



HAL
open science

Santé environnementale

Martine Ledrans, P. Quenel, Georges Salines

► **To cite this version:**

Martine Ledrans, P. Quenel, Georges Salines. Santé environnementale. Traité de Santé Publique, Médecine-Sciences Flammarion, p. 158-165, 2007, 278-2-2570-0022-4. hal-04849423

HAL Id: hal-04849423

<https://hal.science/hal-04849423v1>

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.

Santé environnementale,

M. Ledrans, P. Quenel, G Salines.

L'objet de ce chapitre n'est pas de décrire les principaux problèmes de santé en rapport avec les pollutions environnementales, ni de les hiérarchiser, et ni même d'en dresser la liste. 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 cette problématique en quelques pages. Pour une approche plus complète, le lecteur pourra se reporter utilement à un ouvrage récemment publié en langue française, intitulé *Environnement et santé publique : fondements et pratiques* [1], qui inspire assez largement le présent chapitre.

Notre ambition est ici de présenter les difficultés inhérentes à la démarche de santé environnementale concernant, d'une part, l'établissement des faits et des connaissances et d'autre part, l'utilisation de ces connaissances dans les processus décisionnels visant à la gestion des risques environnementaux.

1 LES COMPOSANTES DE LA SANTE ENVIRONNEMENTALE AUJOURD'HUI

1.1 DEFINITIONS ET CHAMP

Que la qualité de l'environnement physique, chimique et microbiologique soit l'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 pour influencer de façon directe ou indirecte la survenue de pathologies.

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.

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].

1.2 UN ENVIRONNEMENT EN PLEINE MUTATION

Jamais nous n'avons eu une telle capacité à 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. 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, entraînant 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 pour 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 ont 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 elle l'est en milieu professionnel. L'irruption récente des nanoproduits ou nanotechnologies dans nos environnements qu'ils soient professionnel, domestique ou sanitaire est une illustration parfaite des questions posées par d'aussi promptes évolutions technologiques .

Le rôle exact de ces transformations rapides sur la survenue des nouvelles maladies ou sur les épidémies est souvent difficile à déterminer. Ainsi, s'il est certain que les transformations des comportements ont joué un rôle majeur dans la réalisation du potentiel épidémique du VIH, le passage d'un environnement rural à un environnement urbain n'est pas sans lien avec ces modifications comportementales, Il est par ailleurs possible que les brassages de populations jouent un rôle dans la transmission des virus. Une hypothèse fondée sur un phénomène du même type a ainsi été avancée pour expliquer la découverte relativement fréquente d'agrégats spatiotemporels de leucémies autour de certains sites nucléaires alors qu'aucune surexposition significative aux rayonnements ionisants n'a pu les expliquer.

À ces évolutions considérables qui surviennent 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. Ainsi, le réchauffement climatique aura probablement des conséquences sanitaires majeures mais qui ne sont pas nécessairement celles auxquelles on pense généralement : les déplacements des zones fertiles pourraient ainsi avoir un impact sanitaire bien supérieur à ceux dus aux phénomènes météorologiques extrêmes ou aux modifications de l'écologie des vecteurs [3]

1.3 QUE SAIT-ON ACTUELLEMENT DES EFFETS SUR LA SANTE DE L'ENVIRONNEMENT ?

Il serait fastidieux sinon impossible de constituer la liste des effets nocifs sur la santé dus aux agents dangereux présents dans l'environnement et, ce, en fonction des

différents agents, des différentes modalités d'exposition et différentes susceptibilités des groupes de populations. Cette démarche même si elle se voulait exhaustive ne préjugerait d'ailleurs pas des effets synergiques des expositions multiples. En effet, les multiples expositions de la vie courante à une grande variété d'agents nocifs (qu'ils soient infectieux, chimiques ou physiques) entraînent une grande diversité d'effets qui peuvent atteindre nombre d'organes, de systèmes et finalement de fonctions biologiques. Il résulte, des études publiées jusqu'à aujourd'hui sur le sujet, une somme de données éparses, variées et souvent lacunaires au vu desquelles l'OMS et l'union européenne ont malgré tout pu définir quatre grandes familles de pathologies à cibler dans les politiques de santé environnementale dans les pays européens à haut revenu^{i*}.

1.3.1 Les cancers [4]

On observe une augmentation brute de 63% de l'incidence des cancers de l'adulte en France durant la période 1978-2000 ; cette augmentation est de 35% si l'on prend en compte la part liée au vieillissement de la population [6]. Par ailleurs, les facteurs de risque d'un certain nombre de localisations cancéreuses dont l'incidence continue de croître demeurent mal connus : par exemple les lymphomes, les tumeurs cérébrales, le cancer du testicule, le cancer du pancréas. De même, les cancers de l'enfant et de l'adolescent, maladies rares, semblent voir leur incidence augmenter dans les dernières décennies, dans les pays développés et notamment en Europe [7]. Toutefois ces augmentations ne sont pas à l'heure actuelle observées en France chez les enfants [8,9].

Selon les connaissances actuelles, le processus pathologique cancéreux résulte d'une cascade d'événements cellulaires déclenchés par des altérations génétiques (mutations d'un ou de plusieurs gènes) [10]. 5 à 10 % de ces altérations seraient d'origine héréditaire [11] mais la majorité d'entre elles semblent liées à des interactions avec l'environnement physique (ex : radiations ionisantes, rayonnement solaire), chimique (ex : tabac, chrome, arsenic, cadmium, chlorure de vinyle, benzène, aflatoxine) ou biologique (ex : papillomavirus, virus d'Epstein Barr). Plusieurs facteurs (ex : tabac et alcool, tabac et radon, aflatoxine et virus de l'hépatite B pour le cancer du foie [12]) peuvent se potentialiser.

