



**HAL**  
open science

## Pollutions environnementales

P. Quenel

► **To cite this version:**

P. Quenel. Pollutions environnementales. Traité de Santé Publique, Chapitre 11, Médecines-Sciences Flammarion, p. : 99-106, 2004, 2-257-15061-9. hal-04849377

**HAL Id: hal-04849377**

**<https://hal.science/hal-04849377v1>**

Submitted on 19 Dec 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# La santé et l'environnement

## Chapitre 11. Les pollutions environnementales

L'objet de ce chapitre n'est pas de décrire, lister, ni encore moins de hiérarchiser les principaux problèmes de santé en rapport avec la pollution environnementale. Comme nous le verrons, les difficultés rencontrées pour étudier ces risques sont nombreuses, et les connaissances scientifiques encore trop complexes et lacunaires pour prétendre résumer en quelques pages cette problématique. A cet égard, concernant les faits et les données, le lecteur pourra se reporter utilement à un ouvrage publié récemment en langue française, intitulé « Environnement et Santé Publique : fondements et pratiques » [1].

Il s'agit plutôt de broser en quelques paragraphes les difficultés inhérentes à la démarche de santé environnementale concernant l'établissement des faits et des connaissances ainsi que les difficultés, rencontrées dans l'utilisation de ces connaissances dans le processus décisionnel visant à la gestion des risques environnementaux. Ce chapitre est largement inspiré de l'ouvrage cité plus haut.

### A. Définitions et champ

La pollution environnementale découle de la dégradation de l'environnement et des écosystèmes qui concourent à la vie. Elle se manifeste sous diverses formes : la pollution de l'air, de l'eau, du sol, des aliments... C'est le déséquilibre entre l'environnement naturel et l'activité anthropique qui définit la pollution environnementale. Si la nature même de la vie et de la planète fait courir à l'homme certains risques, il n'en demeure pas moins qu'un environnement biophysique exempt d'un tel déséquilibre engendrerait moins de problèmes de santé publique.

Que la qualité de l'environnement physique, chimique et microbiologique soit un des principaux déterminants de l'état de santé des populations, cela apparaît aujourd'hui comme une évidence [2]. La qualité de l'eau distribuée, de l'air respiré à l'intérieur ou à l'extérieur des locaux, des aliments, le niveau ambiant de radioactivité ou du bruit sont des facteurs reconnus comme influençant de façon directe ou indirecte la survenue de pathologies ou de maladies. Jusqu'à récemment, cette évidence avait sans doute été un peu oubliée...

Pourtant, dans la foulée du mouvement hygiéniste qui attira l'attention sur l'assainissement, l'importance de l'eau potable, la salubrité des logements, les conditions de travail, la sécurité alimentaire etc., ce sont les préoccupations liées à l'environnement qui, au XIX<sup>ème</sup> siècle, fondèrent la médecine préventive et la santé publique moderne. Mais au XX<sup>ème</sup> siècle, tout s'est passé comme si les succès de la médecine curative avaient éclipsés ceux de la prévention collective et de l'hygiène publique. C'est cette évolution qui a abouti au paradoxe actuel entre le rôle reconnu de l'environnement comme facteur déterminant de la santé et l'importance restreinte qu'il occupe aujourd'hui en santé publique.

Selon la définition de l'OMS, la santé est un état de bien être physique, mental et social qui ne se caractérise pas seulement par l'absence de maladie ou d'infirmité. Il s'agit d'un concept large, influencé par de nombreux déterminants interdépendants : des facteurs individuels génétiques (hérédité) et biologiques (vieillesse) ; des facteurs socioculturels (ressources, activité professionnelle, logement, etc.) ; des facteurs comportementaux liés au mode de vie (nutrition, exercice physique, tabagisme, toxicomanies etc.) ; des facteurs environnementaux (agents microbiens, chimiques, physiques) ; l'accessibilité à des services de santé de qualité...

L'environnement est une notion très diversement perçue selon les interlocuteurs ou les acteurs. Généralement, le concept d'environnement renvoie à la notion de milieu dans lequel nous vivons, c'est à dire à la notion de lieux et de conditions de vie. Ceux-ci recouvrent plusieurs dimensions allant du niveau individuel au collectif, du familial au professionnel, du rural à l'urbain, du local au planétaire, certains y ajoutant la notion d'environnement non pas seulement subi mais également choisi, élargissant ainsi le champ aux comportements. Cependant, pour « l'usager », l'environnement se réduit le plus souvent au monde tel qu'il le voit ou le perçoit, à travers les milieux physiques d'intérêt collectif (l'air, l'eau, le sol, l'alimentation etc.), les conditions de vie personnelles ou professionnelles, les agresseurs biologiques, chimiques ou physiques.

Plus récemment, la notion de santé environnementale a été développée par l'OMS [2]. Elle élargit l'ancienne vision hygiéniste se rapportant à l'ensemble des mesures (préventives) à mettre en œuvre pour acquérir ou conserver la santé, à la notion plus large d'interactions entre la santé et l'environnement, incluant les notions d'interactions positives (avantages) ou négatives (inconvenients). Elle porte donc sur tous les aspects de la santé et de la qualité de vie qui résultent de l'action de facteurs biologiques, chimiques et physiques de l'environnement, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique.

Si ce nouveau concept ouvre la voie à de nouvelles approches dans le champ de la recherche ou de la santé publique, force est de constater qu'il est encore peu opérationnel [3]. Cela tient essentiellement aux lacunes des connaissances scientifiques qui n'ont pas encore permis d'élaborer un référentiel permettant de hiérarchiser entre eux les problèmes de santé environnementale et de les mettre en perspective avec les autres problématiques de santé publique. Les faits laissent alors la place aux jugements de valeur...

