



Les polluants chimiques

DÉFINITION

La directive européenne 2000/69/CE du 23 octobre 2000 définit la pollution comme étant « l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes terrestres ». Conséquence inévitable de l'industrialisation actuelle, la pollution, et particulièrement la pollution chimique, est un problème qui nous concerne tous. L'enjeu est primordial puisqu'il est question de la santé publique et de la préservation de l'environnement.

SOURCES DES POLLUANTS

Les polluants chimiques proviennent de différentes sources, classées en cinq grandes catégories : les routes, l'incinération, l'agriculture, les industries et l'habitat. L'incinération de déchets ménagers ou des huiles de vidange peut engendrer des rejets toxiques dans l'environnement. La source principale de la pollution provenant des routes est sans doute les **gaz d'échappements** des voitures.



Dans l'agriculture, l'utilisation de pesticides et le ruissellement de terres riches en engrais chimiques sont des éventuels dangers pour la nature. Les industries rejettent d'autres types de polluants, dont les métaux lourds qui, en forte concentration, représentent des risques pour l'écosystème. L'industrie pétrolière joue un rôle particulier dans la pollution chimique. Les produits potentiellement dangereux utilisés dans l'habitation sont présents surtout dans les matériaux de construction, le PVC, l'électronique, les produits d'entretien, les savons, dentifrices, vernis ou bien les colles.

POLLUANTS CHIMIQUES

Les polluants chimiques, en plus d'être nocifs et nuisibles pour l'écosystème, ne disparaissent pas facilement. Ils sont décrits en termes de persistance, de biodégradabilité et de bioaccumulation. La persistance est la propriété d'un composé chimique qui indique la durée de temps pendant laquelle il

reste présent dans le milieu. Un produit nocif sera d'autant plus dangereux pour l'environnement et les organismes vivants que sa persistance sera élevée. La biodégradabilité est la propriété qu'ont les produits d'être dégradés par les micro-organismes présents dans les milieux et de disparaître dans la nature. Aujourd'hui certains produits sont traités chimiquement pour devenir biodégradables, comme le plastique biodégradable auquel on a ajouté des ingrédients naturels. Le terme de bioaccumulation désigne la capacité des êtres vivants à accumuler dans leurs organismes des concentrations de substances chimiques (des oligoéléments indispensables, mais également des produits plus ou moins toxiques) au cours de leur existence.

COMPOSÉS ORGANIQUES

POP

POP est une abréviation de Polluant Organique Persistant. Leur rejet dans l'environnement a suscité des inquiétudes du fait de leurs propriétés particulières : persistance et faible biodégradabilité, effets toxiques même à très faible dose et capacité à s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Ce sont aussi des produits semi-volatils, ce qui signifie qu'ils peuvent se répandre facilement dans l'environnement. Cette caractéristique fait de l'élimination des POP un enjeu d'échelle mondiale. Les POP sont de natures diverses. Les plus connus demeurent les dioxines, tristement célèbres depuis l'explosion, en 1976, d'une usine chimique près de Seveso en Italie. Cet accident est à l'origine des réglementations actuelles pour la sécurité industrielle. Le terme dioxines désigne un grand nombre de molécules et, par extension, les furanes et les polychlorobiphényles (PCB) dont les mécanismes de formation sont les mêmes. Les principales sources de dioxines sont



notamment l'**incinération des déchets**, l'industrie métallurgique et, en général, toute opération nécessitant de la matière organique et du chlore. Les PCB étaient fabriqués à l'origine pour servir de produits ignifuges pour les transformateurs électriques. Ils ont des impacts non négligeables sur les lacs et les océans. Les

conséquences sanitaires d'un incendie survenu à Reims en 1983 ont motivé l'interdiction de leur utilisation pour les transformateurs électriques. Plus de vingt ans après, les opérations de décontamination sont toujours en cours. La plupart des gens contaminés aujourd'hui en France par les POP le sont par le biais de l'alimentation (90 à 95 % de l'exposition aux dioxines). D'autres personnes sont exposées à des contaminations sur leur lieu de travail, comme les ouvriers des exploitations agricoles, des usines chimiques ou d'incinération. L'exposition à long terme à des doses infimes de POP a de graves effets sur l'organisme : effets cancérogènes, problèmes de fertilité, dérèglement des systèmes nerveux, immunitaire et endocrinien.

