

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

I/ GÉNÉRALITÉS

En général le terme de pollution désigne l'ensemble des rejets toxiques que l'homme libère dans l'écosphère.

En d'autres termes, la pollution est une modification défavorable du milieu naturel, pouvant affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles hydriques ou d'ordre biologiques.

- **Ecosystème**

Ensemble du milieu physico–chimique (biotope) et des êtres vivants qui le peuplent (biocénose)

I/ GÉNÉRALITÉS

- **Biocénose**

Ensemble des êtres vivants (micro-organisme, plantes, animaux) qui peuplent un même biotope.

- **BIOSPHERE**

Région de la planète qui renferme l'ensemble des êtres vivants. L'air est considéré comme pur lorsqu'il ne contient pas de substance autre que celle qui contient dans sa composition naturelle :

I/ GÉNÉRALITÉS

Constituants	Volume %
Azote	78,01
Oxygène	20,95
Argon	0,93
Gaz carbonique	0,03
Néon	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Hélium	$5,24 \cdot 10^{-4}$
Méthane	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Krypton	$1,14 \cdot 10^{-4}$
Protoxyde d'azote	$5 \cdot 10^{-3}$

I/ GÉNÉRALITÉS

De plus, l'air renferme à côté de ces principaux gaz des traces égales ou inférieures à une partie par million d'hydrogène, de peroxyde d'azote, d'anhydride sulfureux, d'oxyde de carbone d'ammoniaque etc...

La pollution atmosphérique peut résulter soit d'une modification quantitative, par hausse de la concentration dans l'air de certains de ces constituants normaux (gaz carbonique, peroxyde d'azote, ozone par exemple), soit d'une modification qualitative due à l'introduction de composés étrangers à ce milieu (radioéléments, substances organiques de synthèse), soit encore et c'est le cas général, d'une conjugaison de ces deux phénomènes.

I/ GÉNÉRALITÉS

Le conseil de l'Europe dans son rapport du 14 Septembre 1967 a donné cette définition de pollution atmosphérique : il y a pollution de l'air lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses constituants est susceptible de provoquer un effet nuisible; compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne.

II/ FACTEURS TOPOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES EN RELATION AVEC LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1. Facteurs topographiques

Deux facteurs sont particulièrement importants :

- la proximité de la mer et l'existence des plans d'eau
- le relief (présent ce des hauteurs et leur orientation)

a) La mer et les plans d'eaux :