## **B. Un nouveau paradigme**

Si l'environnement et la santé sont des notions simples en apparence et relevant du sens commun comme le suggère le slogan de l'OMS « Environnement d'aujourd'hui, Santé de demain », cette relation est en réalité très complexe à établir, à comprendre et à interpréter. De plus, en dehors de situations accidentelles, la mise en place de mesure de contrôle et de prévention dans les pays industrialisés ont fait diminuer les risques biologiques ou toxiques liés à des expositions à de fortes doses de contaminants. Aujourd'hui, la situation rencontrée se caractérise par des niveaux d'exposition relativement faibles, mais chroniques et multiples. Cette situation a pour conséquence de rendre difficile l'estimation de l'exposition, l'estimation du risque et l'inférence causale des résultats [4].

C'est sans doute cette complexité qui explique (au moins en partie) l'écart entre la perception du corps social des impacts sanitaires de la pollution environnementale et les positions souvent plus réservées des chercheurs ou des professionnels de santé publique.

Au cours des dix dernières années, cet écart s'est accentué, se manifestant à l'occasion de crises qui trouvent leur origine autour de questionnements initialement de portée le plus souvent locale. L'exemple le plus démonstratif (de plus en plus fréquemment rencontré) est celui de la survenue d'« excès » de cancers autour d'une source locale de pollution : une usine d'incinération d'ordures ménagères, une zone d'activité industrielle, une infrastructure routière, une ancienne friche industrielle, une activité agricole, une antenne relais téléphonique... Ces excès, du moins perçus comme tels, conduisent le corps social organisé en associations de défense à exiger, avec le soutien des médias, de mener en urgence des études environnementales et/ou des études épidémiologiques visant à corroborer ces perceptions.

Or, sur le plan méthodologique, essentiellement du fait de la petite taille des populations concernées et, le plus souvent, du manque de données concernant des niveaux d'exposition, étudier une telle situation pose problème tant du point de vue de l'épidémiologie que de l'évaluation quantitative des risques, les deux disciplines touchant là leurs limites. La résistance des chercheurs ou des professionnels de santé publique à s'engager en urgence dans de telles démarches est alors perçue comme un déni de la situation et un refus d'écouter ou de prendre en compte la « réalité » perçue.

Il n'en demeure pas moins que les questions soulevées à l'occasion de questionnements locaux renvoient à la problématique générale de la santé environnementale telle que rencontrée aujourd'hui ; celle de l'estimation des risques sanitaires en rapport avec des expositions environnementales multiples, chroniques, le plus souvent modérées, se manifestant par la survenue d'effets non spécifiques, après une longue latence et le plus souvent non directement observables.

## **C. Les principaux polluants**

Les polluants, ou plus généralement les agresseurs, peuvent être classés selon leur origine (naturelle, anthropique), leur nature (biologique, chimique, physique), leur vecteur d'exposition (air intérieur, air extérieur, eau de consommation, alimentation...) ou selon le lieu d'exposition (résidence, travail, hôpital...). La présentation la plus classique est basée sur la nature des agresseurs. Quatre groupes d'agresseurs sont généralement considérés : biologiques, chimiques, physiques et autres [1].

## Les agresseurs biologiques

Les agresseurs biologiques regroupent les bactéries, les virus et les protozoaires parasites. On inclut également dans ce groupe les prions, responsables de la maladie de Creutzfeldt Jakob. Les infections provoquées par des agents biologiques pathogènes peuvent être acquises de manière directe (contact direct entre humains) ou indirecte; ce dernier mode comprenant la transmission par voie aérienne, hydrique, alimentaire ou par l'intermédiaire de vecteurs (animaux ou insectes). Ils sont présentés au chapitre 3.II.

## Les agresseurs chimiques

Les agresseurs chimiques sont habituellement divisés en deux groupes : inorganiques et organiques [1].

Trois groupes de *substances inorganiques* présentant un danger pour la santé publique peuvent être sommairement identifiés : les métaux, les agents corrosifs et les composés halogénés. Parmi les *métaux*, on retrouve le cadmium, le chrome, le cuivre, le manganèse, le mercure, le nickel et le plomb auxquels on peut associer l'arsenic (en fait un métalloïde). Les *agents corrosifs* sont surtout constitués d'acides et de bases fortes. Certains polluants atmosphériques, comme l'ozone troposphérique et les oxydes d'azote, ont également un pouvoir irritant. Parmi les *halogènes* (fluor, chlore, brome et iode), plusieurs composés comme les fluorures et les acides fluorhydrique et chlorhydrique sont également toxiques. Les dangers reliés aux halogènes peuvent également découler de leur incorporation dans des molécules organiques (organohalogénés).

Les *composés organiques* sont très nombreux et peuvent être classés en plusieurs dizaines de groupes. On retiendra surtout les *hydrocarbures* et leurs dérivés. Les plus petites de ces molécules sont le méthane, l'éthane, le propane et le butane. Les *hydrocarbures aromatiques* ont une molécule de benzène à la base de leur structure ; certains ont une structure formée de plusieurs molécules de benzène auxquelles se greffent diverses chaînes linéaires ou des anneaux non benzéniques. Le benzène est reconnu comme cancérigène chez l'humain. D'autres hydrocarbures aromatiques ont des propriétés neurotoxiques ou irritent les muqueuses. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui sont engendrés par la combustion de toute matière organique (notamment pétrole, bois, charbon), sont particulièrement préoccupants parce qu'ils persistent dans l'environnement et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire, et qu'un certain nombre d'entre eux sont cancérigènes. Les *hydrocarbures halogénés* possèdent un ou plusieurs atomes de fluor, de chlore, de brome ou d'iode, ce qui leur confère une toxicité particulière et, pour plusieurs, une longue persistance environnementale (plusieurs décennies dans certains cas). Plusieurs sont couramment utilisés dans l'industrie ou le commerce. Appartiennent à cette famille les chlorofluorocarbures incriminés dans la destruction de la couche d'ozone stratosphérique. Le dichlorométhane, le trichloréthylène et le perchloroéthylène utilisés comme solvants constituent des exemples d'hydrocarbures aliphatiques chlorés. Les dioxines, les furanes, les polychlorobiphényles (PCB), plusieurs pesticides organochlorés (DDT, mirex, chlordane, par exemple), ainsi que des rejets polluants comme ceux des fabriques de pâte à papier qui utilisent le chlore comme agent de blanchiment appartiennent au groupe des hydrocarbures aromatiques chlorés; ils sont souvent désignés comme polluants organiques persistants (POP). Ces produits peuvent être cancérigènes ou neurotoxiques et ceux qui sont chlorés peuvent causer des lésions cutanées.