Pesticides



Les **pesticides** sont des composés chimiques utilisés dans l'agriculture mais également dans l'industrie pour lutter contre les animaux, les insectes et les plantes nuisibles aux récoltes et pour l'assainissement de locaux et de matériel. Cependant, leur utilité est contrebalancée par leurs impacts sur l'environnement. D'après leurs constitutions, ils peuvent être répartis dans plusieurs groupes.

- Les organochlorés dont le DDT (dichloro-diphényl-trichloroéthane), le plus connu des pesticides synthétiques.
 - Les organophosphorés, composés qui se dégradent assez rapidement dans l'environnement mais qui ont des effets neurotoxiques sur les vertébrés.
 - Les substances minérales.
 - Les composés organométalliques, essentiellement les carbamates, très toxiques.
 - Les pyrèthroides, insecticides très toxiques pour les organismes aquatiques.
 - Les phytosanitaires, produits réagissant avec le sol lors de leur migration. L'évaluation de leur devenir et de leur impact se révèle difficile.
- Les pesticides sont des produits insolubles, ou très peu solubles dans l'eau, surtout pour les organochlorés. Le DDT, utilisé dans la lutte anti-malaria est un POP qui reste presque fixe dans le sol. Il se décompose lentement dans l'eau et peut parcourir plusieurs milliers de

kilomètres. Il est bio-accumulé chez les poissons et les animaux marins et il est sujet à l'accumulation (sa concentration se propage dans la chaîne alimentaire et est maximale au dernier maillon). Aujourd'hui, des moyens de lutte contre les pesticides commencent à se mettre en place, notamment avec l'utilisation de produits non biocides comme le recours à certains prédateurs ou même certains champignons ou parasites afin de protéger les récoltes.

Hydrocarbures

Les hydrocarbures, composés chimiques contenant exclusivement du carbone et de l'hydrogène, représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. La pollution par hydrocarbures résulte des activités liées à l'extraction du pétrole et à son transport, de même que de l'utilisation de produits finis : carburants et lubrifiants. Les exemples de pollution sont nombreux : rejets liés à l'activité humaine par voie atmosphérique comme les fumées industrielles et les gaz d'échappements des moteurs rabattus par les eaux de pluies, eau de rinçage des citernes et autres rejets de circuits internes et, bien sûr, les accidents tels que collisions, échouement et **navfrage de pétroliers**. Les hydrocarbures



aromatiques polycycliques (HAP), qui résultent de la combustion incomplète des produits pétroliers, des gaz d'échappements et des fumées d'incinérateurs, sont des POP hautement cancérogènes et particulièrement dangereux pour les milieux aquatiques. Les hydrocarbures polluent principalement les sols et les eaux causant les fameuses marées noires. Leur vitesse de destruction dépend de l'état de la mer, de la température, des conditions climatiques et du type d'hydrocarbure. Leur premier impact se traduit par la mort massive et immédiate de poissons, fruits de mer et oiseaux de mer touchés. À plus long terme, les conséquences de ce type de pollution se traduisent par une bio-accumulation et une mortalité continue. Outre les problèmes écologiques, les marées noires ont des impacts socio-économiques non négligeables tels que le souillage de marinas, de plages et l'impossibilité pour des

milliers de pêcheurs de travailler. Le déversement des hydrocarbures dans le sol conduit aussi à la contamination des eaux potables. La lutte contre la pollution en mer par les hydrocarbures consiste essentiellement à confiner et à récupérer le polluant et, dans certains cas, à le traiter par des produits dispersants. Sur le littoral et en zone côtière, il s'agit de la protection des sites sensibles par des barrages et par l'utilisation des produits tels qu'eaux chaudes, chaux vive ou absorbants pour nettoyer les roches.