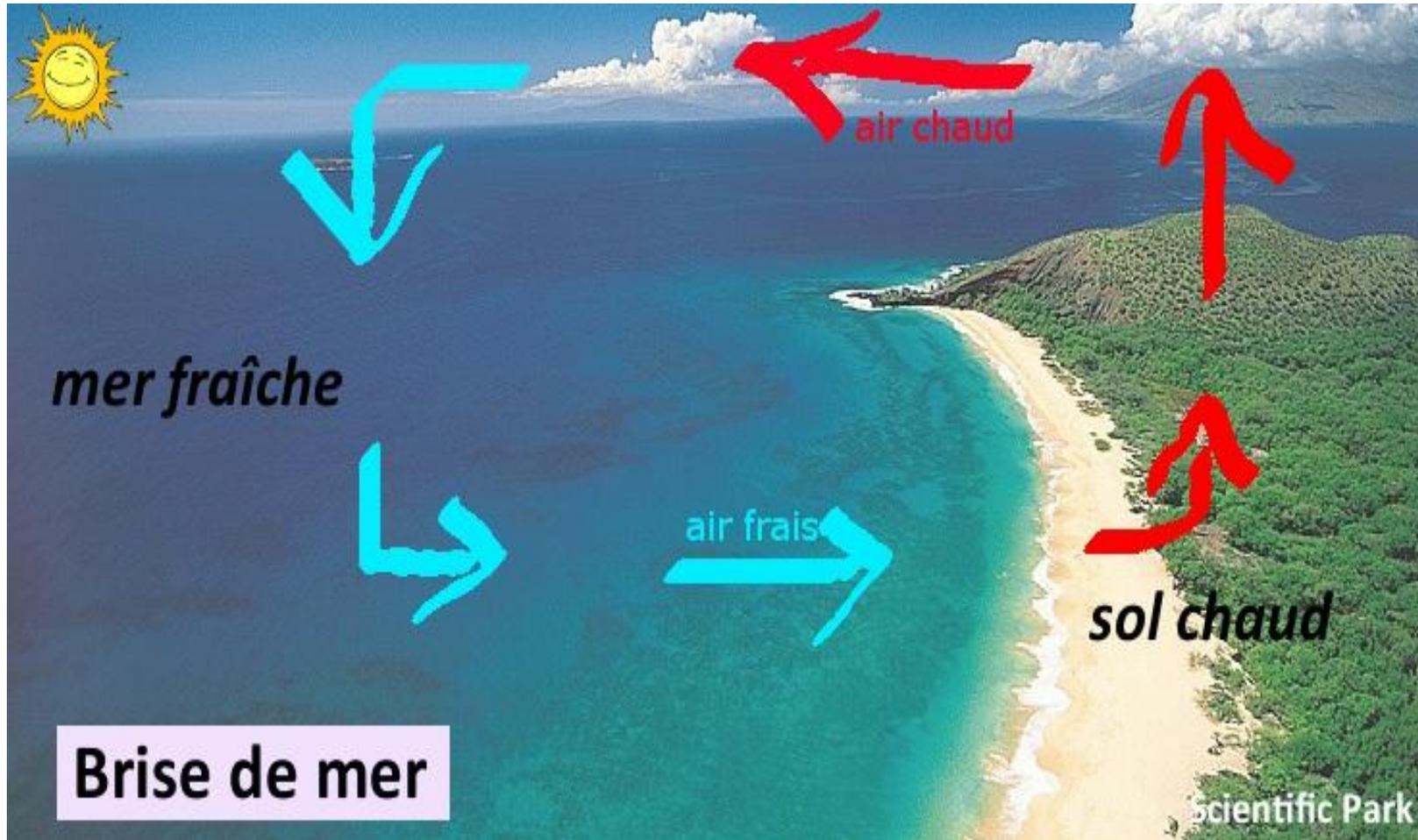
Leur présence joue sur deux facteurs climatiques importants pour la pollution :

- L'humidité relative (toujours élevée à Annaba) et la direction des vents.

