

2

Généralités

2.1	Contexte	8
	Le cadre réglementaire de la mise en place d'un PPA	8
	Les institutions impliquées	10
	Démarche d'élaboration du PPA de l'agglomération lyonnaise	10
2.2	Les origines de la pollution atmosphérique	12
2.3	Substances polluantes et allergisantes	13
	Les oxydes d'azote	13
	Les particules en suspension	14
	Le dioxyde de soufre	14
	Le monoxyde de carbone	15
	Les métaux lourds	16
	Les COV	19
	Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	21
	Les Dioxines et les Furanes	21
	Les gaz à effet de serre	22
	L'ozone	23
	Les pollens	23
	Les odeurs	24
	Les légionelles	25
2.4	Phénomènes de diffusion et de transformation des polluants	26
	Dispersion des polluants	26
	Les précipitations	28
	La formation de l'ozone	28

2.1 Contexte

■ Le cadre réglementaire de la mise en place d'un PPA

La France s'est préoccupée très tôt de la prévention atmosphérique : le décret impérial du 15 octobre 1810 prévoyait déjà la protection du voisinage des entreprises industrielles. Depuis, la législation portant sur cette pollution s'est largement développée. Aujourd'hui, la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), intégrée dans le code de l'environnement, a remplacé la loi du 10 mars 1948, relative à l'u-

tilisation de l'énergie et la loi du 2 août 1961, relative à la lutte contre la pollution atmosphérique et les odeurs, qui n'est quasiment plus appliquée.

La LAURE s'appuie sur le « droit reconnu à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ». En ce qui concerne la qualité de l'air, la LAURE a pour objet de prévenir, surveiller, réduire ou supprimer les pollutions atmosphériques.

> Surveillance de l'air

L'État assure, avec le concours des collectivités territoriales, la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement. Cette surveillance est mise en œuvre par des organismes agréés (AASQA) couvrant l'ensemble du territoire. Afin de surveiller la qualité de l'air, des objectifs de qualité, des seuils d'alerte et des valeurs limites sont fixés par le décret du 6 mai 1998, modifié par les décrets du 15 février 2002 et du 12 novembre 2003. Ce décret est la traduction en droit français des directives 1999/30/CE, 2000/69/CE et 2002/3/CE.

Le principe général de cette réglementation est la détermination pour les différents polluants :

- d'**objectif de qualité** ou niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixés sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée,

- de **valeur limite** ou niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement,

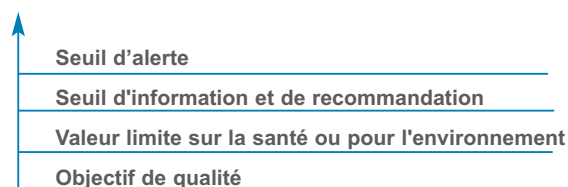
- de **seuil d'information** et de recommandation : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée a des effets limités et transitoires sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles,

- de **seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

Ces différentes valeurs sont classées qualitativement sur le schéma ci-dessous en fonction de l'augmentation des effets nocifs sur la santé et l'environnement.

En cas de dépassement des seuils d'information ou d'alerte, le public en est immédiatement informé par l'autorité administrative compétente. Cette information comporte les valeurs mesurées, des conseils et des recommandations aux populations concernées ainsi que les dispositions réglementaires arrêtées.

Augmentation des effets nocifs sur la santé et l'environnement



Valeurs limites et valeurs cibles

Polluants	Type de seuil	Type de moyenne	Date d'application	Valeurs à respecter et dépassements autorisés avant la date d'application								Réglementation	
				2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012		
NO ₂	Valeur limite	Annuelle	01/01/2010	52 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³	48 µg.m ⁻³	46 µg.m ⁻³	44 µg.m ⁻³	42 µg.m ⁻³	40 µg.m ⁻³		Décret n°98-360 du 6 mai 1998 modifié	
		Horaire	01/01/2010	200 µg.m ⁻³ avec 175 heures par an de dépassement autorisé						200 µg.m ⁻³ avec 18 heures par an de dépassement autorisé			
PM ₁₀	Valeur limite	Annuelle	1/01/05	41 µg.m ⁻³	40 µg.m ⁻³								
		Journalière	1/01/05	55 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³ avec 35 jours par an de dépassement autorisé								
SO ₂	Valeur limite	Annuelle	19/07/01	20 µg.m ⁻³									
CO	Valeur limite	Sur 8 heures	19/02/02	10 000 µg.m ⁻³									
Plomb	Valeur limite	Annuelle	1/01/02	0,5 µg.m ⁻³									
COV (benzène)	Valeur limite	Annuelle	1/01/10	10 µg.m ⁻³	10 µg.m ⁻³	9 µg.m ⁻³	8 µg.m ⁻³	7 µg.m ⁻³	6 µg.m ⁻³	5 µg.m ⁻³			
O ₃	Valeur cible	Sur 8 heures	2010							120 µg.m ⁻³ valeur à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile moyenne calculée sur 3 ans			Directive 2002/3/CE du 15 février 2002
ARSENIC	Valeur cible	Annuelle	31/12/12							6 ng.m ⁻³			Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004
CADMIUM	Valeur cible	Annuelle								5 ng.m ⁻³			
NICKEL	Valeur cible	Annuelle								20 ng.m ⁻³			
HAP Benzo(a) Pyrène	Valeur cible	Annuelle								1 ng.m ⁻³			
DIOXINES FURANES	Pas de réglementation												
PM _{2,5}	Pas de réglementation												

> Réduction de la pollution atmosphérique

La loi prévoit l'élaboration de différents éléments de planification destinés à réduire, voire à supprimer, les pollutions atmosphériques. Les préfets de région, et depuis le décret du 24 février 2004, les présidents des conseils régionaux, coordonnent la création et la révision du Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA). De plus, les préfets de départements doivent mettre en place les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants. Enfin, un Plan de Déplacement Urbain (PDU) doit être élaboré dans toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

> Le PPA

Le PPA doit être réalisé conformément au décret n°2001-449- du 25 mai 2001, relatif aux plans de protection de l'atmosphère et aux mesures pouvant être mises en œuvre pour réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique (cf. annexe 1).