Enfin, il y a lieu de mentionner l'émergence d'un problème potentiel lié à des substances qualifiées de perturbateurs endocriniens dont la particularité est de simuler certaines hormones comme les œstrogènes, la testostérone et les hormones thyroïdiennes. Les conséquences d'une exposition à ces substances seraient des nouveau-nés de petit poids, une perturbation du développement cognitif et comportemental de ces enfants ainsi qu'une réduction du nombre de spermatozoïdes. La liste des perturbateurs endocriniens présumés comprend les dioxines, les furanes, les HAP, les PCB, des pesticides organochlorés ainsi que les alkyl phénols et les esters de phthalates. Ces deux derniers groupes de substances ont fait l'objet de vives controverses car elles sont présentes dans certains détergents à lessive, dans des nettoyeurs et détachants à vêtements ainsi que dans certains plastiques utilisés pour l'emballage alimentaire. Il est toutefois difficile de préciser le risque – réel ou appréhendé – découlant de l'exposition à ces substances.

## Les agresseurs physiques

Les principaux agresseurs physiques sont : le bruit, les vibrations, les rayonnements ionisants et non ionisants ainsi que les températures extrêmes [1].

Un bruit de trop forte intensité ou d'une intensité moindre, mais pendant une longue période (plusieurs années), peut endommager les cellules ciliées situées dans la cochlée (oreille interne) et causer des dommages temporaires ou permanents qui se manifestent par une perte auditive. Par ailleurs, un bruit ambiant et constant en milieu résidentiel, tel que retrouvé dans les grandes villes, près des autoroutes ou de certaines industries, peut engendrer des problèmes psychosociaux comme l'insomnie, le stress et une diminution de la qualité de vie. C'est le bruit « communautaire », directement lié à l'urbanisation, pour lequel l'Organisation Mondiale de la Santé a proposé des intensités sonores maximales souhaitables.

Les vibrations représentent surtout un risque consécutif à une exposition professionnelle (manipulation de foreuse pneumatique ou de tronçonneuse à essence, par exemple) et peuvent engendrer une désensibilisation des doigts et de la main, phénomène connu sous le nom de « main blanche ».

Le *rayonnement électromagnétique* comprend l'ensemble des émissions, des rayons gamma (longueur d'onde de l'ordre de  $10^{-12}$  m) aux ondes radio ( $10^5$  m). Le rayonnement de longueur d'onde inférieure à  $10^{-10}$  m est qualifié d'*ionisant* et regroupe les rayons X et gamma. On y inclut les particules émises par divers éléments radioactifs (radiations alpha et bêta). Une exposition à une trop forte intensité de rayonnement ionisant, ou durant une trop longue période, peut engendrer des lésions de la cellule ou de l'ADN, engendrant potentiellement un cancer. Une bonne part de l'exposition aux rayons ionisants est d'origine naturelle (rayons cosmiques, radon dans certaines résidences), alors qu'une autre portion provient des diagnostics médicaux (radiographies, médecine nucléaire).

Le *rayonnement non ionisant* comprend toutes les émissions de longueur d'onde supérieure à  $10^{-10}$  m : rayons ultraviolets, lumière visible, rayons infrarouges et micro-ondes. Les rayons ultraviolets sont notamment émis par le soleil et une exposition de longue durée peut être la cause de divers problèmes : cancers de la peau, cataractes et déficience du système immunitaire. La diminution de la couche d'ozone causerait une exposition plus intense au rayonnement ultraviolet. En ce qui concerne les champs électromagnétiques produits par les lignes à haute tension, à une fréquence de 50 ou 60 Hz, des études épidémiologiques suggèrent une association possible avec certains cancers chez l'humain, mais un lien direct de cause à effet n'a pu être établi.

Quant à la lumière visible, elle peut causer des problèmes visuels allant jusqu'à la cécité partielle ; ce type de problème se manifeste surtout durant les éclipses solaires chez certaines personnes qui regardent le phénomène sans protection adéquate.

Les *températures extrêmes* constituent également un facteur de risque pour la santé. L'exposition à de basses températures durant une trop longue période cause des engelures qui peuvent nécessiter une amputation, notamment des doigts et des orteils. Quant à l'hypothermie, c'est une diminution de la température corporelle qui peut entraîner la mort. Ces dangers sont inhérents aux pays ayant des hivers très froids ou aux personnes qui font de l'alpinisme en haute montagne. En ce qui concerne l'exposition aux températures élevées, elle peut être responsable de la crampe de chaleur et du coup de chaleur. Le premier phénomène se produit après une transpiration abondante qui élimine l'eau et le sel (NaCl), ce qui entraîne des contractions musculaires douloureuses. Le coup de chaleur se produit lorsque la température et l'humidité relative sont élevées, ce qui réduit le débit sanguin de la peau. Ces phénomènes sont de plus en plus souvent observés dans les grandes villes durant les vagues de chaleur estivales et pourraient être attribuables, au moins en partie, à l'effet de serre.

