

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila
Institut des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Vie et de la Nature (SNV)
Matière: Pollution de l'environnement

3^{ème} Année Licence, Spécialité Ecologie et Environnement LMD

Le cours vise à donner aux étudiants de 3^{ème} année Ecologie et Environnement ; une vision scientifique et multidisciplinaire des problèmes de pollution et de gestion de notre environnement (causes, conséquences). L'objectif du cours est d'initier les étudiants à une approche scientifiquement critique des problèmes de pollution et de l'environnement (de donner des solutions pour lutter contre la pollution).

Plan du cours

Introduction causes et types de pollutions.

Chapitre I : la pollution atmosphérique et ses effets

- 1- Nature et origine de la pollution atmosphérique
 - 1.1. Les polluants primaires Dioxyde de soufre
 - 1.2. Particules atmosphériques primaires
 - 1.3. Composés organiques volatils
 - 1.4. Métaux lourds
 - 1.5. Polluants organiques persistants
- 2- Les polluants secondaires
- 3- Les effets des différentes substances
 - 3.1. Au niveau local
 - 3.2. Au niveau global

Chapitre II : Pollution aquatique.

- 1- Pollution chimique : pluies acides, micropolluants, métaux toxiques.
- 2- Pollution biologique
- 3- Pollution thermique
- 4- Conséquences écologiques et effets écotoxicologiques de la pollution des eaux :
dégradation-biodégradation, bioaccumulation
- 5- Solutions à la pollution aquatique

Chapitre III : Pollution des sols

- 1- Pollution par les engrais chimiques et les pesticides
- 2- Pollution par les contaminants d'origine industrielle

Chapitre IV : Pollution par les déchets solides

- 1- Origine, nature et classification
- 2- Conséquences de l'accumulation et de la dispersion sur l'environnement

Chapitre V : Pollution nucléaire

- 1- Principaux types de radiations ionisantes
- 2- Radiosensibilité et doses létales
- 3- Effets de l'industrie nucléaire sur les êtres vivants et leur environnement.

Evaluation ———> Contrôle continu (Exposés + Micro-intero) et Examen final

Introduction

La pollution selon le dictionnaire français est une dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.). [Bien qu'elle puisse avoir une origine entièrement naturelle (éruption volcanique, par exemple), elle est principalement liée aux activités humaines.]

La pollution anthropique (liée à l'homme) n'est pas un phénomène récent. On peut faire remonter **ses origines aux débuts de la sédentarisation de l'homme**, il y a environ 10 000 ans : dès que les sociétés se sont organisées en villages puis en villes est apparu le problème de l'écoulement des eaux usées entre les maisons et celui de l'accumulation des déchets domestiques ;

les élevages animaux généraient des déjections, les poissonneries et les boucheries produisaient des déchets animaux, les ateliers (cuir, teinturerie, forgerons), au cœur des villes, étaient aussi à l'origine de pollutions diverses (odeurs, bruits, déchets)... Pendant longtemps,

le principal milieu affecté (quoique de façon localisée) a été l'eau, contaminée en particulier par des bactéries et des amibes pathogènes (en raison notamment de la présence de matières fécales). Mais l'utilisation du feu et du charbon de bois en milieu confiné provoquait également une pollution importante de l'air des maisons.

Qu'elles soient chimiques, physiques ou biologiques, les pollutions entraînent des modifications du milieu.

Suivant leurs natures, les pollutions affectent la physiologie et le comportement des organismes exposés ou les caractéristiques des biotopes et donc, la composition et la structure des populations.

Les principales causes de pollution

De nos jours, les principales causes de pollution de l'environnement proviennent en premier lieu de la production et de l'utilisation des diverses sources d'énergie, puis des activités industrielles et, de façon paradoxale mais néanmoins importante, de l'agriculture.

À chacune de ces causes fondamentales de pollution vont correspondre d'innombrables sources de dispersion des agents polluants. Ces dernières prennent place depuis l'amont (industries extractives) jusqu'à l'aval, c'est-à-dire jusqu'aux usages domestiques, lesquels peuvent jouer dans certains cas (matières organiques fermentescibles polluant les eaux par exemple). Ainsi, la consommation de substances chimiques commercialisées auprès du grand public intervient de façon non négligeable dans la contamination de l'environnement, sans oublier les masses considérables d'engrais et de pesticides dispersés dans l'espace rural par les activités agricoles.

Pollutions liées à la production et à l'utilisation d'énergie

La production et l'utilisation d'énergie viennent incontestablement au tout premier rang des causes de pollution de la biosphère.

