

# Environnement et santé

La progression de l'espérance de vie au cours des dernières années n'empêche pas l'interrogation grandissante des citoyens sur l'incidence de la qualité de l'environnement et de sa dégradation sur la santé. Les nombreuses incertitudes qui subsistent en ce domaine résonnent comme autant de défis aux scientifiques et aux décideurs.

Dans ce contexte, les risques\* sanitaires liés à l'environnement peuvent être classés en trois groupes, selon leur degré de gravité et de réversibilité, et le niveau d'incertitude scientifique dont ils font l'objet :

- les risques identifiés dont la preuve est établie de manière suffisamment convaincante et dont la gestion relève de la prévention ;
- les risques controversés pour lesquels le développement du débat scientifique n'a pas débouché sur un consensus mais dont la gestion relève du principe de précaution\* et appelle des mesures provisoires adaptées à la gravité et à l'irréversibilité des événements redoutés ;
- les risques émergents pour lesquels le débat scientifique en est à ses prémices et pour lesquels la gravité et l'irréversibilité des impacts demeurent largement inconnues. Leur gestion relève aussi du principe de précaution, mais nécessiterait des mesures transitoires moins lourdes et donnant la place prioritaire à l'amélioration des connaissances.

Aux questions posées par ces différents risques, le plan national santé environnement (PNSE) répond par un ensemble d'actions en vue d'améliorer la connaissance, la prévention et la maîtrise des risques sanitaires. La présentation des risques selon les trois niveaux de connaissance ne constitue en aucune manière un ordre de leur importance ou de priorité des questions exposées.

L'influence de la qualité de l'environnement, ou de sa dégradation, sur la santé humaine est une évidence qui s'impose à tous. Les pollutions environnementales résultant des activités humaines (industries, transports, agriculture, énergie, etc.) ont des conséquences

importantes sur notre état de santé même si elles ne sont pas quantifiables avec précision et s'il demeure souvent difficile de s'accorder sur la part des déterminants génétiques, sociaux et environnementaux dans l'apparition et le développement des pathologies.

Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)<sup>1</sup>, 5 % des pertes de santé<sup>2</sup> pourraient être attribuées à l'environnement (hors milieu professionnel et comportements individuels) dans les pays de l'OCDE à haut revenu. Les coûts correspondants atteindraient jusqu'à 3,2 % du produit intérieur brut\* (PIB) : la pollution de l'air, les substances chimiques, le bruit et la qualité sanitaire de l'habitat étant considérés comme des enjeux de santé publique majeurs.

En dépit des progrès réalisés pour réduire et prévenir les pollutions et améliorer la qualité des milieux (la concentration de certains polluants atmosphériques a, par exemple, fortement régressé depuis les années soixante-dix), les citoyens expriment des préoccupations récurrentes sur les effets à long terme des pollutions diffuses auquel chacun est désormais exposé tout au long de sa vie<sup>3</sup>. Cette situation peut sembler paradoxale au moment où l'espérance de vie à la naissance en France dépasse en moyenne 80 ans<sup>4</sup>. Sa progression se serait même accélérée ces deux dernières années (+10 mois en deux ans).

Plusieurs arguments peuvent être avancés pour tenter de justifier ces craintes. La complexité des phénomènes qui caractérise les risques sanitaires d'origine environnementale constitue en effet un défi tant pour les scientifiques que pour les décideurs. Tout d'abord, les agents agresseurs (qu'ils soient physiques, chimiques ou biologiques) auxquels chaque individu est soumis sont multiples et interviennent selon différentes voies (alimentaire, respiratoire, cutanée), les circonstances et durées d'exposition (en milieu naturel, domestique, professionnel...) étant souvent difficiles à quantifier. Les nombreux facteurs de confusion rendent ainsi

1 – OCDE, 2001. « Santé humaine et environnement » in Perspectives de l'environnement de l'OCDE. Paris, OCDE. pp. 277-283.

2 – Pertes exprimées en années de vie corrigées de l'incapacité ou DALY (Disability-Adjusted Life Years), indicateur qui combine le nombre d'années de vie perdues du fait d'un décès prématuré et le nombre d'années de vie où les individus ont été privés d'une vie normale selon un système de pondération tenant compte de la sévérité des troubles subis.

3 – Voir Baromètre de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) 2004 « la perception des situations à risques par les Français ».

