent dans les situations dépressionnaires, synonymes de mauvais temps et de perturbations. Ce type de régime est alors caractérisé par des vents pouvant être violents et accompagnés de précipitations. Ce régime est plus fréquent en hiver et au printemps.
- Les brises thermiques sont dues à la présence de la montagne et de la mer. Elles jouent un rôle dans la dispersion des polluants, et peuvent favoriser le transfert des masses d'air et de la pollution.

En cours de journée, l'air situé au-dessus de la terre se réchauffe plus rapidement que celui situé sur la mer. Devenu plus léger, il peut s'élever en altitude. L'air de la mer, plus frais vient alors le remplacer : c'est la brise de mer. Elle tourne souvent avec le soleil et voit son maximum d'intensité l'après-midi. De façon générale, plus l'eau est froide, plus la brise est forte. Par temps instable sur terre, les mouvements ascendants favorisent son développement.

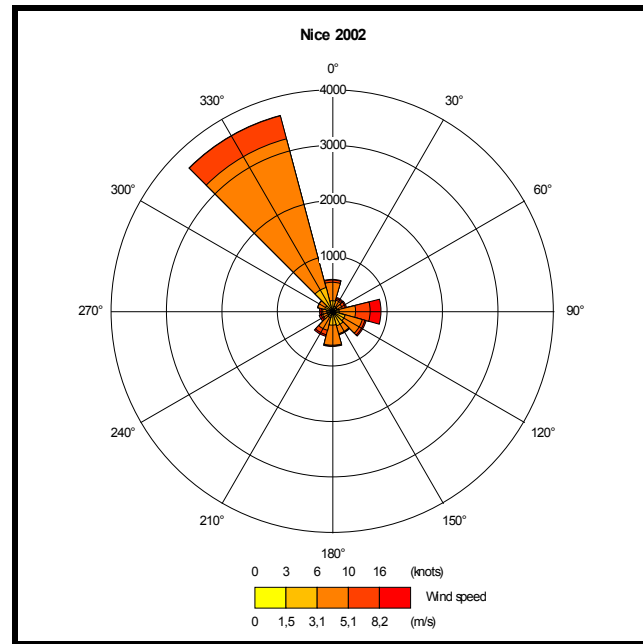
Après le coucher du soleil, la terre se refroidit rapidement. Lorsque les températures s'équilibrent sur terre et sur mer, le vent se calme, puis le phénomène s'inverse. L'air s'écoule alors de la terre vers la mer, c'est la brise de terre.

Ces vents locaux sont principalement orientés sud, sud-est, sud-ouest pour la brise de mer diurne, et nord, nord-est voir est-nord-est pour la brise de terre nocturne, et sont caractérisées par des vitesses faibles (< 3 m/s).



<sup>13</sup> B. BOURDEAU, Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020, 1998 et mise à jour 2003

La rose des vents de l'aéroport de Nice-Côte d'Azur illustre bien ce phénomène :



Rose des vents de Nice année 2002

Par ailleurs, au niveau de la zone d'étude, la faible fréquence des pluies montre des conditions généralement anticycloniques, synonymes de beau temps, favorable à l'établissement d'une pollution. La forte insolation entre mai et septembre, provoque une pollution dominante par l'ozone.

La présence de relief aboutit à la formation d'un autre type de brise : les brises de pente. Elles constituent un système puissant de brise de vallée : en journée, l'ascendance des masses d'air sur les versants provoque un appel d'air dans la vallée. Le soir, se développe un système inverse : le refroidissement du sol et de la masse d'air en contact génère des descentes de masses d'air froides sur les versants (brise de montagne).

Notons enfin que le relief de la zone d'étude, très découpé, rend délicate l'interprétation des directions de vents à prendre en compte pour déterminer les conditions de dispersion des polluants atmosphériques.

### III.7.3 - Les effets de la pollution de l'air sur l'environnement et sur la santé

*Généralités sur les effets des polluants sur l'environnement et sur la santé :*

Le tableau suivant décrit les effets sur l'environnement et la santé des principaux polluants.

