ENVIRONNEMENT ET SANTE DE L'ENFANT : DE LA TRANSITION SANITAIRE AU RISQUE PARTAGE ?

P. REVAULT, L. MONJOUR

Med Trop 2003 ; **63** : 422-434

RESUME • Les enfants et adolescents âgés de moins de 18 ans, qui constituent près de la moitié de la population mondiale et vivent pour la plupart dans les pays en développement, sont particulièrement sensibles aux effets aigus et chroniques de l'environnement. Les enfants de moins de 5 ans représentent près de 12 % de la population mondiale, mais sont concernés par 43 % des maladies environnementales. Les principaux problèmes de santé environnementale qui touchent les enfants des pays en développement sont d'abord, l'accès inadéquat à de l'eau potable et à l'assainissement, puis l'exposition à la pollution aérienne (intradomiciliaire en premier lieu et extérieure ensuite), les accidents et les blessures, et enfin, l'exposition à des produits toxiques. Les données récentes sont en faveur d'une augmentation du nombre et de la variété des facteurs de risque environnementaux chez les enfants, comme la malnutrition, l'exposition prolongée à de nouveaux polluants ou les situations de violence, qui risquent à terme de grever la santé et la qualité de la vie des générations futures. L'interaction complexe entre ces facteurs et les déterminants sociaux et économiques fait qu'il est difficile, à l'aide du simple modèle de la transition sanitaire, d'isoler les risques classiquement liés aux maladies infectieuses de ceux de pathologies chroniques (diabète, cancers...). Ils coexistent. Un certain nombre de recommandations sont présentées : la formation des professionnels de santé, ainsi que la mise en place de pôles de compétences dans le domaine de la santé environnementale, le développement de la démarche d'évaluation de risque, la mise en cohérence des interventions avec les dispositifs législatifs déjà existants notamment à travers la décentralisation, enfin, la participation des parents et des enfants aux processus décisionnels, notamment par la communication autour des diagnostics et par la valorisation d'espaces de médiation entre les différents acteurs.

MOTS-CLES • Enfant - Santé publique - Environnement- Pays à ressources limitées - Pollution - Déterminants de la santé - Evaluation du risque -

ENVIRONMENT AND CHILD HEALTH: FROM HEALTH TRANSITION TO SHARED RISK

ABSTRACT • Children under the age of 18 account for almost half of the world's population, with most living in developing countries. Young people are especially sensitive to acute and chronic environmental conditions and 43 % of environmental diseases occur in the 12 % of the world's population under age 5. The main environmental threats to the health of children in developing countries are inadequate access to clean water for drinking and hygiene, exposure to air pollution: primarily indoors and secondarily outdoors, risk of accidents and wounds, and poisoning due to toxic products. Recent data suggest that the number and diversity of environmental risk factors affecting child health is increasing as a result of increasing malnutrition, pollution, and violence and consequently that the level of health and quality of life of future generations will decrease. Due to the complexity of the interactions between environmental factors and socio-economic determinants, the epidemiological transition model is poorly suited to analyzing and predicting the concurring risks of infectious disease and chronic disease (diabetes, cancer...). This article presents a number of recommendations for training health professional, developing environmental reference centers, implementing risk assessment, coordinating decentralized activities and policy, and involving parents and children in the decisional process with emphasis on divulgating study findings and developing interfaces between the various stakeholders.

KEY WORDS • Children - Public health - Environment - Limited resources countries - Pollution - Health determinants - Risk assessment.

Si certains facteurs de risque liés à l'environnement sont bien décrits chez l'enfant (1), il faut souligner le déficit d'études dans les pays en développement[1] concernant les facteurs de risque qu'il est possible de qualifier d'émergents. Ces facteurs sont en relation avec la transformation de l'environnement, et peuvent être révélés relativement longtemps

• *Travail du Groupe de Recherche et de Réalisation pour le Développement en milieu Rural (GRDR) (P.R., Médecin, conseiller réseaux sociaux et continuité des soins), Paris, France et de l'EAST (Eau, Agriculture et Santé en milieu Tropical) (L.M., Médecin, membre de l'Académie de l'Eau et président d'EAST), Paris, France.*

• *Correspondance : P. REVAULT, Groupe de Recherche et de Réalisation pour le Développement en milieu Rural (GRDR), ESTHER (Ensemble pour une Solidarité Thérapeutique Hospitalière En Réseau), 36, rue de Charenton,75012 Paris, France • Fax : +33 (0) 1 53 17 51 57 • E-mail : pascal.revault@esther.fr •*

[1] - Ce terme sera utilisé ici, à l'égal de pays à ressources limitées, même s'ils sont peu satisfaisants, car il s'agit aussi bien des pays décrits comme les moins avancés d'un point de vue économique, que de ceux qui sont considérés comme en transition, et dont les modèles d'évolution ne seront pas forcément ceux des pays industrialisés. Pour ces derniers le terme développé est à discuter, même si l'Indicateur de Développement Humain établit une classification au-delà de la seule croissance économique et repose sur des indicateurs comportant aussi la santé et l'éducation.

après l'exposition au risque (2, 3). Cet article se propose[2] de contribuer à apporter des éléments de réponse aux questions suivantes : i) quels sont les différents facteurs de risque environnementaux identifiés plus particulièrement chez l'enfant dans les pays en développement ? ii) quelles recommandations proposer pour appréhender les risques de santé environnementaux chez l'enfant ?

Ces questions nécessitent de préciser dans un premier temps le concept d'environnement et les modèles causaux faisant intervenir les facteurs sociaux, ainsi que la sensibilité particulière des enfants. Ensuite, l'exposition des enfants à différents facteurs de risque est plus particulièrement approfondie[3].

Enfin les limites des outils de mesure actuels et les stratégies récentes d'évaluation et de gestion du risque sont rapidement présentées.

LES FACTEURS DE RISQUE ENVIRONNEMENTAUX CHEZ L'ENFANT DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT : DES RISQUES MULTIPLES FAVORISES PAR LES DÉTERMINANTS SOCIAUX DE LA MALADIE

Environnement, croissance de l'enfant et facteurs sociaux

En 1946, Spitz (4) décrit un « état d'hébétement stuporeux » où sombre le très jeune enfant privé de sa mère, susceptible de provoquer des dommages irréversibles tant psychiques que somatiques. Cette description des effets de « l'hospitalisme », au-delà du déficit de substitut maternel prolongé (plusieurs mois) et affectivement insatisfaisant, souligne la nécessité d'un environnement adapté pour le développement et la croissance de l'enfant, même hospitalisé et bénéficiant de soins médicaux.

C'est l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociales, économiques et psychologiques) dans lesquelles les êtres humains se développent qui définit l'environnement (5).

Un certain nombre de facteurs, étudiés de façon privilégiée, sont connus comme ayant une influence sur la croissance et le développement humain, plus particulièrement chez les enfants. Parmi les caractéristiques de l'environnement naturel, le climat, la température et l'altitude sont les mieux connues (1). Les influences anthropiques, donc dues à l'homme, comprennent l'alimentation, les ressources sociales et économiques (y compris l'accès aux soins), l'organisation de l'habitat (construction de barrages, urbanisme...) et les différentes pollutions.

Une grande partie des difficultés dans la caractérisation des facteurs environnementaux tient d'abord à l'interaction entre les conditions extérieures à l'homme qui agissent sur lui et son développement : « aucun caractère n'est hérité, aucun n'est acquis. Tous sont développés » (6). C'est justement une des ambitions de l'écologie contemporaine de préciser l'ensemble des relations que les êtres vivants entretiennent avec leur milieu.

Au milieu du vingtième siècle, de nombreuses publications décrivent la croissance de l'enfant comme faisant partie du potentiel adaptatif de l'espèce humaine, même si les bénéfices ont été rarement mesurés et concernent en premier lieu les caractéristiques de l'environnement naturel (1). L'idée étant qu'un déficit de croissance procure des avantages adaptatifs. A l'inverse, Tanner utilise la croissance infantile comme un index de bien-être de la communauté et comme une mesure de la distribution égalitaire des ressources de santé. Dans cette optique un déficit de croissance reflète une moins bonne santé et un manque d'adaptation face à un désavantage nutritionnel ou social (7).

Deux théories cherchent à expliquer l'influence des événements précoces sur la vie de l'individu et particulièrement les inégalités sociales de santé observées tout au long de la vie : le *latency model* (délai d'apparition) et le *pathway model* (cheminement) (8). Dans la première théorie, les conditions de vie pendant les périodes intra-utérine et périnatale sont défavorables parmi les catégories sociales les moins favorisées. Ces conditions entraînent des inégalités sociales de santé chez l'adulte après une certaine latence à l'image de la description d'une exposition à des polluants connus comme cancérogènes. Dans la seconde, c'est l'interaction entre les conditions défavorables précoces et les évé-

Encadré 1
Facteur de risque et jugement de causalité

Le jugement de causalité définie par Hill en 1965 (10) permet d'apprécier si l'association mise en évidence entre facteur de risque potentiel et événement morbide correspond à une relation de cause à effet. Ce jugement a depuis été affiné et fait appel à deux types de critères : interne à l'étude et exteme, en cohérence avec les connaissances relevées dans la bibliographie (11).

Critères internes à l'étude

- séquence dans le temps ;
- force de l'association ;
- spécificité de la cause et de l'effet ;
- relation type dose-effet ;
- cohérence interne de l'étude.

Critères externes à l'étude

- constance de l'association et reproductibilité dans diverses situations ;
- plausibilité biologique ;
- cohérence avec les connaissances générales et avec les hypothèses qui ont conduit à l'enquête ;
- parallélisme de la distribution dans l'espace et le temps du facteur causal et de l'effet.