Ainsi le PPA doit :

- rassembler les informations nécessaires à l'établissement du plan,
- fixer les objectifs à atteindre,
- énumérer les principales mesures préventives et correctives, d'application temporaire ou permanente, pouvant être prises en vue de réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique, d'utiliser l'énergie de manière rationnelle et d'atteindre les objectifs fixés par le plan.

Ce sont le préfet ou les préfets, lorsque plusieurs départements sont concernés, qui élaborent le plan de protection de l'atmosphère, avec le concours d'une commission dont ils assument la présidence, et qui délimitent le périmètre à l'intérieur duquel celui-ci s'applique. Le projet de plan est soumis pour avis aux comités

Le PRQA établit au niveau régional les orientations permettant de respecter sur le long terme, les objectifs de qualité de l'air fixés par décret. Le PRQA de Rhône-Alpes a été approuvé par le préfet de région le 1^{er} février 2001. Le PDU définit la politique de déplacement et des transports de personnes et de marchandises de l'agglomération, en relation avec le développement urbain. La première révision du PDU de l'agglomération lyonnaise a été approuvée le 2 juin 2005.

Le PPA définit les objectifs permettant de ramener, à l'intérieur de l'agglomération ou de la zone concernée, les niveaux de concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées par le décret du 6 mai 1998.

Les objectifs à atteindre sont fixés sous forme de réduction des émissions globales d'une ou plusieurs substances polluantes dans l'agglomération ou sous forme de niveaux de concentration de substances polluantes tels qu'ils seront mesurés par les stations fixes de surveillance de qualité de l'air.

En face des objectifs à atteindre, le plan établit ensuite la liste des mesures pouvant être prises par les autorités administratives. Le PPA doit en outre être compatible avec les orientations du PRQA.

régionaux de l'environnement, aux conseils départementaux d'hygiène, aux organes délibérants des communes, établissements publics de coopération intercommunale, départements et régions dont le territoire est inclus dans le périmètre.

Le projet de plan est ensuite soumis à enquête publique.

■ Les institutions impliquées

Plusieurs institutions locales interviennent dans le domaine de la qualité de l'air sur l'agglomération lyonnaise.

Ce sont :

- des organismes d'état : DRIRE, DRASS, DDASS, DRE, DDE,
- les collectivités territoriales : la communauté urbaine

de Lyon (le Grand Lyon), les communes de l'agglomération,

- les organismes associés à la qualité de l'air : Météofrance, l'ADEME, COPARLY.

Ces institutions sont présentées en annexe 2.

■ Démarche d'élaboration du PPA de l'agglomération lyonnaise

L'agglomération lyonnaise est située sur 3 départements : le Rhône, l'Ain et l'Isère. Le préfet de la région Rhône Alpes, le préfet du Rhône, le préfet de l'Ain et le préfet de l'Isère ont par conséquent arrêté conjointement l'organisation retenue pour l'élaboration du PPA de l'agglomération lyonnaise.

Cette organisation est la suivante :

- une commission d'élaboration rassemblant des représentants de l'Etat, des représentants des collectivités territoriales, des représentants des activités contribuant aux émissions ainsi que des représentants du monde associatif et des personnes qualifiées réparties en 4 collèges comme spécifié dans l'arrêté interpréfectoral du 14 avril 2003 (cf. annexe 3),
- 3 groupes de travail : « Coordination », « Emissions », « Qualité de l'air et impact » qui travaillent en parallèle.

L'élaboration du PPA se déroule en trois étapes distinctes :

- une première phase descriptive dont le but est de compiler des informations générales (géographie, occupation des sols, météo, population etc...), de décrire la qualité de l'air, de réaliser un inventaire des sources d'émissions et de décrire les mesures adoptées antérieurement à l'élaboration du PPA.
- une deuxième phase pendant laquelle sont définis des objectifs en fonction des projections de risque de dépassement avéré des valeurs limites. Ainsi sont notamment fixés des pourcentages de réduction des émissions globales des polluants.
- Une troisième et dernière étape pendant laquelle sont préconisées des mesures à retenir dans le PPA.

Les rôles des différents groupes de travail sont clairement définis :

- Le groupe de travail "Coordination", présidé par le préfet du Rhône et piloté par la DRIRE, est chargé notamment de l'élaboration des objectifs du PPA à partir des conclusions des deux autres groupes de travail, de la coordination avec les autres plans, de la communication, de la validation des scénarii élaborés et évalués par les 2 autres groupes de travail.

- Le groupe de travail "Emissions", présidé par le président de la Communauté urbaine de Lyon. Son objectif est de formuler des scénarii de réduction des émissions devant permettre d'atteindre les objectifs fixés par le groupe de travail "coordination". Pour cela, les membres doivent effectuer l'inventaire des principales sources et des émissions des substances polluantes, et en constater l'évolution. Ils doivent également lister les mesures ou projets antérieurs au PPA dont l'objectif était une réduction de la pollution, et en évaluer les impacts. Enfin, ce groupe de travail doit proposer des projets d'aménagement, d'infrastructures ou d'installations pouvant avoir une incidence significative sur la qualité de l'air.

- Le groupe de travail "Qualité de l'air et impacts", piloté par le président de COPARLY, est chargé d'élaborer les documents relatifs aux informations générales concernant la zone étudiée (superficie, topographie, population...), de recueillir les informations liées au dispositif de surveillance et à l'évolution de la qualité de l'air constatée depuis sa mise en place. Enfin, ce groupe de travail doit évaluer l'impact des scénarii proposés par le groupe de travail "Emissions".

Les travaux des GT se sont terminés en septembre 2006. Le décret n°2006 -665 du 7 juin 2006 relatif à la réduction du nombre et à la simplification de la composition des diverses commissions administratives a en particulier :

- remplacé le Conseil Départemental d'Hygiène (CDH) par le Conseil Départemental de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques (CODERST).
- supprimé la commission d'élaboration des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA).

le projet de plan est soumis successivement à :

- l'avis du CODERST des départements de l'Ain, de l'Isère et du Rhône.
- l'avis des collectivités territoriales.
- une enquête publique.

2.2 Les origines de la pollution atmosphérique

L'air que nous respirons n'est jamais totalement pur. Si l'azote et l'oxygène représentent environ 99% de la composition totale de l'air, le 1% restant regroupe une grande variété de composés plus ou moins agressifs pour l'homme et son environnement.

L'émission dans l'atmosphère de polluants gazeux ou particulaires peut être d'origine naturelle ou d'origine humaine (dite anthropique).