POLLUANTS	EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE HUMAINE
CO (Monoxyde de carbone)	<b>Sur l'environnement</b> : pas d'effet aux concentrations habituellement rencontrées. <b>Sur la santé humaine</b> : a taux importants et à doses répétées, en se liant à la place de l'oxygène au niveau de l'hémoglobine du sang (formation de carboxyhémoglobine), il peut provoquer la diminution de la vigilance ainsi que des maux de tête, vertiges, asthénie ou vomissements. En cas d'exposition très élevée et prolongée, il peut être mortel ou être à l'origine de séquelles neuropsychiques irréversibles. Cependant, la concentration en CO dans l'air ambiant est strictement réglementée et contrôlée dans les espaces couverts (tunnel, parking).
CO <sub>2</sub> (Dioxyde de carbone)	<b>Sur l'environnement</b> : participe au réchauffement de la planète (effet de serre) <b>Sur la santé</b> : conduit à une cyanose et peut entraîner (à haute dose) des maux de tête, vertiges ou vomissements voire l'asphyxie dans les cas extrêmes.
NO <sub>x</sub> (oxydes d'azote)	<b>Sur l'environnement</b> : pluies acides, formation d'ozone. <b>Sur la santé</b> : le NO <sub>2</sub> en particulier peut provoquer une altération des fonctions respiratoires, irritation des bronches chez les asthmatiques et augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants.
PM10 (particules en suspension)	<b>Sur l'environnement</b> : dépôt sur les végétaux ; pollution des sols (particules métalliques) ; salissure (bâtiments). <b>Sur la santé</b> : du fait de leur diamètre, les particules peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire (alvéoles pulmonaires) ; irritation des voies respiratoires (PM10) en particulier chez les enfants et les personnes fragiles, parfois mutagènes et cancérigènes (voir HAP)
COVNM (Composés organiques volatils non méthaniques)	<b>Sur l'environnement</b> : formation d'ozone. <b>Sur la santé</b> : effets très divers selon les composés : cela peut aller de la simple gêne olfactive à une irritation (aldéhydes) ou une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes (nocifs pour le génome) et cancérigènes (benzène).
HAM (hydrocarbures aromatiques monocycliques)	<b>Sur l'environnement</b> : fortement impliqués l'été dans la formation d'ozone. <b>Sur la santé</b> : le benzène est un cancérigène reconnu ; formaldéhyde et acétaldéhyde sont des toxiques.
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	<b>Sur l'environnement</b> : fortement impliqués l'été dans la formation d'ozone. <b>Sur la santé</b> : le benzo(a)pyrène en particulier est un cancérigène reconnu ; voir aussi PM10 si présents sous forme particulière.
METAUX LOURDS	<b>Sur l'environnement</b> : phytotoxiques pour la plupart à dose importante ; pollution des sols (proximité des voies de circulation). <b>Sur la santé</b> : plomb : toxique du système nerveux, du sang et du rein qui, à forte dose, provoque chez les enfants des troubles du développement cérébral se manifestant par des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire. Cependant, aux concentrations habituellement constatés en milieu urbain, il ne constitue pas un risque pour la santé.
SO <sub>2</sub> (dioxyde de soufre)	<b>Sur l'environnement</b> : phénomène des pluies acides, dégradation de la pierre et des métaux de construction. <b>Sur la santé</b> : gaz irritant, peut déclencher des spasmes bronchique chez les asthmatiques, entraîner des gênes respiratoires chez l'adulte et l'enfant
O <sub>3</sub> (ozone)	<b>Sur l'environnement</b> : diminution de la croissance et phytotoxicité pour les espèces sensibles <b>Sur la santé</b> : gaz agressif pour les muqueuses oculaires et respiratoires. Les effets sur la santé dépendent du niveau d'exposition, du volume d'air inhalé et de la durée d'exposition. Chez les personnes sensibles (enfants, asthmatiques, insuffisants respiratoires, allergiques...), les symptômes peuvent se traduire par : picotements, irritations des yeux, coryza, toux, gêne respiratoire. Les effets sont accrus par l'activité physique.

### Choix des traceurs du risque par inhalation

L'étude des risques sanitaires implique un choix de substances en fonction de plusieurs critères, par exemple dangerosité, quantité des émissions, accumulation dans le milieu etc. L'état des connaissances relatives à ces critères constitue très souvent un facteur limitant dans le choix des substances, ce qui ne doit pas exclure par ailleurs la recherche des meilleures connaissances disponibles ou le recours à une évaluation qualitative en l'absence d'éléments quantitatifs.

Les raisons qui ont conduit à retenir ou éliminer les substances potentiellement toxiques sont explicitées ci-dessous :

#### ❖ Substances non retenues :

Compte tenu des améliorations actuelles sur les émissions unitaires des véhicules, des améliorations sur la qualité des carburants ou des très faibles concentrations par rapport aux seuils d'exposition rencontrés à proximité des infrastructures routières, les gaz à effet de serre, certains polluants acides et le plomb (CO ; CO<sub>2</sub> ; CH<sub>4</sub> ; N<sub>2</sub>O ; SO<sub>2</sub> et Pb) ne sont pas considérés aujourd'hui comme des « traceurs de risque » pertinents pour l'évaluation de l'impact de la pollution automobile.

Ils sont reconnus comme ne présentant pas de danger pour la santé humaine à cause d'une absence de dangerosité pour l'homme et/ou de leur concentration très faible par rapport aux seuils sanitaires à proximité des infrastructures routières (et en l'absence de sources industrielles d'émission).