[2] - Essentiellement fondé sur les documents des Nations Unies et à partir de trois revues : *Lancet*, *Medecine Tropicale, Bulletin de la Société du Pathologie Exotique,* et de la consultation de la base de données de www.doaj.org de janvier 1997 à mai 2003 d'une part ; de l'expérience des auteurs d'autre part. Les documents suivants ont été particulièrement utilisés : OMS (2, 15) ; PAHO (3), Reichl (13), Schell, Knutsen (1).

[3] - Les situations de violence subies par les enfants et les maladies à vecteur sont peu développées ici.

Encadré 2
Sensibilité des enfants et toxiques

La sensibilité des enfants s'explique d'abord par une absorption potentielle bien supérieure de quantité de toxiques et une élimination plus faible de ces derniers (3, 13) :

- les comportements d'exploration au sol avec le portage main bouche chez les jeunes enfants (1 à 6 ans) peut représenter une source de contamination significative (cutanée, respiratoire et digestive), souvent difficile à quantifier avec précision ;
- la surface corporelle des jeunes enfants et des nourrissons rapportée à leur poids est supérieure à celle des adultes (respectivement en moyenne 618 cm^2 par kg contre 259 (13) ;
- leur métabolisme rapporté à leur poids est supérieur à celui des adultes, comme leur fréquence respiratoire, leur absorption d'aliments liquides et solides ;
- l'activité physiologique hépatique est diminuée comme le taux de filtration glomérulaire, nombre d'enzymes ne sont pas encore fonctionnelles (exemple de la MetHb-réductase chez le nourrisson qui permet de transformer la méthémoglobine en hémoglobine expliquant ainsi sa susceptibilité à l'oxydation de l'hémoglobine après absorption d'eau contenant des nitrates) ;
- jusqu'à l'âge de 2 ans la myélinisation des voies de conduction nerveuse n'est pas encore complète facilitant l'accumulation de toxiques liposolubles.

La sensibilité des enfants s'explique ensuite par le fait que leurs systèmes neurologique, immunitaire et leurs muqueuses sont en développement et particulièrement fragiles, ce qui explique la fréquence des maladies diarrhéiques, et respiratoires, ainsi qu'une mortalité non négligeable pour ces causes avant cinq ans.

Encadré 3
Risque, dangerosité et pollution.

Le risque est une probabilité d'apparition d'un événement morbide, dépendant de l'exposition à un facteur de risque plus ou moins dangereux pour la santé. Ce dernier désigne toute cause à l'origine de l'événement morbide. Dans les pays en développement l'exposition aux différents polluants chimiques de l'environnement, (au contraire des facteurs de risques liés aux diarrhées par exemple) est particulièrement peu caractérisée. Un polluant est défini comme la présence dans l'environnement d'un ou plusieurs produits (chimiques ou physiques) et/ou d'une énergie (bruit, radiation) non voulus et issus de l'activité humaine ou d'une activité naturelle (activité volcanique par exemple). Si l'étymologie de pollution renvoie aux notions de souillure, dégradation et nuisance (y compris esthétique), un polluant peut ne pas être directement nocif pour l'homme et causer des perturbations de l'environnement, qui à terme auront un effet sur la santé humaine. Par exemple les CFC (chlorofluorocarbures ou fréons) utilisés comme gaz réfrigérants ou comme propulseurs dans les bombes aérosols s'accumulent dans la stratosphère et diminuent sa teneur en ozone. L'accroissement des rayonnements ultraviolets B et C qui en résulte participe à l'augmentation de cancers cutanés (5, 13).

nements qui se succèdent au long de la vie à travers une histoire de vie, qui détermine l'état de santé.

La capacité de nombreux enfants à surmonter des obstacles majeurs à leur développement, ou résilience, principalement conceptualisée à travers une perspective individualiste, est de plus en plus appréhendée par une analyse de l'interaction des systèmes qui entourent l'enfant « en d'autres termes, une écologie humaine et sociale de la résilience » (9, p. 125).

Sensibilité particulière des enfants (premier et deuxième encadré)

Près de la moitié de la population mondiale dans nombre de pays en développement est constituée d'enfants[4] (1) qui ont plusieurs désavantages : ils sont particulièrement sensibles aux effets aigus et chroniques de l'environnement et ils sont exposés plus longtemps. A cause de leur jeune âge, ils ont plus de temps pour développer des maladies chroniques ; enfin ils dépendent étroitement de leur environnement familial pour leur développement.

Les dangers auxquels sont exposés les enfants varient en fonction de leur stade de développement. Dès la conception, le développement du fœtus peut être mis en danger à cause d'un déficit nutritionnel de la mère, ou du passage de substances toxiques à travers la barrière transplacentaire, comme l'arsenic, l'alcool, et l'exposition à des radiations. Ces différentes expositions mal connues expliqueraient 10 % des naissances comportant des déficits majeurs (ces dernières représentent 3 % de l'ensemble des naissances (2, 3)). Les effets de ces expositions peuvent ne pas affecter la mère. Mais ils sont susceptibles de se révéler au cours de l'enfance, voire à l'âge adulte (cancers par exemple). Pour certains auteurs l'instabilité du génome induite par des rayonnements ionisants pourrait affecter les cellules reproductrices et avoir un retentissement plusieurs générations après l'irradiation (12).

Enfin, à l'approche de l'adolescence, l'utilisation des enfants par les adultes et les violences qui leur sont faites (travail forcé, enfants soldats, et prostitution : près de 1 million d'enfants seraient forcés chaque année de rentrer dans la prostitution, et 10 millions seraient prostitués dans le monde[5]) sont facilitées par leur dépendance économique et sociale, a fortiori lorsqu'il s'agit d'orphelins.

Exposition des enfants à différents facteurs de risque environnementaux (troisième et quatrième encadrés)

Plus de 25 % des maladies sont attribués à des facteurs de risque environnementaux et 43 % concernent les enfants de moins de 5 ans, qui représentent 12 % de la population mondiale (2).

Plus de 10 millions d'enfants meurent chaque année avant leur cinquième anniversaire, et près de 7 millions des décès sont dûs à des infections respiratoires aiguës, à la rougeole, les diarrhées, le paludisme ou la malnutrition. Ces infections pourraient être prévenues par des interventions sur l'environnement des enfants (2, 14).

[4] - De moins de 18 ans, si l'on considère l'âge limite définissant les enfants dans la Convention Internationale des Droits de l'Enfant (17).

[5] - Cf. l'article de WILLIS M., LEVY B. S. Child prostitution : global health burden, research needs, and intervention. *Lancet* 2002 ; **359** : 1417-22.

Encadré 4
Les risques émergents ne se substituent pas à ceux classiquement associés à la pauvreté dans les pays en développement, ils s'y ajoutent (d'après la PAHO en 2002 : 3, remanié)

Facteurs de risque	Classiquement associés avec la pauvreté	Emergents
Accès à l'eau et pollution de l'eau	Conditions d'hygiène (manque d'eau) et contamination fécale à travers le déficit d'assainissement (eaux usées, évacuation inappropriée des excréta)	Déchets industriels (mines d'or/mercure, cyanure…) et agricoles et réseau d'assainissement urbains inexistants ou peu entretenus
Types d'aliments et pollution des aliments	Contamination par des pathogènes, en premier lieu d'origine fécale ; malnutrition et déficit alimentaire	Bioaccumulation de produits à travers les aliments ; obésité
Pollution de l'air	Fumées résultant de l'utilisation domiciliaire de combustibles fossiles pour la préparation des aliments et le chauffage ; et poussières, mycoses	Emissions de gaz par l'industrie, les véhicules dans des environnements urbains ; consommation de cigarettes
Agriculture et pollution des sols	Accidents et maladies dues à la manipulation des produits phytosanitaires	Déchets industriels (mines d'or/mercure, cyanure…) et agricoles et réseau d'assainissement urbains inexistants ou peu entretenus
Milieu urbain (souvent périurbain)	Déficit d'eau potable, d'assainissement, et contamination par le plomb contenu dans les céramiques et les peintures	Violence urbaine, usage de drogues, et retentissement psycho-social
Transport		Accidents de la circulation

Les principaux problèmes de santé environnementale touchant les enfants sont ainsi selon l'OMS et sa force d'intervention *task force* (protection de la santé environnementale des enfants) en 2002 (15) : i) un accès inadéquat à de l'eau de qualité et à l'assainissement (plus de 1 million de décès estimés en rapport avec les diarrhées, sans compter un nombre équivalent lié au paludisme et d'autres maladies à vecteur) ; ii) l'exposition à la pollution aérienne intra domiciliaire en premier lieu et extérieure ensuite (plus de 2 millions de décès estimés) ; iii) les accidents domestiques, les blessures (la grande majorité des 400 000 décès annuels concerne des enfants et des adolescents vivant dans des pays en développement) et l'exposition à des produits toxiques (47 000 personnes décèdent par intoxication chaque année dont de nombreux enfants).

La difficulté de quantifier ces éléments au-delà de la mortalité, et l'interdépendance entre les différents facteurs de risque, doivent être soulignées. De plus, la malnutrition touche 25 % des enfants dans le monde et participerait à près de 60 % de leurs décès (14). L'impact du sida sur la structure familiale (épuisement économique, retentissement sur l'éducation...) et les structures publiques (diminution des enseignants et du personnel de santé qualifié...) joue également un rôle significatif sur la morbidité et la mortalité infantiles qui s'accroîssent dans de nombreux pays, notamment en Afrique de l'Est et australe.

