

CHAPITRE II

Dispersion et circulation des substances polluantes

Introduction

Les substances rejetées dans la biosphère (ex: l'ensemble de fumée d'une cheminée d'usine ou à l'émissaire d'égout déversant ses effluents dans la mer) ne restent pas toujours sur place. Dans la majeure partie des cas, elles sont transportées des sources de rejet par des courants atmosphériques et hydro-sphériques. Des organismes interviennent également dans la dispersion des polluants.

Les mouvements atmosphériques jouent un rôle fondamental dans la dispersion des polluants et leur répartition dans les divers biotopes.

1. Propriétés physico-chimiques des molécules qui déterminent la dispersion des polluants:

➤ La solubilité d'un composé dans l'eau est exprimée en mg/L à 20°C. Les composés de solubilité plus élevée sont normalement plus facilement lixiviables dans les eaux souterraines.

➤ La pression de vapeur est la pression à laquelle un liquide et sa vapeur sont en équilibre à une température donnée. Plus la pression de vapeur d'un liquide est élevée plus ce liquide s'évapore rapidement

➤ La rémanence désigne l'aptitude d'un polluant à demeurer dans le milieu

➤ le temps de demi vie (DT50) temps nécessaire à l'élimination de 50% du polluant.

➤ Coefficient de partage octanol-eau: rapport de la concentration de polluant dans la phase octanol et dans l'eau.

$$Kow = \frac{[poll]_{\text{octanol}}}{[poll]_{\text{eau}}}$$

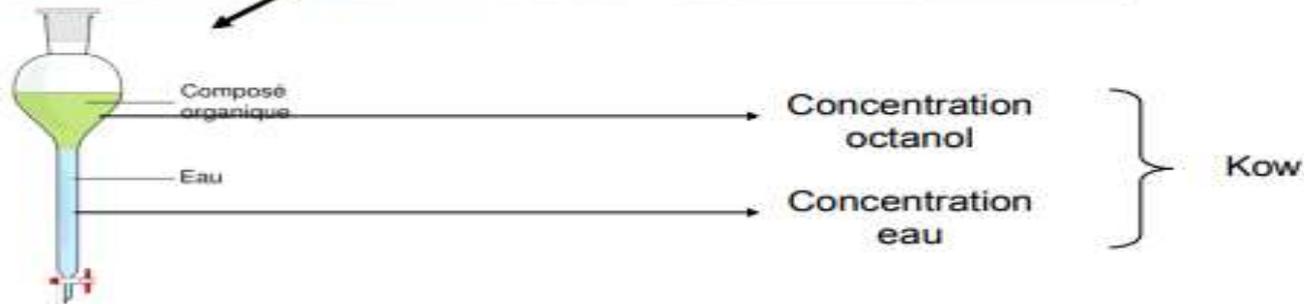
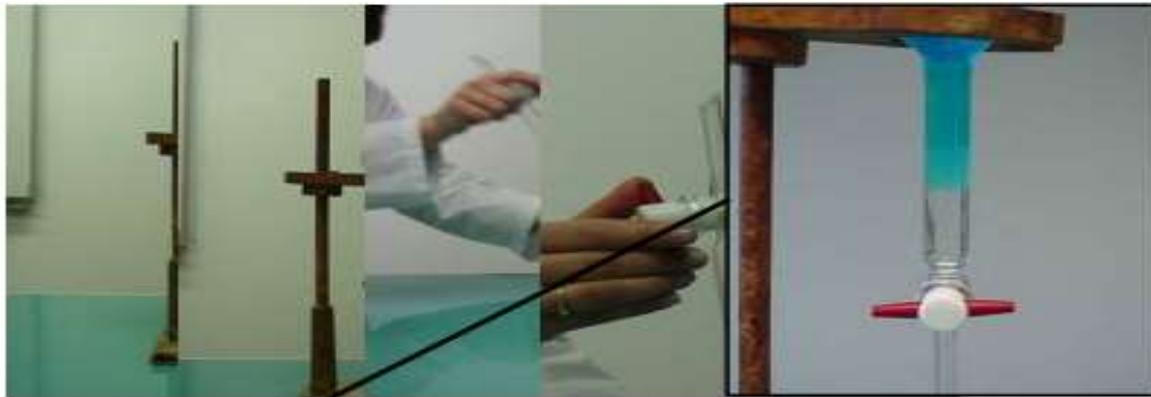
Généralement exprimé en log :

$$Kow = 10^6 \rightarrow \log Kow = 6$$



Le Kow rend compte de la tendance d'une molécule à s'accumuler dans les membranes biologiques (substances lipophiles) des organismes vivants (bioaccumulation).