4 – Gilles Pison, 2005. « France 2004 : l'espérance de vie franchit le seuil de 80 ans », Population & sociétés, n° 410, mars 2005, 4 p. Selon l'Institut national d'études démographiques (Ined), cette progression de l'espérance de vie est due au recul de la mortalité des adultes et des personnes âgées grâce à une meilleure prise en charge, notamment, des maladies cardio-vasculaires et des cancers.

difficile l'identification de l'origine d'un effet sanitaire. Ensuite, et sauf situation accidentelle, les contaminations sont aujourd'hui le plus souvent de faible niveau, à la limite des effets observables. Enfin, les conséquences de ces expositions n'apparaissent généralement qu'à long terme. Pour toutes ces raisons, le rôle respectif des différents facteurs de risque\* en jeu et l'effet sur la santé et l'espérance de vie de l'accumulation lente et progressive des expositions sont difficiles à établir, alors même que les populations exposées sont souvent très vastes. Les décideurs sont donc amenés à prendre des mesures dans des situations souvent caractérisées par de fortes incertitudes scientifiques, où les sources de risques peuvent représenter d'importants enjeux économiques et soulever des questions d'acceptabilité sociale dépassant le cadre strict des impacts sanitaires.

Malgré les efforts déployés ces dernières années pour développer l'expertise scientifique et des procédures d'évaluation des risques indépendantes, la crédibilité de l'action publique et des informations mises à disposition sont mises en question<sup>5</sup>, preuve d'un décalage persistant entre risque perçu et risque objectif et d'une demande accrue d'information et de participation des acteurs à l'ensemble du processus d'analyse et de maîtrise des risques.

Trois catégories de risques justifient des réponses différentes selon leur degré de gravité et de réversibilité et le niveau d'incertitude scientifique dont ils font l'objet :

- le **risque identifié** dont la preuve est établie de manière suffisamment convaincante : sa gestion relève de la prévention ;
- le **risque controversé** pour lequel le développement du débat scientifique n'a pas débouché sur un consensus mais dont la gestion relève du principe de précaution et appelle des mesures provisoires adaptées à la gravité et à l'irréversibilité des événements redoutés ;
- le **risque émergent** pour lequel le débat scientifique en est à ses prémices et pour lequel la gravité et l'irréversibilité des impacts demeurent largement inconnues : sa gestion relève aussi du principe de précaution mais nécessiterait des mesures transitoires moins lourdes et donnant la place prioritaire à l'amélioration des connaissances.

Des risques relevant de ces trois niveaux de connaissance seront successivement présentés dans ce chapitre, mais cette présentation ne constitue en aucune manière un ordre d'importance des risques ou de priorité des questions exposées.

5 – Source : Baromètre IRSN 2004.

## Des risques relativement (bien) documentés

Les dangers\* pour la santé liés à la présence de certains agents dans l'environnement professionnel ou général ont été identifiés de longue date et l'importance de leurs impacts potentiels est connue, qu'il s'agisse d'expositions aiguës ou chroniques à des polluants chimiques, des agents infectieux ou des agents physiques.

Des politiques de prévention ont été mises en place tendant à éliminer les situations d'expositions des populations ou à réduire ces expositions : réduction à la source des émissions de polluants, mesures de protection des milieux, prévention des expositions, substitution de produits ou de technologies, etc. Pour réduire encore la mortalité et la morbidité\*, le PNSE complète ou renforce ces actions qui ont permis d'importants bénéfices sanitaires au cours des dernières décennies. L'objectif est d'accroître l'efficacité des actions de prévention.

### Les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique

Les phénomènes de pollution atmosphérique se caractérisent par une grande diversité spatiale, du voisinage d'installations ou d'activités polluantes jusqu'au niveau planétaire. Ce sont toutefois les pollutions urbaines et de proximité qui présentent de nos jours le plus de risques en terme de santé publique. Au rang des actions prioritaires du PNSE figure la réduction des émissions des sources mobiles et des industries.

Les principales préoccupations concernent désormais les oxydes d'azote, l'ozone et les particules fines et sont en large part liées au développement des transports automobiles.

Les fortes pollutions soufrées et particulaires qui caractérisaient les villes et les zones industrielles au cours des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles ont été fortement réduites et d'importants progrès ont été enregistrés en matière de concentrations dans l'air ambiant de polluants tels que le dioxyde de soufre, le plomb, le monoxyde de carbone et les fumées noires. Les niveaux actuels sont généralement très inférieurs aux obligations réglementaires ou aux préconisations sanitaires.

