



Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-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

Chapitre II : Pollution aquatique

La relation entre la santé des populations humaines et la salubrité de l'eau potable remonte à plus de 200 000 ans, à l'arrivée des premiers humains modernes.

À l'instar des chasseurs-cueilleurs, nous étions directement tributaires de la disponibilité de ressources dans notre environnement immédiat, la plus importante d'entre elles étant une eau de boisson fiable et salubre.

Plus tard, lorsque nous avons développé l'agriculture et l'industrie, l'exploitation et l'altération de l'environnement par l'homme se sont accélérées et ont affecté la santé des zones humides qui, pour un certain nombre, ne sont plus en mesure de fournir l'eau potable salubre dont nous dépendons.

Aujourd'hui, beaucoup de sources d'eau potable (et d'irrigation) contiennent des polluants toxiques qui empoisonnent les plantes, les poissons et les populations humaines, ainsi que des microbes pathogènes qui tuent près de deux millions d'enfants chaque année.

Certes, les zones humides d'eau douce ont la capacité d'épurer l'eau mais elles ont aussi leurs limites. Elles ne peuvent assimiler qu'un certain volume d'eaux de ruissellement agricole, de flux de déchets ménagers et industriels.

Naturellement, l'espèce humaine est capable d'en déverser beaucoup plus substances chimiques toxiques ;

(Comme les PCB, le DDT et la dioxine), antibiotiques utilisés dans l'élevage, eaux usées d'origine domestique non traitées, pesticides jouant un rôle de « perturbateurs endocriniens » ... pour n'en citer que quelques-uns.

Nous pouvons outrepasser le pouvoir épurateur des zones humides et nous le faisons déjà au point de rendre ces sources d'eau douce et les biens alimentaires qu'elles fournissent, impropres à la consommation et dangereux pour la santé (www.ramsar.org).

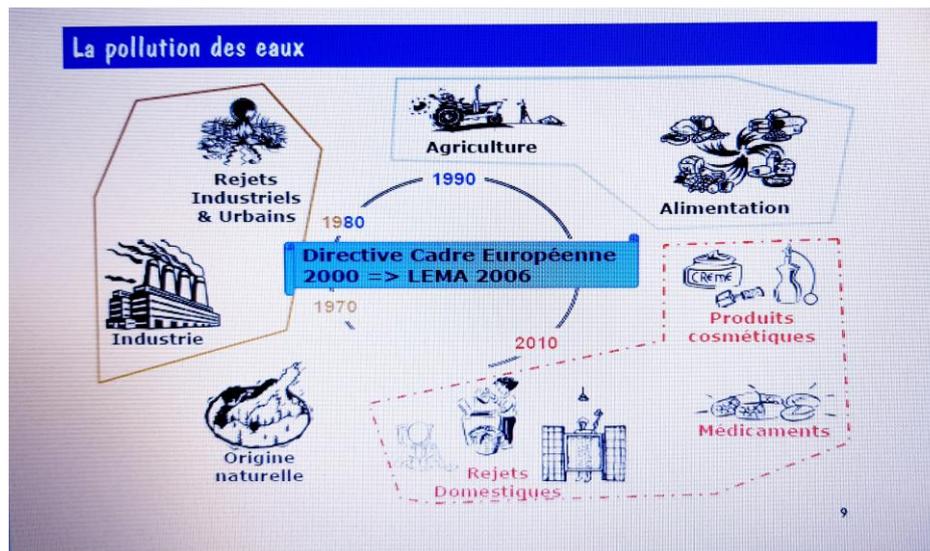


Figure 5. Schéma Pollution des eaux (DIU Toxicologie Médicale, 13 janvier 2017).

1. Pollution chimique : pluies acides, micropolluants, métaux toxiques

➤ C'est quoi, une pluie acide ?

Tout est dans le nom, une pluie acide désigne des précipitations anormalement acides. L'expression et sa définition datent de 1872, à l'initiative du chimiste écossais spécialiste de la pollution atmosphérique Robert Angus Smith.

Ces pluies étaient considérées comme un problème majeur dans les années 80, du fait de leurs effets clairement visibles, notamment en Europe ou en Amérique du Nord.

Des réglementations ont permis d'améliorer la situation, mais les pluies acides existent toujours.