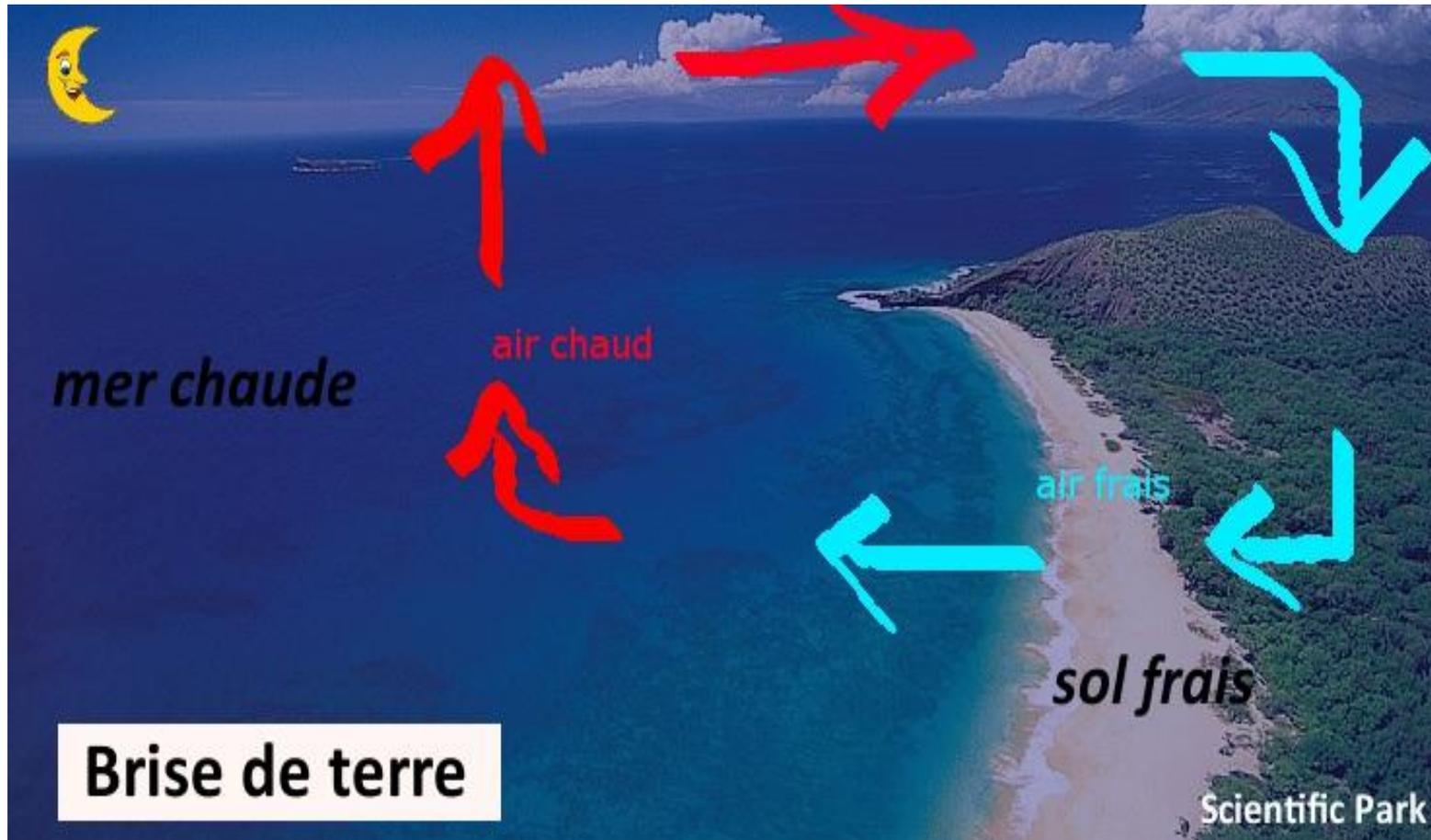
1. FACTEURS TOPOGRAPHIQUES

- La mer se réchauffant et se refroidissant plus lentement que la terre, il s'en suit de différences Thermiques entre les deux milieux de sens inverse le jour et la nuit ,ce qui entraine des mouvements d'air locaux connus sous le nom de **brise de mer (soufflant le jour)** et **brise de terre (soufflant la nuit)**. Ces mouvements alternatifs contribuent à maintenir les polluants au-dessus de la zone d'émission.

1. FACTEURS TOPOGRAPHIQUES



1. FACTEURS TOPOGRAPHIQUES



1. FACTEURS TOPOGRAPHIQUES

b) Le relief :

Les massifs montagneux qui ceinturent la plaine de Annaba, freinent la diffusion des masses d'air et favorisent la stagnation des polluants.

Les collines forment dans la plaine des reliefs orientés plus au moins N-S (dans une direction proche de celle des vents dominants), ce qui crée des couloirs guidant les masses d'air (par ex : entre la cite El Bouni et le massif de Boukhara).

Ces dispositions topographiques (en cuvette et en couloir) favorisent le phénomène d'inversion thermique et sa persistance.