Malgré les crises pétrolières de 1973 et de 1979, et celle larvée et chronique qui a émergé depuis 2004, la consommation globale d'énergie a continué de croître. La diminution épisodique de la consommation du pétrole ou, à tout le moins, le ralentissement de la croissance de son usage, observé depuis la fin des années 1970, a été compensé par l'augmentation de la consommation du charbon, du gaz naturel et aussi par le développement de l'électronucléaire. En 2005, la consommation mondiale d'énergie dépassait 10 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (tep). Sur ce total, le pétrole représentait près de 3,9 milliards de tonnes, le charbon 3 milliards de tep, le gaz naturel 2,5 milliards de tep, le reste étant assuré par l'hydroélectricité et le nucléaire.

Les différents types de pollution

- Pollution : Pollution vient du latin *pollutio* qui signifie « salissure », « souillure » . Une définition du terme pollution pourrait être un phénomène ou élément perturbateur d'un

équilibre établi. • Code Général des Collectivités Territoriales (Article L1424-2) – Les services d'incendie et de secours sont chargés de la prévention, de la protection et de la lutte contre les incendies. – Ils concourent, avec les autres services et professionnels concernés, à la protection et à la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes, à l'évaluation et à la prévention des risques technologiques ou naturels ainsi qu'aux secours d'urgence. – Dans le cadre de leurs compétences, ils exercent les missions suivantes :

- 1° La prévention et l'évaluation des risques de sécurité civile ;
- 2° La préparation des mesures de sauvegarde et l'organisation des moyens de secours ;
- 3° La protection des personnes, des biens et de l'environnement ;
- 4° Les secours d'urgence aux personnes victimes d'accidents, de sinistres ou de catastrophes ainsi que leur évacuation.

-Les différents types de pollution auxquels l'équipe intervention peut être confrontée :

– Air : • action des SP RCH limités à la détection (en particulier lors d'incendie important) • Laboratoire d'analyse de l'air (Atmo Auvergne)

– Sol : • Action des SP RCH limités (détection, rétention) • Moyens de travaux publics

– Eau : • Action des SP (« prélèvements », mise en œuvre de moyens de récupération, endiguements) • Information des services et partenaires

– Pollution fugace : • Pollution accidentelle : il s'agit d'un rejet ponctuel de produits polluants ayant des conséquences directs et immédiat sur le milieu souillé (faune, flore)

– Pollution chronique : • Pollution accidentelle : il s'agit d'émission répétée de produits polluants ayant des conséquences à plus ou moins long terme sur le milieu – Produits miscibles : • Le polluant est soluble dans l'eau • Les actions sont limitées (endiguement, obturation, reconnaissance, informations des services et partenaires, prélèvements et mesures)

– Produits non miscibles : • Le polluant n'est pas soluble dans l'eau

*soit le polluant est plus lourd que l'eau et les actions sont limitées (endiguement, obturation, reconnaissance, informations des services et partenaires, prélèvements et mesures).

*Soit le polluant est plus léger que l'eau : cas le plus souvent rencontré. Les SP auront en plus des mesures citées à récupérer le produit et à éviter tous risque d'incendie

Les différentes pollutions des eaux – Les cours d'eau – Les lacs et étangs – Les réseaux d'eau

• Quelques exemples types de pollution des eaux – Chimiques • Hydrocarbures,

(<https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/>).

I. Pollution atmosphérique

1. Nature et origine de la pollution atmosphérique



D'origine naturelle ou anthropique, les substances émises peuvent être de nature physique (radioactivité, énergie. . .), chimiques (gaz, particules, aérosols. . .) ou biologiques (pollens, acariens, moisissures. . .).

Cette première partie présente succinctement les sources de la pollution atmosphérique ayant directement ou indirectement un impact sur la santé et en se limitant aux rejets chimiques d'origine anthropique (hors gaz à effet de serre et hors semi-volatils comme les pesticides).

Ces pollutions sont dites « primaires » lorsqu'elles s'échappent directement des pots d'échappements, des cheminées ou des surfaces agricoles, etc.

Elles vont ensuite se disperser, se diluer, se transporter voire se transformer en d'autres composés dits « secondaires » comme l'ozone ou le nitrate d'ammonium.

1.1. Les polluants primaires Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre (**SO₂**), polluant primaire historique, est connu pour les smogs acides notamment de Londres dans les années 1950 avec des surmortalités journalières se comptant en milliers. Les rejets en SO₂ sont dus majoritairement à la combustion de combustibles fossiles soufrés (charbon, coke de pétrole, fioul lourd, fioul domestique, etc.).