Les sources naturelles sont principalement les éruptions volcaniques, la décomposition biologique, l'érosion des roches, les poussières du sol, les feux de forêts, les éclairs, les embruns, les plantes et les arbres.

La pollution liée aux activités de l'homme est principalement concentrée dans les zones urbanisées, à la périphérie des villes ou à proximité des zones industrielles. Les activités humaines les plus significatives dans la contribution à la pollution de l'air sont le transport, l'industrie, les activités urbaines et l'agriculture.

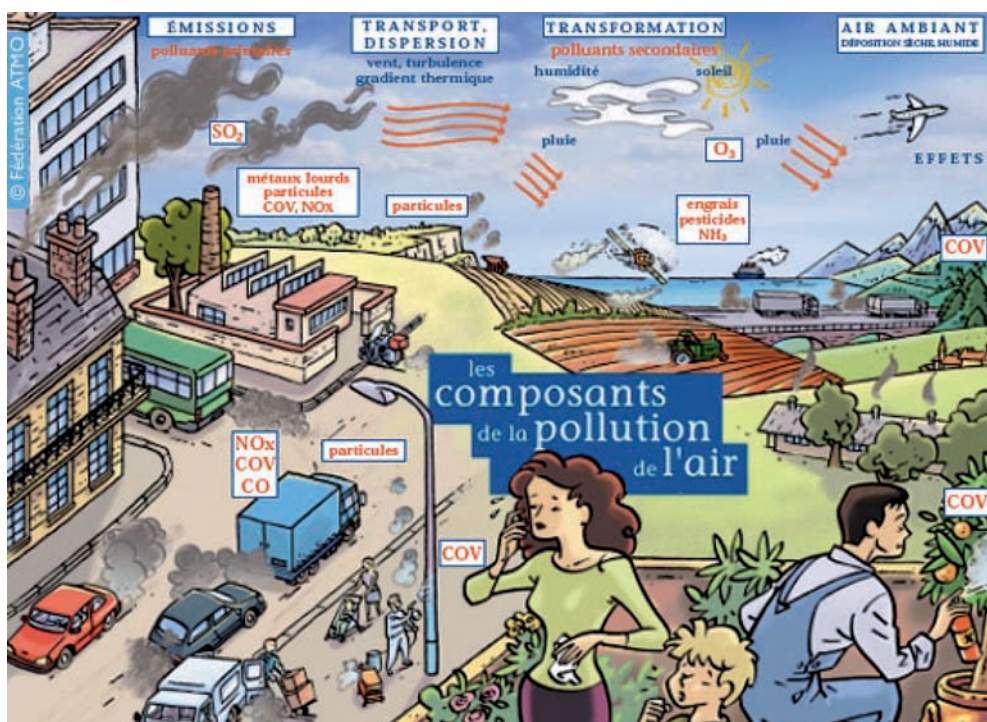
Elles se répartissent selon trois types de sources d'émissions (sources mobiles, fixes ou agricoles) :

- Les sources mobiles sont associées aux transports et à l'automobile : la pollution due aux transports a longtemps été considérée comme un problème de proximité, essentiellement perçu dans les villes en raison de la densité du trafic. Aujourd'hui, il est reconnu que les transports, surtout routiers, sont une source de pollution globale importante.

- Les sources fixes peuvent être industrielles où à caractère individuel. La combustion thermique (chauffage des logements et des bureaux, chaudières industrielles) est l'une des pollutions fixes majeures.

- L'agriculture contribue également à la pollution atmosphérique. Ses émissions sont liées à la décomposition des matières organiques et à l'utilisation d'engrais et de pesticides.

Seules les sources anthropiques peuvent être maîtrisées par l'homme. C'est pourquoi le PPA est axé exclusivement sur celles-ci.



Substances polluantes et allergisantes

Le décret du 25 mai 2001 relatif aux Plans de Protection de l'Atmosphère précise que pour chaque polluant mentionné à l'annexe I du décret du 6 mai 1998, les PPA doivent définir les objectifs permettant de ramener dans leur périmètre, les niveaux de concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs

limites fixées dans cette même annexe.

Les polluants concernés par la réglementation sont présentés ici, ainsi que d'autres polluants non réglementés qui méritent néanmoins une attention particulière. Les valeurs réglementaires des différents polluants sont indiquées en annexe 4 de ce document.

■ Les oxydes d'azote

> Origine

Parmi les oxydes d'azote, le monoxyde d'azote (NO) est produit à partir de l'oxygène et de l'azote de l'air en présence d'une source de chaleur importante (cheminée, moteur, chauffage...). Le monoxyde d'azote, assez instable, se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂) à l'aide des oxydants présents dans l'air (comme l'ozone). Ainsi, à proximité d'une source de pollution par les oxydes d'azote, la concentration en NO sera plus importante. De même, en s'éloignant de la source, la

concentration en NO va diminuer au profit de celle en NO₂. La principale source anthropique des oxydes d'azote est le trafic automobile (60%). Même si l'arrivée des pots catalytiques en 1993 a permis la diminution des émissions des véhicules à essence, cette diminution est compensée par une forte augmentation du trafic. Les oxydes d'azotes sont également émis de façon naturelle par les volcans, les océans, la décomposition biologique et les éclairs.

> Effets sur la santé

À forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique et irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Les effets chroniques spécifiques de ce polluant sont difficiles à mettre en évidence du fait de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels il est corrélé. Il est suspecté d'entraîner une altération respiratoire et une

hyperactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants, et d'augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes. Cependant, on estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

> Effets sur l'environnement

Le dioxyde d'azote participe à la formation de l'ozone troposphérique ainsi qu'à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre. Il contribue également aux phénomènes de pluies acides, par son caractère de polluant acide et par son rôle dans la pollution

photo-oxydante. Enfin, même si les dépôts d'azote possèdent un certain pouvoir nutritif, à long terme, ces apports peuvent créer un déséquilibre nutritif dans le sol qui se répercute par la suite sur les végétaux.

■ Les particules en suspension

> Origine

Les particules en suspension ont de nombreuses origines tant naturelles qu'humaines (anthropiques). Les particules d'origine naturelle proviennent des érosions éoliennes, des feux de forêts, des éruptions volcaniques... L'activité humaine génère quant à elle des particules en suspension par l'intermédiaire des combustions industrielles, de l'incinération, des installations de chauffage et du transport automobile. Ces particules ont

une très grande variété de tailles, de formes et de compositions. Elles servent de support pour de nombreuses substances comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les métaux lourds ou le dioxyde de soufre.