Toutefois, ces progrès ne concernent ni l'ensemble du territoire, ni tous les polluants. Certaines zones industrielles demeurent soumises à des niveaux ponctuels et parfois très élevés de dioxyde de soufre ou d'autres polluants. Mais c'est principalement la croissance du parc automobile et l'usage accru de ce mode de transport qui sont à l'origine de situations de pollutions

## Exemples d'effets sanitaires à court et long termes attribuables à des polluants spécifiques (cas des particules, de l'ozone, du dioxyde d'azote)

Polluants	Effets à court terme	Effets à long terme
<b>Particules</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réactions inflammatoires pulmonaires</li> <li>• Symptômes respiratoires</li> <li>• Effets négatifs sur le système cardio-vasculaire</li> <li>• Augmentation de l'utilisation de médicaments</li> <li>• Augmentation des admissions hospitalières</li> <li>• Augmentation de la mortalité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation des symptômes des voies respiratoires inférieures</li> <li>• Réduction de la fonction pulmonaire chez les enfants</li> <li>• Augmentation des broncho-pneumopathies obstructives</li> <li>• Réduction de la fonction pulmonaire chez les adultes</li> <li>• Réduction de l'espérance de vie, due essentiellement à la mortalité cardio-pulmonaire et probablement aux cancers pulmonaires</li> </ul>
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets négatifs sur la fonction pulmonaire</li> <li>• Réactions inflammatoires pulmonaires</li> <li>• Effets négatifs sur les symptômes respiratoires</li> <li>• Augmentation de l'utilisation de médicaments</li> <li>• Augmentation des admissions hospitalières</li> <li>• Augmentation de la mortalité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction du développement de la fonction pulmonaire</li> </ul>
<b>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet sur la fonction pulmonaire, en particulier pour les asthmatiques</li> <li>• Augmentation des réactions inflammatoires allergiques des voies respiratoires</li> <li>• Augmentation des admissions hospitalières</li> <li>• Augmentation de la mortalité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de la fonction pulmonaire</li> <li>• Augmentation de la probabilité de symptômes respiratoires</li> </ul>

Source : OMS, 2004.

pouvant conduire à des dépassements des niveaux préconisés par les directives européennes et les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), notamment en matière de dioxyde d'azote et d'ozone. Les véhicules (moteurs diesel non équipés de filtres à particules, c'est-à-dire l'immense majorité) interviennent également pour une large part des émissions de particules fines, les plus préoccupantes.

Des risques relatifs assez faibles mais touchant une population exposée de plus en plus nombreuse et de plus en plus sensible, du fait de l'urbanisation et de l'allongement de la durée de vie, sont également des éléments de contexte à prendre en compte pour apprécier l'importance sanitaire de la qualité de l'air.

Les effets sont par ailleurs de mieux en mieux documentés au travers d'études expérimentales et de laboratoire. Ils peuvent résulter d'expositions à court ou à long terme se traduisant par un accroissement de la morbidité et un large spectre d'effets et de troubles respiratoires et cardio-vasculaires, ainsi que par une exacerbation des allergies respiratoires<sup>6</sup>.

Certains effets peuvent survenir à des niveaux d'exposition très faibles, et diverses études plaident - du moins pour certains polluants - pour l'absence de doses sans effet nocif. C'est le cas des particules qui sont constituées de diverses fractions granulométriques dans lesquelles on distingue les particules « inhalables » (PM<sub>10</sub>\* de diamètre inférieur à 10 µm) et des particules plus petites telles que les PM<sub>2,5</sub> (particules de diamètre inférieur à

2,5 µm) ou des particules ultra-fines (nanométriques) pouvant atteindre les voies aériennes profondes. Ces particules peuvent en outre comporter des polluants à effets mutagènes\* ou cancérogènes (cas de certains métaux et des hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP -).

### Des risques à court terme en régression

Depuis les années soixante-dix, les progrès en matière de réduction des émissions des sources fixes ont réduit considérablement les risques à court terme liés à des niveaux élevés de pollution. Toutefois, ces effets sont toujours perceptibles bien que moins importants en terme de santé publique que ceux liés à des expositions à long terme.

Aux États-Unis ainsi qu'en Europe, les études épidémiologiques montrent que les variations journalières d'indicateurs couramment mesurés dans les réseaux urbains (dioxyde de soufre, particules, dioxyde d'azote, ozone) sont associées à une vaste gamme d'effets allant d'une altération de la fonction respiratoire à la précipitation du décès chez des personnes fragilisées. Globalement, les résultats des études épidémiologiques en la matière sont concordants et montrent, au cours des années quatre-vingt-dix, qu'environ 3 à 5 % de la mortalité quotidienne pouvait être reliée aux variations de la pollution atmosphérique (Quénel et al. 1998<sup>7</sup>).

6 – Voir Deloraine A., Segala C., 2001. Quels sont les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé ? Primequal-Predit 1995-2000. Paris, La documentation Française. 88 p.