II/ FACTEURS TOPOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES EN RELATION AVEC LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

2. Facteurs climatiques

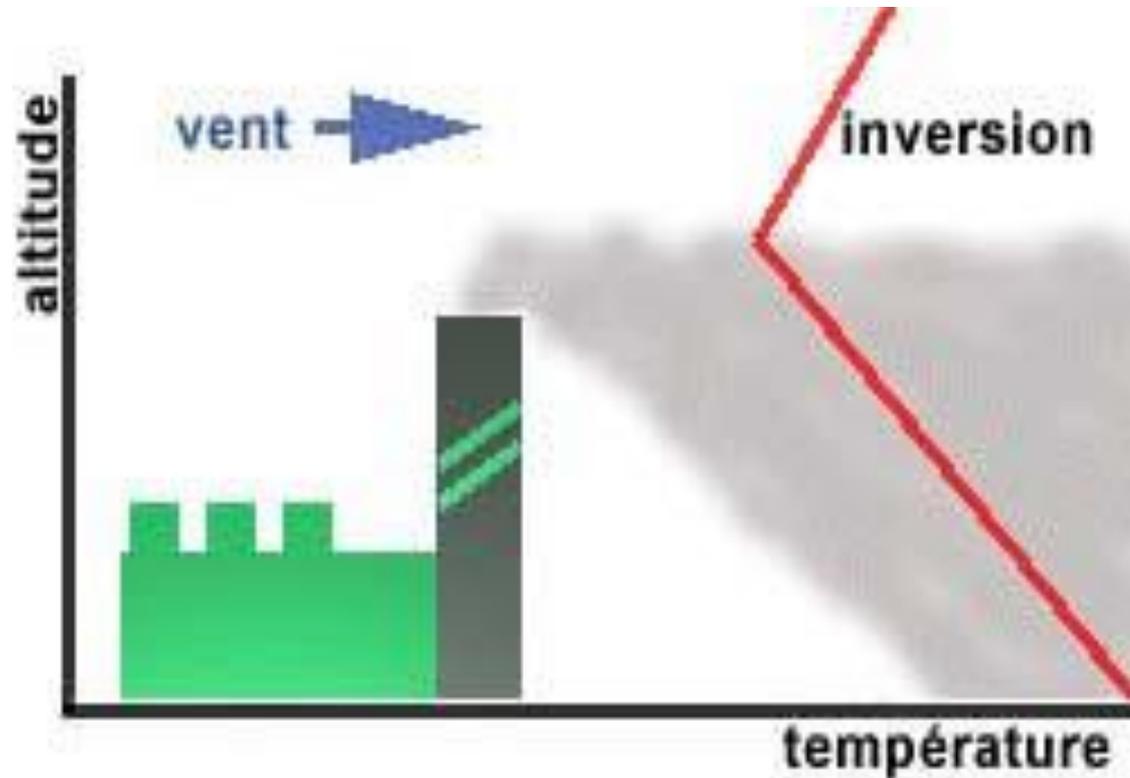
a) La température :

La température en un point donnée décroît avec l'altitude. La différence qui en résulte entre les couches basses et hautes de l'atmosphère est l'origine de la force ascensionnelle des masses d'air , elle est d'autant plus importante que la température du sol est élevée. Elle favorise la dispersion des polluants, mais d'autres facteurs peuvent interférer (ex : le vent).

Il arrive que la température de l'air en fonction de l'altitude ne suive pas la règle générale.

2. FACTEURS CLIMATIQUES

Dans certaines conditions, une couche d'air existe dont la température est supérieure à celle des masses d'air inférieures qui restent bloquer au-dessous. C'est la couche d'inversion thermique.



2. FACTEURS CLIMATIQUES

Ce phénomène se produit quand le réchauffement normal du sol est freiné (évaporation au-dessus d'un plan, d'eau nuage bas, brouillard écoulement de filets d'air froid le long d'un versant (fig.1). Normalement la couche d'inversion thermique disparaît du fait des turbulences de l'air, mais différentes conditions souvent liées à la topographie peuvent l'entretenir éventuellement pendant plusieurs jours. Il existe des sources de pollution dans la zone touchée par le phénomène d'inversion de température, les polluants ne pourront être dispersés et s'accumuleront au-dessus de la source (fig.2).