Les données actuelles sont malheureusement en faveur d'une augmentation du nombre et de la variété des facteurs de risque environnementaux chez les enfants dans le monde et dans les pays en développement (3). Ces risques résultent des polluants chimiques, aériens, ou déposés dans les sols et l'eau, mais aussi de la malnutrition, de situations de violence dans un habitat urbain pauvre. Lorsque l'on compare les effets des polluants à ceux de la malnutrition, ils peuvent être considérés comme faibles, mais leur importance dépend de la durée et de l'intensité de l'exposition à ces polluants et de leur toxicité pour la santé humaine. Dans les pays en développement, peu d'études ont mesuré cette exposition. La toxicité pré et postnatale de la plupart des produits chimiques libérés dans l'environnement n'a pas été évaluée chez l'homme, et n'a été testée chez l'animal que pour une partie d'entre eux (2). Il n'y a pas « d'information fiable concernant l'impact sur la santé pour deux tiers des produits chimiques, sur les 70 000 couramment employés aux Etats-Unis dans les industries et comme produits de consommation » (3 p. 11). Il faut par ailleurs rappeler que la spécificité d'espèce marquée de la thalidomide[6] n'avait pas initialement permis de retrouver, pour de fortes doses, de tératogénicité chez les rongeurs (13).

Les facteurs de risque environnementaux susceptibles d'être régulés comme l'alimentation, l'eau de boisson et l'assainissement, ou la composition de l'air, s'opposent en théorie à ceux difficilement contrôlables par l'homme, dits naturels, comme le climat, la température, les saisons et l'altitude. En fait, non seulement ces facteurs de risque ont des interactions complexes entre eux et avec la situation sociale et économique des personnes, mais les activités humaines ne sont jamais neutres sur l'environnement, générant à leur tour de nouveaux facteurs de risque. La menace au Bangladesh d'un empoisonnement massif à l'arsenic d'un quart de la population à travers l'eau de boisson (plus de 30 millions de personnes sont exposées à une eau contenant plus de 0,01 mg/L

[6] - Ce somnifère utilisé dans les années 1950 fut notamment responsable de malformations sévères des extrémités chez les enfants dont les mères avaient reçues de faibles doses pendant leur grossesse. Il est encore efficacement utilisé notamment dans le traitement de la lèpre et des aphtoses sévères au cours de l'infection au VIH.

d'arsenic, seuil de toxicité OMS) est à mettre en relation de façon paradoxale avec la campagne de forage entreprise dans le pays il y a 30 ans pour favoriser l'accès à une eau de meilleure qualité (3, 16). Cet élément chimique issu de l'érosion du massif himalayen a été libéré dans les nappes phréatiques sous forme soluble, par l'arrivée de matières organiques en grande partie apportées par les pompes et par la diminution du niveau de l'eau consécutive au pompage intensif agricole.

Il devient ainsi difficile de séparer à l'aide du modèle de la transition sanitaire[7] (17, 18) les risques liés essentiellement aux maladies infectieuses et à la sous-alimentation dans les pays en développement, des risques émergents des pays industrialisés. En effet, non seulement des activités polluantes aux effets non mesurés se développent dans les pays à revenus limités, essentiellement à travers les activités agricoles et le développement d'industries en parallèle aux risques infectieux toujours présents, mais les tentatives de correction entraînent d'autres risques, faisant dire à U. Beck que la société moderne ne peut plus se prévaloir de risques extérieurs, ils sont désormais générés par sa propre activité (19). L'apparition de nouveaux risques infectieux dans les pays industrialisés, y compris nosocomiaux, est un autre argument dans ce sens. Enfin et surtout, il existe une véritable hétérogénéité de la distribution des maladies liées à l'environnement et la pauvreté est un élément déterminant dans l'exposition aux risques qu'il faut souligner de façon finalement comparable, pour le saturnisme par exemple, à ce qui peut être observé en France dans une ville comportant des quartiers socio-économiquement différents.

Des facteurs de risque naturels difficilement contrôlables aux risques générés par l'homme

Avant d'aborder les risques plus significatifs d'un point de vue épidémiologique (eau potable, qualité de l'air...), nous décrirons d'abord les principaux risques difficilement contrôlables, illustrant néanmoins le rôle non négligeable souvent joué par les activités de l'homme.

• *Hypoxémie en haute altitude et développement de l'enfant*

140 millions de personnes vivent au-dessus de 2 500 mètres d'altitude avec une pression partielle en oxygène diminuée entraînant une hypoxie et une diminution du poids de naissance de 100 g pour 1000 mètres supplémentaires par rapport à des personnes comparables vivant en plaine. Un retentissement dans le même sens est constaté sur la taille (1). Plus la durée de résidence de la population en haute altitude est importante et moins les diminutions de poids et de taille sont significatives, ce qui est en faveur d'une adaptation génétique des populations[8]. D'autres modifications ont été décrites, comme une augmentation du volume pulmonaire, de la circonférence thoracique et de la taille du ventricule droit. L'apparition des caractères sexuels secondaires et des ménarches est retardée, comparativement à une population de référence ne vivant pas en haute altitude.

Cependant, il est difficile de séparer les effets de l'hypoxie sur la croissance de ceux d'un statut social et économique bas et d'une nutrition pauvre. Les enfants éthiopiens qui vivent à 3000 mètres d'altitude ont une vitesse de croissance supérieure à celle de leurs homologues résidant à 1 500 mètres, mais chez lesquels la nutrition est moins bonne et la prévalence des maladies supérieure (20).

• *Effets du climat, de la température et des saisons sur le développement de l'enfant*

Les lois de Bergmann et Allen semblent bien établies (1, 21) et rendent compte d'un processus adaptatif qui détermine la taille du corps et les proportions corporelles en fonction des nécessités de la thermorégulation (dissipation de chaleur/conservation de chaleur). Les hypothèses de développement infantile plus rapide dans les climats plus froids sont contredites par l'apparition plus précoce des ménarches sous des latitudes plus chaudes (1).

Au-delà de 2 ans, existent dans la vitesse de croissance des enfants des variations saisonnières confirmées par des études tropicales (1, 22). L'exposition à la lumière du soleil et la production de vitamine D3 (cholécalciférol) qui s'ensuit pourraient expliquer la croissance en taille plus rapide pendant la saison sèche en région tropicale. Cette différence s'estompe à partir de l'adolescence, peut-être sous l'action de facteurs hormonaux. Concernant les variations saisonnières de gain de poids, elles sont en premier lieu expliquées par des différences d'accès à la ressource alimentaire et par les taux de morbidité. Cependant, des différences sont également constatées sans corrélation avec le régime alimentaire et sans explication probante pour l'instant.

• *Saisons, climat et épidémiologie*

De façon bien connue, le risque environnemental n'est pas le même suivant les saisons de l'année et les maladies liées à l'eau (essentiellement diarrhées, paludisme) sont plus fréquentes pendant la saison des pluies avec des pics qui varient en fonction des zones géographiques, de la température et de la pluviométrie. Certains auteurs ont associé les effets de *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) à la recrudescence du choléra (23) et à l'augmentation du nombre d'enfants admis pour diarrhées à Lima au Pérou entre 1997 et 1998 (24). Les émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés augmenteraient ainsi, pour certains, le risque de maladies diarrhéiques dans le monde. J-M. Amat-Roze

[7] - Ce modèle d'évolution sanitaire proposé par Omran en 1971, revisité depuis notamment par Vallin, décrit les changements de morbidité et de mortalité à travers des étapes où les pathologies infectieuses cèdent la place aux « maladies sociales et dégénératives » (comme les pathologies cardio-vasculaires) avec une augmentation de l'espérance de vie. Pendant ce processus les plus profonds changements de morbidité concerneraient les enfants et les femmes. Une dernière étape verrait le recul des pathologies cardio-vasculaires et d'autres pathologies, entraînant un nouvel accroissement de l'espérance de vie. La transition épidémiologique et les actions de santé publique entreprises sont ainsi regroupées sous le concept de « transition sanitaire ».

[8] - Les Tibétains qui ont probablement la plus longue « expérience » de ce type d'habitat, au moins 50 000 ans, présentent la diminution de poids à la naissance la moins importante.

(25) rappelle cependant que le jugement de causalité nécessite de réunir un certain nombre de critères (voir supra premier encadré), qu'« ...une épidémie de choléra est multifactorielle.., [et qu'] il ne fait aucun doute que les facteurs environnementaux humains assurent ou non la prospérité de l'épidémie » (25 p. 46). Les poussées de fièvre jaune et de paludisme, souvent attribuées au réchauffement climatique, sont d'abord en étroite relation avec les réponses apportées en matière de prise en charge des infections, de lutte contre les vecteurs, et l'augmentation du contact entre l'homme et les vecteurs (26-29).

En Afrique, dans des communes urbaines de certaines régions désertiques (Niger, Algérie), les envenimations après piqûres de scorpion sont considérées comme un problème de santé publique, plus spécialement chez les enfants (50 % des personnes touchées ont de 5 à 15 ans). Elles surviennent pour plus de 50 % des cas au mois de juillet, avec une létalité de plus de 20 % en l'absence d'une prise en charge adaptée (30). De la même façon, en zone soudano-sahélienne, certains ophidiens et plus particulièrement les vipères du genre *Echis* sont responsables de morsures qui touchent les enfants de moins de 15 ans dans plus de 50 % des cas, notamment en zone périurbaine et essentiellement en saison des pluies (plus de 10 % des hospitalisations dans les centres de santé pendant cette période) (31).