Détergents

Ce sont des produits destinés à enlever les souillures et les salissures. Ils sont utilisés par les particuliers et les industries, leur structure favorisant la solubilisation des graisses. Ils sont aussi employés de façon massive pour nettoyer les



côtes après une **marée noire**, d'où leur impact direct sur l'écosystème marin. Les détergents sont constitués de deux parties : l'agent tensioactif, au pouvoir émulsifiant, solubilisant et moussant et l'adjuvant qui apporte au détergent des qualités complémentaires mais dont l'effet polluant est loin d'être négligeable. La majorité des détergents peut être éliminée par des processus physico-chimiques ou biologiques, puisque 99 % des tensioactifs sont biodégradables. Mais certains produits de sous dégradation peuvent être très toxiques. De plus, les adjuvants sont des substances difficilement décomposables. Les détergents sont toxiques pour certaines espèces comme les



mollusques, les crustacés, les poissons et les **algues**. Les agents tensio-actifs ont une action directe sur les poissons : ils causent un abaissement de la tension superficielle de l'eau, ce qui modifie les échanges respiratoires au niveau des branchies. Les détergents ont aussi un impact indirect sur l'homme. Certains favorisent l'absorption intestinale des substances étrangères susceptibles de produire une toxicité ou entraînent une potentialisation

La pollution partout

10 juillet 1976

Explosion de l'usine Icmesa en Italie.

13 décembre 1999



Navfrage de l'usine AZF à Toulouse.

21 septembre 2001

Explosion de l'usine AZF à Toulouse.

7 à 12 %

Proportion des cancers qui seraient imputables à la pollution de l'environnement.

2 à 5 mois

Temps nécessaire à la biodégradation du papier.

Le verre



4 000 ans

sont nécessaires à la biodégradation d'une bouteille en verre.

des effets cancérigènes d'autres substances.

COMPOSÉS INORGANIQUES

Métaux lourds

Les métaux lourds sont très utilisés depuis le début de l'ère industrielle. Ils ne sont pas dégradables. Ils sont enrichis au cours de processus minéraux et biologiques et finissent par s'accumuler dans le sol et dans l'eau. Ils peuvent également être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus. Les plus dangereux et les plus répandus sont le **mercure** et le plomb, en addition de



l'arsenic, du cadmium, du chrome, du sélénium, de l'étain et des cyanures. Le mercure est utilisé dans l'industrie papetière, électrique, chimique, et dans l'agriculture comme fongicide et bactéricide. Il est présent dans les piles, les thermomètres à mercure et certaines peintures marines. Il est connu pour ses propriétés cancérigènes et mutagènes. Ses composés peuvent causer des lésions du système nerveux central, notamment des centres de vision et d'audition. Une longue exposition peut même entraîner la mort. Les sources de la pollution par le plomb sont les fonderies de la métallurgie et leurs fumées, les incinérations d'ordures, certaines peintures et les gaz d'échappements et batteries de voitures. Les composés solubles du plomb sont toxiques, elles s'accumulent dans les tissus durs comme les os. Le plomb est connu pour entraver la fabrication de l'hémoglobine et modifier la composition du sang. Il agit également sur le système nerveux central. Son ingestion chronique provoque le saturnisme, responsable d'atteintes du tube digestif mais aussi du sang, des reins et du système nerveux. L'arsenic provient de la combustion de charbon et de fioul. Il présente une haute toxicité pour les hommes et les animaux. C'est un poison cellulaire qui atteint l'appareil digestif et le foie. La maladie la plus grave qui peut se déclarer s'appelle l'arsénisation chronique. Elle se manifeste par une cancérisation de la peau à différents



endroits. Le **cadmium** est, après le mercure, le plus toxique des métaux lourds pour les milieux aquatiques.

Substances indésirables

Il s'agit des oligoéléments, substances à concentration normalement faible dans l'eau, qui deviennent polluants lorsque leur concentration augmente. Ils

altèrent alors l'eau et ses constituants. Cette concentration peut augmenter à cause d'une pollution industrielle, comme pour le fer, ou à cause de la dégradation et la corrosion des tuyauteries. Leur limite de toxicité se traduit généralement par un goût désagréable de l'eau. Dans certains cas, elle peut causer des maladies, comme par exemple la fluorose et les caries dentaires qui sont dues à une surexposition au fluor.