7 – Institut de veille sanitaire, 1998. « Pics de pollution atmosphérique et santé publique : la place de l'épidémiologie » (rapport scientifique rédigé par Quénel P. du Réseau national de santé publique - RNSP). Saint-Maurice, InVS. 13 p. (disponible en ligne : <http://www.invs.sante.fr>, rubrique « publications » > « santé et environnement » > « 1999 »).

## Les données de l'étude PSAS-9 sur les impacts sanitaires à court terme de la pollution urbaine

Pour quantifier la relation à court terme entre la pollution atmosphérique et ses impacts sur la santé, un programme de surveillance épidémiologique dans neuf grandes villes françaises (plus de 11 millions d'habitants), intitulé PSAS-9, est conduit par l'Institut de veille sanitaire (InVS) depuis 1997 à partir des données produites par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA).

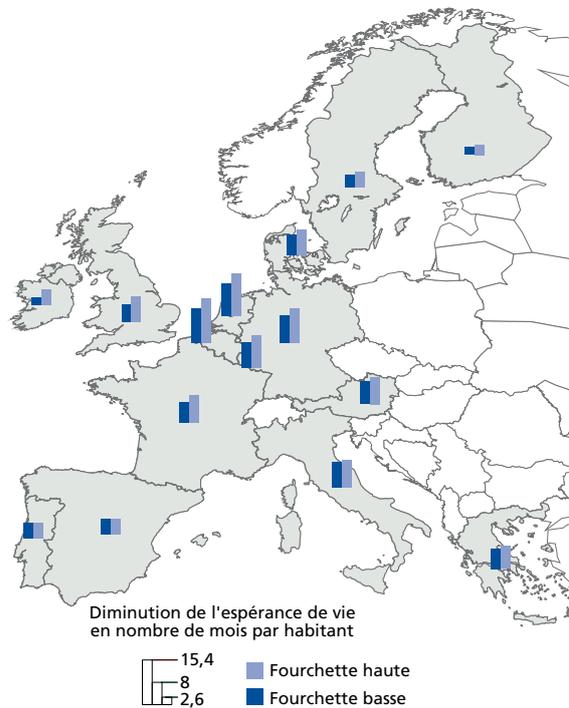
L'étude permet d'estimer la pollution de l'air quotidienne moyenne, dite pollution de fond, à laquelle est soumise la population de ces villes, et d'en évaluer les impacts sanitaires. Elle montre notamment que le nombre annuel de décès anticipés attribuables à des concentrations de polluants atmosphériques supérieures à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est de l'ordre de 2 800 pour la mortalité totale, dont 1 100 pour la mortalité cardio-vasculaire et 300 pour la mortalité respiratoire (InVS, 2004).

### Des impacts à long terme de grande ampleur

Moins nombreuses, des données sur les effets à long terme de la pollution sont également disponibles au travers de quelques études épidémiologiques confortées par des travaux de toxicologie\* expérimentale. En terme d'impacts sur la morbidité et la mortalité des populations, ce sont actuellement ces effets qui prédominent par comparaison aux effets à court terme attribuables aux pics de pollution.

L'approche de l'impact sanitaire en terme de diminution de l'espérance de vie recommandée dans le cadre du programme européen CAFE (*Clean Air For*

## Estimation en Europe des Quinze de la diminution de l'espérance de vie imputable aux particules fines $\text{PM}_{2,5}$ dues aux activités humaines



Note : Résultats provisoires issus de modélisation – scénarios basés sur la situation d'émission de l'année 2000 et les conditions météorologiques des années 1997, 1999, 2000 et 2003.

Source : D'après International Institute for Applied Systems Analysis, 2005. « Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme » (rapport final rédigé par Amann M., Bertok I., Cofala J. et al., pour le compte de la DG Environnement de la Commission européenne). Laxenburg, International Institute for Applied Systems Analysis. 79 p.

Europe) permet de situer la France par rapport à la moyenne européenne pour la diminution de l'espérance de vie imputable aux particules fines ( $\text{PM}_{2,5}$ ) dues aux activités humaines.

Il convient de noter que les études épidémiologiques permettent difficilement d'établir la part contributive

## Effets des expositions prolongées aux particules et aux polluants de l'air

Les premières études épidémiologiques en la matière remontent aux années quatre-vingt-dix. Une étude de cohorte\* menée dans six villes aux États-Unis montrait en 1993 que la concentration en particules  $\text{PM}_{2,5}$  était l'indicateur le plus fortement associé à la survie à 15 ans, avec des différences de survie de 26 % entre la ville la plus polluée et la moins polluée (Dockery D. W., Pope C. A., Xu X. et al., 1993. « An association between air pollution and mortality in six US cities », *The New England Journal of Medicine*, vol. 329, n° 24, 9 décembre 1993, pp. 1 753-1 759).