## **Les autres agresseurs**

Parmi les autres agresseurs [1], citons les agresseurs mécaniques dont les catastrophes naturelles (notamment inondations, tornades, ouragans, tempêtes de neige ou de verglas) dont la fréquence a notablement augmenté depuis les années 1980 ; les changements climatiques pourraient constituer la première cause de l'accroissement des désastres naturels.

L'énergie mécanique dégagée lors d'accidents industriels (explosions) peut également toucher les populations environnantes. L'explosion de l'usine AZF à Toulouse est là pour le rappeler !

Le stress, parfois considéré comme un « danger psychosocial », fait partie de la vie quotidienne mais lorsqu'une personne devient incapable de le gérer, il apparaît un ensemble de réactions négatives de nature psychique (dépression, violence, malaises psychosomatiques ou suicide) ou physique (hypertension, ulcères gastriques, asthme bronchique). L'exposition au stress est d'autant plus marquée que le niveau d'incertitude ou l'incapacité d'agir sont importants. Dans certains cas, le stress devient collectif et peut affecter toute une communauté ; c'est souvent le cas lorsque les informations

relatives à une situation environnementale sont « retenues », cette situation pouvant déboucher sur une crise.

## **D. Dose, danger et risque**

La détermination des risques pour la santé humaine en rapport avec la pollution environnementale nécessite de connaître quatre composantes fondamentales : la source et la nature des polluants (voir ci-dessus), l'exposition qui en résulte, la dose et le danger [5].

### **L'exposition**

L'exposition renvoie à la notion de contact entre un organisme vivant et un agresseur [6]. Jusqu'à présent, cette mesure de l'exposition a été essentiellement estimée indirectement par la concentration d'un agresseur dans le ou les milieux pollués mis au contact de l'homme. Faisant appel à des mesures microbiologiques, chimiques ou physiques, cette approche environnementale vise essentiellement à caractériser la « qualité » des milieux : la pollution atmosphérique, la pollution des eaux, la pollution des sols.... Mais la notion de milieux est complexe et en constante évolution. De plus, l'Homme est exposé simultanément à une multitude de substances présentes dans l'air, l'eau, le sol et les aliments, qui pénètrent dans l'organisme par les voies respiratoire, digestive ou cutanée. Cette approche se révèle donc insuffisante car reposant sur une vision sectorielle de l'environnement. Elle doit évoluer vers une vision plus intégrée de la notion d'exposition et prendre davantage en compte les notions de milieux, de voies d'entrée et, in fine, d'associations d'agresseurs.

### **La dose**

La notion de dose répond en partie à cette nécessité. La dose est la quantité de l'agresseur présentée à l'une des barrières biologiques de l'individu exposé (dose externe) ou l'ayant traversé (dose interne), ramenée à une unité de poids corporel et de temps [8]. Cependant, il est d'abord nécessaire de définir ce qui est pertinent, c'est à dire ce qui sera biologiquement « efficace » (la dose qui enclenche une réaction identifiable, physiologique ou non). Le développement de la chimie analytique, de la biochimie et de la biologie moléculaire a permis, dans un nombre limité de cas, la mise au point de marqueurs biologiques permettant de déterminer une dose biologiquement active [7].

Mais la mesure biologique directe n'est pas toujours possible, soit qu'il n'existe pas de marqueur biologique connu pour un agresseur donné, soit que la technique soit trop invasive ou trop coûteuse. De fait, cette approche est encore très limitée. On a recours alors à des mesures dites « approchées » à l'aide d'un questionnaire couplé à des mesures dans l'environnement. Il faut d'abord déceler toutes les voies possibles d'exposition (comme l'alimentation, l'air, l'eau...), puis mesurer les concentrations des agresseurs dans ces différents milieux et interroger les sujets sur le temps passé dans ces milieux ou sur les quantités d'eau et d'aliments ingérées [1].

### **Le danger**

Il importe de bien différencier les notions de danger (hazard en anglais) et de risque. Le danger est une notion qualitative : c'est le potentiel que possède un agresseur quelconque (biologique, chimique, physique) d'exercer un effet néfaste sur la santé. Il peut s'agir du changement d'aspect d'un organe, d'une altération transitoire ou définitive d'une ou plusieurs de ses fonctions, de troubles du comportement, d'une malformation fœtale ou d'un retard de croissance, d'une mutation génétique, d'une pathologie, d'une maladie, d'une tumeur bénigne ou maligne, d'un décès [6].

### **Le risque**

Le risque est une notion quantitative et probabiliste : c'est la probabilité que des dangers (i.e. des effets néfastes pour la santé humaine) surviennent au sein d'une population à la suite d'une exposition à un agresseur [6].

Une telle conception est particulièrement pertinente pour l'étude de la relation santé - environnement. Le risque, ainsi défini, permet d'analyser les problèmes de santé au niveau de la population, ce qui rencontre l'essence même de l'activité de santé publique.

De plus, l'analyse des problèmes de santé en termes de risque permet d'introduire la notion de multifactorialité des maladies (un germe ne suffit pas toujours à provoquer l'infection, le tabac n'est pas la seule cause du cancer bronchique, l'asthme est une maladie génétiquement déterminée dont les crises sont déclenchées par des facteurs psychologiques ou environnementaux...). Une telle approche rompt avec la conception déterministe de la santé (une cause entraîne nécessairement un

effet) en faveur d'une conception probabiliste (un faisceau de facteurs augmente la probabilité que survienne un ensemble de maladies) [8].