Elles sont d'ailleurs graves et fréquentes dans les régions industrialisées d'Asie. L'acidité de la pluie est mesurée grâce au pH de l'eau, ou potentiel hydrogène.

Un pH de 7 est neutre. Plus faible, il est acide, plus élevé, il est basique ou alcalin. L'eau de pluie est cependant légèrement acide naturellement, et présente un pH moyen de 5,6. Une pluie est donc considérée comme acide lorsque son pH est inférieur à 5.

➤ D'où viennent les pluies acides ?

La cause première des pluies acides est la pollution atmosphérique. Une partie du gaz présent dans l'air se dilue dans les gouttes de pluie et produit de l'acide.

Le CO₂ ou carbone est ainsi transformé en acide carbonique, et sa présence dans les eaux de pluie est naturelle. Ce phénomène explique la légère acidité de la pluie par rapport à l'eau.

Si la dose de polluants dans l'air augmente ou change, en revanche, l'acidité de l'eau de pluie peut faire de même. Or, les activités humaines et leurs rejets dans l'atmosphère ont drastiquement aggravé la pollution atmosphérique durant le siècle dernier, ajoutant à l'eau de pluie de l'acide nitrique ou sulfurique.

➤ **Quels sont les responsables des pluies acides ?**

Des pluies acides peuvent survenir suite à certains événements naturels, comme des éruptions volcaniques ou des feux de forêt.

Ceux-ci sont pourtant épisodiques, alors que l'activité humaine entraîne des rejets durables. Les secteurs du charbon, des transports et de l'industrie ainsi que les centrales électriques sont à l'heure actuelle les principaux responsables de rejets de gaz polluants dans l'atmosphère.

Ils ont pourtant été drastiquement réduits depuis les années 80 grâce au Clean Air Act : les émissions de dioxyde de soufre et d'oxyde d'azote ont diminué de moitié.

Parmi les différents gaz à l'origine de l'acidification de l'eau de pluie, on compte notamment :

- le dioxyde de soufre ou **SO₂**, émis par les activités volcaniques, les feux et activités industrielles ;
- les oxydes d'azote ou **NO_x**, venant entre autres des orages et des moteurs diesel ;
- l'ammoniac ou **NH₃**, provenant par exemple de l'agriculture intensive.

➤ **Risques et dangers d'une pluie acide**

Les pluies acides polluent les eaux dans lesquelles elles retombent, en particulier les lacs et les rivières. Elles les rendent toxiques, déséquilibrant tout l'écosystème alentour, des poissons qui y vivent, aux arbres qui les bordent en passant par les animaux qui y boivent. Certains lacs ont vu disparaître toutes les espèces aquatiques qui les peuplaient. Aux Etats-Unis, les pluies acides ont provoqué l'érosion de roches calcaires qui, en se dissolvant dans les rivières, ont provoqué l'extrême inverse : le pH de l'eau a augmenté et compliqué sa conversion en eau potable

(<https://www.geo.fr/environnement> Par La rédaction - Publié le 14/12/2018 à 16h24 - Mis à jour le 20/01/2020).

➤ **Polluants et micropolluants définition et classification**

Qu'est-ce qu'un polluant ?

Un polluant est une **substance naturelle ou artificielle** que l'homme a introduite dans un milieu où elle était absente ou présente en quantité différente.

Toute substance ou tout produit chimique est donc potentiellement un polluant. D'ailleurs, comme l'a dit avec raison Paracelse, célèbre médecin et alchimiste suisse du XV^{ème} siècle, **“rien n'est poison, tout est poison, seule la dose fait le poison”**.

Cependant, certaines substances sont plus toxiques que d'autres et donc plus nocives pour l'environnement.

Remarque : on parle également de **polluants physiques** (chaleur, radioactivité, bruit, luminosité) et de **polluants biologiques** (toxines algales, germes pathogènes, parasites).

Tout comme les polluants chimiques, ils peuvent affecter l'Homme et son environnement.

➤ **Qu'est-ce qu'un micropolluant ?**

Un micropolluant se définit comme une substance détectable dans l'environnement à **très faible concentration** (microgramme par litre voire nanogramme par litre). Sa présence est, au moins en partie, due à l'activité humaine (procédés industriels, pratiques agricoles ou activités quotidiennes) et peut à ces très faibles concentrations engendrer des effets négatifs sur les organismes vivants en raison de sa toxicité, de sa persistance (= non biodégradable) et/ou de sa bioaccumulation (= accumulation dans les tissus de l'organisme).