Comment détermine t' on le Kow ?



2. Durée de vie des substances polluantes:

Elle dépend de la nature du polluant. Certains ne vivent que quelques secondes, comme le monoxyde d'azote NO, ils n'ont donc pas le temps de voyager. Leur impact est très local. D'autres peuvent être actifs plusieurs siècles, ils ont donc le temps de voyager très loin puisqu'il leur suffit de 2 à 3 ans pour atteindre la stratosphère à environ 15 km d'altitude.

3. Processus biogéochimiques:

3.1. Circulation atmosphérique des polluants:

La circulation atmosphérique joue un rôle fondamental dans la dispersion des polluants ; toutes les substances sont susceptibles de passer dans l'atmosphère. Que se soit les gaz, les solides sous forme de poussières, et les liquides sous forme de vapeur (eau, aérosol...). Les couches troposphériques jouent un rôle important dans cette circulation qui se fait soit verticalement, soit horizontalement.

NB. L'atmosphère terrestre correspond à la couche d'air qui entoure la Terre.

On estime qu'elle a une épaisseur d'environ 500 km.

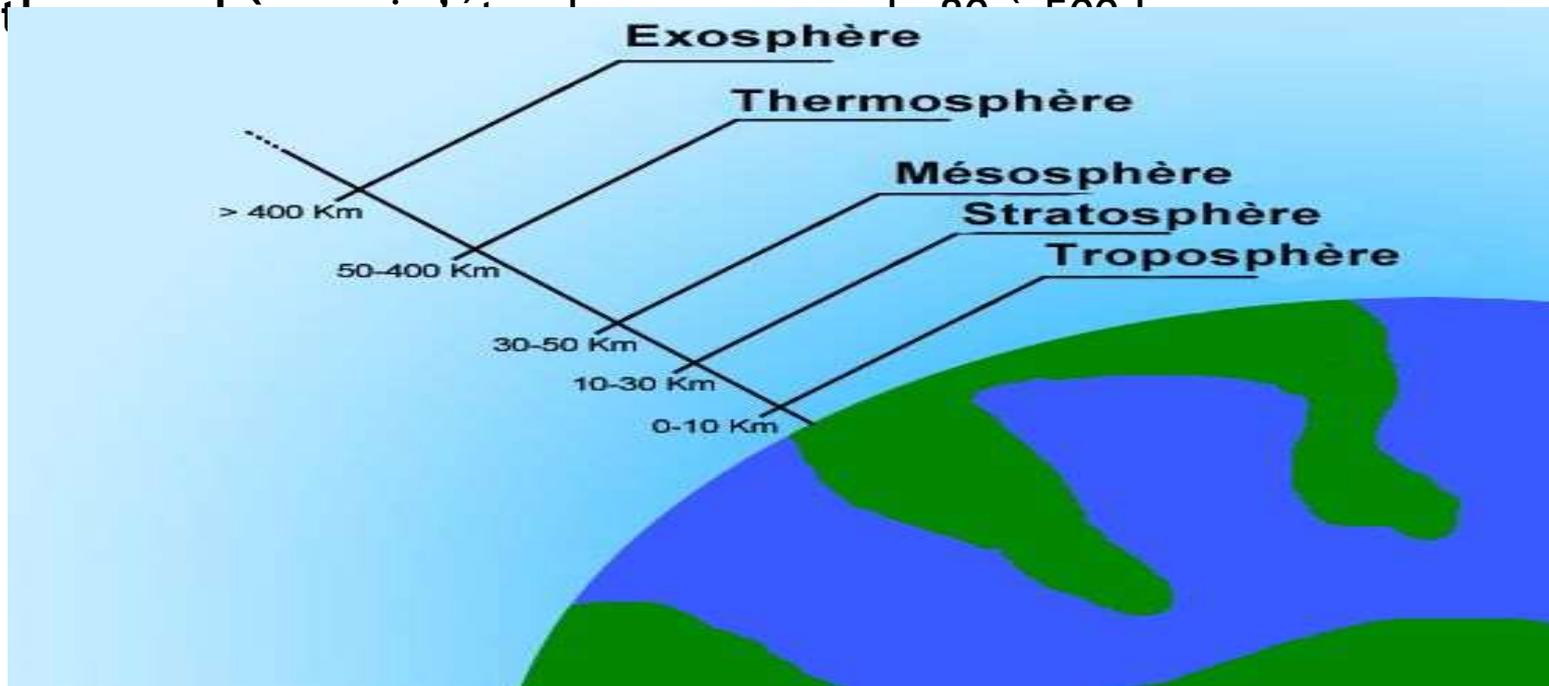
On distingue plusieurs couches :

La **troposphère** de 0 à (en moyenne) 12 km d'altitude. La température y diminue avec l'altitude. C'est dans cette couche que se déroulent les principaux phénomènes météorologiques. La troposphère concentre 90% de l'air contenue dans l'atmosphère.