2. FACTEURS CLIMATIQUES

Dans la région d'Annaba, les phénomènes d'inversion de température sont fréquents en particulier dans les zones urbaines et industrielles.

b) Vitesse du vent :

La vitesse du vent influe sur le temps de parcours du polluant du point d'émission jusqu'à sa disparition. Elle influe aussi sur la vitesse de dilution. Lorsqu'il y a absence de vent (phénomène fréquent dans les vallées et les dépressions), le déplacement des polluants a lieu seulement sur la verticale (ascension et retombées). Lorsque la vitesse du vent est réduite (temps calme), la dilution est faible,

2. FACTEURS CLIMATIQUES

il y a persistance des polluants à proximité de la source de pollution. Quand les périodes de calmes durent plusieurs jours, l'accumulation et la concentration des polluants sont très importantes. Lorsque la vitesse du vent est grande la dilution est appréciable, mais les phénomènes de la turbulence peuvent alors rabattre les polluants au sol.

Dans la région d'Annaba les grands vents sont rares et la dilution des polluants sera lente.

c) La turbulence de l'air

2. FACTEURS CLIMATIQUES

d) Les précipitations :

Il faut noter que les impuretés de l'air vont être lavées, absorbées et entraînées vers le sol par les différentes formes de précipitation atmosphériques. Des précipitations durables peuvent purifier l'air.

Les gaz vont être en général (dilués) par les pluies et les impuretés solides par la neige.

Le niveau de précipitation augmente dans les zones industrielles où le niveau de pollution tend à croître.

2. FACTEURS CLIMATIQUES

Globalement la pluie joue un rôle purificateur. En tombant, elle entraîne les polluants en suspension dans l'air. En conséquence, les premières pluies, surtout qui nettoient l'air, sont fortement chargées en polluants qu'elles abandonnent sur le sol et les végétaux en les contaminant. Ce phénomène est souvent observé à Annaba où les premières pluies surtout d'Automne sont salissantes, mettant en évidence une pollution particulaire importante. Si la pluie se poursuit, le lessivage des produits nocifs s'effectue au fur et à mesure des émissions, non seulement dans l'air, mais également sur les végétaux (feuilles, écorces).

2. FACTEURS CLIMATIQUES

e) L'humidité :

Le phénomène d'auto purification peut être défavorisé par la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère qui empêche la diffusion des impuretés et favorise leur concentration.

Il a été constaté que le brouillard peut apparaître quand l'humidité relative de l'air dépasse 70%.

f) Les nuages :

Si les nuages forment une masse stagnante à une altitude peu élevée, ils vont rendre difficile la dilution des impuretés et par conséquent favorisent la pollution. A faible altitude les nuages empêchent le phénomène d'auto purification, par contre les nuages en mouvement entraînent les impuretés en favorisant ainsi l'auto purification.

2. FACTEURS CLIMATIQUES

g) Le brouillard :

La pollution atmosphérique peut être à l'origine de brouillard se produisant surtout quand une unité industrielle quelconque est située dans une vallée et que ses émissions se trouvent sous une couche d'inversion de température c'est le cas du complexe (ASMIDAL), situé au bord de la mer où ses émissions favorisent la création de ce brouillard notamment tôt le matin par vent calme. Ceci est favorisé par le relief de la zone qui est une sorte de baie. Dans un bas fond pendant la persistance de l'inversion, la vapeur d'eau atmosphérique par phénomène de condensation contribue à la formation d'un brouillard chargé de tous les polluants emprisonnés. Le brouillard contribue au maintien du phénomène d'inversion thermique.

III/ PRINCIPAUX POLLUANTS

1. Nature et origine des principaux polluants

La nature de la pollution atmosphérique est directement liée au type d'émission des rejets dans l'atmosphère. Les principales sources de polluants atmosphériques sont :

- La combustion de la houille qui émet d'importants gaz toxiques tel que le dioxyde de soufre SO_2 , l'oxyde nitreux NO , et le dioxyde d'azote NO_2 .
- L'industrie représentée notamment par la sidérurgie, les centrales thermiques, les fabriques des engrais phosphatés, les papeteries qui rejettent en plus du dioxyde de soufre des oxydes d'azote, des métaux lourds, des composés halogénés (HF , HCL).

