



La diversité des polluants atmosphériques

“ Un polluant atmosphérique est défini comme n'importe quelle substance qui est présente dans l'air en concentration suffisante pour produire un effet néfaste mesurable sur les êtres vivants ou les matériaux. ”

Particules

D'origines humaines ou naturelles

« Primaires »

Désigne toutes particules directement émises dans l'atmosphère sans aucunes altérations physico-chimiques

« Secondaires »

Désigne toutes particules s'étant formées dans l'atmosphère suite à des réactions physico-chimiques

PM₁₀

Désigne toutes les particules de moins de 10 microns de diamètre. Celles-ci sont maintenues au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures.

PM_{2,5}

Désigne toutes les particules de moins de 2,5 microns de diamètre. Elles peuvent pénétrer profondément dans les voies respiratoires jusqu'aux alvéoles et passer dans la circulation sanguine.

Dioxyde de soufre (SO₂) (fig.1)

Origines : Combustible soufré, production d'acide sulfurique et de papier, volcans ...

Conséquences : Problèmes respiratoires, irritation, acidification des milieux ...

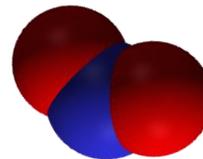


Fig2. molécule de NO₂

Les oxydes d'azotes (NOx) (fig.2 et fig3.)

Origines : Processus de combustion (moteurs, centrales électriques, ...), volcans, éclairs ...

Conséquences : Problèmes respiratoires, acidification des milieux, eutrophisation ...

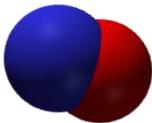


Fig3. molécule de NO

Les métaux lourds (Pb, Cd, Hg, ...)

Origines : Feux de forêts, essence plombée, érosion ...

Conséquences : Dommages neurologiques, lésions rénales, maladies cardiovasculaires, malformations congénitales, cancers ...

Arsenic 33 As [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ 74,921595	Cadmium 48 Cd [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 112,414 (4)
Mercur 80 Hg [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 200,592 (3)	Plomb 82 Pb [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 207,2 (1)

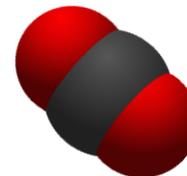


Fig4. molécule de CO₂

Dioxyde de carbone (CO₂) (fig.4)

Origines : Humaines (industrie, centrale électrique, transport, ...) et naturelles (volcans, ...)

Conséquences : réchauffement climatique (représente près de 26% des gaz à effet de serre), acidification des océans ...



La diversité des polluants atmosphériques

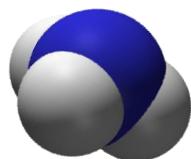


Fig5. molécule de NH₃

Ammoniac (NH₃) (fig.5)

Origines : Provient majoritairement des activités agricoles

Conséquences : Irritation, eutrophisation (fig.6) et acidification des milieux (fig.7) ...



Fig8. molécule de O₃

Ozone (O₃) (fig.8)

Origines : Réactions chimiques de certains polluants (Nox, COV, ...) en présence de la lumière du soleil.

Conséquence : Problèmes respiratoires, entrave la photosynthèse et réduit le rendement des cultures, l'oxydation de matériaux, ...

Les composés organiques volatils (COV)

Origines : Substances s'évaporant facilement dans des conditions normales de température et de pression (benzène, l'acétone, ...)

Conséquences : Problèmes respiratoires, appauvrissement de la couche d'ozone (chlorofluorocarbures), effet de serre ...



Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Origines : Combustions incomplètes, agents de nettoyage ...

Conséquences : Problèmes respiratoires, nuisance olfactive ...



Fig7. Une forêt dévastée par les pluies acides

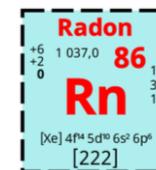


Fig6. La croissance des plantes et des algues dans la rivière jouxtant le champ cultivé est accrue

Radon (Rn)

Origines : Désintégration nucléaire de l'uranium et du thorium présents dans les sols et les roches, et donc dans l'eau également.

Conséquences : Principale source d'exposition naturelle des populations humaines aux rayonnements ionisants (émission de particules alpha). Il peut notamment causer le cancer du poumon



Quelques valeurs à ne pas dépasser selon l'OMS :

CO | 4 mg/m³
NO₂ | 10 µg/m³



Adsorption des polluants

L'adsorption est un processus par lequel les polluants sont piégés à la **surface** d'un matériau solide ou liquide, permettant de les éliminer d'un flux de gaz.

Le charbon actif (fig9.)

Le charbon actif, un matériau poreux issu de la **calcination de matière organique végétale**, est le plus utilisé. Il possède des propriétés adsorbantes élevées grâce à sa surface d'échanges élevée, pouvant atteindre **jusqu'à 2500m² pour un gramme de matériau activé**.

Différents types de charbon actif sont disponibles, chacun ayant des propriétés uniques en termes de **surface** d'adsorption, de **tailles** de pores et de **coût**.