Des travaux réalisés par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) portant sur 76 unités urbaines françaises (un peu plus de 15 millions de personnes âgées de 30 ans ou plus) ont permis d'estimer que, dans cette population en 2002, 600 à 1 100 décès par cancer de poumon, selon les hypothèses de risque retenues, et 3 000 à 5 000 décès par maladie cardio-respiratoire seraient attribuables à l'exposition chronique aux  $\text{PM}_{2,5}$ . Sous les mêmes hypothèses, un total de 6 000 à 9 000 décès serait attribuable à cette exposition chronique (Impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine - Afsset 2004).

des divers polluants aux effets observés, du fait entre autres de la diversité des polluants présents dans l'air et de la fréquente covariation de leurs concentrations.

Les études menées tant en Europe qu'aux États-Unis impliquent le plus souvent les particules fines ainsi que le dioxyde de soufre et l'ozone, mais ceci peut être dû en partie au plus grand nombre de données disponibles sur l'exposition à ces polluants, au détriment de celles sur d'autres composés traces avec lesquels ils sont susceptibles d'interagir (métaux, polluants organiques persistants, aldéhydes, etc.).

Concernant les populations les plus touchées, les études mettent en lumière des groupes plus vulnérables\* parmi lesquels figurent en premier lieu les personnes âgées, les personnes souffrant d'affections cardio-respiratoires chroniques, dont l'asthme, et les jeunes enfants.

Il est établi par ailleurs que la poursuite des politiques de réduction de la pollution de l'air entraînera

des bénéfices sanitaires considérables. Ainsi, le programme APHEIS (*Air Pollution and Health : A European Information System*) mené dans 26 villes européennes de 12 pays dont la France évalue qu'environ 5 000 décès seraient évités chaque année si l'exposition à long terme aux concentrations ambiantes de PM<sub>10</sub> était réduite de 5 µg/m<sup>3</sup> dans chaque ville. Par comparaison, environ 800 décès seraient évités pour une même diminution de l'exposition à court terme.

Enfin, si des progrès importants sont enregistrés vis-à-vis de divers polluants classiques de l'air ambiant, liés notamment aux activités industrielles, il convient d'être vigilant vis-à-vis d'éléments traces - tels que certains polluants organiques persistants (POP), les nanoparticules ou la famille des pesticides\* - pour lesquels l'exposition et les effets *via* le compartiment aérien demeurent encore mal documentés.

## Amiante : un effet différé mais considérable

La dangerosité de l'amiante est identifiée depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle mais les mesures de protection et de prévention sont intervenues beaucoup trop tardivement. En France, l'amiante n'a été reconnue comme source de maladie professionnelle (asbestose) qu'en 1945 et son usage n'a été réglementé qu'à partir de 1977, après que toutes les formes d'amiante eurent été classées cancérogènes par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) - caractère cancérogène pourtant mis en évidence dès le milieu des années cinquante par Doll puis par Wagner. L'interdiction totale de tout usage de l'amiante n'a finalement été adoptée qu'en 1997.

La catastrophe sanitaire résultant de l'exposition, si longue et importante, par inhalation aux fibres d'amiante est d'une ampleur considérable. En 1996, une expertise collective menée par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) estimait que l'amiante était responsable d'environ 2 000 décès par an : 1 250 par cancer du poumon et 750 par mésothéliome (cancer de la plèvre sans issue). La manifestation de ces pathologies survenant avec un effet différé (jusqu'à quarante ans après l'exposition), le nombre de décès imputable à l'amiante est en croissance et pourrait atteindre 3 000 à 5 000 décès par an dans les années à venir. On estime de 60 000 à 100 000, voire davantage, le nombre de décès résultant d'une exposition à l'amiante dans les vingt années à venir, avec un coût financier d'indemnisation

des victimes qui se situerait entre 30 milliards (Mds) d'euros et 40 Mds d'euros (il est évalué à 1,4 Md d'euros pour 2005). Au niveau européen, entre 250 000 et 400 000 décès seraient imputables à l'amiante dans les trente prochaines années. Toutes ces estimations portent sur des expositions passées, les plus importantes. Elles ne tiennent toutefois pas compte des éventuelles conséquences sanitaires liées aux chantiers de désamiantage et aux expositions à proximité d'anciens sites de fabrication et d'extraction.

Le 3 mars 2004, le Conseil d'État a reconnu la responsabilité de l'État du fait de sa carence fautive à prendre les mesures de prévention des risques liés à l'exposition des travailleurs aux poussières d'amiante. Cette carence est notamment caractérisée par une absence d'études et par une insuffisance de la réglementation.