Le potentiel cancérigène d'un agent est évalué au moyen des seules méthodes disponibles aujourd'hui : les tests *in calculo* (modélisations), *in vitro* (mutagénicité, génotoxicité, cytotoxicité), les expérimentations animales, les études de cas et les études épidémiologiques. Des évaluations, reflétant l'état des connaissances

ⁱ Priorités qui ne doit pas faire oublier dans les pays en développement, le poids des maladies infectieuses

scientifiques à un moment donné, analysées par des groupes d'experts indépendants, aboutissent à des classifications diverses pour les agents cancérigènes. La principale classification est celle du Centre International de Recherche sur le Cancer (Lyon, France), émanation de l'OMS, qui a évalué depuis 1972 plus de 800 substances ou expositions, dont environ 380 ont été classées en cancérigène certain (1), probable (2A) ou possible (2B) pour l'homme. La plupart des données humaines utilisées dans les évaluations sont issues d'études en milieu professionnel, à des niveaux d'exposition souvent beaucoup plus importants qu'en population générale. Lorsqu'une substance est classée « cancérigène certain » par le CIRC, cela signifie qu'il existe un niveau de preuve suffisant pour affirmer qu'elle peut provoquer un cancer chez l'homme dans des conditions d'exposition élevée. En revanche, son potentiel cancérigène à faible dose, en population générale, reste difficile à cerner.

1.3.2 Les effets sur la reproduction [13]

- Les anomalies du développement fœtal

Les premières associations entre facteurs d'environnement et malformations congénitales ont été observées lors d'expositions aiguës et massives. A Hiroshima et Nagasaki (Japon), les survivants exposés in utero aux radiations présentaient des signes de microcéphalie et de retard mental. A Yusho et Yucheng (Taïwan), l'ingestion d'huile contaminée par des polychlorobiphényles (PCBs) pendant la grossesse, a provoqué l'apparition d'hyperpigmentation chez les nouveaux-nés, puis de retards du développement neurocomportemental chez les enfants. Depuis, un grand nombre d'études épidémiologiques ont permis d'identifier des produits potentiellement, voire certainement, associés à des anomalies du développement comme les avortements spontanés, les malformations congénitales ou les retards de développement neurocomportemental de l'enfant, lors d'une exposition maternelle. Les radiations ionisantes, le mercure, le plomb, les PCBs et dioxines, certains solvants et pesticides, certains gaz anesthésiants sont concernés par ces associations. Ces mêmes substances ont également été associées à un excès de risque d'avortements spontanés lors d'expositions paternelles mais la relation est moins fermement établie.

Concernant la prématurité ou le retard de croissance intra-utérin, le rôle étiologique d'une exposition professionnelle ou environnementale à des substances chimiques ou agents physiques n'est pas encore complètement établi. Seule l'exposition au plomb est reconnue comme susceptible d'augmenter le risque de retard de croissance intra-utérin. Cependant, la littérature récente évoque une augmentation de la fréquence de retard de croissance intra-utérin dans des

transmises par l'eau, les aliments et les vecteurs.(cf chapitres 36 et suivants)

populations exposées notamment aux trihalométhanes (sous-produits de chloration de l'eau) ou à certains herbicides ou résidus d'insecticides type DDT, à la pollution de l'air. Les difficultés à conduire des études épidémiologiques dans ce champ sont telles que, alors que chez l'animal plusieurs milliers de produits ont été identifiés comme toxiques pour la reproduction, seuls quelques dizaines (incluant les médicaments) sont des produits toxiques confirmés pour la reproduction humaine. Pourtant parmi les tératogènes connus, les doses seuil traduisent une plus grande sensibilité de l'homme à ces substances par rapport aux animaux d'expérience (de l'ordre d'un facteur 10, jusqu'à 100 pour les PCBs).

- Infertilité

Chez l'homme, la diminution de la qualité du sperme observée entre 1940 et 1990, de même que l'augmentation de l'incidence de désordres testiculaires ont conduit à soupçonner la responsabilité des composés chimiques de l'environnement, capables de mimer les effets des hormones sexuelles endogènes. Plus précisément, il serait possible qu'une exposition in utero à des substances possédant des propriétés oestrogéniques soit à l'origine d'une grande variété d'effets adverses parmi lesquels se retrouvent des problèmes de fertilité, de malformation du système reproducteur, des modifications du comportement sexuel. En théorie, un blocage de l'action des androgènes ou un stimulus oestrogénique à des moments inopportuns de la grossesse pourraient tous deux induire une altération du développement de l'appareil reproducteur mâle.

Le rôle de l'environnement sur l'infertilité féminine a fait l'objet de beaucoup moins de travaux, en particulier en raison de difficultés méthodologiques. Si certaines études chez des femmes professionnellement exposées ont enregistré les perturbations des cycles menstruels et de la durée des menstruations, la multiplicité des facteurs qui affectent ces paramètres chez la femme en font des indicateurs peu spécifiques.

1.3.3 Les maladies respiratoires

- Asthme et maladies allergiques respiratoires immunes

Une importante augmentation de la prévalence de l'asthme a été observée dans la seconde moitié du XXème siècle chez l'enfant comme chez l'adulte dans de nombreux pays européens. En France, la prévalence se stabilise actuellement à plus de 10 % chez l'enfant et aux alentours de 5 % chez l'adulte [14, 15]. Même si on peut attribuer cette augmentation à l'amélioration diagnostique, les modifications de l'environnement sont aussi suspectées de jouer un rôle. C'est également le cas pour l'augmentation de la fréquence d'autres maladies allergiques comme la rhinite allergique et l'eczéma. Bien que de nombreuses inconnues subsistent sur l'étiologie de la maladie, le

tabagisme de la mère durant la grossesse, le tabagisme passif durant l'enfance et l'exposition professionnelle à de nombreux agents biologiques ou chimiques sont connus comme facteurs de risque du développement d'un asthme. Les allergènes, les infections, les irritants respiratoires (polluants atmosphériques et polluants de l'air intérieur) sont des facteurs déclenchant des crises. D'autres maladies résultant d'une perturbation du système immunitaire sont aussi en augmentation. Cette constatation a conduit à avancer l'hypothèse « hygiéniste » selon laquelle la baisse de stimulation du système immunitaire dans l'enfance favoriserait l'apparition de ces pathologies [16].