Tous les secteurs utilisateurs de ces combustibles sont concernés (l'industrie, le résidentiel-tertiaire, les transports, l'agriculture, etc.), mais principalement l'industrie et la production d'énergie. En France, les émissions de SO₂ ont été diminuées par 10 passant d'environ 1800 Kt en 1960 à 180 Kt en 20141. Il reste quelques problématiques épisodiques de pollution de proximité dans certaines grandes zones industrielles.

Oxydes d'azote Les oxydes d'azote (NO+ NO₂, NO_x) issus des activités anthropiques proviennent principalement de la combustion de combustibles fossiles (essence, gazole, fiouls. . .) ou de biomasse. Ils se forment par combinaison dans l'air de l'azote (N₂) et du dioxygène (O₂) à haute température. Au cours d'une combustion, l'azote de l'air s'oxyde en grande partie en NO puis progressivement en NO₂ à l'air libre. En présence de certains

constituants atmosphériques et sous l'effet du rayonnement solaire, les NOx sont également, en tant que précurseurs, une source importante de pollution photochimique à l'ozone.

Certains procédés industriels non liés à la consommation d'énergie (production d'acide nitrique, d'engrais azotés, etc.) émettent des NOx. Le trafic routier est le secteur le plus émetteur (Fig. 1) notamment à travers les rejets en NOx issus du diesel difficiles à réduire. Les émissions en oxydes d'azote présentent tout de même une tendance à la baisse en majorité grâce au renouvellement du parc automobile de moins en moins polluant

1.2. Particules atmosphériques primaires

Les particules atmosphériques primaires ont des origines distinctes :

- mécanique : érosion des sols, broyage, concassage, etc.;
- chimique ou thermique : ces particules se forment par changement d'état de la matière par réactions chimiques, par évaporation à haute température suivie d'une condensation. Le spectre granulométrique de ces particules varie de quelques nanomètres à quelques dixièmes de microns ;
- biologique : pollens, champignons, bactéries. Ces particules sont habituellement classées par leurs tailles du fait de leur pénétration plus ou moins profonde dans le système pulmonaire.

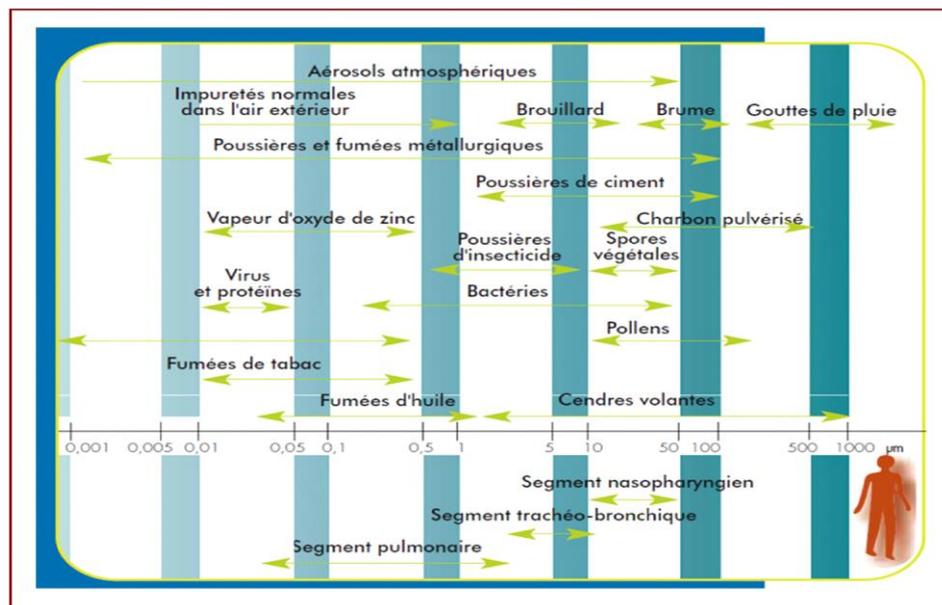


Figure 1. Diamètre de divers types de particules atmosphériques et leur déposition dans le système respiratoire. Source : M. Bisson.

1.3. Composés organiques volatils

Les émissions anthropiques de composés organiques volatils (COV non méthaniques) sont à base d'hydrocarbures CxHy légers parfois associés à du chlore ou autres substances.