La **stratosphère** s'étend en moyenne de 12 à 50 km d'altitude. La température y augmente régulièrement.

La **mésosphère** s'étend en moyenne de 50 à 80 km d'altitude. La température y augmente régulièrement.

La **thermosphère** s'étend en moyenne de 80 à 500 km d'altitude.



a) Circulation horizontale

Elle dépend des régimes du vent. En Europe occidentale par exemple, les vents des secteurs Ouest entraînent les polluants vers l'Est. Ainsi, les régions fortement industrialisées envoient les oxydes de soufre à d'autres régions acidifiant leurs lacs.

En Afrique de l'Ouest, les alizés du Nord-est ou alizé continental qui provient essentiellement du Sahara, recouvre entre Décembre et février les régions méridionale d'une épaisse couche de poussière riche en organismes pathogènes.

b) Circulation verticale

En cas d'instabilité atmosphérique, l'air chaud s'élève parfois même à plus de 18Km au niveau des cellules de Hadley. Ces courants ascendants entraînent les polluants en altitude.

La combinaison des mouvements ascendants et horizontaux favorise un mélange ou échange de polluants entre les 2 hémisphères.

➤ La dispersion horizontale est lente au niveau de la stratosphère ou les vents ont une vitesse plus faible (1cm/s de sorte qu'un polluant déposé à ce niveau y séjourne longtemps.

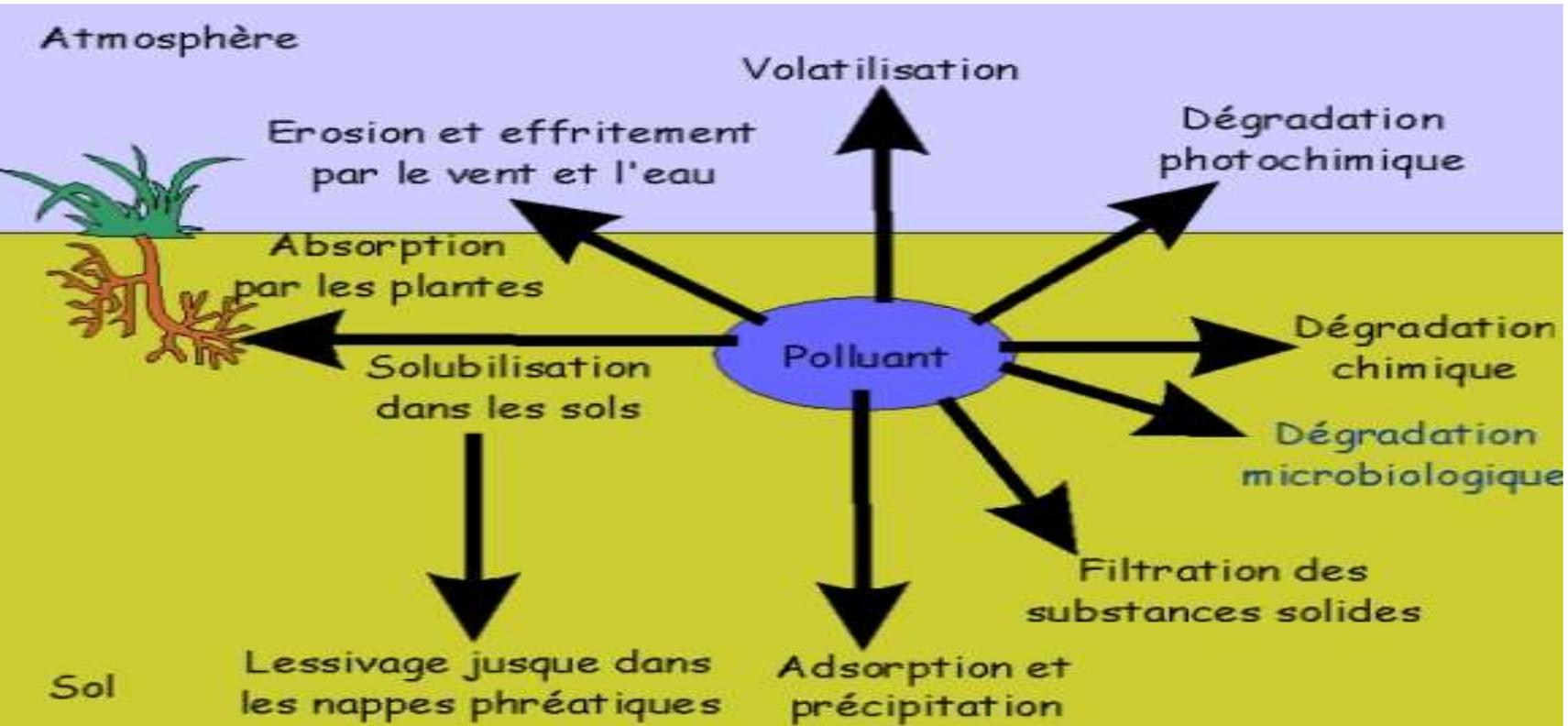
➤ Notons cependant que les polluants ne restent pas indéfiniment dans l'atmosphère, ils sont ramené au sol par la gravité, les précipitations ou transformés en d'autres substances .