De nombreuses molécules présentant des propriétés chimiques différentes sont concernées, telles que **les plastifiants, détergents, métaux, hydrocarbures, pesticides, cosmétiques ou encore les médicaments** (Plan Micropolluants 2016-2021).

➤ **Les métaux toxiques**

Contamination de l'eau Les métaux présents dans l'eau peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption. Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes

d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, et température)

La pollution par les éléments traces métalliques et généralement d'origine industrielle mais elle peut également provenir de la lixiviation des déchets solides ménagers. Certains métaux ne produisent que des inconvénients d'aspect ou de goût (fer, zinc, manganèse...), d'autres métaux, comme le mercure, le cadmium, le plomb et le chrome sont toxiques et rendent l'eau inutilisable pour l'usage domestique et agricole. (Ramade, 2002).

2. Pollution biologique

La pollution biologique est l'introduction d'espèces exogènes ou d'organismes génétiquement modifiés dans un milieu, ainsi que les modifications environnementales qui aboutissent à une modification des peuplements.

C'est le cas par exemple des espèces invasives comme les ragondins (*Myocastor coypus*) qui perturbent les écosystèmes lacustres, des espèces domestiques échappées qui engendrent une pollution génétique, ou encore de l'eutrophisation des plans d'eau qui génère une prolifération d'algues.(futura-sciences.com/planète).

La pollution biologique des eaux, qui vient au tout premier rang des causes de dégradation des écosystèmes dulçaquicoles, résulte du rejet dans ces derniers d'effluents chargés de matières organiques fermentescibles et de nombreux agents pathogènes qui leur sont généralement associés.

Les eaux d'égout chargées d'effluents domestiques, celles qui sont produites par de nombreuses industries alimentaires, par les papeteries, etc., exercent une influence catastrophique sur la qualité des eaux fluviales dans lesquelles elles sont rejetées, en l'absence de traitement épurateur.

Une conséquence quasi immédiate de la pollution des eaux par des matières organiques fermentescibles tient en la diminution de la teneur en oxygène dissous.

Celle-ci résulte de l'action **des bactéries aérobies** qui se mettent à dégrader par voie oxydative les matières organiques polluantes.

Il en résulte **une demande biochimique d'oxygène**, dite **DBO₅**, car elle se mesure après cinq jours, qui sert d'étalon pour évaluer la charge de pollution en matières organiques d'un

cours d'eau ou d'une nappe phréatique. Si Q est le débit de l'effluent pollué rejeté par une industrie, on peut évaluer la pollution organique exprimée en équivalent-habitant par la formule $DBO_5 (i)/Q \times DBO_5 (h)$,

Parmi les microorganismes susceptibles d'être présent dans l'eau, on peut mentionner, **les virus, les bactéries, les protozoaires** et d'autre.

➤ **Sur le plan microbiologique**

« Sur le plan microbiologique, les effluents des établissements de santé seraient globalement moins chargés que les eaux usées urbaines [Leprat, 1999; Mansotte, 2000]. Emmanuel [2004a; 2005b] a trouvé des concentrations de 2.10^3 et 2.10^6 coliformes fécaux par 100 ml dans les effluents d'un hôpital d'une grande ville du Sud-Est de la France alors que la concentration moyenne est de 108 / 100 ml dans les effluents urbains [Metcalf et Eddy, 1991; Barkay *et al.*, 1995].

Le danger résiderait plus dans la présence de certaines bactéries multirésistantes aux antibiotiques (*Proteus vulgaris*, Mycobactéries) et de certaines souches typiquement hospitalières (*Enterobacter sakazakii*) [SFHH, 1993; Leprat, 1998; Schwartz *et al.*, 2003; Emmanuel *et al.*, 2005b; Hartemann *et al.*, 2005]. Pour Mansotte [2000], les germes témoins représentent assez fidèlement le risque lié à la présence de pathogènes, dont les caractéristiques de résistance restent finalement assez banal dans le contexte hospitalier, si l'on excepte une résistance assez préoccupante aux quinolones. Leprat *et al.* [1996; 1999] ont montré la présence systématique de germes ayant acquis des caractères de résistances aux antibiotiques (*Proteus vulgaris*, Mycobactérie) et la présence ponctuelle de souches typiquement hospitalières (*Enterobacter sakazakii*) dans les effluents du CHU de limoges.