Certains auteurs comme Goyffon considèrent ainsi la fréquence d'envenimation scorpionique et ophidienne comme de véritables indicateurs d'un développement urbain mal contrôlé (32).

Les facteurs de risque essentiellement anthropiques

Ces facteurs de risque ont la caractéristique d'être particulièrement dépendants de l'action de l'homme tant dans leur apparition que dans leur contrôle. Certaines pollutions ont des effets à long terme (bioaccumulation de toxiques à travers la chaîne alimentaire par exemple) qu'il est difficile de contrecarrer à moyen terme. L'alimentation, à cause de la prévalence de la malnutrition, de son rôle aggravant sur la morbidité des enfants, de son rôle comme voie d'exposition, mais surtout comme facteur sur lequel l'homme intervient particulièrement, est abordée en premier lieu.

• *Malnutrition et croissance*

Il est maintenant établi que la proportion de personnes présentant un surpoids dépasse celle des personnes sous-alimentées dans le monde (33). Plus de 150 millions d'enfants dans les pays en développement sont toujours malnutris (2), plus particulièrement en Asie du Sud (où plus de la moitié des enfants sont mal nourris contre 30 % en Afrique subsaharienne) (34). Le retard de croissance en relation avec la malnutrition dans les pays en développement est décrit comme le plus fréquent et le plus marqué entre 6 et 12 mois, période pendant laquelle la vitesse de croissance mesurée par la taille est la plus rapide, et les besoins nutritionnels les plus importants[9]. C'est aussi la période critique du sevrage.

Les problèmes de santé et de nutrition des femmes en Asie du Sud conduisent à une prévalence élevée de nouveau-nés de faible poids de naissance (34). La PAHO (*Pan American Health Organization*) souligne que le poids de la mère avant et pendant la grossesse influence le poids du nouveau-né, qui à son tour définit la santé future de l'enfant (3). Il faut rappeler que le déficit de croissance fœtale et des enfants depuis leur plus jeune âge est associé de façon ubiquitaire aux différences de statut socio-économique. Une étude au Guatemala a montré qu'une intervention sur l'alimentation des enfants avant trois ans était la plus efficace sur la réduction de la mortalité et sur la croissance ultérieure (35). Une autre étude a comparé trois groupes de statuts socio-économiques différents dans la périphérie de Guatemala (le premier groupe présentait une diminution de son statut, le second une stagnation, le troisième une amélioration). L'amélioration plus globale de la situation sociale et économique pendant les années de croissance a été associée avec un meilleur développement des enfants (36). Une autre étude en Afrique subsaharienne a souligné que l'écart entre les niveaux de retard de croissance staturale des enfants des ménages riches et pauvres est plus important en milieu urbain qu'en milieu rural, même si la disponibilité alimentaire globale et l'accès aux soins sont meilleurs en ville (37).

Un certain nombre d'auteurs (37- 40) soulignent que : « sous-nutrition et surnutrition coexistent et forment les deux faces d'un même problème, alors qu'elles sont en général considérées et traitées comme des phénomènes distincts » (39, p. 381). L'obésité dans la petite enfance augmente le risque de maladies prématurées et de décès ultérieurs à travers un certain nombre de complications métaboliques (diabète non-insulino dépendant, complications cardio-vasculaires, pulmonaires et psychosociales). Une étude hollandaise, portant sur une cohorte de personnes dont les mères avaient été exposées à la famine pendant leur grossesse durant la deuxième guerre mondiale, a montré une proportion plus importante d'obésités à l'âge adulte au sein de la cohorte (40).

Enfin, la thèse de Barker (41) met en avant le développement de maladies chroniques à l'âge adulte en relation avec une malnutrition pendant le développement fœtal et la petite enfance.

• *Eau potable et assainissement*

Les interventions concernant l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène sont censées réduire les diarrhées de 25 % et la mortalité infantile de 65 %. Actuellement un habitant sur cinq n'a pas accès à l'eau potable et près d'un sur deux est privé de raccordement à un réseau d'assainissement (42). Force est de reconnaître que les efforts ont surtout porté sur l'adduction d'eau potable, au détriment d'actions de plus grande envergure concernant l'assainissement et l'hygiène. Pourtant la plus grande part des maladies diarrhéiques a pour cause une contamination d'origine essentiellement fécale et se transmet souvent par les mains sales (43-46). Chez l'en-

[9] - La malnutrition peut diminuer la synthèse des protéines et des enzymes nécessaires à la croissance mais aussi aux mécanismes de détoxification augmentant encore la sensibilité des enfants aux toxiques potentiels. Dans le même sens, la malnutrition conduit à un déficit immunitaire, lui-même responsable d'une plus grande fréquence d'infections respiratoires et digestives (voir aussi le deuxième encadré).

fant, 80 % des gastro-entérites virales seraient dues aux rotavirus (47).

Les maladies dues aux helminthes peuvent être responsables de dénutrition avec une diminution de résistance aux infections et un retard de croissance chez les enfants. A l'extrême, des troubles d'absorption de la vitamine A (par ascaridiose) et de la vitamine B 12 (par anguillulose) peuvent apparaître (48).

Une étude de la prévalence des helminthiases intestinales en 1994 chez plus de 1000 enfants d'âge scolaire de la ville d'Abidjan (49) a montré une certaine diminution, comparée à des enquêtes en 1973 et 1985, expliquée par : i) l'élévation du taux d'alphabétisation de la population, ii) les efforts d'assainissement de la ville, iii) les campagnes de déparasitage. Une différence de prévalence a été relevée entre les quartiers des couches socio-économiques les plus pauvres et ceux plus riches. Un index « eau et pauvreté » développé par des chercheurs du Royaume-Uni et du Conseil Mondial de l'Eau (50) a explicité les liens entre pauvreté, dénuement social, conservation de l'environnement, et l'accès à l'eau et à la santé, permettant aux porteurs de projets ou au décideurs politiques d'identifier les besoins d'intervention.

De nombreuses études montrent que les nappes phréatiques dans le monde en développement sont de plus en plus contaminées par des dérivés nitrés provenant de l'absence d'assainissement ou de l'inefficacité des réseaux en place, mais aussi d'engrais, de pesticides utilisés pour l'agriculture et de déchets industriels (46, 51). Ces sources d'eau étant uniques pour des millions de personnes, il est probable que l'exposition des enfants à ces polluants augmente[10].

• *Pollution de l'air et fumées intra domiciliaires*

Les affections respiratoires aiguës sont considérées comme contribuant particulièrement à la diminution de l'espérance de vie sans incapacité dans le monde. L'agence de protection environnementale américaine (US EPA) définit la concentration de six éléments entrant dans la pollution de l'air : l'ozone (O3), le monoxyde de carbone (CO), le plomb (Pb), le dioxyde de souffre (SO2), le dioxyde d'azote (O2) et les particules (52). Les enfants des pays en développement sont particulièrement exposés à ces polluants à l'air libre et dans les habitations. Une étude en Pologne de 1999 (53) montre pour l'exposition au dioxyde de souffre un effet sur la croissance des enfants proche de celui de l'hypoxie en haute altitude. La pollution de l'air n'est pas limitée à des régions circonscrites autour de mégalopoles, mais elle s'accumule et se déplace à travers les continents, comme l'indique le rapport publié par le programme des Nations Unies pour l'environnement en 2002 (54). Cela sous-tend que le retentissement sur les affections respiratoires des enfants n'est pas limité aux grands centres urbains comme la ville de Mexico. Cependant la pollution intra domiciliaire est considérée comme plus significative sur la santé des enfants (15, 3, 52), plus particulièrement à cause de la production de particules issues de la combustion de biomasse pour la cuisine et le chauffage, mais aussi à cause de l'augmentation de la consommation de cigarettes dans les pays en développement. La concentration en milieu rural de particules dans les habitations est en moyenne de 80 µg/m^3 pour les pays industrialisés et de 400 µg/m^3 pour les pays en développement. Cette exposition aux particules est maintenant bien corrélée à la réduction du développement de la capacité pulmonaire des enfants (55). Une étude au Kenya (56) rapporte l'effet dans les habitations de l'exposition aux particules, de moins de 10 µm de diamètre (PM10[11]), sur l'incidence des infections respiratoires aiguës. Cette enquête a été réalisée chez 345 personnes de 1996 à 1999 et la prévalence des infections respiratoires hautes chez les enfants de moins de 5 ans (sans différence entre garçons et filles) est significativement plus élevée que celle présentée par les autres classes d'âge. Les femmes et leurs enfants passent en moyenne 6 heures par jour dans un environnement intra domiciliaire pour la préparation des repas et le chauffage (52). Ces activités utilisent des combustibles directement issus de la biomasse : excréments d'animaux, bois, charbons, résidus agricoles. De façon cohérente au-delà de 5 ans, ce sont les filles et les femmes, plus exposées aux pollutions particulaires, qui présentent davantage d'infections respiratoires. Cette différence disparaît après ajustement sur la variable sexe et est corrélée à la durée et à l'intensité de l'exposition. Les bénéfices d'une réduction de l'exposition à ces particules PM10 sont plus importants pour une concentration inférieure à 1000-2000 µg/m^3 ; ce qui est en faveur de l'utilisation d'un combustible comme le kérosène, ou le gaz[12] (à la différence du charbon de bois le plus souvent employé et qui concerne plus de 2 milliards de personnes) en lieu et place des foyers améliorés largement diffusés par des programmes de développement qui utilisent toujours des combustibles directement issus de la biomasse.