Plus généralement, cette décision du Conseil d'État soulève deux points critiques relatifs à l'application du principe de précaution et la gestion des risques sanitaires environnementaux : d'une part, les moyens à mettre en œuvre pour acquérir les connaissances scientifiques supplémentaires nécessaires et pour explorer des alternatives, dès lors qu'un risque potentiellement grave est suspecté ; d'autre part, l'adéquation des mesures de maîtrise des risques et le contrôle de leur application en regard des connaissances scientifiques acquises à un moment donné.

## Classifications internationales des substances cancérigènes

Les agents et substances susceptibles d'être cancérigènes pour l'homme font l'objet de deux classifications principales. L'une, au niveau mondial, est établie par le Circ de l'OMS (la plus fréquemment utilisée pour l'environnement général). L'autre, européenne, figure dans la directive 67/548/CEE du 27 juin 1967 modifiée, relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses, référence réglementaire pour les environnements de travail. Cette dernière ne concerne que les substances chimiques.

Dans les deux cas, les substances sont classées selon le degré de preuve de cancérigénicité atteint, d'après les données épidémiologiques et toxicologiques disponibles, relatives à leurs effets sur l'homme et les animaux. Les classements sont remis à jour au fur à mesure de l'évolution des connaissances.

Ainsi, en 2005, 95 substances et agents sont reconnus par le Circ « cancérigènes certains » pour l'homme (Groupe 1), 66 sont classés « cancérigènes probables » (Groupe 2A), alors que plus de 240 autres sont « cancérigènes possibles » (Groupe 2B), le degré de preuve étant moindre. Le

groupe 3 rassemble plusieurs centaines d'agents jugés non classables, faute de données et le groupe 4 les agents « probablement non cancérigènes » (un seul actuellement sur les 900 agents, substances, mélanges et circonstances d'exposition évaluées par le Circ depuis 1972).

Le système de classification européenne comporte 3 catégories : catégorie 1 : substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme ; catégorie 2 : substances pour lesquelles on dispose d'éléments justifiant une forte présomption de leur effet cancérigène, mais pas de donnée sur l'homme ; catégorie 3 : substances préoccupantes pour l'homme, en raison d'effets cancérigènes possibles, mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. Les substances des catégories 1 et 2 sont à peu près les mêmes que celles des groupes 1 et 2A de la classification du Circ.

Quelques exemples d'agents chimiques cancérigènes certains : des métaux et leurs composés (arsenic, cadmium, chrome et nickel), le benzène, la dioxine dite de Seveso (2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine -TCDD), le chlorure de vinyle, le formaldéhyde.

### Des substances chimiques dangereuses et des règles pour limiter leurs émissions dans l'environnement

Les effets sanitaires néfastes, identifiés sur la base d'études toxicologiques, d'un certain nombre de substances chimiques naturelles ou de synthèse produites ou utilisées dans les activités humaines ont permis de les classer au niveau européen comme dangereuses : irritantes, toxiques, très toxiques... ; cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, ces dernières étant dites « substances CMR » (cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques).

Afin de limiter au maximum les impacts environnementaux et sanitaires, les substances dangereuses sont soumises à des réglementations spécifiques concernant l'emballage et l'étiquetage, en particulier pour les CMR, la mise sur le marché et les usages, l'emploi en milieu de travail, ainsi que les émissions dans l'environnement.

Le principe de réduction à la source des émissions des industries et activités potentiellement polluantes fonde la législation sur les installations classées. Sa mise en

œuvre par le ministère chargé de l'Environnement s'appuie sur la connaissance, la quantification et la surveillance des émissions permettant notamment de définir des plans sectoriels de réduction des émissions pour des substances prioritaires (voir le chapitre « Industrie »).

La surveillance des émissions dans l'eau et dans l'air, ainsi que celle des déchets\*, est imposée aux installations classées, notamment en application de la directive européenne 96/61/CE du 24 septembre 1996 dite directive « IPPC » (*Integrated Pollution Prevention and Control*). Sont ainsi concernés les gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, HFC\*...)<sup>8</sup>, des métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)<sup>9</sup>, des composés organiques (benzène, HAP...), le fluor, etc. Les données issues des déclarations de rejets des industries en France sont disponibles sur un site Internet dédié<sup>10</sup>.

Outre la baisse de ces rejets par l'application des meilleures technologies disponibles (une obligation de la directive « IPPC »), un plan de réduction des émissions dans l'atmosphère\* a été adopté en 2003 et les objectifs nationaux de réduction des émissions de secteurs

8 – CH<sub>4</sub> : méthane ; CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone ; HFC : hydrofluorocarbures.

