

II.1. Introduction

La pollution atmosphérique est un problème majeur de ce siècle. Son impact sur la santé publique et sur l'environnement, bien que difficilement évaluable, préoccupe de plus en plus de personnes et les réglementations sont régulièrement réévaluées pour tenter de limiter les émissions de polluants.

II-2.Définition de la pollution de l'air

La pollution de l'air est un type de pollution défini par une altération de la pureté de l'air, par une ou plusieurs substances ou particules présentes à des concentrations et durant des temps suffisants pour créer un effet toxique ou écotoxique. On considère comme polluant toute substance ajoutée au milieu en concentration suffisante pour produire un effet mesurable sur :

- L'homme,
- Les animaux,
- La végétation
- Les matériaux de construction.

Les polluants atmosphériques comprennent donc toutes les substances naturelles ou artificielles susceptibles d'être aéroportées: il s'agira de gaz, de particules solides, de gouttelettes liquides ou de différents mélanges de ces formes

Selon leur origine, on peut considérer deux classes de polluants:

- Les polluants primaires sont les différents polluants introduits dans l'atmosphère directement ou comme conséquence de la modification des émissions naturelles de la biosphère.
- Les polluants secondaires sont produits dans l'atmosphère par l'interaction entre différents polluants primaires ou réaction entre polluants et constituants normaux de l'atmosphère, avec ou sans activation photochimique.

II.3.Les différents types de polluants :

II.3.1.Les polluants gazeux

Quatre gaz sont les principaux responsables de la pollution atmosphérique :

a-Dioxyde de soufre (SO₂)

, le dioxyde de soufre SO₂ est un gaz

- ✓ Incolore
- ✓ Plus lourd que l'air,
- ✓ Inflammable,

- ✓ Soluble dans l'eau
- ✓ odeur piquante.

Il provient de la combustion des combustibles fossiles (charbons, fiouls) au cours de laquelle les impuretés soufrées sont oxydées par l'oxygène de l'air en SO₂. Ce polluant est émis par

- Des sources mobiles
- Des procédés industriels (fabrication de l'acide sulfurique et des plastiques,
- Raffinage du pétrole,
- Grillage et frittage de minerais sulfureux tels que blende, galène, pyrites, etc.).

On peut considérer que la production thermique est le principal responsable des émissions de dioxyde de soufre dans l'atmosphère.

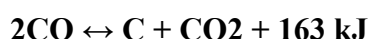
- La combustion d'une tonne de fuel lourd de qualité moyenne est à l'origine d'une émission d'environ 50 kg de dioxyde de soufre.

b-Monoxyde de carbone (CO)

A la température ambiante, le monoxyde de carbone (CO) est un gaz

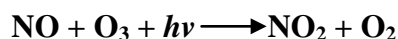
- incolore,
- inodore et
- sans goût.
- très peu soluble dans l'eau.
- Son poids moléculaire est de 28,01g. Sa densité par rapport à l'air est 0,97.
- La molécule de CO est stable au-dessus de 1000°C.

En dessous de cette température, elle peut se décomposer selon l'équilibre réversible de la réaction



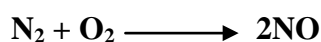
c-Oxydes d'azote

- ➡ Le NO est un gaz incolore, légèrement soluble dans l'eau
- ➡ Dans l'atmosphère, en présence de photons de lumière $h\nu$, le NO se combine rapidement avec l'ozone pour former le NO₂ suivant la réaction :



- ➡ La principale source de NO est l'azote moléculaire de l'air, utilisé comme comburant alimentant le moteur.

La formation de NO dépend très fortement de la température et du degré d'avancement de la réaction suivante :



d-Ozone (O₃)

L'ozone est une molécule d'oxygène hautement réactive contenant trois atomes d'oxygène. C'est un gaz

- Bleu pâle,
- Peu soluble dans l'eau,
- Instable,
- Odeur douceâtre.

L'ozone est l'indicateur majeur de la pollution photochimique qui se forme dans l'air sous l'effet du rayonnement solaire à partir des composés organiques volatils, des oxydes d'azote et de monoxyde de carbone émis par les rejets d'effluents industriels et automobiles.

e-Les composés organiques

1-Les composés organiques volatiles (COV)

Les grandes familles de composés organiques volatiles:

- les alcanes (saturés, abondants, par exemple propane)
- les alcènes (liaison doubles, très réactifs)
- les diènes et les terpènes (multiples doubles liaisons)
- les aromatiques mono ou polycycliques (assez abondants, par exemple, benzène, toluène ...)
- les composés oxygénés (aldéhydes, cétones, esters, alcool ...).
- les aromatiques mono ou polycycliques (assez abondants et réactifs, par exemple benzène).