Le fait de fumer a été associé de façon causale avec l'augmentation du risque d'infections respiratoires aiguës décrite dans cette même étude au Kenya. Dans les pays industrialisés, en l'absence de problème de nutrition, le premier facteur jouant sur la croissance intra-utérine après l'âge gestationnel est la consommation de cigarettes des femmes avec une différence de 200g par rapport aux enfants non exposés. Des arguments existent aussi dans ce sens chez les femmes exposées à la fumée de cigarettes sans qu'elles soient elles

[10] - Les nourrissons jusqu'au 3ème mois de vie sont particulièrement sensibles à la pollution de l'eau par des nitrates (NO3-) qui se transforment en nitrites (NO2-) dans l'organisme, responsables de la formation de méthémoglobine, pouvant ainsi entraîner une cyanose et une détresse respiratoire (voir le deuxième encadré). Les nitrosamines et nitrosamides sont des composés pouvant provenir de la transformation des nitrates dans l'organisme et susceptibles d'effets cancérigènes à long terme.

[11] - Ces poussières fines sont éliminées en grande partie par le naso pharynx, mais en dessous de 3 µm, elles sédimentent dans les petites alvéoles pulmonaires et peuvent entraîner des lésions irréversibles et des troubles respiratoires obstructifs (13).

[12] - Même si le retentissement de leur combustion dans l'atmosphère nécessite d'être évalué (sur la végétation et sur l'effet de serre) et qu'ils doivent être conçus pour libérer moins de fumées.

mêmes consommatrices de cigarettes (1). Le stress induit pour le fœtus est comparable à celui de l'hypoxémie de haute altitude (l'affinité du monoxyde de carbone pour l'hémoglobine fœtale est encore plus importante que pour celle de l'adulte). De plus la fumée de cigarette contient des composants toxiques qui agissent directement sur la croissance du fœtus, comme le cyanure, le cadmium, le plomb et bien sûr la nicotine (1).

Cette multiplicité des facteurs causaux dans la détermination d'une pathologie est à souligner dans l'augmentation des cas d'asthme chez les enfants, et plus particulièrement chez les enfants dans les pays en développement dont le mode de vie devient plus urbain et « occidental », et n'est pas seulement en relation avec la pollution de l'air (57).

Les variations de prévalence de l'asthme ont été associées à l'augmentation de concentration de l'ozone, la pratique de l'exercice intense en milieu pollué (dioxyde de souffre...), l'exposition à la fumée de cigarettes, les mites et d'autres allergènes (58-60). Une étude en Ethiopie entre zone rurale et urbaine (57) confirme que la prévalence de l'asthme est significativement plus importante en milieu urbain. Elle retrouve une augmentation de la prévalence des « respirations sifflantes » et une hypersensibilité cutanée supérieure chez les enfants qui utilisent des matelas ou des coussins en mousse et qui sont abrités par des toits en tôle ou en chaume, et une diminution pour ceux qui ont été vaccinés. L'hypersensibilité cutanée est supérieure chez les enfants de niveau socio-économique plus important, vivant dans des familles qui utilisent le malathion comme insecticide. Les auteurs insistent sur la nécessité de s'interroger également sur le rôle des changements alimentaires intervenus chez ces enfants, comme par exemple l'augmentation de l'emploi de formules nutritionnelles synthétiques, avec augmentation d'acides gras.

• *Exposition aux métaux lourds et aux produits chimiques*

L'OMS (15) concentre ses efforts sur la réduction de deux types de composés particulièrement répandus dans les pays en développement : le plomb et les pesticides, tout en soulignant que la liste est ouverte et qu'il manque des études plus approfondies pour préciser les risques encourus chez l'enfant exposé à des nouveaux produits.

Les enfants sont particulièrement sensibles aux effets neurotoxiques du plomb, avec une réduction bien documentée du quotient intellectuel, des troubles de l'apprentissage et de la mémoire, l'apparition de comportements violents ainsi qu'une atteinte de l'hémogramme (anémie essentiellement). Une étude conduite dans la ville de Mexico révèle que plus de 25 % des nouveau-nés ont des niveaux de plombémie suffisants pour grever leur développement physique et psychomoteur (3). Les sources d'exposition sont extrêmement variées suivant le contexte local. Il peut s'agir du plomb contenu dans les canalisations d'eau, de la peinture, de certaines céramiques, de l'essence, des emballages pour la nourriture et la boisson, des cosmétiques et des remèdes populaires, ou encore de plomb libéré lors du recyclage de piles. Une étude au Liban de la plombémie chez 281 enfants de 1 à 3 ans venus dans le cadre de consultations de routine (1997-98) retrouve des conclusions similaires à celles de Mexico pour 14 % d'entre eux (61). Aucun facteur d'exposition isolé n'étant satisfaisant, il en ressort que c'est la combinaison d'un niveau socio-économique plus bas que la moyenne, le travail manuel du père, la localisation de l'habitation dans des zones de circulation intense, l'utilisation d'eau chaude du robinet pour la cuisine, qui sont associés de façon significative à une plombémie élevée et rendent compte de l'exposition.

Les causes majeures d'intoxication par pesticides sont en relation, a priori et après extrapolation de l'expérience dans les pays industrialisés, avec l'utilisation ainsi que le stockage inappropriés des produits en milieu agricole, car il existe encore peu de données sur ce sujet dans les pays en développement (15). L'exposition chronique à de faibles doses (notamment à travers la consommation alimentaire, l'exposition aux retombées des pulvérisations dans le sol et l'eau...) est associée à un déficit de croissance et à une atteinte neurologique. Une des inquiétudes majeures est la bioaccumulation de ces toxiques, qui sont stockés dans les graisses sur de longues périodes et peuvent être ainsi présents dans l'alimentation du nouveau né (à travers le lait maternel).

Comme pour les pesticides, les enfants qui vivent dans les décharges sont particulièrement exposés aux métaux lourds en général (comme le plomb) et à d'autres composants (par exemple, les organochlorés). De plus en plus d'enfants vivent de la collecte des déchets dans les zones périurbaines et y ont à leur tour des enfants. Par exemple, à Djakarta

Encadré 5

Principaux indicateurs retenus par la force d'intervention de l'OMS (67) pour suivre l'évolution de la santé environnementale chez les enfants dans les pays en développement

Indicateurs législatifs	Indicateurs d'exposition	Indicateurs de retentissement
Inscription scolaire	Pollution de l'air intra et extra-domiciliaire (PM10)	Mortalité infantile et < 5 ans
Essence sans plomb	Assainissement	Développement de la taille
Législation sur :	Accès à l'eau potable	(développement psycho-moteur)
La qualité de l'air et de l'eau	Pesticides utilisés/hectare	infections respiratoires aiguës, asthme,
Le traitement des déchets	Consommation de tabac	Mortalité par diarrhées < 5 ans
Le schéma urbain	Concentration sanguine de plomb	Décès et admissions par empoisonnement
Les programmes de santé environnementale pour l'enfant		Accidents de la circulation <15 ans
Les risques chimiques		Incidence des cancers dans la petite enfance

(Indonésie) plus de 200 000 enfants vivent de la récupération des déchets (2). D'autres travaillent dans des industries et sont exposés comme les adultes à des polluants chimiques tout en y étant plus sensibles (deuxième encadré). Outre les situations de violence subies par les enfants que ces modes de vie révèlent, ils représentent de véritables indicateurs de la pauvreté et des moyens mobilisés par les Etats pour y répondre.

De nombreux composés toxiques, à commencer par le mercure, les PCB (polychlorobiphényles) ou la dioxine, ont un effet sur la santé des enfants, notamment sur leur développement psychomoteur. Cependant, une étude relativement récente en 2001 en Europe a montré que la qualité de l'environnement familial pouvait contrecarrer les effets délétères des PCB sur le développement psychomoteur des jeunes enfants (62).

Il faut également signaler l'augmentation de cancers dans les pays industrialisés, qui est peu documentée dans les pays en développement, mais qui devrait aussi logiquement être retrouvée.

• *Cancers, polluants et irradiation*

La plupart des cancers des nourrissons sont d'origine inconnue (en mettant de côté les cancers héréditaires, comme le rétinoblastome). Il y a peu de facteurs de risque de cancer bien établis chez le nourrisson. Il s'agit essentiellement des radiations ionisantes, des agents utilisés dans la chimiothérapie, et du diéthylstilbestrol[13] (63). Il faut rappeler qu'il n'y a pas de seuil dans la dose d'exposition pour les effets cancérigènes : « toute dose de rayonnement aussi faible soit-elle accroît le risque cancérigène » (12 p. 106).

De récentes études épidémiologiques insistent sur l'exposition à des facteurs de risque environnementaux avant la naissance, comme l'exposition à des polluants à travers les travaux des parents : utilisation de peinture, de dérivés pétrolés, de pesticides, et de métaux lourds, mais également ingestion de dérivés nitrés (64, 65), de façon plus significative et persistante qu'avec la fumée de tabac. Les pathologies significativement associées sont en premier lieu les cancers neurologiques, les leucémies et les infections.

L'apparition de cancers thyroïdiens en excès parmi les enfants de moins de quinze ans exposés aux radiations ionisantes suite au désastre de Tchernobyl en 1986 est particulièrement documentée (l'iode radioactif représentait 40 % de la radioactivité totale des retombées, 5, 13). La crise économique de la partie ukrainienne de l'ex Union Soviétique après 1990 a entraîné la production et la consommation locale d'aliments qui ont débouché sur une nouvelle augmentation des doses individuelles de césium 137, ce qui aura des effets à moyen et long terme (66). Pourtant la mise en place d'une démarche d'évaluation du risque environnemental permet d'en prévoir les conséquences et de proposer des mesures pour diminuer l'exposition.