- La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO)

Dans le monde, la BPCO est en augmentation constante depuis 20 ans avec plus de 44 millions de malades, soit 4 à 10% de la population adulte. En France, 3,5 millions de personnes (soit 6 à 8 % de la population adulte) sont atteintes de BPCO. Dans plus de 80% des cas, le tabac est le principal responsable de cette pathologie. Dans 20% des cas, l'exposition professionnelle (industrie sidérurgique, textile, extraction minière, secteur agricole...) est en cause.

1.3.4 Les atteintes neurologiques

Il est difficile de broser un tableau complet des atteintes neurologiques produites par des expositions à des toxiques de l'environnement. Elles se manifestent par des syndromes affectant le système nerveux central et le système nerveux périphérique. Des études menées sur les conséquences d'expositions importantes, aiguës (accidentelles) ou chroniques (professionnelles), ont permis d'établir le lien entre exposition à certaines substances chimiques comme le mercure, le plomb ou le manganèse et la survenue de maladies neurologiques. Par ailleurs, de nombreux travaux menés sur des faibles niveaux d'exposition apportent sans cesse de nouvelles connaissances sur les effets des faibles doses se traduisant par des altérations subtiles des fonctions du systèmes nerveux tels que les troubles de l'humeur. Ainsi, les effets dus à l'exposition à des neurotoxiques peuvent être présentées comme un continuum qui va de manifestations précliniques tels que des changements cognitifs, moteurs et émotifs à des manifestations infra cliniques et enfin à l'apparition de maladies neurologiques [17].

Il n'en reste pas moins que le diagnostic clinique de ces syndromes mal définis reste difficile et leur mise en relation avec des toxiques de l'environnement encore plus. Si, la neurotoxicité d'un certain nombre de produits chimiques tels que les métaux, les solvants et pesticides est maintenant avérée chez l'adulte, seuls quelques uns parmi eux sont réputés avoir des effets sur le neurodéveloppement lors d'exposition du fœtus ou de l'enfant. Or, la neurotoxicité de bien d'autres substances

est connue chez l'animal et peut être soupçonnée d'avoir des effets sur le développement du cerveau humain. En effet, le développement du système nerveux central est un processus particulièrement sensible aux expositions toxiques survenant in utero et dans l'enfance compte-tenu de sa durée de développement beaucoup plus longue que celle des autres systèmes. L'influence possible de facteurs de l'environnement a récemment été évoquée pour expliquer l'augmentation de l'incidence de pathologies telles que l'autisme ou le syndrome d'hyperactivité et déficit d'attention (Attention Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD). Une récente revue des connaissances sur la neurotoxicité des substances chimiques pointe les carences dans l'évaluation des substances chimiques concernant plus particulièrement leurs effets neurotoxiques chez le fœtus et le jeune enfant. Les auteurs insistent sur la nécessité de développer des mesures de prévention et de précaution dans ce domaine afin de stopper ce qui pourrait être considérée une « pandémie silencieuse » d'effets neurologiques qui, s'ils ne se soldent pas tous par des problèmes de santé visibles (comme la diminution du quotient intellectuel), n'en présentent pas moins en termes sociaux [18].

1.3.5 Que peut-on conclure en termes d'impact global ?

Compte tenu des nombreuses lacunes dans les connaissances sur les relations entre exposition à des facteurs de l'environnement et survenue de pathologies, l'évaluation quantitative de l'impact de l'environnement sur la santé est un exercice périlleux et incertain. Les estimations de l'impact global de l'environnement sur la santé restent donc rares. Des tentatives sont cependant faites pour fournir des repères quantifiés aux décideurs et aux professionnels de santé publique. Selon l'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) [19], 5 % des pertes de santé pourraient être attribuées à l'environnement dans les pays de l'OCDE à haut revenu. En juin 2004, des spécialistes ont évalué pour la première fois l'impact global de l'environnement sur la santé des enfants dans la Région européenne de l'OMS [20] : chaque année, chez les enfants et les adolescents âgés de 0 à 19 ans, on dénombre 100 000 décès et 6 millions d'années de vie en bonne santé perdue (AVCI) dus à la pollution de l'air extérieur et intérieur, à la mauvaise qualité de l'eau, au plomb et aux traumatismes. Ce chiffre représente 34 % des décès et 25 % des AVCI imputables à toutes les causes dans ce groupe d'âges.

2 DES ENJEUX METHODOLOGIQUES POUR L'AMELIORATION DES CONNAISSANCES

Les connaissances disponibles concernant les effets sur la santé de l'environnement pointent la diversité des atteintes connues mais montrent aussi

combien ces connaissances restent fragmentaires et appellent des améliorations substantielles afin de mieux organiser et évaluer les politiques de santé publique dans ce domaine. Si tant reste à faire pour la connaissance dans un domaine qui sensibilise de plus en plus nos concitoyens, c'est que nombre d'obstacles se dressent sur le chemin des chercheurs et des professionnels de santé publique qui nécessitent de mettre en œuvre des méthodes spécifiques et sans cesse innovantes.