9 – As : arsenic ; Cd : cadmium ; Cr : chrome ; Cu : cuivre ; Hg : mercure ; Ni : nickel ; Zn : zinc.

10 – <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr>

industriels ont été fixés pour les substances cancérigènes ou neurotoxiques prises en compte par le PNSE. Ils visent une réduction de - 25 % à - 30 % en 2010 par rapport à l'année 2001 pour le benzène. Pour les autres substances, les objectifs pour 2010 par rapport à 2000 sont : - 65 % pour le plomb, - 50 % pour le cadmium, - 85 % pour les 2-4 dioxines et - 35 % à - 40 % pour le chlorure de vinyle monomère.

On ne dispose que d'éléments relativement limités concernant l'importance des effets des émissions chimiques passées ou actuelles sur la santé de la population vivant à proximité de sites industriels ou d'activités polluantes et, hormis les cas d'exposition aiguë accidentelle, ce n'est que rarement que l'on a pu mesurer des impacts sanitaires. On sait cependant que des riverains ont pu être exposés, parfois de manière non négligeable, à des substances chimiques dangereuses. Des exemples sont les cas de plombémie supérieure à la norme observés chez des enfants à proximité de sites indus-

triels tels ceux de Metaleurop et Umicore (Nord).

Les investigations menées au voisinage du complexe industriel et minier de Salsigne (Aude) en 1997 ont montré, quant à elles, de faibles augmentations du taux d'arsenic dans les urines liées à la consommation d'eau de puits ou de source et de fruits et légumes du jardin.

Les études se poursuivent concernant les données d'exposition de la population aux dioxines<sup>11</sup> et les effets sanitaires de ces composés. Produites lors de combustions, les dioxines persistent dans l'environnement et ont été retrouvées, par exemple, dans le lait de vache et le lait maternel au voisinage d'anciens incinérateurs de déchets ménagers qui n'étaient pas aux normes. Une forme particulière, dite dioxine Seveso, est reconnue cancérigène pour l'homme. D'autres effets sanitaires sur la reproduction et le développement font l'objet de résultats actuellement non concordants.

### L'investigation d'alertes locales en santé environnement : pourquoi tant d'incertitudes ?

« Nous sommes, ou nous avons été, exposés à un nuage toxique, aux émanations d'un incinérateur, au champ magnétique d'une ligne à haute tension, donc notre santé est en danger » ; « Il y a eu 3, 4, 5, 10 cas de cancer dans notre rue, notre école, notre quartier, c'est certainement dû à l'usine X ou à l'antenne Y ».

Deux types de situations classiques en santé environnementale : signal environnemental dans le premier cas, signal sanitaire (« agrégat » de pathologies) dans le second. Bien souvent, une polémique va naître entre les industriels qui soutiennent l'innocuité de leurs installations et les particuliers et associations environnementalistes qui sont convaincus de leur caractère nocif. Les pouvoirs publics demandent alors aux scientifiques d'investiguer la situation. Trop souvent, les résultats de ces recherches déçoivent, faute d'une perception claire des limites des méthodes disponibles, et notamment de ce qu'on peut espérer d'une étude épidémiologique.

À de notables exceptions près (amiante et cancer de la plèvre par exemple), les facteurs de l'environnement induisent des risques dits faibles (ils multiplient la probabilité pour un individu de développer une maladie

par un facteur compris entre 1 et 2) et non spécifiques (les pathologies peuvent apparaître même en l'absence du facteur considéré). Dans ces conditions, les études épidémiologiques qui permettraient de mettre en évidence un lien entre facteur et pathologie nécessitent des effectifs considérables de personnes exposées (et non exposées). Il est ainsi nécessaire de bâtir des études nationales (par exemple, dans le cas des incinérateurs), voire internationales (téléphonie mobile), pour pouvoir répondre à des inquiétudes expliquées localement. La population a alors du mal à comprendre pourquoi c'est si long et pourquoi on n'enquête pas sur place.

Dans la majorité des cas, il s'agit de risques chroniques : les pathologies suspectées ne peuvent apparaître qu'après une exposition longue (plusieurs années). Sur la base d'études toxicologiques, de nombreux facteurs de risques environnementaux sont fort heureusement identifiés avant même que des cas de maladies puissent leur être imputés et il est alors évident qu'on ne peut rien attendre d'une étude épidémiologique qui ne peut compter les cas encore non survenus. ►►

11 - L'InVS, en collaboration avec l'Afssa, mène une enquête d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération des ordures ménagères (septembre 2004-juin 2006). Voir aussi Institut de veille sanitaire, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2005. 65 questions-réponses sur les incinérateurs et les dioxines. Paris, ministère de la Santé et des Solidarités. 25 p. (disponible en ligne : <http://www.invs.sante.fr>, rubrique « publications » > « santé et environnement »).