RECOMMANDATIONS MONDIALES CONCERNANT LES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX CHEZ L'ENFANT : DE L'EVALUATION DE RISQUE AUX POLITIQUES PUBLIQUES

Une démarche internationale et des indicateurs pour apprécier l'évolution du risque environnemental chez les enfants (cinquième encadré).

Au niveau international, un certain nombre de textes d'engagement ratifiés par la plupart des Etats sont à rappeler parce qu'ils fondent la légitimité de l'intervention en santé environnementale pour les enfants, et parce qu'ils insistent sur la participation des usagers et sur la mobilisation des différents secteurs. Il s'agit en premier lieu de :

- la convention des droits de l'enfant de 1989 (68), qui insiste dans son article 24 sur l'accès à une technologie appropriée et une information dans le domaine environnemental pour les parents et les enfants et rappelle que « les droits des enfants vivant dans les pays en développement sont les mêmes que ceux résidant dans d'autres pays ». A noter qu'un protocole additionnel (Assemblée Générale des Nations Unies du 25 mai 2000) précise le droit concernant « l'engagement des enfants pendant les conflits armés » et « la vente, la prostitution et la pornographie avec les enfants » ;
- la déclaration mondiale pour la survie, la protection et le développement des enfants, issue du sommet mondial de l'enfance de 1990 attire l'attention sur la dégradation de l'environnement des enfants et sur la nécessité d'une réponse multisectorielle et d'un engagement des Etats (69) ;
- l'Agenda 21 dans son chapitre 25 (70), partie intégrante de la déclaration de Rio de 1992, signale la vulnérabilité particulière des enfants aux risques environnementaux et insiste sur leur participation pour déterminer des réponses adaptées. Le principe de précaution a été rappelé à cette occasion comme suit : « en cas de risques et dommages graves et irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement » ;
- de nombreuses conventions, accords et protocoles, portant sur la pollution atmosphérique transfrontalière (Oslo, 1994), sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone (Londres, 1990), sur l'interdiction d'importer des déchets dangereux et le contrôle de leur mouvements transfrontaliers en Afrique (Bamako, 1992), sur la prévention des risques biotechnologiques (Montréal, 2000), sur la réduction des polluants organiques persistants (Stockholm, 2001), ..., ont vu le jour en insistant sur le principe de précaution (2, 71).

L'OMS a mis sur pied depuis plusieurs années une force d'intervention (*task force)* censée se concentrer sur les principaux facteurs de risque environnementaux touchant l'enfant évoqués ci-dessus, pour atteindre les objectifs opérationnels suivants (67) :

[13] - Ce composé, administré à certaines femmes enceintes pour prévenir un accouchement prématuré est responsable d'adénocarcinomes du vagin (en plus de malformations utérines) chez les jeunes filles ayant été exposées pendant leur vie intra utérine. Il a été contre indiqué pendant la grossesse en France en 1977 (contre 1971 aux USA) et de nombreuses femmes nées entre 1950 et 1978, ayant pu être exposées, n'ont pas été dépistées.

- développer des indicateurs et une méthodologie commune d'évaluation de risque ;
- promouvoir le recueil de données standardisées et comparables entre les pays pour autoriser les comparaisons ;
- évaluer le travail des enfants avec le programme international d'élimination du travail infantile ;
- développer et diffuser un manuel de formation pour le personnel de santé sur la santé environnementale de l'enfant ;
- diffuser du matériel de formation pour les collèges et les lycées ;
- mettre en place un plan d'intervention impliquant les secteurs de la santé, de l'environnement et de l'éducation.

Sans même évoquer les questions d'articulation intersectorielle, un certain nombre de difficultés inhérentes au mode d'intervention des projets diminuent leur efficacité, voire vont à l'encontre des actions de prévention mises en avant.

1) La volonté de préciser les risques environnementaux ne doit pas faire oublier que les risques majeurs qui touchent les enfants des pays en développement sont bien connus, et qu'il existe des codes d'hygiène publique dans nombre de pays qui ne sont pas ou peu appliqués. La décentralisation a renforcé théoriquement leur application, en donnant de fait une responsabilité aux élus pour l'amélioration de la santé (72). Des actions isolées, par exemple dans le domaine de l'assainissement, ou de la communication autour de l'hygiène, qui ne tiennent pas compte de ces textes, non seulement ne profitent pas d'un canal d'amplification, mais surtout posent des problèmes de cohérence avec l'action publique, voire délégitiment l'action de l'Etat. Malheureusement, de nombreuses actions d'adduction d'eau potable, en Afrique par exemple, se concentrent sur la fourniture d'infrastructures et plus récemment sur la pérennité de leur entretien (en premier lieu à travers la vente de l'eau par le secteur privé), considérant l'articulation avec l'hygiène publique comme secondaire.

2) La mise en place d'infrastructures laisse peu de place à la participation des usagers, et il n'y a le plus souvent pas de diagnostic social préalable alors que la question des inégalités sociales est justement une des questions clés de la santé environnementale en terme de réponse à apporter. Il peut arriver que des points d'eau soient implantés sans tenir compte de ces questions, débouchant sur une sous-utilisation ou l'absence d'entretien, remettant ainsi en cause les efforts pour améliorer l'environnement sanitaire. De même les activités qui se focalisent sur les modifications de comportement sans aborder les transformations sociales engendrées et le contexte socio-économique sont le plus souvent peu efficaces.

3) De nombreuses activités industrielles, et/ou artisanales, qui rejettent des polluants dangereux pour l'environnement et la santé humaine sont peu contrôlées et ne font pas l'objet d'une communication publique sur les résultats des études censées suivre l'évolution de la pollution et d'autres risques en fonction du développement industriel. L'exemple de la mine d'or de Sadiola au Mali qui rejette de l'arsenic, des métaux lourds (plomb essentiellement) et du cyanure, est particulièrement illustratif à ce sujet, puisqu'il est probable que les niveaux de contamination des eaux de surface sont significatifs (73) sans information accessible. D'autre part d'autres risques prévisibles, en rapport avec la présence de la mine, comme la propagation du VIH/sida, les conflits liés à l'arrivée de nouveaux groupes de population, ont commencé à être abordés tardivement après son installation (73). Dans ces contextes, en l'absence d'espaces de médiation et de régulation par l'Etat, il s'agit le plus souvent de recommandations a posteriori, comme c'est le cas en Guyane où les études sanitaires menées sur les sites d'orpaillage en 1994 et en 1999 ont montré, à travers la consommation de poisson carnivores, une contamination au méthylmercure de certaines populations amérindiennes parmi les plus importantes au monde (74). Les recommandations avancées ont proposé en premier lieu la protection des femmes enceintes et des enfants à travers un changement de régime alimentaire, ce qui a des implications non négligeables sur le mode de vie des groupes sociaux. Ces recommandations rendent également compte de la difficulté de ces groupes à intervenir sur les déterminants de la pollution de leur environnement même après le diagnostic et la clarification des responsabilités...

Un engagement des professionnels.

La déclaration de Bangkok de mars 2002 (2) a réuni une grande partie des professionnels de santé environnementale pour dresser un bilan des actions en cours et promouvoir la protection de la santé environnementale des enfants. Les participants demandent aux Etats membres de l'OMS d'intervenir en urgence sur 4 axes :

1) la protection de l'environnement et le développement des actions de prévention, essentiellement à travers la mise en place d'infrastructures appropriées pour l'assainissement et l'eau potable, la réduction de la pollution de l'air intra domiciliaire, et la diminution de l'émission de métaux toxiques ou de polluants cancinogènes et de l'exposition aux radiations, aux bruits et aux agents microbiologiques ;

2) les soins et la recherche, essentiellement en mettant en place des centres compétents sur les questions environnementales chez l'enfant, en incorporant la santé environnementale dans le cursus des professionnels de santé et en développant les méthodes d'évaluation de risque ;

3) le renforcement des capacités des parents et l'éducation des enfants, à travers le renforcement de la participation des parents et des enfants aux décisions qui influencent leur vie, et l'information des différents acteurs sur les moyens à mettre en œuvre pour améliorer l'environnement des enfants ;

4) le plaidoyer aux différents niveaux de la vie sociale : politique, administrative, médias, communautés, pour promouvoir les législations tendant à supprimer l'utilisation du plomb et diffuser l'information sur les enjeux de la santé environnementale chez les enfants.

Pour être en mesure de proposer des réponses adaptées dans le cadre de ces quatre axes d'intervention, il est nécessaire de préciser les risques, sans forcément construire des études épidémiologiques approfondies. Une démarche originale, l'évaluation de risque en santé environnementale, commence à être diffusée et utilisée plus particulièrement chez les enfants.

L'évaluation du risque environnemental : à favoriser dans les pays en développement

A l'origine, l'évaluation de risque a constitué une réponse pour apprécier des risques faibles aux Etats-Unis puis en Europe, difficiles à mettre en évidence à l'aide d'études épidémiologiques classiques. Cette démarche a un intérêt particulier dans les pays en développement, où peu d'études existent sur les facteurs de risque dits émergents et combinés, et où de nombreux risques sont sous-estimés.

Quatre étapes guident la démarche d'évaluation de risque pour protéger les enfants et leur environnement comme le recommande l'US EPA dans l'un de ses documents de référence (75) :

- l'identification du danger susceptible de causer un effet sur la santé ;
- la détermination de la sévérité des effets sur la santé à différents niveaux d'exposition, et en fonction des modes d'exposition;
- l'estimation du type et de la proportion de la population exposée ;
- la caractérisation du risque environnemental.