Les particules généralement mesurées ont un diamètre aérodynamique inférieur à 10 μm (PM_{10}) ou 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$).

> Effets sur la santé

Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire : les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures alors que les plus petites pénètrent facilement jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles se déposent. Ainsi, les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.

Sur le long terme, le risque de bronchites chroniques et de décès par maladie cardiorespiratoire et par cancer pulmonaire augmente. Pour les particules les plus fines (provenant notamment des véhicules diesel) il existe des présomptions d'effets cancérigènes du fait de la particule en elle-même mais également des composés qui y sont adsorbés (HAP, métaux lourds).

> Effets sur l'environnement

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

En se déposant sur les végétaux les particules peuvent entraver la photosynthèse et ainsi nuire à leur développement.

■ Le dioxyde de soufre

> Origine

Le dioxyde de soufre (SO_2) est émis lors de la combustion des combustibles fossiles (charbon, fioul) au cours de laquelle le soufre présent dans ces combustibles est oxydé par l'oxygène de l'air. Les principales sources émettrices sont donc les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les installations de chauffage. Les transports, également responsables d'émissions de SO_2 (diesel), a vu sa part diminuer avec la suppression progressive du soufre dans les carburants.

Le SO_2 est également émis par des sources naturelles telles que les dégagements des volcans, la décomposition biologique et les feux de forêt.

L'ensemble des mesures techniques et réglementaires prises au cours des dernières années a permis d'observer une forte baisse des émissions de SO_2 depuis une vingtaine d'années. Cette baisse est également due à la diminution de la consommation des combustibles fossiles, et à l'utilisation croissante de combustibles à faible teneur en soufre et de l'énergie nucléaire.

> Effets sur la santé

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, mais les effets de cette synergie n'ont pas encore été quantifiés. Il agit également en synergie avec la pollution particulaire

> Effets sur l'environnement

Au contact de l'humidité de l'air, le dioxyde de soufre forme principalement de l'acide sulfurique à l'origine des pluies acides responsables de la modification des équilibres chimiques des sols (acidification). L'acide sulfurique participe également à la dégradation des bâtiments

■ Le monoxyde de carbone

> Origine

Le monoxyde de carbone est issu de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, carburants...). Sa principale source est le trafic automobile.

> Effets sur la santé

Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine en lieu et place de l'oxygène ce qui implique une mauvaise oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. À fortes concentrations, ce manque d'oxygène peut provoquer des céphalées, des troubles digestifs, des troubles de conscience. L'exposition à des teneurs très élevées pendant une durée prolongée peut entraîner la mort par asphyxie. Le monoxyde de carbone est reprotoxique de catégorie 1, d'après la directive 67/548/CEE. Il est classé R61 (risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant).

> Effets sur l'environnement

Le monoxyde de carbone participe au mécanisme de production de l'ozone troposphérique. Il contribue également à l'effet de serre en se transformant en dioxyde de carbone (CO₂).

■ Les métaux lourds

Le plomb

> Origine

Le plomb était émis majoritairement par les sources mobiles, étant utilisé comme antidétonant dans les essences. La généralisation de l'utilisation d'essence sans plomb est donc à l'origine de la baisse constante des concentrations de ce polluant dans l'atmosphère.

Dans une moindre mesure, le plomb présent dans l'atmosphère provient d'activités industrielles comme la sidérurgie, le décapage et le traitement des métaux, l'incinération des déchets, les cimenteries, les verreries et les industries de fabrication des accumulateurs.

> Effets sur la santé

Le plomb est un métal toxique à effet cumulatif. Il pénètre dans l'organisme essentiellement par voie digestive et par voie pulmonaire. Les principaux effets toxiques

liés à une exposition chronique au plomb sont des neuropathies motrices avec déficit intellectuel, des altérations des reins et du système reproducteur.

> Effets sur l'environnement

Les effets sur l'environnement résident essentiellement dans son accumulation au sein de la faune, de la flore et du sol. Le plomb contamine les sols et les aliments. Il

s'accumule dans les organismes vivants et perturbe les équilibres et mécanismes biologiques.

Le nickel

> Origine

Le nickel provient principalement de la combustion de fuels et d'huile mais aussi de l'incinération des ordures ménagères et notamment des batteries au nickel/cadmium.

D'autres sources d'émission sont les usines métallurgiques (fabrication d'alliages et d'acier inox) et la fabrication de pigments pour peintures.

> Effets sur la santé

Le nickel est un oligo-élément nécessaire à l'organisme mais il devient toxique à des doses élevées. Chez les personnes sensibles il peut ainsi être à l'origine d'allerg

gies par contact avec la peau ou par ingestion entraînant des manifestations cutanées ou respiratoires (asthme). Il peut également être à l'origine de troubles digestifs.

L'arsenic

> Origine

L'arsenic provient principalement des installations de combustion (charbon), des usines d'incinération des ordures ménagères et de l'agriculture (herbicides et pesticides). Il est également émis dans le traitement du bois et l'extraction du cuivre.

> Effets sur la santé

L'arsenic est absorbé principalement par voie orale mais aussi par inhalation. Le plus toxique est l'arsenic inorganique qui s'accumule dans la peau, les cheveux et les ongles. Ses effets peuvent être ressentis pour de faibles concentrations. Il pourrait favoriser l'apparition de cancer du poumon, des reins et de la vessie.

Le cadmium

> Origine

Les principales sources d'émissions anthropiques du cadmium sont les fonderies de zinc, la métallurgie (fabrication d'alliages...), l'incinération des ordures ménagères, la combustion de combustibles fossiles, les industries de la céramique, de la porcelaine et de la peinture (utilisation dans les pigments pour peintures,...) et l'agriculture.

> Effets sur la santé

Le cadmium est facilement absorbé par les voies digestives et pulmonaires. Après son passage dans le sang, il est stocké dans le foie et les reins. Le cadmium peut entraîner des perturbations des fonctions rénales ainsi qu'une altération du système pulmonaire pouvant aller jusqu'au cancer.