Substances à concentration excessive

Ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leurs concentrations dans le milieu aquatique varient trop. Pour certaines c'est quand leur concentration augmente et pour d'autres quand elle diminue. L'azote est très abondant dans la nature et se trouve sous forme organique ou ammoniacale. Les principaux polluants atmosphériques azotés sont les oxydes d'ammoniac, surtout le monoxyde d'ammoniac NO, le dioxyde NO₂ et le protoxyde N₂O. Les pollutions azotées proviennent des rejets domestiques principalement, mais aussi de rejets industriels et de lessivage des sols riches en produits azotés. En présence d'oxygène, les matières azotées se



transforment en nitrates puis en **nitrites**. Ces deux composés sont toxiques à haute concentration pour les poissons et pour les hommes, surtout pour les nourrissons. L'eutrophisation est l'enrichissement important, naturel ou accidentel, d'un milieu aquatique en éléments nutritifs, particulièrement en phosphore et en azote. Les plantes, les algues, ainsi que les bactéries se développent alors de manière excessive. Ceci peut avoir différentes conséquences suivant deux types de scénarios : si un courant général entraîne les eaux côtières riches et les dilue au large, l'apport nutritif sera favorable au milieu marin. Si au contraire l'eau est stagnante, la prolifération des bactéries va provoquer une chute de la quantité d'oxygène, que ne parvient pas à compenser la dissolution de l'oxygène atmosphérique, réduisant ainsi le nombre d'espèces animales et végétales aquatiques. De plus, les plantes et les algues qui se développent en surface vont former une couche opaque qui empêche la lumière de pénétrer. Pour évaluer le degré d'eutrophisation, trois méthodes peuvent être mises en œuvre :

- Le dosage de l'azote et du phosphate, méthode toutefois longue et délicate, car elle doit être effectuée à des dates déterminées et de façon périodique.
- La mesure de la turbidité de l'eau. La turbidité est l'effet visuel qui traduit le trouble de l'eau. Elle est un facteur important du fait de son influence sur les propriétés physiques, chimiques, microbiologiques et radiologique de l'eau.
- Le dosage de l'oxygène : le plus souvent, on procède par la méthode de DBO₅ et de DCO.

La consommation en oxygène provient de deux réactions : d'une part, la voie chimique, c'est-à-dire une oxydation lente des composés organiques ou minéraux par l'oxygène. D'autre part, la voie biologique, c'est-à-dire que les micro-organismes présents dans le milieu consomment de l'oxygène pour transformer les matières organiques assimilables. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est le résultat d'un essai qui mesure la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour dégrader les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau maintenu à 20 °C et dans l'obscurité, pendant cinq jours. La DBO mesure donc la consommation par voie biologique. Cette mesure traduit alors indirectement la fraction biodégradable dans l'eau et représente assez fidèlement le processus de dégradation naturel. Elle est très utile dans le procédé et dans la planification de l'épuration des eaux usées et aux divers stades d'épuration biologique des eaux. La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure qui indique la quantité d'oxygène consommée par voie chimique pour dégrader l'ensemble des matières oxydables dans un échantillon. Elle est moins représentative que la DBO mais peut être effectuée rapidement. Elle est particulièrement utilisée pour mesurer la pollution d'un déchet industriel.

Généralement, on s'intéresse au rapport DBO₅/DCO :

- si DBO₅/DCO > 0,6 : il n'y a pas de problème ;
- si 0,2 < DBO₅/DCO < 0,6 : c'est une situation moyenne, mais dans les limites d'eutrophisation acceptable ;
- si DBO₅/DCO < 0,2 : il y a eutrophisation et pollution importante.

IMPACT DE LA POLLUTION CHIMIQUE

Mer, littoral, animaux marins

Leur pollution est surtout due aux marées noires ainsi qu'aux ruissellements des terres agricoles. On admet que les effets sont plus graves en milieu côtier qu'en pleine mer. Des espèces peuvent complètement disparaître, déséquilibrant tout un écosystème. À plus ou moins long terme, l'homme est touché par ces pollutions, par exemple avec l'interdiction d'exploiter des zones polluées et de consommer des organismes marins. Enfin, l'utilisation des phyto-estrogènes castre chimiquement les poissons.

Eau potable

L'eau est sujette aux pollutions bactériologiques par les nitrates, les pesticides et les métaux lourds. L'impact sur la santé varie suivant la concentration, mais aussi suivant le temps d'exposition aux substances. Il dépend fortement de la nature de la pollution. Certaines substances, comme les métaux lourds, ne sont pas éliminées par l'organisme.