Ils résultent, soit de la combustion, soit de l'évaporation par de multiples sources qui touchent tous les secteurs d'activités. Ils entrent ainsi dans la composition des carburants, mais aussi dans de nombreux produits courants contenant des solvants (peintures, colles. . .).

1.4. Métaux lourds

Les métaux lourds restent une préoccupation de surveillance de la qualité de l'air : historiquement le plomb (Pb), interdit dans l'essence en janvier 2000, reste présent dans la combustion de combustibles fossiles comme le charbon, les fiouls, les carburants spéciaux pour l'aviation et dans l'incinération de déchets dans les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM). À noter que le plomb est toujours présent en faible quantité dans les plaquettes de frein, les pneus et les batteries de véhicules ; les émissions anthropiques d'arsenic (As) sont issues notamment de combustibles fossiles tels les fiouls lourds ou le charbon. Certains procédés industriels sont à l'origine d'émissions d'arsenic notamment dans la production de verre et de métaux pour ne citer que les principaux ; les émissions de cadmium (Cd) sont induites principalement par le processus de traitement des déchets, le secteur de la métallurgie des métaux et dans une moindre mesure lors de la combustion de charbons, du fioul lourd et de la biomasse ; les émissions de nickel (Ni) proviennent principalement de la combustion de fioul lourd.

Quelques procédés industriels peuvent également émettre des quantités non négligeables de ce composé (procédés de traitements de surface par exemple) ; les émissions anthropiques de mercure (Hg) sont issues de sources multiples : combustion du charbon, brûlage des déchets verts, incinération de déchets, fabrication d'agrégats (fours à ciment notamment). Le mercure est aussi utilisé comme catalyseur dans certains procédés industriels.

1.5. Polluants organiques persistants

Les polluants organiques persistants inventoriés sont principalement les dioxines et furannes (PCDD-F) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à plusieurs noyaux benzéniques (dont le benzo(a)pyrène [BaP]). Comme beaucoup de HAP, le BaP est émis lorsque la combustion se fait dans de mauvaises conditions, en particulier pour le bois et les combustibles fossiles utilisés par le secteur résidentiel.

2. Les polluants secondaires

Les particules secondaires sont issues de mécanismes d'oxydation, nucléation, condensation, coagulation transformant dans l'atmosphère des composés gazeux en particules liquides ou solides (Fig. 2).

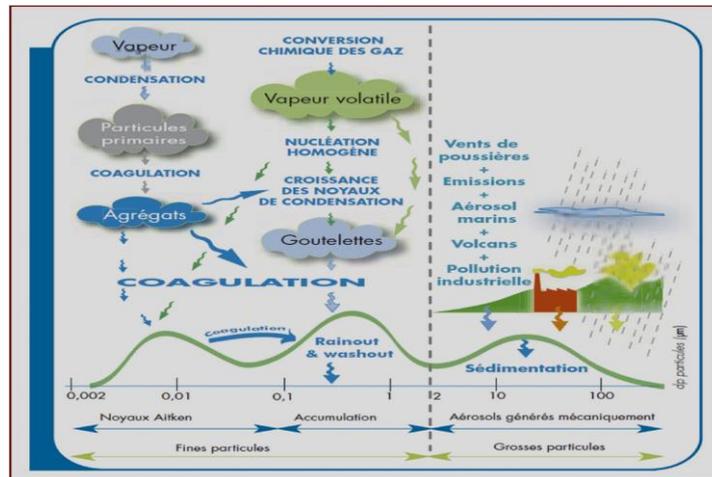


Figure 2. Processus de formation et d'évolution des aérosols dans l'atmosphère. Source :
A. Renoud et D. Boulaud.

Les aérosols secondaires organiques (contenant du carbone) se forment par exemples à partir de précurseurs émanant de la végétation.

Les aérosols inorganiques comme le nitrate d'ammonium contribuent à l'occurrence de pics de particules printaniers.

Le nitrate d'ammonium se forme à grande échelle en faisant réagir deux précurseurs : les oxydes d'azote principalement issus du trafic routier (urbain et interurbain) et l'ammoniac (NH_3) émanant notamment des épandages agricoles d'engrais entre autres organiques (lisiers fumiers) se volatilisant plus facilement par températures douces.

L'ozone (O_3) est le polluant emblématique de la famille des photo-oxydants qui résultent de réactions dites photochimiques entre des polluants primaires précurseurs que sont principalement les oxydes d'azote et des composés organiques volatils (COV).