> Effets sur l'environnement

Le cadmium est aussi néfaste pour l'environnement car il perturbe l'écosystème forestier (décomposition de la matière organique) et il s'accumule tout au long de la chaîne alimentaire. Chez les mammifères, il entraîne l'anémie, la diminution de la reproduction et de la croissance avec des lésions du foie et des reins.

Le chrome

> Origine

Il y a principalement deux types de chrome, le chrome (III) et le chrome (IV) qui pénètrent dans l'environnement lors de processus naturels ou du fait de l'activité humaine. Les principales activités humaines qui augmentent

les concentrations en chrome (III) sont la fabrication de l'acier, du cuir et des textiles et, pour le chrome (VI), la fabrication des produits chimiques, du cuir et des textiles, l'électro-peinture et la combustion du charbon.

> Effets sur la santé

Le chrome est indispensable au bon fonctionnement des organismes (végétaux, animaux et humains) à l'instar des oligo-éléments.

Des carences en chrome peuvent induire des perturbations du métabolisme.

A l'inverse, une trop forte concentration de chrome peut

engendrer des effets toxiques. Le chrome VI, plus toxique que le chrome III, peut provoquer des éruptions cutanées, des irritations nasales et des saignements de nez, un affaiblissement du système immunitaire, des problèmes digestifs, rénaux et respiratoires pouvant aller jusqu'au cancer des poumons.

> Effets sur l'environnement

La plupart du chrome de l'air se dépose finalement et finit dans l'eau ou dans le sol. Le chrome n'est pas connu pour s'accumuler dans le corps des poissons,

mais des concentrations élevées en chrome peuvent endommager leurs ouïes.

Le zinc

> Origine

Le zinc entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et des émissions d'aérosols marins. Les apports anthropiques de zinc

dans l'environnement résultent de trois groupes d'activités dont les sources minières et industrielles et les épandages agricoles.

> Effets sur la santé

Le zinc est un élément essentiel de notre alimentation, et la limite entre la dose nécessaire et la dose néfaste est parfois très difficile à déterminer.

Une carence en zinc peut entraîner une perte de l'appétit, une diminution des sensations de goût et d'odeur et une cicatrisation plus lente. Le zinc est également nécessaire au développement foetal.

Des quantités trop importantes de zinc, dans l'organisme, peuvent être responsables de crampes d'estomac; d'irritations de la peau, des vomissements, de nausées, d'anémie. De très hauts niveaux de zinc peuvent endommager le pancréas et perturber le métabolisme des protéines. Une exposition intensive au chlorure de zinc peut provoquer des désordres respiratoires.

> Effets sur l'environnement

Le zinc est un métal essentiel, c'est à dire nécessaire en quantité généralement faible, à la vie d'un grand nombre d'organismes mais un surplus de zinc dans l'environnement peut avoir de graves conséquences.

En effet, celui-ci s'accumule dans les eaux de rivières et les sols et contamine ainsi les plantes et les bétails qui, passés une certaine quantité ingérée, ne peuvent plus l'éliminer.

■ Les COV

Les COV en général

> Origine

Les composés organiques volatils (vapeurs d'hydrocarbures et de solvants divers) proviennent des sources mobiles (véhicules de transport), des procédés industriels (raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockage et

utilisation de solvants, application de peintures) et des activités domestiques. La nature participe également à leur émission. En effet des COV, notamment l'isoprène, sont naturellement produits par les plantes et les arbres.

> Effets sur la santé

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (benzène). Les solvants organiques peuvent être responsables de céphalées, de nausées... Les composés oxygénés sont plus ou moins réactifs. Le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, et l'acroléine sont

particulièrement réactifs. Ils sont responsables d'irritations des yeux, du nez, de la gorge et des voies respiratoires, de modifications pouvant aggraver l'état d'un asthmatique, voire sensibiliser les voies respiratoires (participation au développement de phénomènes allergiques). Certains composés sont probablement cancérigènes (formaldéhyde) ou cancérigènes possibles (acétaldéhyde).

> Effets sur l'environnement

Les composés organiques volatils interviennent, avec les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, dans le processus de formation de l'ozone dans la basse atmosphère. Les composés les plus stables chimiquement

participent à l'effet de serre et à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique (carbures halogénés notamment).

Le 1,3-butadiène

> Origine

Le 1,3-butadiène entre dans la fabrication de plastiques, caoutchoucs synthétiques et résines thermoplastiques. Il peut aussi apparaître en très faible quantité dans les gaz d'échappement automobiles, la fumée de cigarette ou lors des opérations de raffinage.

> Effets sur la santé

Le 1,3-butadiène pénètre dans l'organisme principalement par le tractus respiratoire. Il s'y distribue largement et est éliminé, sous forme de CO₂, dans l'air expiré et sous forme conjuguée, dans les urines. Il peut provoquer une irritation des voies respiratoires et des étourdissements. Ce composé est classé cancérigène pour l'homme.

> Effets sur l'environnement

Ce composé mérite une attention toute particulière en raison de son fort potentiel de formation de l'ozone.

Le benzène

> Origine

Le benzène est présent dans les produits pétroliers. Dans l'atmosphère il provient donc essentiellement des gaz d'échappement (hors diesel) et de l'évaporation des carburants (pompes à essence). Le benzène fait partie des composés contribuant à la formation de l'ozone en basse atmosphère.

> Effets sur la santé

Le benzène peut provoquer une gêne olfactive, des irritations et une diminution de la capacité respiratoire. Le benzène est une substance classée cancérigène.

> Effets sur l'environnement

Comme tous les composés organiques volatils, le benzène joue un rôle important dans les mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Il entre également en jeu dans les processus de l'effet de serre.

■ Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

> Origine

Cette dénomination regroupe l'ensemble des substances composées de 2 à 6 cycles aromatiques. Les HAP sont produits par combustion incomplète ou par pyrolyse et sont principalement émis par le trafic automobile (véhicules essence non catalysés et diesel) et les instal-

lations de chauffage au bois au charbon ou au fioul. Ils se fixent sur les particules en suspension.

Le benzo(a)pyrène est généralement choisi comme traceur des HAP.

> Effets sur la santé

Ces molécules lourdes sont le plus souvent adsorbées sur les fines particules de suie pénétrant profondément

dans l'appareil respiratoire. Les HAP sont des substances cancérigènes et mutagènes.