III/ PRINCIPAUX POLLUANTS

- Les cimenteries et les briqueteries sont responsables de l'émission de poussières alcalines.
- Le trafic automobile qui libère d'énormes quantités d'oxyde de carbone , d'oxyde d'azote, d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, du plomb etc..., ainsi que des poussières arrachées à l'asphalte ou aux pneus.
- L'industrie radio nucléaire civile et militaire : utilisation des radioéléments (éléments radioactifs), retombés résultants des explosions atomiques et évacuations normales ou accidentelles des réacteurs nucléaires et des usines de traitements des déchets radioactifs. Cette énumération n'est pas exhaustive et il est parfois difficile de séparer et d'individualiser l'origine des polluants. De plus, les nuisances dues aux zones industrielles et celles dues à l'urbanisation et à la circulation interfèrent très souvent ce qui conduit à la notion de pollution globale.

III/ PRINCIPAUX POLLUANTS

2. Propriétés physico-chimiques des polluants

On distingue deux groupes de polluants :

- Les polluants constitués par des particules solides ou liquides
- Les polluants gazeux.

a) Particules et aérosols :

On distingue plusieurs catégories de polluants selon leurs tailles :

- **Les grosses particules sédimentables :**

Elles mesurent en moyenne 20μ , elles se localisent dans les basses couches de la troposphère (au- dessus de 3000m) et retombent rapidement sur le sol et de ce fait, leur action ne se fait sentir qu'à courte distance du lieu d'émission, elles contiennent généralement des cendres ,déchets divers et poussières grossières et se caractérisent par un court séjour dans l'atmosphère.

III/ PRINCIPAUX POLLUANTS

- **Les particules semi-fines :**

Elles ont une taille comprise entre $2,5\mu$ et $0,1\mu$. Les particules de taille supérieure à $0,1\mu$ restent très longtemps en suspension dans l'air et elles sont ramenées au sol par les précipitations.

- **Les particules inframicroscopiques :**

Elles constituent le plus petit élément des aérosols atmosphériques, leurs taille peut descendre au-dessus de 10 \AA , leurs diamètre moyen de 300 \AA , elles sont de composition inconnu et elles se rencontrent dans toutes l'atmosphère.

On considère que la majorité des aérosols ont un diamètre compris entre $0,1\mu$ et 20μ .

Parmi ces aérosols on peut citer les embruns marins d'origine naturelle pouvant contenir des quantités importantes de polluants (hydrocarbures, détergent).

III/ PRINCIPAUX POLLUANTS

b) Polluants gazeux :

Proviennent généralement des usines de coke et des raffineries de pétrole (tel que H₂S) et les usines d'aluminium et des engrais phosphatés ainsi que toute installation des matériaux siliceux (acide fluorhydrique et chlorhydrique).

Le chlore et l'acide chlorhydrique sont dus à la combustion des emballages industriels (décomposition thermique des matières plastiques pour produits ménagers notamment) et les principaux foyers d'émission sont donc les incinérateurs urbains.

Les aldéhydes proviennent de la circulation automobile (oxydation complète du carburant et des huiles de graissage des moteurs).

L'oxyde de carbone après le gaz carbonique le deuxième agent de pollution dans les agglomérations urbaines.

III/ PRINCIPAUX POLLUANTS

c) Smog :

Le mot smog est d'origine anglaise (concentration « smoke and fog »).

On distingue deux couches de smog :

- Le smog acide que l'on rencontre surtout dans les pays humides (G.Bretagne, Nord de la France et la Belgique).
- Le smog oxydant, caractéristique des zones à peuplement élevés ou fortement industrialisées situés dans des régions ensoleillées (Los Angeles,...par exemple).