Ces réactions mettent en jeu des mécanismes de photolyse de molécules par rayonnement solaire comme le NO_2 photolysé par le rayonnement solaire en NO en libérant un atome d'oxygène O (Fig. 5) se recombinant avec le dioxygène de l'air O_2 pour former O_3 . Certains mécanismes à grande échelle géographique ont progressivement chargé la basse atmosphère (troposphère) d'un fond permanent d'ozone avec toutefois des concentrations bien moins élevées que la couche d'ozone de la haute atmosphère (stratosphère).

Les pics d'ozone se produisent alors à l'échelle régionale sous anticyclone estival par fort ensoleillement et forte chaleur en présence des deux familles évoquées de précurseurs.

(Source : CITEPA, 2015. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France — Format SECTEN.

3. Les effets des différentes substances

Les effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement peuvent se ressentir à différentes échelles géographiques.

3.1. Au niveau local

Altérations des écosystèmes

De manière aiguë ou chronique, les polluants atmosphériques ont de **lourds impacts sur les cultures et les écosystèmes**.

Figure 3 .Nécroses dues à l'ozone sur une feuille de tabac - Source : APPA Nord-Pas de Calais



De manière ponctuelle, par exemple lors des forts épisodes de pollution à l'ozone, des nécroses ou des tâches apparaissent sur les feuilles des arbres.

Sur une période d'exposition prolongée à l'ozone, un affaiblissement des organismes et un fort ralentissement de la croissance sont observés, et à terme cela impacte le rendement des cultures agricoles.

Les polluants peuvent également parcourir des distances importantes et atteindre des écosystèmes sensibles. Sous l'effet des oxydes d'azote (NO_x) et du dioxyde de soufre (SO_2), les pluies, neiges, brouillards deviennent plus acides et altèrent les sols et les cours d'eau (perte des éléments minéraux nutritifs). Ces apports engendrent un **déséquilibre de l'écosystème**. Cette transformation du milieu se traduit en général par un **appauvrissement de la biodiversité** puis par la perturbation du fonctionnement général des écosystèmes.

Les **bio-indicateurs** sont des outils d'évaluation de la qualité de l'environnement, ce sont le plus souvent des végétaux ou animaux qui font l'objet de surveillance permettant d'indiquer la présence ou les effets des polluants :

- **Lichens** : l'absence de lichens est un indicateur de pollution.
- **Tabac** : le tabac, de même que le trèfle, est très sensible à l'ozone.
- **Abeilles** : une baisse de l'activité de la colonie et/ou une mortalité importante peut traduire une pollution atmosphérique.
- **Animaux domestiques** : exemple du lait de vaches contaminé aux dioxines à proximité des incinérateurs.

- **Disparition** de certaines espèces quand la qualité de l'air se dégrade

La pollution de l'air affecte également la **faune** : déclin de certaines populations pollinisatrices, difficultés de certaines espèces à se reproduire ou à se nourrir. Elle modifie la physiologie des organismes, l'anatomie et les caractéristiques du biotope et des populations.

Impact sur les matériaux

Les processus naturels d'altération des murs et des bâtiments sont essentiellement dus aux conditions climatiques (variations de températures, humidité...) mais aussi à l'action des êtres vivants (bactéries, champignons, lichens...).

Les pierres utilisées pour la construction des monuments sont principalement des calcaires dont on connaît la réactivité aux agents atmosphériques. L'observation des façades ou des statues montrent un noircissement réparti de façon non uniforme dû au dépôt de particules en suspension. Les particules polluantes voient leur origine dans la combustion partielle des carburants fossiles, du bois, ainsi que des déchets.

3.2. Au niveau global

Les polluants atmosphériques n'ont pas uniquement des effets négatifs sur l'homme et l'environnement, mais **influencent aussi directement ou indirectement le climat**.

Deux phénomènes principaux de pollution ont été mis en évidence à cette échelle :

-Le « **trou dans la couche d'ozone** » : la destruction de l'ozone stratosphérique est due à l'action de certains composés chimiques à base de chlore et de brome, tels que les chlorofluorocarbones (CFC) ou le bromure de méthyle (CH₃Br), résultant des activités humaines. Des mesures sont prises afin de réduire les émissions de telles substances dans l'air comme l'arrêt total de la production de CFC depuis 1994 (protocole de Montréal).

-Le **réchauffement ou dérèglement climatique** dû à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES). Au cours du XX^e siècle, un réchauffement général de la planète de + 0,5°C a été observé. Si ce phénomène persiste et s'amplifie, le réchauffement de la planète pourrait entraîner la fonte totale des glaciers et une élévation du niveau moyen des mers.

Figure 4. Les enjeux environnementaux