En utilisant des entérocoques, des staphylocoques, des *Enterobactériaceae* et des bactéries hétérotrophiques en tant qu'indicateurs de présence des bactéries multirésistantes dans les biofilms formés dans le réseau d'assainissement hospitalier, Schwartz *et al.* [2003] ont relevé une importante présence de germes multirésistants aux antibiotiques ». **(D'après Clotilde Boillot, 2008).**

3. Pollution thermique

L'augmentation des températures est due pour une part **aux rejets thermiques industriels**, sur lesquels il est possible d'intervenir.

Cependant, il est impossible à l'heure actuelle de faire une distinction claire entre les impacts du réchauffement général, ceux dus à des événements météorologiques isolés et ceux dus aux rejets thermiques.

Il reste encore beaucoup à apprendre sur les répercussions des hausses de températures des rejets sur la biocénose aquatique.

Le niveau des fleuves et des lacs qui ne sont pas alimentés par les eaux de fonte des Alpes a sensiblement baissé suite à l'été caniculaire. Simultanément, les cours d'eau se sont beaucoup réchauffés du fait des faibles niveaux d'eau et de la durée d'ensoleillement.

Ceci vaut également pour les grandes rivières en aval de lacs où plusieurs records de température ont été battus.

En regard de l'ampleur et de la durée de la sécheresse, il n'a pas été possible d'éviter une mortalité piscicole, bien que de nombreuses mesures aient été prises (**par exemple transfert de poissons dans d'autres cours d'eau**).

Sur la base des expériences faites lors de la sécheresse de l'été 1947, où la flore et la faune se sont rétablies, on ne doit pas s'attendre à des dommages durables dans la nature, exception faite des espèces piscicoles dont les populations sont menacées (IKSR ! CIPR ! ICBR Canicule 2003 - Rapport de synthèse).

4. Conséquences écologiques et effets éco toxicologiques de la pollution des eaux : dégradation-biodégradation, bioaccumulation

Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. Elles conduisent à des mortalités massives d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles : une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies ou des perturbations endocriniennes.

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Passé un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu.

Suite aux actions humaines, les milieux aquatiques sont modifiés et parfois dégradés.

L'altération d'un des paramètres du milieu peut provoquer une perturbation générale de tout l'équilibre naturel. La pollution de l'eau est un des principaux facteurs de dégradation

➤ **Auto-épuration et pollution**

Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes de substances plus ou moins toxiques d'origine naturelle ou issue d'activités humaines

➤ **L'eutrophisation des milieux**

L'eutrophisation est une forme singulière mais naturelle de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent en quantité exceptionnelle, perturbant ainsi le fonctionnement de tout l'écosystème. (Centre National de la Recherche Scientifique, 2000)

➤ **Le réchauffement des eaux**

La pollution thermique est une pollution diffuse non visible qui est liée à l'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement par les industriels notamment dans les centrales thermiques et nucléaires. Les rejets d'eaux usées et le drainage agricole peuvent également être une source de pollution thermique. Celle-ci correspond à l'augmentation ou la diminution de la température de l'eau suite aux activités de l'homme par rapport à la température « normale ». Ces variations peuvent être progressives ou brutales.

➤ **L'appauvrissement de la biodiversité**

Par rapport à la situation dans l'air, l'eau présente pour les organismes qui y vivent une grande stabilité : les variations de température, les chocs, les vibrations, sont atténués. Par sa densité, l'eau facilite aussi les déplacements avec un minimum de dépenses physiques.

Elle offre « gîte et couvert » à toute une gamme d'organismes végétaux et animaux, permettant ainsi l'établissement de chaînes alimentaires complexes et équilibrées.

➤ **La détérioration des zones humides**

Les zones humides sont menacées par l'extension du drainage, par l'évolution des pratiques culturales, notamment le développement de l'irrigation et l'abandon de prairies naturelles, ainsi que par la gestion des niveaux d'eau pour satisfaire les besoins des cultures.

5. Solutions à la pollution aquatique

La réduction de la pollution des eaux passe essentiellement par l'application de bonnes pratiques par les usagers de l'eau et des milieux aquatiques sur tout le bassin versant. Les objectifs sont multiples : privilégier les activités les moins polluantes, améliorer les usages pour diminuer la quantité de substances utilisées ou rejetées, mais aussi intercepter les flux de polluants dans le bassin versant.