2.1 LA SANTE ENVIRONNEMENTALE : DOMAINE DES FAIBLES RISQUES

Les lésions ou décès résultant d'accidents majeurs, comme la catastrophe de Bhopal en Inde, sont soudains et peuvent être assez facilement reliés à leur cause. Il en va tout autrement des pathologies et maladies environnementales liés à des expositions chroniques à des doses réputées faibles : effets survenant souvent à moyen ou long terme et dont la « signature environnementale » échappe généralement aux médecins [1]. L'une des difficultés actuelles est de pouvoir déceler des causes augmentant faiblement le risque d'apparition d'une maladie (c'est-à-dire 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 dix à cinquante 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. Ainsi, les risques rencontrés dans le champ de la santé environnementale sont classiquement qualifiés de « faibles » car ils s'expriment par des risques relatifs, généralement inférieurs à 2 [21,22]. Cependant, si le risque est faiblement augmenté pour chaque individu exposé, celui-ci peut concerner une fraction très importante de la population et, par conséquent, se traduire par un impact important sur la santé publique (risque attribuable), comme c'est le cas pour la pollution atmosphérique urbaine [23]. Cette diffusion de l'exposition à la quasi-totalité de la population est d'ailleurs également une des difficultés méthodologiques de l'épidémiologie environnementale : comme l'a dit en plaisantant Augustin Bradford Hill : « Si tout le monde fumait, le cancer du poumon serait considéré comme une maladie génétique ».

Cette notion de risque faible est associée à d'autres caractéristiques des relations agents de l'environnement - maladie : 1) origine multifactorielle des maladies et exposition simultanée de la population à plusieurs déterminants d'une même maladie (ainsi, l'exposition au radon est une cause du cancer bronchique qu'il est difficile de distinguer du tabagisme ; l'asthme est une maladie génétiquement déterminée dont les crises sont déclenchées par des facteurs psychologiques ou

environnementaux), 2) délai de latence souvent important entre exposition et survenue de la maladie, 3) difficultés pour estimer les expositions de la population souvent faibles mais multiples (par exemple, on peut retrouver du plomb dans l'air, les aliments, l'eau, les poussières voire les cosmétiques ; les voies d'exposition à explorer seront donc l'inhalation, l'ingestion et la voie cutanée avec des modes différents de pénétration biologique). L'étude de ces relations est soumise à de fortes contraintes méthodologiques. Elle requiert développement permanent des outils destinés à estimer ces risques, à les surveiller et à évaluer les politiques mises en œuvre pour les réduire.

2.2 MIEUX ESTIMER LES EXPOSITIONS

Un des domaines phares pour ces évolutions est sans aucun doute celui de la mesure des expositions. Les expositions aux agresseurs environnementaux peuvent être aiguës, chroniques, discontinues ou continues et alternées. La situation actuelle 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 spatiotemporelle 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. Pour ce faire, des développements méthodologiques sont nécessaires : décrire le schéma conceptuel des expositions ; déterminer le mode de mesure (directe par biomarqueur ou indirecte) et l'unité de dose adéquate pour la mesure (dose externe ou interne) ; établir la distribution des expositions ; déterminer et prendre en compte le bruit de fond.

L'affinement des 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. Cela 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.

2.3 UTILISER L'EPIDEMIOLOGIE ET EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES DE MANIERE COMPLEMENTAIRE

La question de l'impact sanitaire de facteurs environnementaux se pose dans des situations variées, allant de pollutions accidentelles limitées dans le temps et l'espace à des situations chroniques associées aux activités humaines habituelles.

Dans de nombreuses circonstances, l'outil épidémiologique trouve ses limites du fait du manque de puissance des études qui concernent des populations restreintes. Une autre limite d'importance est que l'épidémiologique ne se met en œuvre que lorsque les risques sont déjà exprimés ce qui entrave considérablement son rôle d'alerte et de prévention pour les pathologies à latence longue. Dans un certain nombre de situations, il convient donc de recourir à des évaluations « prédictives » du risque sanitaire et de son impact. Dans ces cas, l'évaluation quantitative des risques sanitaires constitue un outil de prédilection même s'il faut également bien juger de son applicabilité [24]. En fait, les deux démarches loin d'être disjointes sont tout à fait complémentaires comme l'illustre le travail mené sur l'incinération des déchets ménagers (encadré 1).

Encadré 1: Evaluation de l'impact sanitaire de l'incinération des déchets en France 2002-2006

La France possède le plus grand parc d'incinérateurs d'ordures ménagères de l'Union Européenne, toutes capacités confondues. En 1999, la Société Française de Santé Publique (SFSP) publiait un travail d'évaluation des risques sanitaires des émissions des incinérateurs dont les principaux résultats sont les suivants []:

- certaines usines d'incinération, souvent, mais pas exclusivement, de petite capacité, sont encore fortement émettrices de polluants nocifs ; les riverains proches peuvent de ce fait encourir des risques non négligeables ;*
- considérée globalement et en moyenne, la situation sanitaire résultant des émissions du parc d'incinérateurs actuel est loin d'être alarmante même si, on l'a vu, les installations les plus polluantes sont responsables d'émissions et de risques préoccupants devant faire l'objet d'études spécifiques ;*
- les risques pour la santé qui sont associés aux valeurs limites d'émission des dioxines ou des autres polluants traceurs les plus récentes peuvent être considérés comme négligeables en regard des autres risques encourus dans la vie courante ;*

Faisant suite à plusieurs travaux épidémiologiques menés à l'étranger autour d'incinérateurs, l'équipe de J.F. Viel publiait en juillet 2000 (1) une étude sur des « agrégats de sarcomes des tissus mous (STM) et de lymphomes non hodgkiniens (LNH) autour d'une usine d'incinération d'ordures ménagères émettant des teneurs en dioxines élevées ». Les auteurs concluaient à un excès de STM et de LNH entre 1980 et 1995 aux environs de l'usine d'incinération de Besançon ayant émis dans l'atmosphère des concentrations de dioxines allant jusqu'à 16,3 ng I-TEQ/m³, sans pour autant établir formellement de lien de causalité entre les excès de cas de cancers et ces concentrations élevées.