Smog de LONDRES



Smog de LOS ANGELES



IV/ Effets de la pollution atmosphérique

1. Action sur les végétaux

Les végétaux sont particulièrement sensibles à la pollution atmosphérique.

Le degré de sensibilité est tel que dans certains groupes systématiques comme les lichens ou les conifères que l'on songe à les utiliser comme un indicateur biologique de pollution.

Parmi les polluants atmosphériques les plus néfastes pour les végétaux sont : le dioxyde de soufre, les composés fluorés et les smogs acides ou oxydants. Il est à noter que la toxicité d'un polluant dépend de :

- La nature du végétal
- La durée d'exposition
- Les conditions atmosphériques (humidité, éclaircissement)
- Stades d'évolution du végétal

IV/ Effets de la pollution atmosphérique

a) Description des symptômes de l'action du SO₂ :

Le soufre est indispensable aux plantes et se trouve dans des nombreuses molécules biologiques, le taux de soufre est sensiblement constant dans les plantes. Il existe donc dans les végétaux un ou plusieurs systèmes régulateurs de ce taux. Toute fois les manifestations de la phytotoxicité de SO₂ apparaissent parfois pour des teneurs très faibles dans l'atmosphère, ainsi les espèces les plus sensibles réagissent-elles à des doses de 1ppm et même parfois plus faible si l'exposition est assez longue durée.

IV/ Effets de la pollution atmosphérique

Le dioxyde de soufre provoque essentiellement des nécroses internervaires, de couleur ivoire ou brun clair suivant les espèces. Ces nécroses apparaissent assez rapidement après la vague de pollution et il n'y a pas ensuite extension de la partie nécrosée. Ce sont surtout les feuilles âgées qui sont affectées.

On n'a jamais constaté que la pollution atmosphérique par le dioxyde de soufre ait entraîné la mort d'arbres, d'arbustes, même lors des expositions répétées au cours de la même saison. Dans ce cas on constate un affaiblissement passager de la plante avec ralentissement momentané de l'activité respiratoire et photosynthétique.

IV/ Effets de la pollution atmosphérique

b) Description des symptômes de l'action du fluor :

Contrairement au soufre le fluor n'intervient dans aucun des mécanismes normaux du métabolisme de la plante. Il n'y a donc pas dans les végétaux de système régulateur du taux de fluor qui en permettrait l'élimination.

Le fluor est donc un composé phytotoxique par accumulation. La première conséquence est que le polluant est susceptible d'agir à des taux extrêmement faibles (de l'ordre du $\mu\text{g}/\text{m}^3$) s'il s'agit d'une exposition continue ou répétée. La deuxième conséquence est qu'après une période de latence parfois longue, les nécroses se développant, de couleur ivoire, brun ou noir, tendant à gagner progressivement le centre des feuilles sans respect de nervure.

IV/ Effets de la pollution atmosphérique

2. Action sur les animaux

Les polluants atmosphériques les plus néfastes sont le fluor et l'arsenic.

- **Effet des composés fluorés :**

Dans la plupart des cas, l'intoxication a lieu non pas par inhalation mais par voie indirecte. C'est par la contamination des chaînes trophiques que le fluor empoisonne lentement les bovins et les ovins qui paissent dans les zones polluées. En effet, cet élément n'est pas métabolisable et s'accumule dans le cytoplasme des végétaux où il peut atteindre 2000 mg /kg de tissu sec. Les dérivés gazeux du fluor pénètrent dans la plante par les stomates, les autres retombent au sol sous formes de poussières insolubles ou dissoutes dans

IV/ Effets de la pollution atmosphérique

les eaux pluviales et sont absorbées par voie racinaire. L'alimentation des animaux domestiques avec ces végétaux contaminés, les expose à des concentrations excessives du fluor, qui finissent par provoquer une intoxication chronique dénommée **fluorose**.