La capacité de mesurer les risques et de les comparer est donc essentielle pour exprimer quantitativement les conséquences d'une exposition sur la santé de l'homme. C'est aussi un concept fournissant une base permettant aux différentes disciplines scientifiques de dialoguer entre elles.

## **E. Santé Environnement : une relation difficile à établir**

L'approche sanitaire, qu'il s'agisse de l'expérimentation animale ou de l'observation humaine (épidémiologie), qui s'intéresse donc à la dose, au danger et au risque a été beaucoup moins développée que l'approche environnementale. Pour que le concept de santé environnementale devienne véritablement opérationnel, il est donc nécessaire de créer les conditions d'un rapprochement des spécialistes et des cultures, encore trop cloisonnés à ce jour. Seule la multidisciplinarité regroupant médecins, épidémiologistes, biologistes, toxicologues, hygiénistes, ingénieurs, métrologistes, spécialistes des sciences sociales et du comportement permettra d'appréhender l'impact sur la santé des facteurs environnementaux et de mieux les maîtriser pour protéger les populations.

Au-delà de ce principe et des aspects organisationnels qui en découlent, de nombreuses questions d'ordre méthodologique doivent être prises en compte pour étudier et analyser les relations entre la pollution environnementale et la santé.

L'une des difficultés actuelles est pouvoir de déceler des causes augmentant faiblement le risque d'apparition d'une maladie (i.e. le Risque Relatif) avec des outils imparfaits. Par exemple, après les découvertes exemplaires et universellement admises, telles que le rôle du tabac, de l'alcool et de l'hépatite B dans l'augmentation de 10 à 50 fois de la fréquence de certains cancers (poumons, œsophage, foie), il s'agit d'étudier maintenant des expositions environnementales diffuses, comme la pollution de l'air, contribuant à une augmentation faible mais réelle du risque de certaines maladies. C'est la situation classiquement rencontrée dans le champ de la santé environnementale où les facteurs de risque s'expriment par des risques relatifs caractérisés de faibles par l'épidémiologie, généralement inférieurs à 2 [4, 9]. Cependant, malgré le faible accroissement de risque attendu (le Risque Relatif), celui-ci peut concerner une fraction très importante de la population et, par conséquence, se traduire par un impact important sur la santé publique (le Risque Attribuable) [8].

### **Estimer l'exposition**

Les expositions aux agresseurs environnementaux peuvent être aiguës, chroniques, discontinues ou continues et alternées. La situation actuellement rencontrée se caractérise par des expositions relativement faibles et chroniques, mais multiples, dans lesquelles les phénomènes d'interaction sont le plus souvent inconnus et donc difficiles à prendre en compte. De plus, il existe une grande variabilité spatio-temporelle de l'exposition aux facteurs environnementaux et une forte hétérogénéité dans la façon dont les individus sont exposés aux polluants. Mesurer avec précision l'exposition d'un sujet ou d'une population à des agresseurs de l'environnement représente donc l'une des principales difficultés en santé environnementale.

Raffiner les mesures d'exposition à des facteurs environnementaux, pour se rapprocher de la mesure de la dose effective et pour diminuer les erreurs, est un objectif essentiel pour améliorer la puissance des études sur les effets de l'environnement. Ceci doit se faire dans deux directions : d'une part, développer des marqueurs biologiques valides et simples et, d'autre part, améliorer les méthodes d'estimation des expositions individuelles.

### **Prendre en compte les facteurs d'hôte**

De façon analogue, la susceptibilité de chaque individu aux agresseurs de l'environnement est très variable. Les facteurs d'hôte ou de susceptibilité individuelle sont encore largement inconnus, ce qui rend difficile l'identification des populations sur lesquelles devraient porter en priorité les études et, en conséquence, les mesures de santé publique.

### **Déterminer la dose effective et la latence**

Un autre facteur de complexité provient de la différence, essentielle à faire, entre les notions de contamination, d'exposition et de dose. La contamination concerne la qualité des différents milieux et un milieu très dégradé ne constitue pas nécessairement un risque pour l'humain. S'il n'existe pas de

possibilité de contact entre une population et ce milieu dégradé, on a sans doute un problème environnemental à résoudre, mais pas un problème de santé publique. Ce qui compte, de ce point de vue, c'est la dose biologiquement effective, c'est-à-dire la quantité de polluant qui atteint les organes cibles susceptibles de voir leur fonctionnement altéré (voir ci-dessus).

Quant aux manifestations sanitaires en rapport avec l'exposition à des agresseurs, qu'ils soient de nature toxique, infectieuse ou allergique, elles peuvent survenir à court, moyen ou long terme sans que, la plupart du temps, la période de latence entre l'exposition et la survenue de ces manifestations soit connue.

Des travaux ont ainsi été développés autour de l'étude des effets précoces de l'exposition à des facteurs environnementaux. Par définition, ces effets, souvent non spécifiques, peuvent apparaître dans un délai relativement court après le début de l'exposition (des anomalies chromosomiques dans les lymphocytes après une exposition à des produits mutagènes, par exemple) mais leur signification clinique est rarement bien connue. Les atteintes précoces peuvent n'être que transitoires, sans qu'une réelle altération de l'état de santé en résulte. Dans les quelques domaines où le pouvoir prédictif de ces marqueurs a été bien établi, cela a permis une nette avancée dans les connaissances des effets de l'environnement; ainsi, l'excrétion urinaire de protéines de faible masse moléculaire a permis de détecter des altérations précoces de la fonction rénale en relation avec l'ingestion d'aliments contaminés par le cadmium [1].