C'est, à ce moment que, dans un contexte de modernisation et de mise en conformité du parc d'incinérateurs, des « affaires » éclatent autour d'incinérateurs anciens et de petite taille dont les émissions en dioxines entraînent ou ont entraîné une contamination de l'environnement (Gilly sur Isère, Cluny...). L'inquiétude suscitée par ces situations et la publication de JF Viel et al, ont engendré à partir de 2001 une multiplication des saisines des

pouvoirs publics relatives à l'impact sanitaire des incinérateurs sollicitant, notamment, la mise en place d'études épidémiologiques sur d'autres sites.

Les questions posées sont de deux ordres : 1) quels sont les risques sanitaires posés par le fonctionnement d'anciens incinérateurs souvent de petite taille et qui ont généré des émissions polluantes parce qu'ils n'étaient pas soumis à une réglementation stricte. La question des niveaux d'exposition aux dioxines des populations avoisinantes est soulevée ainsi que celle de la survenue de cancers, 2) quels risques sanitaires posent les incinérateurs qui fonctionnent actuellement ou qui s'implantent en conformité avec une réglementation de plus en plus drastique. La première question concerne des expositions passées dont les conséquences risquent de s'exprimer maintenant dans la population. La pertinence de mettre en place des études épidémiologiques afin de consolider les premiers travaux de JF Viel et al devait donc être étudiée. Par contre, pour la seconde, l'alternative de recourir à des évaluations de risque locale est posée.

Pour éclairer ces différents points, l'Institut de veille sanitaire et l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ont rendu trois rapports. Le premier s'est intéressé à l'exposition de la population aux dioxines autour des incinérateurs et a proposé un protocole pour une étude nationale d'imprégnation de la population par les dioxines autour des incinérateurs [2]. Le second a recommandé la mise en place d'études épidémiologiques au sein des populations résidant à proximité des incinérateurs : prioritairement une étude sur les cancers [3]. Ces deux études menées selon un schéma multicentrique (autour de plusieurs incinérateurs) afin de disposer d'une puissance suffisante sont actuellement en voie de finalisation. Enfin, un guide méthodologique destiné, d'une part, à informer les acteurs locaux sur les aspects de santé publique associés aux incinérateurs et, d'autre part, à les aider à analyser la situation autour de ces incinérateurs a été élaboré [4]. Il indique notamment que des évaluations des risques sanitaires peuvent être utilisées pour répondre localement sur les risques liés à la présence d'un incinérateur.

Le traitement des questions soulevées par cet exemple est complexe : il requiert des évaluations d'impact sanitaire a posteriori ou a priori (fixation des normes, autorisation de nouveaux équipements). C'est en mettant en œuvre, à la fois, des évaluations de risques (locales ou plus théoriques, telles que celles réalisées par la société française de santé publique) et des études épidémiologiques multicentriques qu'un maximum de réponses peuvent y être apportées.

1. Viel JF, Arveux P, Baverel J, Cahn JY. Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *Am J Epidemiol* 2000; 152(1):13-19.

2. Frery N., Volatier J-L. François André, Denis Bard, Nathalie Bonvallet, Serge Collet, Anne Deloraine, Ariane Dufour, Barbara Dufour, Emmanuel Fiani, Sophie Gallotti, Gérard Keck Martine Ledrans, Frédérique Le Querrec, Jean-François Narbonne, Véronique Nichèle, Philippe Quénel, Nathalie Séta, Anne Thébault, Philippe Verger, Abdelkrim Zeghnoun. Incinérateurs et santé. Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des incinérateurs : Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition. Institut de Veille Sanitaire/Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Novembre 2003. 198 pages.

³ Ledrans M., Bonvallet N., Colonna M., Chevrier C., Cordier S. Desqueyroux H., Fabre P., Fourme E., Fréry N., La Vieille S., Le Tertre A., Le Moal J., Quénel P., Rey S., Schvoerer C.,

Suzan F., Viel J.F., Zmirou D. Incinérateurs et santé – recommandations concernant les études épidémiologiques visant à améliorer la connaissance sur les impacts sanitaires des incinérateurs. Institut de Veille Sanitaire. Juillet 2003. 49 pages et annexes.

4. Bonvallot N., Bajeat P., Berthier F., Bonnetain F., Carbonnel S., Cassadou S., Dor F., Fabres B., Fabre P., Fréry N., Gloennec P., Heyman C., Le Querrec F., Loulergue M. H., Quénel P., Thoumelin P., Zmirou D. Incinérateurs et santé. Guide pour la conduite à tenir lors d'une demande locale d'investigations sanitaires autour d'un incinérateur d'ordures ménagères. Institut de Veille Sanitaire. Juillet 2003. 104 pages

2.4 RENFORCER L'APPROCHE MULTIDISCIPLINAIRE

Pour que le concept de santé environnementale devienne véritablement opérationnel, il est 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.

3 DES ENJEUX STRATEGIQUES POUR L'ACTION

3.1 FAIRE FACE A L'INCERTITUDE

Nous avons vu que les niveaux d'exposition relativement faibles, mais chroniques et multiples rendent difficiles l'estimation de l'exposition, l'estimation du risque et l'inférence causale des résultats [21]. 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 deux dernières décennies, 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. Un exemple 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, souvent, en raison de la petite taille des populations concernées et du manque de données sur les niveaux d'exposition, l'étude de telles situations 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.