2- Les Produits Organiques Persistants (POP)

Il existe douze composés organiques toxiques à basse concentration. Ce sont des résidus industriels souvent toxiques, mutagènes et cancérogènes, qui interfèrent avec notre système hormonal et sexuel. La liste la plus communément admise est la suivante :

- Trichloroéthylène (TRI),
- Trichloroéthane (TCE),
- Tetrachloroéthylène (PER),
- Dioxines et furanes (Diox),
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- Polychlorobiphényles (PCB)
- Hexachlorobenzène (HCB).

Ils sont semi-volatiles et circulent plus ou moins bien dans l'air, en fonction de la température de celui-ci :

Dans les endroits froids, leur volatilité est réduite et ils se concentrent donc dans les régions tempérées et polaires

II.3.2 Les polluants particuliers

Ce sont des polluants chimiques comme les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).

Le terme "particules" est une expression générique qui désigne des polluants dont les propriétés physico-chimiques sont différentes. Ce terme se rapporte, en quelque sorte, à la "taille" des polluants plus qu'à leur nature.

Les poussières sont des particules solides inférieures à 75 µm (microns) ce sont essentiellement

➡ Des cendres,

➡ Des stériles

➡ Des imbrûlés.

1-Les particules

Les particules regroupent également une variété importante de substances.

Le terme de particules désigne en général la fraction des composants (liquides ou solides) en suspension dans le milieu gazeux.

Les particules sont classées en fonction de leur granulométrie:

➤ -Particules en suspension (TSP) : masse totale de particules.

-**PM10** : masse des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 10 µm.

-**PM2.5** : masse des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 2.5 µm.

-**PM1.0** : masse des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 1 µm.

-**Ultrafines** : particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 0.1 µm.

-**Nanoparticules** : particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 0.05 ou 0.03 µm.

2-Les métaux lourds : Les métaux sont des minéraux. Les métaux "lourds" sont ainsi qualifiés du fait de leur densité élevée. Les principaux métaux lourds sont

➡ **Mercure**: est le seul métal liquide à température ambiante. IL se combine très aisément

avec d'autres composés et a une volatilité importante.

➡ **Plomb**: une source importante des émissions de plomb dans l'atmosphère

➡ **Cadmium**: il provient surtout de l'incinération des déchets, ainsi que de procédés industriels (métallurgie..).

Les métaux lourds sont dangereux pour l'environnement car ils ne sont pas dégradables. Ils peuvent être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus.

3-Les Chlorofluorocarbones :

Les chlorofluorocarbones ou les CFCs (également connus sous le nom de Fréons) sont non toxiques, ininflammables et non-cancérogènes. Ils contiennent des atomes de fluor, des atomes de carbone et des atomes de chlore. Les cinq CFCs principaux incluent le:

- ➡ CFC-11(trichlorofluorométhane - CFCl_3)
- ➡ CFC-12(dichlorodifluorométhane - CF_2Cl_2)
- ➡ CFC-113 (trichlorotrifluoroéthane - $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$)
- ➡ CFC-114(dichlorotétrafluoroéthane - $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$)
- ➡ CFC-11(chloropentafluoroéthane - $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$).

Les principaux polluants de l'air avec leurs caractéristiques sont représentés dans le tableau suivant

Tableau II 1 - Composition moléculaire et caractéristiques des principaux polluants de l'air

Polluants	Composition	Caractéristiques
Anhydride sulfureux	SO_2	Incolore, gaz lourd, soluble dans l'eau avec une odeur irritante.
Oxydes d'azotes	NOX	Gaz brun rougeâtre légèrement soluble dans l'eau.
Oxydes de carbone	CO	Incolore, gaz inodore toxique, légèrement soluble dans l'eau.
Les composés organiques volatiles	COV	Ces composés parfois dotés d'un fort caractère odorant. Sont représentés par de nombreux composés : le butane, propane, acétylène, isoprène, benzène, le toluène, le méthanol, éthanol et les éthers.
Ozone	O_3	O_3 Gaz bleu pâle, soluble dans l'eau, instable, odeur douceâtre.
Particules	Particules	Variable Particules solides ou gouttelettes liquides incluant vapeurs, fumées, poussières et aérosols.

Hydrocarbures	Variable	Nombreux composés hydrogène et de carbone.
Hydrogène sulfureux	H ₂ S	Gaz incolore avec une odeur repoussante « d'œufs pourris », légèrement soluble dans l'eau.
Fluore	Variable	Irritants, incolore, gaz solubles dans l'eau.
Oxyde nitrique	NO	Gaz incolore, légèrement soluble dans l'eau.
Plomb	Pb	Métallique, peut exister dans les composés chimiques variés avec différentes caractéristiques.
Mercure	Hg	Métallique, peut exister dans les composés chimiques variés (différentes caractéristiques)

II.4. Les différentes échelles de la pollution atmosphérique

Bien que la concentration des polluants soit très faible dans l'atmosphère, ces substances ont des conséquences préjudiciables sur la santé humaine, l'environnement, les biens matériels

II.4.1. Pollution de proximité et à l'échelle locale

Elle concerne les sources d'émission de gaz ou d'autres substances indésirables le plus souvent produites en milieu urbain (industries, chauffage, trafic...). Elle affecte :

- La santé des populations par son action directe à court terme mais exerce aussi une toxicité à plus long terme pour certaines pathologies.
- Elle peut également procurer un gêne olfactif important et participer à la dégradation du patrimoine bâti (corrosion, salissure).