### **Mesurer les effets**

L'absence de spécificité entre la nature des dangers associés aux agresseurs est souvent à l'origine d'erreurs de classement et peut causer une perte de puissance d'une étude lorsque l'effet pathologique effectivement associé à une exposition donnée est « noyé » dans une définition trop large. En conséquence, il est préférable d'étudier des affections biologiquement homogènes et définies le plus précisément possible. Cela n'est pas toujours possible, et beaucoup d'études utilisent des indicateurs aussi généraux que la mortalité totale ou des conditions pathologiques définies à partir de certificats de décès. Mais les indicateurs classiques de mortalité et de morbidité sont souvent insuffisants pour caractériser entièrement la santé sous ses différents aspects, notamment ceux qui sont positifs. Malgré des avancées récentes, il reste difficile de mesurer, sur une base routinière et à long terme, dans une optique de comparabilité, des dimensions telles que le stress ou la qualité de vie.

Par ailleurs, l'amélioration générale de l'état de santé s'est traduite par un allongement de la durée de vie, ce qui rend encore plus difficile la mise en évidence d'un impact spécifique de l'environnement. Lorsque le bruit de fond est élevé (par exemple, la prévalence des maladies qui augmente avec l'âge), la détection demande de meilleurs outils d'observation [10]. Se pose alors la question de savoir quels sont les indicateurs de santé pertinents.

Qu'il s'agisse de caractériser la santé, d'apprécier correctement les expositions ou de quantifier les liens entre ces deux variables, les difficultés sont donc nombreuses. Il en résulte que l'estimation des risques liés aux facteurs d'environnement reste le plus souvent entachée d'incertitude et que l'inférence causale des résultats observés est souvent limitée, du fait notamment de l'exposition simultanée à une multitude de contaminants interagissant entre eux.

## **F. Une reconnaissance difficile qui nuit à la prévention**

La reconnaissance de l'impact réel de la pollution environnementale sur la santé souffre de cette difficulté à établir sur le plan causal l'origine environnementale d'une maladie. Les lésions ou décès résultant d'accidents majeurs, comme la catastrophe de Bhopal en Inde, sont soudains et peuvent être reliés assez facilement à leur cause. Il en va tout autrement des pathologies et maladies environnementales, et des décès qui y sont associés. Le problème est particulièrement vrai dans le cas des effets liés à l'exposition à des substances toxiques, effets survenant souvent à moyen ou long terme et dont la « signature environnementale » échappe généralement aux médecins [1].

Il faut également souligner le manque de formation, et d'incitation, des médecins à la recherche des causes environnementales possibles des maladies au moment du diagnostic. Le modèle « tout curatif » est encore bien ancré dans les pratiques, au détriment de la médecine préventive. Cette sous reconnaissance des maladies environnementales, spécialement d'origine toxique, est responsable de leur peu de visibilité dans les statistiques sanitaires.



## G. Un environnement en pleine mutation

Alors même que les impacts sanitaires de la pollution environnementale sont « mal reconnus », les dangers et les risques auxquels l'Homme est soumis ont connu, au cours des dernières décennies, un développement considérable.

Jamais nous n'avons eu une telle capacité de produire autant de nouveaux agresseurs susceptibles d'altérer la santé. En particulier, la possibilité de fabriquer de nouvelles substances chimiques (plusieurs milliers chaque année) n'a jamais été aussi grande. La charge chimique atmosphérique, hydrique ou alimentaire est croissante. Certes la pollution atmosphérique urbaine, contrairement à une idée largement répandue, a diminué depuis les années 50. Mais si cela est vrai pour les polluants classiquement surveillés (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, fumées noires, plomb), le nombre de composés organiques volatiles, comme le benzène, issus notamment des carburants automobiles, augmente. Et l'on ne sait pas grand chose des évolutions temporelles de polluants d'intérêt récent, comme les particules ultrafines ou les composés issus des réactions photochimiques, dont l'ozone troposphérique est le chef de file. La ressource en eau est menacée par l'utilisation extensive des engrais azotés et des pesticides.

Jamais, les conditions d'exposition à des agresseurs multiples n'ont été si démultipliées. En effet, les conditions et les modes de vie ont connu, dans les sociétés industrialisées, une évolution d'une rapidité sans précédent. L'urbanisation est désormais l'organisation sociale prédominante se traduisant par des concentrations humaines considérables, ce qui signifie, en termes épidémiologiques, un accroissement du nombre de personnes potentiellement exposées. En termes sociaux, cela se traduit aussi par l'apparition de phénomènes de précarisation et d'exclusion aux conséquences imprévisibles, notamment sur les conditions d'exposition. Les modes de production se sont industrialisés et, dans ce contexte, toute erreur sur la chaîne de production peut avoir des impacts sanitaires à des milliers de kilomètres du lieu de production. Les modes de fabrication des aliments a connu une véritable révolution, sans même parler de l'introduction des biotechnologies. Le développement des transports aériens a intensifié les échanges internationaux. Les bâtiments neufs sont de mieux en mieux isolés sous la pression des économies d'énergie et, dans le même temps, de nouveaux matériaux de synthèse sont entrés dans la composition des meubles, des peintures, des murs et des sols avec, de surcroît, une multitude de produits de nettoyage ou de bricolage dont l'utilisation ne peut pas être contrôlée comme cela est fait en milieu professionnel.

A ces évolutions considérables, à proximité immédiate des lieux de vie, s'ajoutent des phénomènes planétaires dont les conséquences pourraient menacer la présence même de l'homme sur la terre. Quel est le rôle exact de ces transformations rapides sur la survenue des nouvelles maladies ou sur les épidémies ? Il est certain que les transformations des comportements ont joué un rôle majeur dans la réalisation du potentiel épidémique du VIH. Il est aussi possible que les brassages de populations jouent un rôle dans la transmission de virus. Cela a été évoqué pour expliquer des agrégats spatio-temporels de leucémies autour des sites nucléaires.