S'agissant de questions plus générales tenant à la mise sur le marché de nouveaux produits ou technologies, les préoccupations et les incertitudes sont les mêmes. Ainsi, concernant l'exemple des risques présentés par l'utilisation des nanoparticules et nanotechnologies, le Comité de Prévention et de Précaution et l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, interrogés par le gouvernement respectivement en 2004 et en 2005, ont rendu leur avis en 2006. Il se dégage de leur analyse que les nanoparticules, du fait de leur très petite taille, peuvent susciter une réaction biologique et présenter un danger. Des effets délétères ont notamment été mesurés chez l'animal dans un cadre expérimental. Néanmoins, il n'existe pas actuellement suffisamment de données ni de méthodologies adaptées pour évaluer les risques pour la santé de l'homme à cause du faible nombre d'études menées à ce jour, d'un recul peu important sur cette nouvelle forme d'exposition et de la grande diversité des nanoparticules produites.

3.2 PRIORISER ET EVALUER LES POLITIQUES PUBLIQUES :

Face au constat dressé des dangers présents dans l'environnement qu'il soient avérés et suspectés, aux attentes de plus en plus pressantes de la population, la nécessité d'élaborer des politiques publiques en santé environnementale s'impose. Considérant les modes de diffusion des pollutions et de circulation des personnes, cet enjeu est même d'ordre supranational. Cependant, comment, dans un contexte lacunaire et incertain, établir 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 ? En dépit des difficultés à répondre à cette question, des plans d'action en santé environnement sont déclinés dans différents pays européens. La France a élaboré son Plan national santé environnement (PNSE) en juin 2004 pour une durée de 5 ans.

Pour l'avenir, il est impératif d'élaborer et d'adopter des indicateurs appropriés pour la structuration et l'évaluation des politiques. Des projets internationaux s'emploient à définir de tels indicateurs en santé environnementale. Il s'agit, notamment, du projet Enhis (Implementing Environment and Health Information

System in Europe) conduit sous l'égide de l'OMS et de l'Union Européenne dont l'objectif est la construction d'un système d'information européen en santé environnementale. Il vise également à tester la faisabilité d'une démarche d'évaluation d'impact sanitaire (EIS), déjà mise en oeuvre pour la pollution atmosphérique extérieure, dans plusieurs champs de l'environnement : eau de boisson, air intérieur et bruit. À terme, le but est d'intégrer les différentes EIS pour donner une vision globale du poids des maladies liées à l'environnement et de définir un jeu d'indicateurs en santé environnementale permettant de donner une mesure des problèmes de santé publique en environnement d'orienter et de suivre les politiques environnementales.

3.3 CIBLER LA RECHERCHE ET L'ACTION SUR LES POPULATIONS PLUS VULNERABLES

La définition de priorités « thématiques » permet la mise en place des politiques qui s'attachent réduire des expositions jugées délétères. Les plans d'actions visent à réduire des émissions « à la source » de certains polluants ciblés pour leur dangerosité : on peut ainsi citer la politique entreprise avec succès dans les dernières décennies du XXème siècle pour réduire l'émission de plomb dans l'atmosphère des pays industrialisés. Ces plans mettent également en oeuvre des modèles plus intégratifs pour améliorer globalement la qualité des milieux. A ce titre, le PNSE a, notamment, prôné l'amélioration de la qualité de l'air et l'eau.

Cependant, il est indispensable de compléter ces approches par une prise en compte spécifique de populations dites « vulnérables » vis-à-vis de l'environnement et ceci pour plusieurs raisons :

- il y a souvent un cumul des expositions au sein de certaines populations qui vivent dans un environnement dégradé pour plusieurs raisons : logement sans confort, mal insonorisé, situé auprès d'une route et non loin d'un site industriel... Un programme sur le bruit ou sur le saturnisme ou sur la pollution atmosphérique n'apporte que des résultats fragmentaires ou, parfois pire, le cumul des problèmes interdit la mise en oeuvre de ces programmes thématiques (un état d'insalubrité qualifié « d'irréversible » pour un logement peut-être par exemple un obstacle à des travaux de réduction du risque plomb) ;

- il y a une plus grande sensibilité ou vulnérabilité aux facteurs environnementaux de certaines populations (femmes enceintes, enfants, personnes âgées...)

- cette approche populationnelle est aussi le moyen de prendre en compte des populations françaises très spécifiques en termes de problèmes environnementaux que sont, par exemple, les populations ultramarines.

Aujourd'hui, le choix des enfants comme population à prendre en compte prioritairement pour des programmes de recherche ou d'interventions dans le domaine

de la santé environnementale semble s'imposer. Cependant, ce choix ne doit pas occulter la nécessité d'avoir en France une réflexion plus vaste sur ce que l'on pourrait qualifier d'inégalités en santé environnementale.

3.3.1 Les enfants : une population à protéger en priorité des agressions de l'environnement

D'ores et déjà, les Etats membres de la Région Europe de l'OMS ont déclaré lors de la conférence de Budapest de juin 2004 leur volonté de placer les enfants au cœur des politiques de santé environnementale. En effet, les enfants et leurs modes d'exposition présentent des caractéristiques qui les rendent particulièrement sensibles aux agressions environnementales :

- La constitution des systèmes nerveux, immunitaires, reproductifs se déroule selon des phases limitées dans le temps et les dommages causés à ces périodes peuvent être irréversibles ;

- La croissance cellulaire nécessite la pénétration rapide dans les cellules de substances extérieures. Les divisions cellulaires répétées rendent en outre l'ADN plus fragile aux agressions chimiques et physiques (radiations). Cette croissance est particulièrement rapide in utero et dans la petite enfance, avec un rebond au moment de la puberté ;

- Les nécessités de la croissance et la physiologie des enfants nécessitent des apports plus importants d'eau et de nutriments que chez l'adulte par unité de poids corporel ;

- La surface corporelle plus importante des enfants, leur métabolisme plus élevé et leurs activités physiques plus intenses entraînent une demande plus importante en oxygène et une ventilation plus élevée que chez l'adulte ;

- Les processus physiologiques de détoxification et la barrière méningo-encéphalique sont moins efficaces dans leur phase d'immaturation ;

- La petite taille des jeunes enfants, leurs activités exploratoires accroissent leur exposition à certaines substances alors que les adolescents s'exposent à d'autres risques comme ceux de la musique amplifiée.