■ Les Dioxines et les Furanés

> Origine

On regroupe généralement sous le terme de dioxines et furanes, les polychloro-dibenzo dioxines (PCDD) et les polychloro-dibenzo furanes (PCDF). Parmi ces congénères, 17 composés sont connus pour leur toxicité. Ces produits sont des sous-produits de procédés industriels ou de combustion. Ils apparaissent de manière indésirable à l'occasion de processus thermique mettant en jeu des composés organochlorés. Les principaux émetteurs industriels de dioxines sont le blanchiment de la pâte à papier, les usines d'incinération, la métallurgie, les fon-

deries, etc.

95 % des expositions de l'Homme aux dioxines proviennent de la nourriture.

Les aliments les plus fortement contaminés sont les poissons d'eau douce, d'eau de mer, le porc, le boeuf, la volaille et les produits laitiers. La principale source de contamination de la nourriture par les dioxines est le dépôt aérien sur les plantes et les retombées dans les plans d'eau.

> Effets sur la santé

Chez l'homme, une exposition à court terme à des teneurs élevées en dioxine peut être à l'origine de lésions cutanées, chloracné et formation de taches sombres sur la peau par exemple, ainsi qu'une altération de la fonc-

tion hépatique. Une exposition prolongée est liée à une atteinte du système immunitaire, à la perturbation du développement du système nerveux et à des troubles du système endocrinien et de la fonction de reproduction.

■ Les gaz à effet de serre

> Les principaux gaz

Les gaz à effet de serre sont des composés dont la structure moléculaire les rend aptes à rabattre vers le sol les rayons infrarouges. Les principaux sont :

- La vapeur d'eau H₂O
- Le gaz carbonique CO₂ (combustion, déforestation, décomposition de la biomasse).
- Le méthane CH₄ (certaines cultures et élevages, fermentations anaérobies, fuites de gaz naturel, grisou, termites...).
- Les chlorofluorocarbones CFC (auparavant utilisés dans les bombes à aérosols, dans les circuits de réfrigération, pour l'expansion des mousses...), leurs substituts et certains gaz voisins. Les CFC sont aussi respon-

sables des "trous d'ozone" dans la stratosphère (entre 10 et 50 km d'altitude).

- L'ozone, O₃, tant celui présent au niveau de la stratosphère (qui nous protège des ultraviolets B), que celui de la troposphère (entre le sol et 10 km d'altitude).
- Le protoxyde d'azote N₂O (certaines combustions, engrais azotés).

Les concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère sont minimales (le plus abondant est la vapeur d'eau, entre 0 et 4%. Le deuxième est le dioxyde de carbone présent à 0,036% en volume). Ces faibles niveaux de concentration expliquent pourquoi les activités humaines peuvent avoir un impact sur le climat.

> Le principe de l'effet de serre

Les rayons du soleil traversent l'atmosphère jusqu'à atteindre la surface de la terre. Une partie de cette énergie est absorbée sous forme de chaleur et l'autre partie est renvoyée vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge.

Lors de la réverbération, certains rayons infrarouges sont piégés par les gaz à effet de serre dans la basse atmosphère et renvoyés vers la terre : c'est l'effet de serre. Ces gaz contribuent ainsi au réchauffement de la planète.



■ L'ozone

> Origine

Naturellement, les concentrations en ozone dans la troposphère (entre 0 et 10 km) sont faibles. La plus grande partie des teneurs présentes résulte donc de l'activité humaine.

L'ozone est un polluant dit « secondaire » c'est à dire qu'il n'est pas émis directement dans l'atmosphère. Cependant, la présence de polluants « primaires » pré-curseurs de l'ozone (oxydes d'azote, COV) permettent,

lorsque les conditions d'ensoleillement sont favorables, la production de ce polluant. Les mécanismes réactionnels de formation de ce composé sont complexes et les concentrations les plus élevées sont relevées dans les zones situées en périphérie des zones émettrices des polluants primaires. L'ozone ainsi formé peut être transporté sur de grandes distances.

> Effets sur la santé

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il est responsable d'irritations oculaires, de toux et d'altérations pulmo-

naires principalement chez les enfants et les personnes asthmatiques. Ces effets, variables selon les individus, sont augmentés par l'exercice physique.

> Effets sur l'environnement

L'ozone altère la photosynthèse et la respiration des végétaux. Il peut donc être responsable de la baisse de la productivité de certaines cultures. L'exposition à ce

polluant peut provoquer de nécroses chez les végétaux les plus sensibles comme le tabac.

■ Les pollens

> Origine

Le pollen est l'élément mâle d'une fleur. Il est constitué par un ensemble de grains minuscules contenus dans

les étamines. A maturité, il forme une matière pulvérulente, généralement colorée en jaune.

> Caractéristiques des pollens allergisants

Globalement les pollens diffusés par le vent sont plus allergisants que les pollens transportés par les insectes. Toutefois, chez certaines essences, telles que le genêt, le mimosa, le tilleul..., le pollen est peu porté par le vent et sera donc respiré au voisinage de ces plantes. Les

pollens les plus volumineux sont peu ou pas agressifs contrairement aux pollens de faible volume tels que ceux du cyprès par exemple. Une même essence sera d'autant plus allergisante si ses pollens sont nombreux dans l'atmosphère.

> Effets sur la santé des pollens et personnes sensibles

Le pollen des plantes et des arbres peut parfois induire des maladies allergiques appelées « pollinoses ». La majorité des pollinoses apparaissent au printemps et en été. Au printemps et en été, la pollinose la plus courante est celle connue sous le nom de « rhume des foins », liée à la présence de pollens de graminées dans l'atmosphère. En hiver, ces allergies sont dues essentiellement à la pollinisation des Cupressacées (cyprès, thuya...) qui sont utilisées dans la composition des haies de clôture.

Les pollinoses se manifestent généralement au niveau du nez (éternuements, démangeaisons, écoulements...) et des yeux (brûlures, rougeurs, larmoiements...). Elles entraînent souvent des troubles au quotidien et perturbent le sommeil. Chez certaines personnes, il peut y avoir des complications avec l'apparition de crises d'asthme, d'urticaire ou d'eczéma.

Pollens allergisants dans la région lyonnaise

D'après les relevés du RNSA (Réseau National de Surveillance Aéro-biologique), les pollens majoritairement retrouvés dans la région lyonnaise, tout au long de l'année, sont les graminées et les ambrosies, suivis des peupliers, platanes et cupressacées.