ATMOSPHERE, ANIMAUX

L'émission des gaz toxiques dans l'atmosphère, suite à des accidents industriels, a de graves conséquences pour l'homme et l'environnement. Les

émissions plus régulières de tous les jours (gaz d'échappement, industries...) ont à long terme des conséquences sur le réchauffement planétaire et sur la santé de l'homme et des animaux en provoquant des maladies respiratoires et des maladies touchant le système cardiovasculaire.

MAISON, SANTÉ

La pollution dans les habitations ne vient pas seulement de l'utilisation des **aérosols**. Les composés organiques



volatils (COV) par exemple, sont présents dans les vernis, colles, pesticides, bois agglomérés et contreplaqués. On suspecte aujourd'hui que la présence de ces produits pourrait être responsable de fausses couches, de maladies ou de troubles du développement.

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Ils sont surtout remarquables dans le cas d'accident, ou de marée noire où la gestion des dégâts a généralement un coût important et des conséquences sanitaires et sociales non moins importantes. La catastrophe de Bhopal en est un exemple : aujourd'hui encore, les habitants de Bhopal ont besoin de solidarité et de soutien financier.

ACCIDENTS ET CATASTROPHES

Les accidents commencent avec le début de l'ère industrielle. Au 20^e siècle, les explosions dans les industries sont inévitablement accompagnées de conséquences environnementales plus ou moins graves. En 1976, un nuage de dioxines s'échappa d'un réacteur chimique de l'usine Icmesa, ses émissions touchent quatre communes en Italie, dont Seveso. Les composés chimiques qui se répandent n'étaient pas connus à l'époque mais les conséquences n'en furent pas moins graves. Après l'accident, les feuilles des arbres sont devenues jaunes, un grand nombre d'animaux sont morts, intoxiqués et 70 000 têtes de bétail touchées furent abattues. L'accident Seveso mena à l'établissement de la directive Seveso et donnera aussi son nom à tous les sites industriels classés à risques en Europe.



En septembre 2001, à Toulouse, l'**usine AZF** classée Seveso a explosé, causant de très nombreux dégâts. Parmi d'autres accidents connus figure celui de Bhopal. En décembre 1984, une fuite de 40 tonnes de gaz toxiques dans une usine en Inde provoqua une catastrophe industrielle : il y aura 8 000 morts dans les premiers jours suivant

l'explosion et plus de 20 000 morts jusqu'à nos jours. En plus des accidents industriels, les marées noires se succèdent entraînant des conséquences fâcheuses. L'échouement de navires en est la principale cause, mais il y a aussi



les incidents des **plateformes pétrolières flottantes**, comme celle de Petrobras, au Brésil en mars 2001, où furent déversées en mer près de 350 000 tonnes de pétroles.

RÈGLEMENTATION

Suite à la catastrophe de Seveso, les états européens envisagent une politique commune de protection. Le 24 juin 1982 la directive dite SEVESO demande aux États et aux entreprises d'identifier les risques associés à certaines activités industrielles dangereuses et de prendre les mesures nécessaires pour y faire face. La directive Seveso fut modifiée et son action étendue notamment après l'accident de Bâle en 1986. À partir du 3 février 1999, la directive Seveso II entre en vigueur. Elle concerne la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des **substances dangereuses**. Le traité de Stockholm



concernant les POP fut signé par 122 pays de l'ONU en 2000. Il bannit l'usage de 12 POP, dont notamment les PCB, les dioxines et les furanes. Exceptionnellement, il permet des dérogations pour le DDT dans certains pays, si son usage est justifié par la lutte contre le paludisme. Au contexte international, c'est le protocole de Montréal qui réglemente les Substances Appauvrissant la couche d'Ozone (SAO) en prenant des mesures de précaution pour réglementer équitablement le volume mondial total des émissions de substances qui l'appauvrissent. Pour ce qui est de l'utilisation des produits chimiques, la communauté européenne met en place une nouvelle réglementation qui concerne l'enregistrement, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques, connue sous le nom de REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances), qui est entrée en vigueur le 1er juin 2007. Son but est d'améliorer la protection de la santé humaine et l'environnement à partir de l'identification précoce des propriétés des substances chimiques. 100 000 molécules chimiques sont en circulation en Europe. Seules 3 000 ont été étudiées pour leur impact sanitaire. Le règlement REACH prévoit l'évaluation de 30 000 molécules chimiques d'ici à 2018.