Nous avons vu dans nos premiers paragraphes comment les enfants étaient tout particulièrement concernés par les principales pathologies en lien avec l'environnement que ce soit, évidemment, les troubles de la reproduction mais aussi les cancers, les maladies respiratoires et aussi les troubles neurocomportementaux. Pour autant, les connaissances scientifiques concernant les âges critiques de survenue des effets ou concernant les facteurs de risques et leur part attribuable respective dans la morbidité et la mortalité des enfants sont mal connues et méritent des travaux de recherche et de surveillance approfondis pour orienter la mise en place

des programmes de prévention. C'est l'objet d'un ambitieux projet d'une étude longitudinale d'une cohorte de naissance d'enfants (Elfe : Etude longitudinale française depuis l'enfance) qui devrait voir le jour en 2009 inscrit comme une des 12 priorités du PNSE [25].

3.3.2 Inégalités sociales de santé...environnementale ?

Au-delà des politiques menées pour la prévention des risques environnementaux, la question se pose de savoir quelles sont les populations concernées par ces risques. En d'autres termes, les inégalités sociales observées déjà depuis de nombreuses années dans les pays anglo saxons et en particulier aux Etats-Unis (cf Encadré 2) existent-elles en France et selon quelles modalités ?

Cette question s'inscrit dans le concept de développement durable qui prône l'utilisation rationnelle et conservatrice des ressources naturelles et la protection de la biodiversité dans un souci de *justice sociale*. Elle trouve un écho dans les orientations actuelles des législations européennes vers plus de justice en matière d'environnement.

Cette préoccupation suscite actuellement en France des travaux dont les premiers résultats démontrent la pertinence de la question. Ainsi, la dernière édition de *l'Environnement en France* consacre un chapitre sur les inégalités environnementales qui montre combien certains territoires tels que le Nord Pas de Calais ou les zones urbaines sensibles souffrent du cumul des inégalités sociales et environnementales [26].

Dans une étude à paraître prochainement, L. Laurian réalise, pour l'Institut national des études démographiques, une analyse spatiale de la présence et du nombre de sites industriels « estimés à risque » et les caractéristiques socio-démographiques des populations dans les 36 500 communes de France. Cette étude montre que les communes les plus défavorisées économiquement et comportant le plus de personnes nées à l'étranger sont les plus exposées aux risques environnementaux [27].

Ces recherches confirment qu'il est des territoires marqués par des inégalités sociales et environnementales au sein desquelles il existe donc des populations à prendre en compte spécifiquement dans les politiques de santé et ce, au regard de la pollution des milieux extérieurs.

Un autre champ d'étude et d'intervention pour définir au mieux les populations souffrant d'inégalité environnementale est, sans conteste, celui de l'habitat indigne. Les hasards de l'actualité rappellent régulièrement que des situations de logement inacceptables sont légion, mettant en péril la santé et parfois même la vie (accidents, incendies volontaires) de leurs occupants aussi bien adultes qu'enfants ou personnes

âgées. Ce sont des logements individuels ou hôtels meublés ou foyers collectifs insalubres, des immeubles menaçant ruine, des installations précaires et même des bidonvilles qui font leur réapparition dans les franges urbaines. C'est un truisme de constater que ces « sous logements » accueillent les populations les plus défavorisées dans des conditions sociales et juridiques souvent inadmissibles. Bien qu'objet de plans de lutte de la part des pouvoirs publics, il est frappant de constater que la réalité de ce « mal logement » est méconnue que ce soit en ce qui concerne les habitats en cause, les populations vivant dans ces conditions ou même les conséquences sur la santé de ces conditions de logement. Le PNSE évalue entre 400 000 et 600 000, le nombre de logements insalubres et à près d'un million de personnes (dont un quart d'enfants) la population y vivant et recommande sur ce point de développer un programme de recherche sur habitat insalubre et santé pour orienter l'action publique.

Encadré 2 : Le concept de justice environnementale aux Etats Unis

De nombreuses études gouvernementales et académiques ont montré que les communautés minoritaires aux Etats-Unis reçoivent plus que leur part en décharges, centrale électriques, stations de traitement des eaux usées et autres installations peu agréables. Il s'avère que l'application des réglementations environnementales dans ces communautés est beaucoup plus laxiste que dans les communautés à majorité blanche, et que les taux de maladies et de décès liés à la pollution sont plus élevés chez les latinos et les noirs. En 1994, le Président Bill Clinton publia un décret qui imposait aux Agences Fédérales d'intégrer à leurs démarche un objectif de justice en matière d'environnement et de ne pas augmenter par leurs actions les injustices existantes. Un plan pour la justice environnementale a été mis en place qui se traduit par de nouvelles règles d'aménagement. Malgré cela, les inondations de 2005 à La Nouvelle Orléans et les études qui s'en sont suivies ont montré la persistance de ces inégalités.

4 L'AVENIR

Sur le plan 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.

L'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 des informations 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, évoqués dans ce chapitre, expliquent la faible visibilité des situations d'exposition chronique.