Graminées

Les Graminées sont des plantes qui présentent de longues feuilles étroites comme celles des herbes, insérées sur la tige ou en touffes, parfois de grande taille. Les Graminées sont présentes un peu partout dans les prairies, sur les rochers, en forêt, dans l'eau, les fossés et accotements de routes... Les Graminées ont un potentiel allergisant très élevé avec un pic dominant en juin.

Ambrosie

L'Ambrosie est une plante annuelle, de hauteur moyenne de 60 à 80 cm. L'Ambrosie sort de terre en mai ou juin et pousse assez lentement jusqu'en juillet. Les inflorescences se forment alors assez vite et viennent à maturité vers la mi-août. La pollinisation dure jusqu'en octobre. Elle pousse principalement sur les terres rapportées et/ou dénudées, non ou mal entretenues : chantiers, nouveaux lotissements, terrains vagues, champs et jachères, talus de routes... Son pollen, très léger, provoque des allergies graves, entraînant rhinites, conjonctivites, asthme, urticaire, eczéma (en général 2 ou 3 symptômes associés).

■ Les odeurs

Une odeur ne constitue pas en tant que telle une pollution. Elle ne devient une pollution qu'à partir du moment

où elle est perçue comme une nuisance par la population ; on parle ainsi de « pollution olfactive ».

> Origine

Aujourd'hui les principaux sites à l'origine des plaintes les plus fréquentes de la part des riverains sont les stations d'épuration, les centres de valorisation et de stoc-

kage des déchets, les usines d'équarrissage, les distilleries, les élevages, les usines, les gaz d'échappement.

> Caractéristiques

Les impressions olfactives sont toujours analysées par le cerveau en partie de façon subjective et affective. On caractérise tout de même les odeurs par trois paramètres caractéristiques du sens olfactif : la sensibilité, la finesse et l'intensité. La sensibilité aux odeurs des êtres humains est variable, les réponses hommes/femmes sont différentes et l'âge modifie notablement la sensibilité à certaines odeurs.

La finesse correspond à la capacité à individualiser les odeurs ou les mélanges d'odeurs. Il s'agit donc là d'une capacité d'appréciation qualitative.

L'évaluation de l'intensité de l'odeur constitue une information notablement moins précise que l'appréciation qualitative des odeurs. Elle est très variable d'un individu à l'autre.

> Effets sur la santé et l'environnement

Les odeurs n'ont pas d'impact direct sur la santé humaine ou sur l'environnement. Elles engendrent des nuisances

qui altèrent le bien-être de l'individu. Elles peuvent en outre traduire la présence de gaz toxiques

■ Les légionelles

Il existe 43 espèces recensées de bactéries légionelles dont la plus connue et la plus infectieuse est la *Legionella pneumophila* (responsable d'environ 80-90% des légionelloses). Les *Legionella* sont des bactéries aérobies (nécessitant de l'oxygène pour vivre) et hydro-telluriques, c'est à dire naturellement présentes dans

l'eau terrestre. Leur température optimale de croissance est comprise entre 25 et 37°C. Elles survivent en deçà de 25°C et se multiplient jusqu'à environ 45°C. A partir de 50°C, on peut observer une destruction de la bactérie, qui survient en quelques heures ; ce temps est réduit à l'ordre de la minute vers 60°C.

> Origine

Les *Legionella* sont présentes à l'état naturel dans les eaux douces (lacs, rivières, étangs) et les sols humides. A partir du milieu naturel, la bactérie colonise des sites hydriques artificiels lorsque les conditions de son développement sont réunies. Sa prolifération peut ainsi être

favorisée par les conditions présentes dans différentes installations dites « à risque » telles que les réseaux d'eau chaudes, les circuits des tours aéroréfrigérantes, les bains à bulles, les humidificateurs, les fontaines décoratives...

> Effets sur la santé

La contamination des personnes se fait essentiellement par inhalation de fines gouttelettes d'eau contaminées de taille inférieure à environ 5µm. Les bactéries contenues dans ces aérosols atteignent les alvéoles pulmonaires, infestent les macrophages pulmonaires provoquant ainsi leur destruction.

Les légionelloses se manifestent sous 2 formes cliniques bien distinctes :

- La fièvre de Pontiac, syndrome pseudo-grippal bénin, ne s'accompagnant pas de pneumonie ; cette forme passe souvent inaperçue du fait de la similitude avec d'autres maladies banales. La durée d'incubation varie

de 5 h à 4 jours, et la guérison est habituellement spontanée en 2 à 5 jours,

- La maladie des légionnaires (légionellose), pneumopathie aiguë grave, dont le traitement nécessite l'administration d'antibiotiques adaptés ; la durée d'incubation varie de 2 à 10 jours.

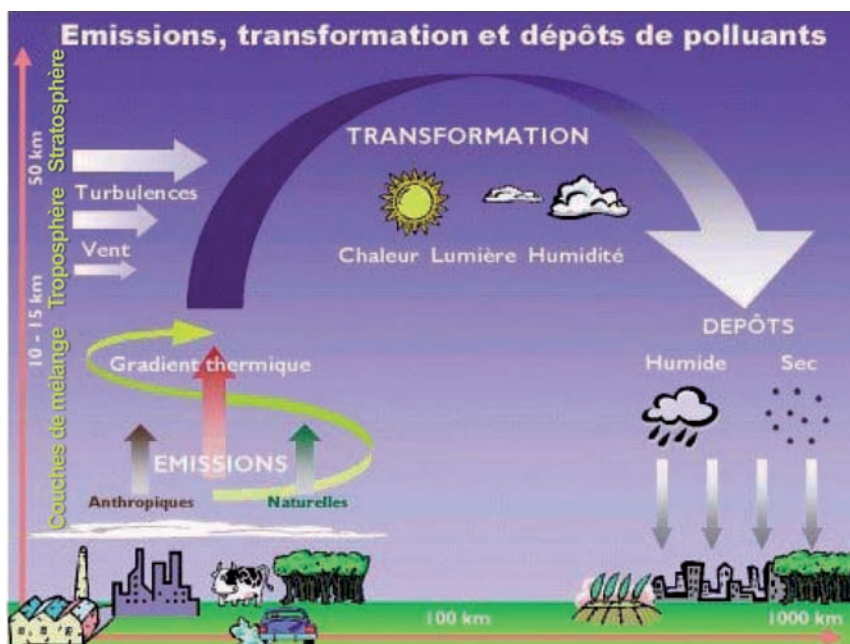
La gravité de la maladie peut conduire au décès dans 10-15% des cas, proportion pouvant atteindre 40% pour des personnes malades hospitalisées et chez les immunodéprimés.