3.2. Transfert des substances polluantes dans le sol:

Contrairement aux pollutions lithosphériques qui se caractérisent par des déversements très localisés, les pollutions peuvent être diffuses concernent des déversements de polluants sur des surfaces importantes.

Divers polluants organiques sont particulièrement impliqués dans les pollutions diffuses des sols, qu'elles viennent des industries (production d'énergie, industries chimiques, métallurgie, etc.), d'activités de service (transports, traitement des déchets, etc.) ou de l'agriculture (pesticides, produits phytosanitaires, médicaments et antibiotiques, etc.).

Quelques substances minérales sont également impliquées dans la pollution diffuse des sols (ex: l'Aluminium, le Plomb, le mercure, le Zinc, le Chrome,...).



Le devenir des polluants organiques dans les sols

Le devenir des polluants organiques dans les sols dépend essentiellement de deux processus fondamentaux qui vont conditionner, à la fois, leur caractère polluant et leur manifestation. Ces deux processus sont **la rétention**, d'une part, et **la persistance**, d'autre part.

➤ **La rétention** est un processus complexe impliquant un ensemble d'interrelations avec les phases organiques et minérales du sol aussi bien solides, liquides que gazeuses.

La rétention s'oppose à **la migration**, c'est-à-dire à tout mouvement de transport du polluant horizontalement comme verticalement (ruissellement, érosion, percolation, évaporation, etc.). La rétention va dépendre des capacités du polluant à entretenir des relations fortes avec d'autres particules ou molécules, voire avec des microorganismes du sol (absorption, adsorption, dégradation, métabolisme, précipitation, volatilisation, ingestion, phagocytose, transport, immobilisation, etc.).

➤ **La persistance** est davantage un processus qui s'oppose à la dissipation du produit, que celle-ci soit de nature physicochimique ou biologique. En d'autres termes, la persistance est pro parte le contraire de la dégradation. Celle-ci s'opère en provoquant la modification de la molécule initiale avec apparition de métabolites. Par exemple, il peut y avoir transformation du carbone organique en dioxyde de carbone: on parlera de minéralisation.

Dans la réalité complexe des métabolismes et des réactions chimiques, on trouvera ou on décrira des réactions purement physicochimiques d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse, de décarbonatation, de déshydrogénation, etc. et d'autres davantage biochimiques et faisant intervenir des réactions enzymatiques ou des organismes vivants comme des respirations, des fermentations, etc.

3.3. Les mouvements de l'hydrosphère:

Les mouvements océaniques:

Les masses d'eau se divisent en 2 groupes: les eaux de surfaces et de profondeurs.

L'eau de surface se déplace à 10 m/s tandis que l'eau profonde est plus lente ($v = 1$ mm/s). Les mouvements océaniques sont plus lent que les mouvements atmosphérique. ces mouvements participent à la dispersion de polluants:

a) Les courants océaniques de surface:

Ils sont liés à la circulation atmosphérique, les vents entraînent la surface de l'eau.

b) Les courants océaniques profonds:

Les différences de températures et de salinité de l'eau provoquent des mouvements verticaux mais également l'apparition de courants profonds.

Les eaux froides polaires plongent au fond car elles sont plus froides et plus salées donc plus lourdes.

L'eau froide, plus dense s'enfonce de même que l'eau plus salée.

Les déplacements verticaux des masses d'eau ont donc pour origine des différences de température et de salinité engendrant des différences de densité.