Le charbon actif à base de bois (chêne, hêtre, érable) est produit en chauffant du bois à haute température. Les pores sont plutôt grands (**macropores**).



Le charbon actif à base de coques de noix de coco est fabriqué à partir des coques chauffées à haute température. Les pores sont plutôt petits (**micropores**).



Le charbon actif à base de tourbe est produit en chauffant la tourbe à haute température. Les pores de ce type de charbon actif sont de **taille moyenne**.



Fig9. Charbon actif



Fig10. L'une des plus grandes usines de réactivation de charbon actif, située à Feluy (Belgique).

Régénération du matériau adsorbant

Le matériau adsorbant peut être **régénéré** une fois saturé. Plusieurs méthodes existent :

- **La désorption thermique** : chauffage à haute température (dans le cas de polluants non volatils). (fig10.)
- **La désorption par vapeur** : utilisation de vapeurs, particulièrement utile pour les polluants volatils.
- **La désorption par solvant** : traitement du charbon actif avec un solvant.

Applications de l'adsorption

L'adsorption est utilisée dans diverses applications, notamment la purification de l'air intérieur, le contrôle des émissions automobiles, le contrôle des processus industriels et le traitement des gaz résiduels.

"Adsorption." *Techniques de l'Ingénieur*, <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-operations-unitaires-genie-de-la-reaction-chimique-tiajb/archive-1/adsorption-j2730/>. Accessed 23 Feb. 2023.

Chemistry (IUPAC), The International Union of Pure and Applied. *IUPAC - Adsorption (A00155)*. <https://doi.org/10.1351/goldbook.A00155>. Accessed 23 Feb. 2023.



Absorption des polluants

Transfert de polluants d'une phase gazeuse vers une phase liquide. Le processus peut être une simple absorption physique basée sur la solubilité du composé dans la phase liquide mais il est possible également d'utiliser des réactifs chimiques qui **fixent ou détruisent le polluant.** (fig.11 et fig.12)

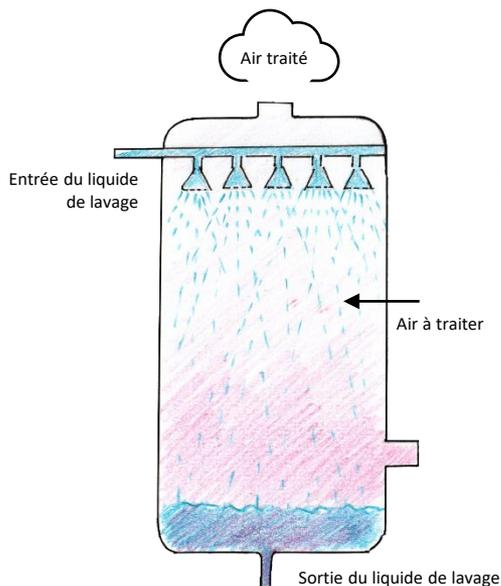


Fig11. Schéma d'une colonne à pulvérisation (contre-courant)

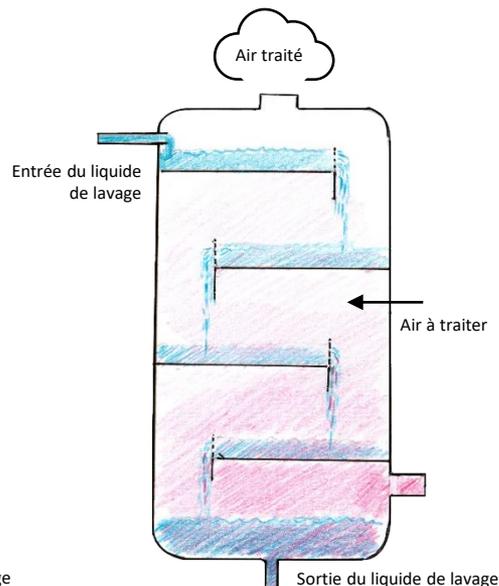


Fig12. Schéma d'une colonne à plateaux (contre-courant)

Pour améliorer l'efficacité de l'opération, on peut modifier les paramètres régissant la diffusion, tels que **la température, la surface de contact gaz/liquide ou le temps de contact.**

Principaux liquides de lavage

Aqueux

- Eau
- + Acide (H₂SO₄, HCl, ...)
- + Base (NaOH, KOH, ...)
- + Réactifs oxydants (H₂O₂, ...)
- + Réactifs réducteurs (NaHSO₃, ...)

Organiques

- Hydrocarbures saturés
- Ethanolamines
- ...

Propriété du liquide de lavage	Faible	Fort
Solubilité du polluant		
Toxicité		
Stabilité chimique		
Inflammabilité		
Coût		

Tableau1. Propriétés recherchées pour un liquide de lavage

On peut par exemple, avec un liquide de lavage acide, transformer et éliminer l'ammoniac de l'air sous la forme d'un sel non volatil. Entre autres avec de l'acide sulfurique selon la réaction suivante :



L'absorption : " Processus par lequel un matériau (absorbé) est retenu par un autre (absorbant). "