La fluorose se traduit par divers troubles de gravités croissantes. Les premiers symptômes sont de nature dentaire, les dents deviennent moins résistantes et présentent des marbrures. La concentration maximale que les bovins peuvent supporter dans leur alimentation est de 30 à 50 ppm de fluor,

IV/ Effets de la pollution atmosphérique

elle s'élève à 100 ppm pour les ovins et le porc et à 300 ppm pour les poules, dans les cas d'intoxication modérée, on note une baisse de la production laitière associée à une diminution du taux de lipides du lait.

3. Action directe sur l'homme

L'homme apparaît en définitive comme la principale victime de la pollution atmosphérique, toutes les recherches épidémiologiques actuelles montrent que les populations urbaines en souffrent profondément, même si les effets de la contamination s'exercent de façon insidieuse et après un temps de latence souvent supérieur à la décennie.

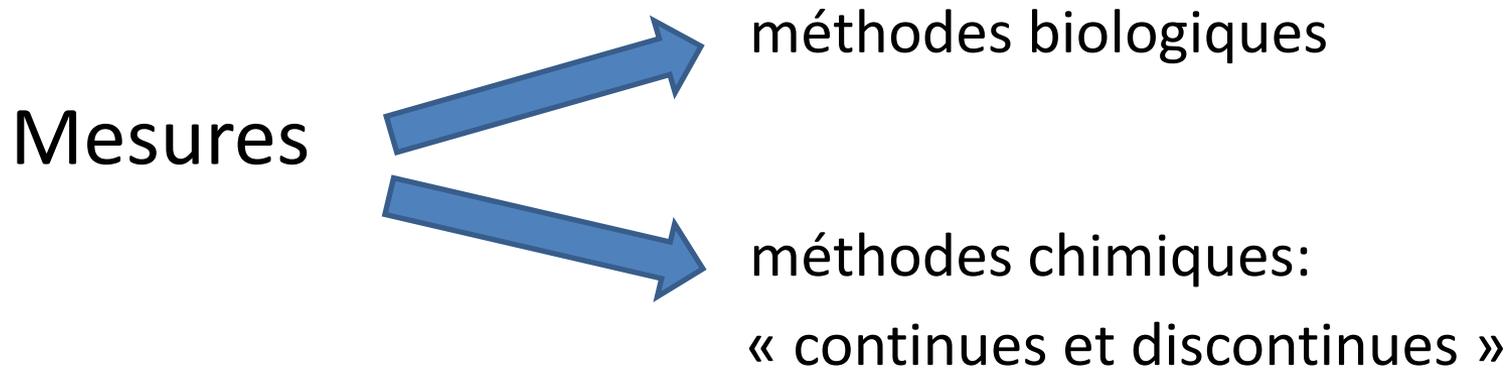
IV/ Effets de la pollution atmosphérique

Les enquêtes cliniques révèlent que les smogs accroissent de façon très significative la morbidité et la mortalité dans les villes.

Le célèbre smog de Londres, en 1952, provoqua du 5 au 9 Décembre, la mort de 4000 personnes, tandis que des dizaines de milliers d'autres présentèrent des troubles broncho-pulmonaires.

Les smogs oxydants riches en PAN causent une forte inflammation oculaire, caractérisée par une hyperhémie conjonctivale. A LOS ANGELES, on a signalé de graves accidents ophtalmologiques chez les individus particulièrement sensibles à ces composés.

Processus de captage et d'analyse de quelques polluants atmosphériques:



a) Méthodes continues:

Utilisation d'appareils automatiques: pour la plupart des polluants, il existe des techniques automatisables qui permettent d'avoir une réponse (avec un délai variable selon le polluant et selon la méthode utilisée) proportionnelle à la concentration de polluant dans l'air qui circule à l'intérieur de l'appareil. Les indications données par l'appareil peuvent être enregistrées de manière continue sur une bande de papier.

b) Méthodes discontinues:

Captage:

- Soit par absorption dans un liquide
- Soit par adsorption sur solide
- Soit par les appareils à filtration