2.4 Phénomènes de diffusion et de transformation des polluants

Les polluants dits « primaires » sont émis directement par une source. C'est le cas notamment du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote. Leur concentration dans l'air est maximale à proximité des sources, puis tend à diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne de celles-ci du fait de leur dispersion. Les polluants dits « secondaires » évoluent chimiquement après leur émission pour se transformer ou produire d'autres polluants. C'est le cas de l'ozone, qui se forme à partir des oxydes d'azote et des COV

sous l'effet du rayonnement solaire (photochimie).

Les paramètres relatifs à la source du polluant (hauteur de rejet, température, étendue de la source...), les paramètres météorologiques, climatiques et topographiques jouent un rôle prépondérant dans le transport et la transformation chimique des polluants. Ils ont une incidence importante sur les niveaux de pollution observés au voisinage du sol.



■ Dispersion des polluants

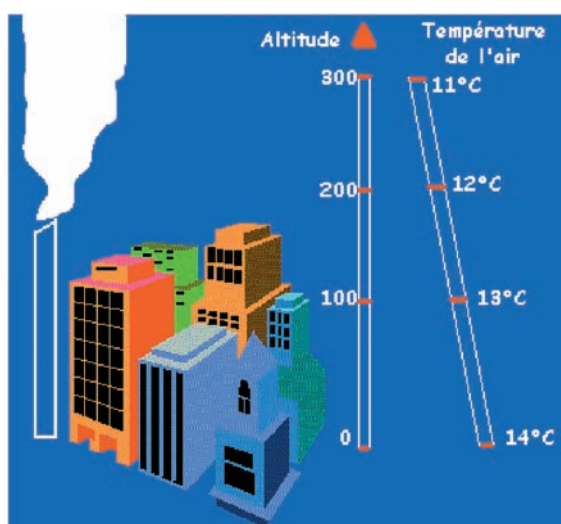
La dispersion des polluants est favorisée par les situations dépressionnaires qui correspondent généralement à une turbulence de l'air assez forte. En revanche, une période anticyclonique, où la stabilité de l'air ne permet pas la dispersion des polluants est particulièrement défavorable et dans cette situation, le rôle des vents va s'avérer prépondérant.

Les niveaux de concentration des différents polluants et la vitesse du vent sont en effet étroitement liés. En l'absence de vent les mouvements de convection de la masse d'air sont très limités et la dispersion se fait, très lentement, par diffusion. De très faibles vitesses de vent ont donc pour conséquences une dispersion des polluants faible voire nulle.

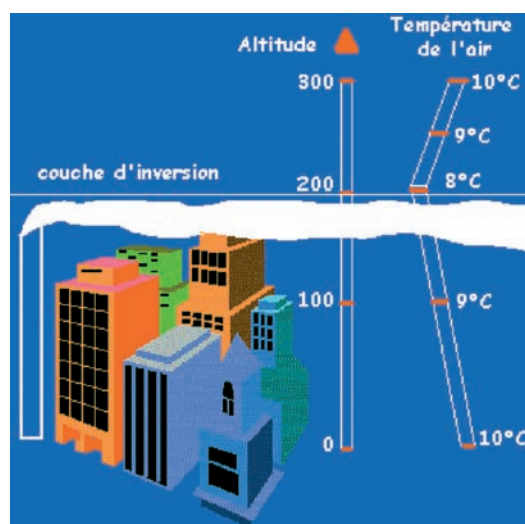
Les phénomènes d'inversion thermique, correspondant à une très grande stabilité de l'atmosphère, défavorisent fortement la dispersion des polluants car la couche

d'inversion fait fonction de couche isolante, qui empêche la montée des polluants.

Schématisation de la dispersion verticale en cas d'inversion thermique



En situation normale la température de l'air diminue avec l'altitude. L'air chaud contenant les polluants tend à s'élever naturellement (principe de la montgolfière). Les polluants se dispersent ainsi verticalement.



En situation d'inversion de température, le sol s'est refroidi de façon importante pendant la nuit (par exemple, l'hiver par temps clair, le matin). La température, à quelques centaines de mètres d'altitude, est alors supérieure à celle mesurée au niveau du sol. Les polluants se trouvent ainsi piégés sous un effet de "couverture" d'air chaud.

La topographie joue également un rôle important dans la diffusion des polluants. En effet un relief peut dans certains cas représenter un obstacle à la diffusion et dans d'autres cas favoriser l'ascendance de l'air et donc la

diffusion des polluants. En zone urbaine, on retrouve le phénomène de « rue canyon » : les polluants restent « prisonniers » des rues bordées de bâtiments.

■ Les précipitations

La pluie a une influence bénéfique sur la qualité de l'air. En effet, elle permet de nettoyer l'atmosphère, notamment avec les pluies d'orage l'été pendant des périodes de fortes pressions. Les gouttelettes d'eau captent les impuretés et les entraînent vers le sol. On parle alors de « lessivage » de l'atmosphère.

Certaines pluies sont cependant préjudiciables pour

l'environnement. Ce sont les pluies acides. Ces précipitations présentent une acidité particulièrement élevée principalement due au dioxyde de soufre et aux oxydes d'azote qui se transforment, dans l'atmosphère, en acide sulfurique et en acide nitrique. Ces pluies acides provoquent l'acidification des lacs et le dépérissement des forêts.

■ La formation de l'ozone

L'ozone est issu de réactions chimiques complexes faisant intervenir les oxydes d'azote et les composés organiques volatiles (hydrocarbures) et l'oxygène de l'air en présence du rayonnement solaire. En zone urbaine, où les émissions de précurseurs sont importantes (COV, NOx), l'ozone formé est généralement rapidement détruit par la présence de monoxyde d'azote (NO).

En périphérie des villes, la présence des oxydes d'azote est moins importante. L'ozone, principalement formé en ville et transporté à la périphérie, n'est alors plus détruit et sa concentration dans l'air augmente.

L'ozone est donc présent en quantité plus importante dans les zones suburbaines et rurales que dans les agglomérations elles-mêmes.