L'ozone étant un polluant secondaire formé lors des réactions photochimiques, il est impossible à l'heure actuelle de prévoir ses niveaux à l'échelle d'une zone d'étude d'un projet routier. De ce fait, il ne sera pas considéré dans l'étude sanitaire.

Enfin, les métaux lourds autres que le plomb (Cd, Cu, Cr, Ni, Se, Zn) n'ont pas été retenus comme traceurs pertinents. Malgré leur toxicité à faible dose et le projet de surveillance des teneurs dans l'air, ils sont émis en quantités infimes par le trafic routier : la quasi-totalité (part supérieure à 99 %) des métaux lourds autres que le Pb est émise par les secteurs autres que celui des transports (source CITEPA<sup>14</sup>, 2003). Par conséquent, ce ne sont pas des traceurs pertinents du risque sanitaire lié aux émissions automobiles.

#### ❖ Substances retenues

A l'inverse, certaines substances sont unanimement reconnues comme suffisamment spécifiques en milieu urbain et en l'absence de sources industrielles pour constituer des traceurs pertinents de l'exposition par inhalation liée à la pollution automobile :

- **NO<sub>x</sub>** (sous forme de NO<sub>2</sub>) ;
- **Les COVNM** (représentés par le benzène) ;
- **Les particules fines** (représentées dans l'étude par les PM<sub>10</sub>).

### Evaluation des effets et de la relation dose-réponse

Cette étape consiste à décrire les effets toxiques potentiels des traceurs choisis et à établir la relation entre la concentration des polluants suivant une voie d'exposition (ici, l'inhalation) et l'apparition d'un ou des effets néfastes pour la santé. Cette relation dose-effet s'exprime sous forme d'une valeur appelée Valeur Toxicologique de Référence (ou VTR) pour chaque polluant pris en compte.

Les VTR par inhalation présentées sont issues des bases de données sanitaires disponibles, en particulier :

- L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ;
- L'Agence américaine de l'environnement (US EPA) ;
- L'Agence américaine des substances toxiques et registre des maladies (ATSDR).

Polluant	Effets sur la santé VTR Valeurs Toxicologiques de Référence (durée d'exposition)
<b>NO<sub>2</sub></b> dioxyde d'azote	Les études toxicologiques et épidémiologiques montrent un effet certain chez les populations sensibles mais inconsistant chez les adultes (même aux concentrations maximales rencontrées en milieu urbain lors des épisodes de pollution). Le NO <sub>2</sub> peut provoquer une réduction des fonctions pulmonaires (altération des fonctions respiratoires, irritation des bronches) à dose relativement élevée chez les personnes saines (4 700 µg/m <sup>3</sup> pendant 2 h soit plus de 20 fois le seuil horaire admis en France). Chez les personnes sensibles (asthmatiques) l'effet apparaît à plus faible dose, pour des concentrations supérieures à 380 µg/m <sup>3</sup> . Le NO <sub>2</sub> peut augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants. L'OMS (1999) a défini les valeurs guides suivantes, reprises par la réglementation française (décret n° 2002-213) : <b>200 µg/m<sup>3</sup> (1 heure), 40 µg/m<sup>3</sup> (1 année)</b> .
<b>BENZENE</b> composés organiques volatils	Le benzène est un cancérigène reconnu chez l'homme (cible : moelle osseuse ; leucémie), classé par l'US EPA (catégorie A : cancérigène reconnu). On calcule que la concentration conduisant à un risque possible pour l'homme et le scénario d'exposition considéré ici (voir plus loin) est de : <b>0,7 µg/m<sup>3</sup> (exposition chronique)</b> . Cette concentration correspond, par tranche de 0,7 µg/m <sup>3</sup> , à un risque d'apparition d'un cancer supplémentaire pour 100 000 habitants (risque individuel). Le risque collectif pour la zone d'étude s'obtient en multipliant le risque individuel par la population soumise au risque considéré.
<b>PM<sub>10</sub></b> particules en suspension	Du fait de leur diamètre, les particules peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire (alvéoles pulmonaires) et provoquer une irritation des voies respiratoires en particulier chez les enfants et les personnes fragiles. Les PM <sub>10</sub> sont parfois mutagènes et cancérigènes en fonction de leur composition. En effet, les hydrocarbures et COV cancérigènes peuvent s'adsorber à la surface des ces particules et pénétrer par ce biais dans les alvéoles pulmonaires. La composition des particules n'est pas abordée en première approche pour l'estimation du risque sanitaire compte tenu de l'insuffisance des connaissances. L'OMS considère les effets des particules sans seuil mais ne fixe pas de valeurs toxicologiques correspondantes et préconise la plus grande prudence dans l'interprétation des résultats. De ce fait, dans la suite de l'étude, l'effet des particules sera considéré avec seuil (non cancérigène), les résultats devant être interprétés avec réserve. L'union européenne fixe les valeurs guides suivantes (directive du 22 avril 1999) : <b>40 µg/m<sup>3</sup> (1 année)</b> ; réduite à 20 µg/m <sup>3</sup> en 2010.