Les polluants atmosphériques pénètrent dans l'organisme par 3 voies possibles :

- ➡ les voies respiratoires : (irritation des muqueuses des voies aériennes et augmentation de certaines pathologies comme l'asthme, bronchiolites, allergies...)
- ➡ la voie digestive : par ingestion d'aliments contaminés (Dioxines dans le lait de vaches, pesticides, métaux lourds).
- ➡ les voies cutanées : concerne quelques toxiques (ex :insecticides)

II.4.2 Pollution à l'échelle régionale

Elle concerne les zones situées à quelques dizaines de kilomètres

Elle regroupe les deux phénomènes de pollution qui sont :

a-L'eutrophisation :

-L'eutrophisation est due à un apport excessif en nutriments et matières organiques biodégradables issus de l'activité humaine.

- Les bactéries, qui dégradent cette matière organique, prolifèrent à leur tour, en appauvrissant de plus en plus l'oxygène de l'eau

b-Les pluies acides :

Les pluies acides sont un terme utilisé pour décrire toute forme de précipitation acide (pluies, neige, grêles, brouillard).

Le dioxyde de soufre et les dioxydes d'azote sont les principales causes de pluies acides.

II.5 Effets sur l'environnement au niveau planétaire :

II.5.1 Effet de serre et changement climatique

L'augmentation de l'effet de serre qui constitue un processus naturel à la vie terrestre (piégeage par l'atmosphère du rayonnement de chaleur émis par la terre sous l'effet des rayons solaires)

Sans ce phénomène, la température de l'air serait inférieure de 30°C à la valeur moyenne actuelle qui est de 15°C sur notre planète.

Le groupe de gaz responsables de ce phénomène

- ➡ la vapeur d'eau,
- ➡ le gaz carbonique (CO₂),
- ➡ le méthane(CH₄) et
- ➡ le protoxyde d'azote (N₂O).

II.5.2 Le trou dans la couche d'ozone :

La couche d'ozone localisée dans la stratosphère filtre à l'extérieur, les rayonnements dans la partie ultra-violet (UV) du spectre qui est préjudiciable aux cellules.

Sans ozone, la vie sur terre ne serait pas ce qu'elle est aujourd'hui.

Bien que les phénomènes naturels puissent causer la perte provisoire de l'ozone, le chlore et le brome libérés des composés synthétiques tels que les CFCs sont maintenant considérés comme cause principale de cet amincissement

II.6.Pollution d'origine naturelle

Il y a beaucoup de sources naturelles de pollution qui sont souvent beaucoup plus grandes que leurs équivalents synthétiques, à savoir :

- Les sources normales de **dioxyde de soufre** incluent les dégagements des volcans, de la décomposition biologique et les feux de forêts.
- Les sources naturelles d'**oxydes d'azote** incluent les volcans, les océans, la décomposition biologique et les éclairs.
- Les sources naturelles de **particules en suspension** incluent
 - ✓ les feux de forêts ou autres type de végétation,
 - ✓ de cendres volcaniques,
 - ✓ d'embruns marins, de l'érosion des sols
 - ✓ de sources végétales ou animales sous forme de débris ou de micro-organisme,
 - ✓ les incendies
- ➡ Les embruns marins produisent des particules fines de sel marin sont composées de :
 - ✓ chlorure de sodium(NaCl)
 - ✓ magnésium (Mg)
 - ✓ sulfate (SO₄)
- ➡ Les micro-organismes participent par l'émission de
 - ✓ pollens,
 - ✓ algues unicellulaires
 - ✓ spores de champignons,
 - ✓ bactéries ou encore
 - ✓ débris de plantes ou d'insectes

II.7.Pollution d'origine anthropique :

La quasi totalité des activités humaines est une source de pollution de l'air, qui apparaît essentiellement sous deux formes de substances polluantes :

- Gazeuse : présence de gaz nouveaux ou augmentation de la proportion d'un gaz Existant naturellement,
- Solide : mise en suspension de particules (poussière, fumées)

Les principales sources sont les installations de combustion et les procédés industriels tels que

- ➡ Extractions de minéraux,
- ➡ Cimenterie,
- ➡ Aciérie,
- ➡ Fonderie,
- ➡ Verrerie,
- ➡ Plâtrière,
- ➡ Chimie fine, etc.