Ce qui est sûr, c'est que les conditions de vie sur terre se sont plus transformées au cours de ce siècle qu'au cours des deux derniers millénaires. La vraie question est donc celle de la rapidité de ces changements et de la capacité des organismes humains à s'y adapter. Si un tel tableau peut apparaître dramatique, c'est oublier que les évolutions technologiques ont aussi concerné l'efficacité de la médecine, l'amélioration des contrôles de qualité, les systèmes de surveillance permettant de détecter les risques de plus en plus tôt. N'oublions pas que l'épidémie de sida a été détectée aux États-Unis à partir de 19 cas d'immunodéficience acquise et qu'une dizaine de cas a suffi pour comprendre que l'encéphalopathie spongiforme bovine prenait une nouvelle forme clinique.

Nous payons sans doute le prix de certaines expositions du passé qui ont aujourd'hui notablement diminué, mais l'évolution et la nature des pollutions environnementales actuelles se sont également complexifiées. Certes, l'augmentation de la fréquence de certaines maladies pourrait résulter d'un effet paradoxal de la médecine qui permet à plus de personnes fragiles de vivre plus longtemps. L'amélioration des outils diagnostiques peut aussi contribuer à donner une fausse impression d'une augmentation du risque. Cela pourrait être le cas pour les tumeurs du cerveau, grâce aux progrès considérables de l'imagerie médicale.

## H. Un champ mal positionné

Au cours des dernières décennies, c'est au travers de problèmes fortement médiatisés que les problèmes de santé environnementale sont revenus sur le devant de la scène : les accidents de Seveso (dioxine) et de Bhopal (isocyanate de méthyle) ; celui de Tchernobyl ; de Love canal (une zone au sol polluée par des produits chimiques qui a dû être déclarée zone fédérale sinistrée aux États-Unis ; cette affaire contribua à la création de l'US Environmental Protection Agency) ; le pyralène des transformateurs électriques ; la présence de benzène dans l'eau de Perrier ; le saturnisme au cœur des villes ; l'huile toxique à Madrid ; la pollution atmosphérique urbaine ; la controverse sur les champs électromagnétiques de basse fréquence ; les nitrates et les pesticides dans l'eau et les aliments ; la baisse de la qualité du sperme pour laquelle des substances chimiques pouvant perturber les métabolismes hormonaux sont incriminées ; les leucémies à proximité de l'usine de retraitement de La Hague. Et, bien sûr, l'amiante, qui avec la transmission transfusionnelle du sida et l'affaire de la vache folle a provoqué un véritable traumatisme social.

De cette liste, qui est loin d'être exhaustive, on pourrait conclure que les risques sanitaires liés aux facteurs d'environnement vont croissant. Mais, d'un autre côté, on constate que l'espérance de vie augmente, que les milieux sont moins pollués que par le passé, que les réglementations sont de plus en plus contraignantes et les valeurs limites d'exposition de plus en plus sévères.

Que connaît-on réellement des problèmes de santé environnementale aujourd'hui ? En 50 ans de recherche sur ce thème, il n'a été possible d'obtenir des certitudes scientifiques que pour quelques dizaines d'agresseurs. Or, pour s'en tenir au risque chimique, il y a 70 000 substances commercialisées et chaque année, 1 000 substances nouvelles sont mises sur le marché. L'étude toxicologique ou épidémiologique de ces produits est hors de portée pour des questions de temps et d'argent. Qui donc aujourd'hui est capable d'ordonner, sinon de lister, les « 100 grands problèmes » en santé environnementale ?

Enfin, reste l'invisibilité, du moins à court terme, des effets des politiques de prévention ainsi que des aspects positifs de l'environnement sur la santé.

## I. Prévention et précaution

Les crises récentes ont démontré que les citoyens avaient une perception accrue des risques que leur font courir leurs milieux de vie, les sources d'énergie et les conditions actuelles de production industrielle de biens de consommation. Le développement des moyens modernes de communication contribue sans doute à cette nouvelle capacité d'appréhender l'émergence de risques nouveaux (ils s'agit souvent d'hypothèses) avant que les recherches scientifiques n'aient pu faire toute la lumière sur le problème. L'opinion publique demande alors aux décideurs politiques de prendre en compte cette perception et les craintes qui s'y attachent et de mettre en place des mesures préventives pour supprimer le risque perçu ou, tout au moins, le limiter à un niveau acceptable.

Dès lors, décider de prendre des mesures sans attendre toutes les connaissances scientifiques nécessaires relève d'une nouvelle approche fondée sur le principe de précaution. Le concept du principe de précaution a été développé et juridiquement établi dans le domaine de la protection de l'environnement. Il est né dans le cadre de conventions internationales. Ainsi, le Principe 15 de la déclaration de Rio en 1992 précise : « *In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation* ».

Dans le domaine de la santé, le Traité d'Amsterdam ne mentionne pas le principe de précaution dans la législation communautaire. Cependant, l'article 100 a été modifié ainsi : « *The Commission, in its proposals envisaged in paragraph 1 concerning health, safety, environmental protection and consumer protection, will take as a base a high level of protection, taking account in particular of any new development based on scientific facts* ». L'arrêt de la Cour Européenne de Justice sur la décision de la Commission interdisant l'exportation de boeuf du Royaume Uni pour limiter le risque de transmission de la maladie de la vache folle va dans ce sens également : « *In view of the seriousness of the risk and the urgency of the situation, and having regard to the objective of the decision, the Commission did not act in a manifestly inappropriate manner by adopting the decision, on a temporary basis and pending the production of more detailed scientific information* ».