Les courants de surface sont induits quant à eux par les vents (donc couplés aux mouvements atmosphériques.)

**Les températures de l'air et de l'eau étant dépendante de l'énergie solaire reçue, on peut alors dire que les mouvements atmosphériques (rapides) et hydrosphériques (plus lents) ont pour origine l'inégale répartition de l'énergie solaire sur Terre.

4. Transfert des polluants dans la biomasse et contamination des réseaux trophiques:

La contamination des divers écosystèmes continentaux et marins par les agents polluants va se traduire par leur transfert sur les êtres vivants.

Ici intervient une notion importante, celle de **dégradabilité**. Un grand nombre de substances dispersées dans l'environnement sont instables. L'action des facteurs physico-chimiques les décomposera très vite en dérivés peu ou pas toxiques. Dans bien des cas, les micro-organismes – bactéries édaphiques ou aquatiques – joueront un rôle actif dans cette décomposition : on dit alors que la substance est biodégradable.

Malheureusement, si de nombreuses substances organiques et même minérales peuvent être converties par le jeu des facteurs biogéochimiques en des formes de toxicité atténuée, voire nulle, il existe toutefois toute une série de polluants qui sont peu ou pas biodégradables : les composés organochlorés, la plupart des matières plastiques, les diverses formes de métaux ...des toxiques en sont quelques exemples.

Ces éléments non biodégradables vont alors contaminer les communautés végétales puis animales, c'est-à-dire l'ensemble des réseaux trophiques (différents niveaux de la chaîne alimentaire) de chaque biocénose.

L'étude systématique de la contamination d'animaux terrestres ou marins a révélé l'étendue de la pollution de la biosphère par des polluants non biodégradables, en particulier par les composés organohalogénés (insecticides, tel le DDT) ou les polychlorobiphényles, substances apparentées au DDT. L'accumulation de ces mêmes substances a été la cause d'une importante régression de quelques populations de Mammifères.

5. Concentration par les êtres vivants : notion de bioconcentration et de bioaccumulation

La dernière phase de la circulation d'un polluant dans la biosphère est constituée par la contamination des êtres vivants et, parfois, par la bioaccumulation dans l'organisme de ces derniers.

On désigne par le terme de **bioconcentration** l'accroissement direct de concentration d'un polluant. De nombreux êtres vivants peuvent accumuler dans leurs tissus et supporter sans danger des substances diverses à des doses supérieures à celles du milieu ; ces substances peuvent être des substances naturelles, des substances organiques de synthèse, des métaux lourds, des radionucléides

Exemple

Des algues brunes et autres peuvent concentrer dans leurs tissus de l'iode à des doses supérieures à celles de l'eau de mer. L'exploitation de l'iode a pendant longtemps été faite à partir des algues.

La concentration en polluant est très importante chez divers êtres vivants (les lichens, les fruits de mers, les escargots, les paramécies,... et d'autres) ce qui fait d'eux des bio-indicateurs. Une analyse des polluants dans ce genre d'organismes témoigne du niveau de pollution du milieu.

La bioaccumulation c'est une accumulation des substances à travers la chaîne alimentaire.

Les substances peuvent être absorbées par les êtres vivants. Comme elles sont peu ou pas biodégradables, les doses absorbées restent intactes et augmentent d'un niveau trophique à une autre. On a alors une pyramide de concentration inverse à celle des biomasses.

L'homme étant le super-prédateur, il est au sommet de la chaîne alimentaire et accumule dans son organisme, ses propres polluants en quantités. La bioaccumulation est responsable de beaucoup de cancers.

Par le jeu de des chaînes alimentaire et des courants atmosphériques et hydrosphériques, les polluants vont s'étendre à toute la biosphère.

En fait, on peut observer trois cas de figure caractérisant la circulation d'un polluant dans la communauté propre à un biotope contaminé. **Le premier**, heureusement le plus fréquent, se traduit par une diminution de la concentration du contaminant au fur et à mesure que l'on s'élève dans le réseau trophique. Il concerne essentiellement les substances toxiques biodégradables (polluants organiques de synthèse) ainsi que les produits pour lesquels la barrière intestinale fait obstacle à la pénétration dans les organismes vivants. **Le deuxième** cas est marqué par un simple transfert du contaminant (cas des polluants toxiques mais nécessaires pour l'organisme, **le troisième**, heureusement relativement rare, rapporté à l'ensemble des polluants persistants est marqué par une bioamplification dans les échelons supérieurs des chaînes trophiques.