<sup>14</sup> CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique  
Scetauroute – Département Environnement



## Evaluation de l'exposition

Dans cette étape, il s'agit d'établir les scénarios d'exposition, c'est-à-dire d'estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition aux polluants pour la population présente dans la zone d'étude à un horizon donné.

Un scénario résidentiel standard est retenu pour l'estimation du risque sanitaire. Dans ce cas, on considère que 100 % du temps est passé à domicile sur le site pendant un temps de résidence moyen de 30 ans.

Ainsi, les Concentrations Inhalées (CI) retenues dans l'étude sanitaire sont évaluées de la façon suivante :

- **Substances non-cancérogènes : CI = Cmesurée**
- **Substances cancérogènes : CI = 0,43 x Cmesurée**

## Caractérisation des risques

Le tableau ci-dessous présente, pour l'état initial, la probabilité d'observer un risque pour la santé des habitants pour différentes situations par rapport aux axes routiers :

- **En proximité routière** : cette situation est caractéristique d'une exposition maximale aux polluants (sauf ozone) ;
- **En zone urbaine** : caractéristique d'une exposition moyenne à la pollution atmosphérique ;
- **En zone périurbaine** : représentant les niveaux atteints à l'écart de toute source directe de pollution (routière ou industrielle).

## Tableau : Effets sanitaires, Etat initial

- polluant ne présentant pas de problèmes particuliers
- polluant pouvant présenter un risque pour la santé dans certaines conditions
- polluant présentant un risque possible aux concentrations mesurées

Les valeurs indiquées correspondent aux valeurs limites réglementaires pour la protection de la santé humaine

Polluant	Situation (station)	Moyenne annuelle (µg/m3)			Maximum horaire (µg/m3)		
		Niveau observé	Valeur sanitaire de référence	RISQUE	Niveau observé	Valeur sanitaire de référence	RISQUE
<b>NO2</b>	Proximité routière (Nice Pellos)	64	40	POSSIBLE	210 (1 dépassement)	200	POSSIBLE
	Urbaine (Nice Las Planas)	28		PEU PROBABLE	114		PEU PROBABLE
	Périurbaine (Nice Eucalyptus)	33		PEU PROBABLE	121		PEU PROBABLE
<b>PM10</b>	Proximité routière	non mesuré (1)	40	POSSIBLE	non mesuré	non définie	POSSIBLE
	Urbaine	non mesuré (1)		POSSIBLE			POSSIBLE
	Périurbaine (Cagnes-sur-Mer)	27		PEU PROBABLE			PEU PROBABLE
<b>Benzène</b>	Proximité routière (Nice Pellos)	3,2	0,7	POSSIBLE	non mesuré	non définie	POSSIBLE
	Urbaine (Nice Las Planas)	2,1		POSSIBLE			POSSIBLE
	Périurbaine (Nice Eucalyptus)	1,8		POSSIBLE			POSSIBLE

(1) : Bien que les PM10 ne soient pas mesurés en configuration urbaine et proximité routière, le dépassement de la valeur sanitaire est probable pour les deux situations d'après les niveaux généralement relevés dans d'autres grandes agglomérations et en proximité routière.

## A RETENIR SUR LA QUALITE DE L'AIR ET LA SANTE :

- **Zone d'étude** : Peu de sources fixes de pollution atmosphérique. Les transports constituent la principale source de pollution.
- **Polluant principal : l'ozone O<sub>3</sub>** (Sa production est favorisée par le fort ensoleillement de la région et par la présence de polluants primaires provenant en majorité du trafic automobile). Il se développe principalement en zone péri-urbaine.
- **Observations du réseau Qualitair** :
  - SO<sub>2</sub> et CO : aucun problème particulier.
  - NO<sub>2</sub> et particules fines : dépassements réguliers à proximité des axes de circulation ;
  - Benzène et ozone : dépassements quasi systématiques.
- **Zones de fortes émissions** : axes à fort trafic + centre ville (car grande densité du réseau, même si les trafics et les vitesses sont plus faibles).
- **Zones sensibles** : zones conjuguant fortes émissions et densité de population importante sont particulièrement sensibles à l'impact direct des polluants :
  - Cœur de Nice et sa partie ouest, encadrée par l'A8 et le Var,
  - Zone côtière de Cagnes-sur-Mer.