L'information des parents et des enfants sur les résultats de l'évaluation, mais également leur participation au processus décisionnel pour faire évoluer les politiques publiques, devraient être encouragées à travers le partage de l'information et la médiation entre acteurs. Ici encore le contexte de la décentralisation des soins pourrait fournir une opportunité à saisir.

CONCLUSION

En conclusion, il est nécessaire de conjuguer les évaluations de risque locales et les réponses mondiales.

L'approfondissement dans les pays industrialisés de nouvelles méthodes d'évaluation de risque en santé environnementale (76), le principe de précaution (71), ainsi que les récentes recommandations internationales autour des « menaces environnementales pour la santé des enfants » (2, 15), illustrent la préoccupation contemporaine d'un développement durable. Il s'agit d'une part de caractériser les risques liés à l'environnement, de plus en plus générés à l'échelle mondiale par l'homme ; et d'autre part de les atténuer, pour protéger la santé des enfants présents (futurs adultes) et des générations à venir.

L'émergence de nouveaux risques, tant infectieux qu'industriels, les relations sociales mondiales et l'hétérogénéité des situations sanitaires pour une même région géographique jusqu'au sein d'une même ville, mais surtout la complexité de l'interaction entre les déterminants de la santé chez l'enfant dans une perspective de développement de l'individu, ne viennent-ils pas remettre en cause le cadre désormais trop étroit de la transition sanitaire (17, 18) ? Les concepts de « pathocénose » théorisé par Grmek (77) et celui de « société du risque » avancé par Beck (19) ne sont-ils pas plus à même de décrire la relation entre l'environnement et la santé ? Ces concepts mettent l'accent sur l'aspect dynamique et non figé de l'interaction entre l'homme et son environnement, qui ne se réduit pas à un progrès univoque à partir d'interventions censées promouvoir une « bonne santé ». Ces interventions susceptibles d'améliorer la situation en diminuant un risque sanitaire produisent à leur tour de nouveaux risques pour la santé. Un exemple bien connu concerne les tentatives d'éradication des vecteurs du paludisme à travers l'utilisation de DDT (dichlorodiphényltrichloréthane) dans les années 1950 et 1960, rendues difficiles par l'apparition de résistance des vecteurs aux insecticides (13, 26). Ces tentatives ont mis en évidence des effets toxiques aigus et chroniques sur l'environnement et la santé humaine. Il faut aussi souligner l'effet retardé de certains toxiques qui s'accumulent chez l'homme après concentration à travers la chaîne alimentaire (5, 13). Ces constats ont abouti à l'interdiction des hydrocarbures cycliques dans la majorité des pays industrialisés. La contamination du lait par les PCB (polychlorobiphényles utilisés dans le monde entier comme isolants électriques, matériaux de protection contre les incendies...) chez les femmes inuits qui vivent dans l'Arctique canadien à des milliers de kilomètres de la source d'émission (78), malgré leur interdiction en 1989, illustre la dispersion géographique et la stabilité chimique de certains toxiques dans l'environnement. Le passage à l'échelle mondiale de ces risques et les nouveaux enjeux démocratiques autour de leur gestion, sans même parler des risques industriels (comme l'illustre l'accident chimique de Bhopal en Inde les 2-3 décembre 1984, qui fit une dizaine de milliers de morts (5)), ne sont ainsi plus limités aux seuls pays industrialisés. Le poids des déterminants sociaux et économiques apparaît particulièrement lourd dans le développement de maladies environnementales chez les enfants (79). En ce sens chaque situation environnementale nécessite une évaluation de risque locale et régionale, voire mondiale, et des stratégies sociales adaptées tant à l'échelle des individus, de leurs familles (80), qu'à l'échelle macroscopique et politique ■

***Remerciements** • Cet article a bénéficié des conseils et de la relecture de collègues et amis pour clarifier les concepts employés et mieux présenter les exemples utilisés. Il s'agit plus particulièrement de remerciements adressés à : Jean-Loup Rey, Astrid Frey et Etienne Lecomte, Anna Acquistapace, Marie Ahouanto, Kemal Chérabi et Céline Mazars.*
Enfin, cet article doit beaucoup à A. Robert et Margot Kröner, Winterbach.

REFERENCES

1 - SCHELL LM, KNUTSEN KL - Environmental effects on growth - In « CAMERON N - Human growth and development «. Academic press ed., London, 2002, pp 165-195.

2 - WORLD HEALTH ORGANISATION - International conference on Environmental Threats to the Health of Children : Hazards and Vulnerability. WHO/SDE/PHE/02.02, 2002, 67 p.

3 - CHELALA C. - Environmental impact on child health. Pan American Health Organization ed, Washington DC, 2000, 36 p.

4 - SPITZ R A - De la naissance à la parole. La première année de vie. PUF, ed, Paris, 1968, chapitre XIV.

5 - ENCYCLOPAEDIA UNIVERSALIS - Dictionnaire de l'Ecologie. Albin Michel ed, Paris, 1999, 1400 p.

6 - TANNER JM - Introduction : growth in height as a mirror of the standards of living. - In «KOMOLOS J - Stature, Living Standards, and Economic Development». University of Chicago press ed, Chicago, 1994, pp 1-6.

7 - TANNER JM - Growth as a mirror of the condition of society; secular trends and class distinctions. In - «DEMIRJIAN A - Human Growth a Multidisciplinary Review». Taylor and Francis ed, London, 1986, pp 3-34.

8 - GOLDBERG M, MELCHIOR M, LECLERC A, LERT F - Les déterminants sociaux de la santé : apports récents de l'épidémiologie sociale et des sciences sociales de la santé. *Sciences Sociales et Sante* 2002 ; **20** : 75-128.

9 - EHRENSAFT E, TOUSIGNANT M - L'écologie humaine et sociale de la résilience. In «MANCIAUX M - La résilience, résister et se construire». Médecine et Hygiène ed, Genève, 2001, pp 125-136.

10 - HILL AB - The environment and disease : association or causation ? *Proc R Soc Med* 1965 ; **58** : 295-300.

11 - BOUYER J, HEMON D, CORDIER S *et Coll* - Epidémiologie. Principes et méthodes quantitatives. INSERM ed, Paris, 1995, 498 p.

12 - LANNOYE P - Radioactivité : des risques toujours sous-estimés. - In « HUSS J, LANNOYE P - La santé empoisonnée». Frison-Roche ed, Paris, 1998, pp 105-120.

13 - REICHL FX - Atlas de poche de Médecine de l'environnement. Maloine ed, 2002 (1e édition originale 2000), 366 p.

14 - EDITORIAL - The world's forgotten children. *Lancet*. 2003 ; **361** : 1.

15 - WHO - Healthy Environments for Children. Initiating an Alliance for Action. WHO/SDE/PHE/02.06, 2002, 30 p.

16 - GALUS C - Un empoisonnement massif à l'arsenic menace le Bangladesh. *Le Monde* 2002 ; Samedi 7 décembre : 29.

17 - OMRAN A - The epidemiologic transition. A theory of the epidemiology of population change. *Milbank Mem Fund Q* 1971 ; **49** : 509-538.

18 - VALLIN J - L'espérance de vie : passé, présent et futures possibles. Communication au colloque REVES. Montpellier, 7-9 octobre 1992, 22 p.

19 - BECK U - La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité. Aubier ed, Paris, 2001 (1ère édition originale 1986), 521 p.

20 - CLEGG EJ, PAWSON IG, ASHTON EH, FLINN RM - The growth of children at different altitudes in Ethiopia. *Philos Trans R Soc* 1972 ; **264** : 403-437.

21 - BERGMANN C - Über die Verthältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Göttinger Studien* 1847 ; **1** : 597-708.

22 - BOGIN B - The evolution of human growth. - In «CAMERON N - Human growth and development». Academic press ed, London, 2002, pp 295-320.

23 - PATZ JA - A human disease indicator for the effect of recent global climate change. *Proc Natl Acad Sci USA* 2002 ; **99** : 12506-08.

24 - CHECKLEY W, EPSTEIN LD, GILMAN RH *et Coll* - Effect of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet* 2000 ; **355** : 442-450.

25 - AMAT-ROZE JM - Variations climatiques et maladies transmissibles. *Med Trop* 1998 ; **58** : 42S-47S.

26 - CARNEVALE P, MOUCHET J - La lutte antivectorielle au Cameroun. Passé-présent-avenir. Réflexions. *Bull Soc Pathol Exot* 2001 ; **94** : 202-209.

27 - MOUCHET J, LAVENTURE S, BLANCHY S *et Coll* - La reconquête des Hautes Terres de Madagascar par le paludisme. *Bull Soc Pathol Exot* 1997 ; **90** : 162-168.

28 - MONDET B - Considérations sur l'épidémiologie de la fièvre jaune au Brésil. *Bull Soc Pathol Exot* 2001 ; **94** : 260-267.

29 - TRAORE KS, SAWADOGO NO, TRAORE A *et Coll* - Etude préliminaire de la leishmaniose cutanée dans la ville de Ouagadougou de 1996 à 1998. *Bull Soc Pathol Exot* 2001 ; **94** : 52-55.

30 - ATTAMO H, DIAWARA NA, GARBA A - Epidémiologie des envenimations scorpioniques dans le service de pédiatrie du CHD d'Agadez (Niger) en 1999. *Bull Soc Pathol Exot* 2002 ; **95** : 209-211.