Une certitude est que les conditions de vie sur terre se sont davantage transformées au cours du XX^e siècle que pendant les deux derniers millénaires. La véritable 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 profité à l'efficacité de la médecine, à l'amélioration des contrôles de qualité, aux 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 dix-neuf cas d'immunodéficience acquise et qu'une dizaine de cas a suffi pour comprendre que l'encéphalopathie spongiforme bovine prenait une nouvelle forme clinique.

Il appartient aux professionnels de santé publique 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 le développement de la recherche en santé environnementale, associée au renforcement de la formation dans ce domaine, notamment du corps médical, 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 [28] ; cela suppose également l'organisation d'un processus d'expertise permettant de débattre de manière éclairée et responsable.

BIBLIOGRAPHIE

1. Gérin M, Gosselin P, Viau C et al. Environnement et santé publique : fondements et pratiques. Québec, Tec & Doc-Edisem, 2003, 1 023 p.
2. OMS. Stratégie mondiale de l'OMS pour la santé et l'environnement. OMS, Genève, 1993, 32 p.
3. McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health : present and future risks, *Lancet* 2006; 367, 859-869.
4. Ledrans M., Bretin P., Gourier-Frery C., Lecoffre C., Le Moal J., Salines G.. Le rôle du praticien dans la surveillance et l'information sur les risques environnementaux *La revue du praticien* 2005 : 55 (18) 2016-26
5. Quénel P, Festy B. La santé environnementale : un concept à développer en France. *Actualité et Dossier en Santé Publique* 1995, 13 : I-II.
6. Remontet L, Esteve J, Bouvier AM, et al. Cancer incidence and mortality in France over the

- period 1978-2000. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2003 Feb;51(1 Pt 1):3-30.
7. Steliarova-Foucher E, Stiller C, Kaatsch P, et al. Geographical patterns and time trends of cancer incidence and survival among children and adolescents in Europe since the 1970s (the ACCISproject): an epidemiological study. *Lancet* 2004 Dec 11;364(9451):2097-105.
 8. Desandes E, Clavel J, Berger C, et al. Cancer incidence among children in France, 1990-1999. *Pediatr Blood Cancer* 2004; 43(7):749-57.
 9. Desandes E, Lacour B, Sommelet D, et al. Cancer incidence among adolescents in France. *Pediatr Blood Cancer* 2004. 43(7):742-8.
 10. Nagy R., Sweet K, Eng C. Highly penetrant hereditary cancer syndromes. *Oncogene* 2004; 23:6445-70.
 11. Lichtenstein P, Holm NV, Verkasalo PK, et al. Environmental and heritable factors in the causation of cancer--analyses of cohorts of twins from Sweden, Denmark, and Finland. *N Engl J Med* 2000; 13;343(2):78-85.
 12. Wogan GN, Hecht SS, Felton JS, Conney AH, Loeb LA. Environmental and chemical carcinogenesis. *Semin Cancer Biol* 2004; 14(6):473-86.
 13. S. Cordier, Reproduction, développement et environnement : contexte et connaissances scientifiques in E. Legouy, Robert Barouki, Philippe Beaune, Sylvaine Cordier, Philippe Hartemann ; Programme de recherche : Environnement & Santé 1996-2000 : p 44-46.
 14. European Community Respiratory Health Survey www.ecrhs.org
 15. ISAAC. the International Study of Asthma and Allergies in childhood. <http://isaac.auckland.ac.nz>
 16. Holt P. Parasites, atopy and the hygiene hypothesis: resolutions of a paradox? *Lancet* 2000 ; 356 : 1699:1701..
 17. J. Zayed, M. Panisset, D. Merger, Système nerveux, in Gérin M, Gosselin P, Viau C et al. Environnement et santé publique : fondements et pratiques. Québec, Tec & Doc-Edisem, 2003 p 700-712.
 - 18; P Grandjean and P Landrigan, Developmental neurotoxicity of industrial chemicals ; *The Lancet*, 2006, DOI: 10.1016/S0140-6736(06)69665-7
 19. Valent F, Little D'A, Bertollini R., Nemer LE, Barbone F. Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe. *Lancet*, 2004, 363: 2032-2039.
 20. OCDE, 200. "Santé humaine et environnement "in perspectives de l'environnement de l'OCDE. *Paris, OCDE 277-283.*
 21. Hémon D. Recherche épidémiologique sur l'environnement et la santé : quelques aspects méthodologiques. *Rev Épidémiol Santé Publ*, 1995, 43 : 395-411.
 22. Rylander R. L'épidémiologiste face à l'estimation des risques faibles. *Rev Épidémiol Santé Publ*, 1992, 40 : 383-390.
 23. Kleinbaum DG, Kupper LL, Morgenstern H. *Epidemiologic research : principles and quantitative methods.* Belmont (CA), Lifetime Learning Publications, 1982.
 24. Bard D. Principes de l'évaluation des risques pour la santé publique liés aux expositions environnementales. *Rev Épidémiol Santé Publ*, 1995, 43 : 423-431.
 25. Salines G., Leridon H., Vandentorren S., Pirus C. L'étude ELFE : Étude longitudinale française depuis l'enfance. *Environnement Risques et Santé* . 2006. 5, 417-419
 26. Institut Français de l'environnement : les inégalités environnementales in l'environnement en France, 2006. Ifen Orléans p : 419-430.
 27. Laurian L. Risques environnementaux en France: Une autre forme d'inégalité sociale? Ined, juin 2006. <http://www-les-lundis.ined.fr/resume0506/Laurian.htm>
 28. IPCS (International Programme on Chemical Safety). Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals (environmental health criteria 210). Geneva, WHO, 1999, 110 pages.