➤ Réaliser une épuration des eaux avant leur rejet direct

Le rejet direct d'eaux usées dans le milieu naturel est interdit : les eaux usées doivent impérativement faire l'objet d'un traitement d'épuration pour éliminer les polluants qu'elles contiennent. Les quantités résiduelles après traitement doivent être suffisamment faibles pour être éliminées par l'autoépuration du milieu (généralement une rivière). Les zonages d'assainissement déterminent les espaces dans lesquels ce traitement relève de l'assainissement collectif ou de l'assainissement non collectif.

En zone d'assainissement collectif, la collecte et le traitement des eaux usées sont réalisés par la collectivité : cela comprend la mise en place du "tout à l'égout", l'acheminement des eaux en station d'épuration (dite station de traitement des eaux usées), leur traitement, puis leur rejet dans le milieu.

➤ Réduire les risques de pollution accidentelle

Pour limiter les risques d'accident industriel, des précautions relatives à la sécurité sont prescrites pour les installations industrielles dans le cadre de la réglementation ICPE. Elles concernent par exemple les modalités de stockage de certaines substances ou les quantités maximales autorisées sur un même site.

Pour les sites industriels qui présentent des risques majeurs, la réglementation dite "Seveso" - issue de plusieurs directives européennes du même nom - impose une démarche de prévention du risque : délimitation du secteur concerné, modalités d'organisation des secours, information du public, etc

➤ Réduire l'utilisation de produits phytosanitaires

La réduction des quantités de produits phytosanitaires utilisées est la première manière de lutter contre la pollution diffuse de l'eau. C'est l'objet du plan Écophyto, qui prévoit de réduire de 50% l'utilisation des pesticides entre 2015 et 2025 (d'après Ministère en charge de l'écologie). Il est pour cela nécessaire que les solutions techniques qui existent pour réduire l'utilisation des pesticides soient plus largement mobilisées : lutte biologique (recours à des prédateurs naturels

des ravageurs), meilleure anticipation des maladies et des attaques de ravageurs, procédés physiques comme le désherbage mécanique, etc.

➤ **Réglementer la fertilisation des sols**

Afin de limiter les apports de nutriments dans les milieux aquatiques, la fertilisation des sols par des effluents d'élevage (fumier, lisier, etc.) ou des engrais de synthèse est encadrée par la réglementation.

L'objectif de ces différentes dispositions est de ne pas apporter plus d'azote au sol qu'il n'est capable d'en contenir, afin de minimiser son export vers les milieux. Cette réglementation peut s'appliquer de différentes manières selon les cas : directive nitrates dans les zones vulnérables, bonnes conditions agro-environnementales des exploitations agricoles (dans le cadre des subventions de la PAC), classement ICPE des élevages ou, en dehors de ces cas, à travers les règlements sanitaires départementaux.

➤ **Éviter les transferts aux milieux aquatiques**

La lutte contre la pollution diffuse passe par la limitation des transferts directs aux milieux aquatiques. C'est l'objet de certaines règles relatives à l'épandage : interdiction de traiter les fossés par exemple. Concernant les produits phytosanitaires, une zone non traitée doit être maintenue autour des points d'eau (ruisseau, rivière, plan d'eau, etc.). Sa largeur varie de 5 à 50 mètres, en fonction de divers paramètres - notamment la dangerosité des produits.

➤ **Dépolluer, une solution difficile et coûteuse**

La dépollution est une solution difficile à mettre en oeuvre pour de nombreuses raisons. Les substances provenant de rejets ponctuels se disséminent dans les milieux aquatiques, et peuvent contaminer de très grands espaces. De plus, les polluants peuvent se retrouver à différents endroits : dans l'eau, mais aussi dans les êtres vivants (le biote) ou les sédiments (la vase, en particulier). À ces difficultés s'ajoute la très grande résistance de certains polluants, difficiles à dégrader (c'est notamment le cas des POP, polluants organiques persistants). En outre, la dépollution peut générer des effets néfastes sur le milieu et sa biodiversité si elle provoque des altérations hydromorphologiques.

En cas de marée noire, une dépollution du littoral peut être nécessaire. Ces opérations de grande ampleur doivent être menées de manière coordonnée et organisée pour ne pas aggraver les conséquences de la pollution.