Ce principe marque un engagement de responsabilités pour des décideurs. C'est une tâche éminemment politique qui s'exerce dans des conditions d'incertitude scientifique. Comme le souligne la Commission européenne « *entre le principe d'interdire (ou ne pas autoriser) un produit ou un procédé tant que la science n'a pas prouvé son entière innocuité et le principe de ne pas interdire (ou d'autoriser) ce produit ou ce procédé tant que la science n'a pas démontré qu'il y a un risque réel, il y a un grand espace pour l'application d'un principe de précaution raisonné* ».

Parallèlement, on assiste à de nombreuses prises de position déplorant une soit disant exigence sociale de risque nul. Ces positions rappellent que le risque fait partie de la vie, que sans risque, le progrès est condamné et que nos sociétés connaissent un niveau de sécurité jamais atteint dans l'histoire. D'où des appels réitérés à la raison. Si une part de risque reste inévitable, si les faibles doses ont une action probabiliste, alors la question se pose du niveau de risque tolérable. Cette discussion reste encore pour l'essentiel de nature technocratique. Elle se réduit à la fixation d'un niveau de risque que l'on transpose en valeurs d'exposition à ne pas dépasser au cours d'une vie. L'idée qu'il puisse un jour exister un seuil universel de risque accepté socialement est en fait vouée à l'échec. Car, en réalité, ce qui est acceptable ou non, n'est pas tant le niveau de risque que le processus décisionnel aboutissant au choix d'une option de gestion du risque. C'est en ce sens qu'on peut dire qu'un risque accepté est, avant tout, un risque quantifié.

Cependant, c'est moins le résultat de l'évaluation des risques qui compte que la transparence de son processus. En rendant plus lisible les données scientifiques, en faisant en sorte que ce ne soit pas la dernière étude publiée qui ait systématiquement raison, l'évaluation des risques force les décideurs à devoir expliciter à leur tour leurs critères de gestion. L'acceptabilité est donc un processus social, ce n'est pas un objectif déterminable à l'avance. Ceci est d'autant plus important que les actions de réduction des risques dans un secteur s'accompagnent presque inévitablement de leur accroissement dans d'autres secteurs...

## **J. L'avenir ?**

Du point de vue de la santé publique, l'homme est un tout. Il n'y a pas d'un côté les milieux intérieurs et de l'autre les milieux extérieurs. Il n'y a pas des individus isolés les uns des autres, coupés de leur environnement social et naturel. Il y a une compréhension globale de l'homme à développer et à prendre en compte dans les politiques publiques.

Un des grands apports de la pensée scientifique de ces trente dernières années est la compréhension des interactions entre les mécanismes biologiques et les caractéristiques écologiques des milieux de vie. Cependant, malgré l'abondance d'information sur les risques pour la santé découlant de l'exposition à divers agresseurs de l'environnement, leur reconnaissance et leur prise en compte « à leur juste valeur » sont encore limitées. Les effets sur la santé des agresseurs environnementaux, bien que souvent invisibles au niveau individuel et difficilement observables au niveau collectif, sont pourtant bien réels. Ils se manifestent parfois de façon spectaculaire lors d'accidents déjouant les systèmes de prévention établis. De multiples obstacles et difficultés, évoquées dans ce chapitre, expliquent le peu de visibilité des situations où les expositions sont chroniques.

C'est le rôle des professionnels de santé publique que d'informer les populations sur ces risques et de veiller à leur protection sur la base des connaissances valides, les plus récentes. Mais, l'incertitude est véritablement le trait commun à la plupart des questions ayant trait à la santé environnementale.

Le traitement de ces questions et la réduction de cette incertitude passent par : 1) le développement de la recherche en santé environnementale, 2) associée au renforcement de la formation dans ce domaine, notamment du corps médical, 3) ainsi qu'au renforcement et à la structuration de l'interdisciplinarité qui seules permettront de jeter les bases d'une démarche transparente de quantification des risques [11], et 4) l'organisation d'un processus d'expertise permettant de débattre de manière éclairée et responsable. C'est ce défi que doit relever la nouvelle Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement.

## Bibliographie

1. Gérin M., Gosselin P., Viau C., Cordier S., Quénel P., Dewailly E. Environnement et Santé Publique : fondements et pratiques. *Editions Tec & Doc – Edisem, Québec, juin 2003;1023 pages.*
2. OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Stratégie mondiale de l'OMS pour la santé et l'environnement. *OMS, Genève, 1993;32 pages*
3. Quénel P., Festy B. La santé environnementale : un concept à développer en France. *Actualité et Dossier en Santé Publique 1995;13:I-II.*
4. Hémon D. Recherche épidémiologique sur l'environnement et la santé : quelques aspects méthodologiques. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique 1995;43:395-411.*
5. Bard D. Principes de l'évaluation des risques pour la santé publique liés aux expositions environnementales. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique 1995;43:423-431.*
6. Quénel P., Burgei E., Ledrans M., Dab W., Kopel A., Bard D., et al. Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. *Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, février 2000;49 pages.*
7. IPCS (International Programme on Chemical Safety). Biomarkers and risk assessment: Concepts and principles (Environmental Health Criteria 155). *World Health Organization, Geneva (Switzerland);1993b:92 pages.*
8. Kleinbaum D.G., Kupper L.L., Morgenstern H. Epidemiologic research: principles and quantitative methods. *Belmont, CA: Lifetime learning Publications, 1982.*
9. Rylander R. L'épidémiologiste face à l'estimation des risques faibles. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique 1992;40:383-390.*
10. Quénel P. Surveillance de santé publique et environnement. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique 1995;43:412-422.*
11. IPCS (International Programme on Chemical Safety). Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals (Environmental Health Criteria 210). *World Health Organization, Geneva (Switzerland) 1999;110 pages.*