31 - REVAULT P. - Serpents, savoir et santé chez les Mossi. Thèse Doct. Méd. Faculté de médecine de Bobigny, 1994, 210 p.

32 - GOYFFON M. - New epidemiological aspects of scorpionism In «BON C, GOYFFON M. Envenomings and their treatments». Fondation Marcel Mérieux ed, Lyon, 1996, pp 25-29.

33 - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. - Rapport sur la santé dans le monde 2002. Réduire les risques et promouvoir une vie saine. OMS, 2002, p 4.

34 - EDITORIAL - Feeding the world's children. *Lancet* 2002 ; **359** : 989.

35 - MARTORELL R, SCRIMSHAW NS - The effects of improved nutrition in early childhood : the institute of nutrition of central America and Panama (INCAP) follow up study. *J Nutrition* 1995 ; **125 Suppl 4** : 1027S-1138S.

36 - JOHNSTON FE, MAC VEAN PB - Growth faltering and catch up growth in relation to the environmental change in children of a disadvantaged community from Guatemala City. *Amer J Hum Biol* 1995 ; **7** : 731-740.

37 - MARTIN-PREVEL Y, MAIRE B, DELPEUCH F - Nutrition, urbanisation et pauvreté en Afrique subsaharienne. *Med Trop* 2000 ; **60** : 179-191.

38 - EBBELING CB, PAWLAK DB, LUDWIG DS - Childhood obesity : public-health crisis, common sense cure. *Lancet* 2002 ; **360** : 473-82.

39 - DELPEUCH F, MAIRE B - Obésité et développement des pays du Sud. *Med Trop* 1997 ; **57** : 380-388.

40 - JACKSON AA, LANGLEY-EVANS SC, McCARTHY HD - Nutritional influences in early life upon obesity and body proportions. *Ciba Found Symp* 1996 ; **201** : 118-129.

41 - BARKER DJ - Mothers, babies, and disease in later life. BMJ Publishing Group ed, London, 1994, 232 p.

42 - SACQUET AM - Atlas mondial du développement durable. Editions Autrement, 2002, 80 p.

43 - PROGRAMME SOLIDARITE EAU - Eau potable et assainissement dans les quartiers périurbains et les petits centres. Gret ed, Saint Etienne, 1998, 158 p.

44 - MESSOU E, SANGARE SV, JOSSERAN R et Coll - Impact de l'assainissement et de l'hygiène domestique sur l'incidence de l'ascaridiose et de l'ankylostomose chez les enfants de 2 à 4 ans dans les zones rurales de Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 1997 ; **90** : 48-50.

45 - JULVEZ J, BADE MA, LAMOTTE M *et Coll* - Les parasitoses intestinales dans l'environnement urbain au Sahel. Etude dans un quartier de Niamey, Niger. *Bull Soc Pathol Exot* 1998 ; **91** : 424-427.

46 - CHIPPAUX JP, HOUSSIER S, GROSS P *et Coll* - Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bull Soc Pathol Exot* 2002 ; **94** : 119-123.

47 - BAJOLET O, CHIPPAUX-HYPPOLITE C - Les rotavirus et autres virus de diarrhées. *Bull Soc Pathol Exot* 1998 ; **91** : 432-437.

48 - NOZAIS JP - Maladies parasitaires et péril fécal : les maladies dues aux helminthes. *Bull Soc Pathol Exot* 1998; **91** : 416-422.

49 - MENAN EI, NEBAVI NG, ADJETEY TA *et Coll* - Profil des helminthiases intestinales chez les enfants d'âge scolaire dans la ville d'Abidjan. *Bull Soc Pathol Exot* 1997; **90** : 51-54.

50 - ASHRAF H - Poverty linked to access to water, says new water league table. *Lancet* 2002 ; **360** : 1950.

51 - BEACH M - Water, pollution, and public health in China. *Lancet* 2001 ; **358** : 735.

52 - BENDAHMANE DB - Air Pollution and Child health : Priorities for Action. Environmental Health Project. Activity report n° 38, US Agency for International Development, Washington DC, 1997, 19 p.

53 - JEDRYCHOWSKI W, FLAK E, MROZ E - The adverse effect of low level of ambient air polluants on lung function growth in preadolescent children. *Environ Health Perspect* 1999, **107** : 669-674.

54 - AHMAD K - Pollution cloud over south Asia is increasing ill health. *Lancet* 2002 ; **360** : 549.

55 - BRUNEKREEF B, HOLGATE ST - Air pollution and health. *Lancet* 2002 ; **360** : 1233-42.

56 - EZZATI M, KAMMEN D M - Indoor air pollution from biomass combustion and acute respiratory infections in Kenya : an exposure-response study. *Lancet* 2001 ; **358** : 619-624.

57 - YEMANEBERHAN H, BEKELE Z, VENN A *et Coll* - Prevalence of wheeze and asthma and relation to atopy in urban and rural Ethiopia. *Lancet* 1997 ; **350** : 85-90.

58 - BRUNEKREEF B, HOLGATE ST - Air pollution and health. *Lancet* 2002 ; **360** : 1233-1242.

59 - PHYSICIAN FOR SOCIAL RESPONSIBILITY - Asthma and the Role of Air Pollution. What the Primary Care Physicians should know. PSR ed, Washington DC, 1997, 6 p.

60 - McCONNELL R, BERHANE K, GILLILAND F *et Coll* - Asthma in exercising children exposed to ozone : a cohort study. *Lancet* 2002 ; **359** : 386-391.

61 - NUWAYHID I, NABULSI M, MUWAKKIT S *et Coll* - Blood lead concentration in 1-3 Year old Lebanese Children : A cross sectional study. *Environ Health* 2003; **2** : 5.

62 - WALKOWIAK J, WIENER JA, FASTABEND A *et Coll* - Environmental exposure to polychlorinated biphenyls and quality of the home environment : effects on psychodevelopment in early childhood. *Lancet* 2001 ; **358** : 1602-1607.

63 - ZAHM SH, DEVESA SS - Childhood cancer : overview of incidence trends and environmental carcinogens. *Environ Health Perspect* 1995 ; **103 Suppl 6** : 177-84.

64 - ROSS JA, SWENSEN AR - Prenatal epidemiology of pediatric tumors. *Curr Oncol Rep* 2000 ; **2** : 234-241.

65 - Mc BRIDE ML - Childhood cancer and environmental contaminants. *Can J Public Health* 1998 ; **89 Suppl 1** : S53-62, S58-68.

66 - ZAMOSTIAN P, MOYSICH KB, MAHONEY MC *et Coll* - Influence of various factors on individual radiation exposure from the Chernobyl disaster. *Environ Health* 2002 ; **1** : 4.

67 - PRONCZUK J - Task Force for the protection of children's environmental health. WHO, 2002, 15 p. Site internet : http://www.who.int/peh/CEH/

68 - UNITED NATIONS - Convention on the Right of the Child. General Assembly resolution 44/25, November 20, 1989, 19 p. Site internet : http://unicef.org/crc/fulltext.htm

69 - UNITED NATIONS INTERNATIONAL CHILDREN'S FUND - World declaration on the survival, protection and development of children. September 30, 1990, New York, 7 p. Site internet : http://www.unicef.org/wsc/declare.htm

70 - UNITED NATIONS - Agenda 21. Earth Summit Rio Declaration on Environment and Development. United Nations, 1992, Section III. Strengthening the role of major groups. 25. Children and youth in sustainable development, p 25.1 - 25.17. Site internet : http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm

71 - EDWALD F, GOLLIER C, de SADELEER N - Le principe de précaution. PUF ed, Paris, 2001, 127 p.

72 - MONJOUR L, VOULDOUKIS J, MONJOUR E - L'application du code d'hygiène publique, décision incontournable pour l'amélioration de la santé en milieu urbain en Afrique. *Bull Soc Pathol Exot* 2003 ; **96** : 153.

73 - COUNIL E - Une étude exploratoire et participative des retentissements du complexe minier de Sadiola au Mali. Mémoire de DESS de santé publique, Paris, 2001, 50 p.

74 - TAUBIRA-DELANNON C - L'or en Guyane. Eclats et artifices. Rapport à Monsieur Le Premier Ministre N°158/00/SG, Paris, Lettre de commande du 13 mars 2000, 139 p.

75 - EPA - The EPA Children's Health Year book, Environment Protection Agency, 1998, pp 119-122.

76 - EIS D - Welchen Einfluss hat die Umwelt ? - In «SCHWARTZ FW, BADURA B, LEIDL R, RASPE H, SIEGRIST J - Das Public Health Buch Gesundheit und Gesundheitswesen». Urban & Schwarzenberg ed, München, 1998, pp 51-80.

77 - GRMEK M. - Les maladies à l'aube de la civilisation occidentale. Payot & Rivages ed, Paris, 1994 (1ère édition originale 1983), 532 p.

78 - DEWAILLY E, GRONDIN J, PROULX JF, BRUNAU S - Santé et environnement dans l'Arctique canadien. - In « HUSS J, LANNOYE P - La santé empoisonnée ». Frison-Roche ed, Paris, 1998, pp 59-85.

79 - POULTON R, CASPI A, MILNE BJ *et Coll* - Association between children's experience of socioeconomic disadvantage and adult health : a life course study. *Lancet* 2002 ; **360** : 1640-1645.

80 - BERKMAN DS, LESCANO AG, GILMAN RH *et Coll* - Effects of stunting, diarrhoeal disease, and parasitic infection during infancy on cognition in late childhood : a follow up study. *Lancet* 2002 ; **359** : 564-571.