► La durée d'exposition nécessaire pour voir apparaître des pathologies chroniques est variable d'un individu à l'autre et d'un facteur de risque à l'autre. En outre, les mouvements de population dispersent les individus exposés et « diluent » les expositions. Ceci rend improbable l'apparition d'un regroupement de pathologies survenant au même endroit au même moment (ce qu'on appelle un agrégat spatio-temporel\*) et ayant une origine environnementale commune.

Cependant, de tels « agrégats » sont signalés régulièrement et provoquent de grandes inquiétudes. Mais, contrairement à une intuition répandue, les événements qui se produisent au hasard ne se répartissent pas de manière homogène dans le temps et dans l'espace. Certains agrégats observés sont donc dus au hasard : ainsi, en France, il y a environ 10 millions d'enfants âgés de moins de 15 ans, soit au moins 20 000 regroupements possibles de 500 enfants (beaucoup plus en réalité car il y a de nombreuses manières de « regrouper » les enfants : par école, par quartier, etc.). La fréquence moyenne des leucémies de l'enfant est de 4 pour 100 000 personnes années. Du seul fait de la distribution aléatoire des maladies, on peut s'attendre à l'existence de trois groupes de 500 enfants en France où on observe trois leucémies en cinq ans. Lorsque trois leucémies se produisent sur une période de cinq ans dans une école, il y a de fortes chances que l'inquiétude gagne les parents et qu'ils aient du mal à accepter que seul le hasard en soit responsable... et il est de toute manière impossible de le prouver. Même lorsque le hasard n'apparaît pas responsable, il est très difficile de mettre en évidence une cause environnementale : l'expérience historique nous apprend que les investigations d'agrégat peuvent prendre des années et ont très rarement permis d'en déterminer sans ambiguïté la cause. La démarche scientifique appelée « évaluation quanti-

tative des risques sanitaires » vise à prévoir, pour le prévenir, l'impact sanitaire éventuel d'un facteur de risque. La méthode repose sur des calculs utilisant des résultats d'études épidémiologiques déjà publiées ou, le plus souvent, d'études de toxicologie expérimentales réalisées chez l'animal. Cependant, cette approche a elle-même de nombreuses limites : l'application de données recueillies dans des conditions très différentes de la situation où on les applique impose en effet de tenir compte de l'incertitude en se donnant des marges de sécurité (par exemple, lorsqu'on extrapole des résultats de l'animal à l'homme). Ceci aboutit souvent à majorer les risques réels et complique la communication des résultats à la population et aux décideurs.

L'investigation des situations locales est cependant une nécessité et répond à une demande sociale très forte. Elle requiert des conditions préalables (notamment l'existence de systèmes de surveillance épidémiologique nationaux sans lesquels on ne peut pas connaître les niveaux de référence des pathologies) et repose sur des combinaisons variées et adaptées à chaque situation de diverses méthodes et notamment : les mesures environnementales et la recherche de biomarqueurs chez les personnes exposées (lorsque cela est possible), les évaluations de risques, la réalisation d'études épidémiologiques multicentriques disposant d'une puissance suffisante lorsque des situations identiques se répètent, la mise en place de dispositifs de surveillance autour d'un site où des personnes ont pu être exposées à un risque important.

Ces investigations nécessitent un dialogue et une bonne compréhension mutuelle entre les scientifiques, qui doivent comprendre et intégrer les inquiétudes des citoyens, et la population qui doit accepter le temps nécessaire pour obtenir des résultats scientifiques et comprendre l'incertitude qui leur est propre.

### *Mercurie et santé en Guyane*

Les effets du méthylmercure à faible dose sur le développement du système nerveux central sont bien connus et le classement du mercure comme substance reprotoxique est en cours d'instruction au niveau européen.

En Guyane, une enquête réalisée en 1998 auprès des enfants a montré des troubles de la motricité fine liés à une imprégnation excessive par le méthylmercure (mesurée par la teneur en mercure des cheveux

pour laquelle il existe une norme recommandée par l'OMS). La contamination environnementale par le mercure provient, outre du fonds géochimique, des activités d'orpaillage actuelles et passées. Des études de 2002 et 2004 sur le Maroni et l'Oyapock ont mis en évidence que l'imprégnation de la population, liée à la proportion de poissons de fleuve dans l'alimentation, est délimitée sur les plans géographique, ethnique et socio-économique. Les vapeurs mercurielles émises lors des phases de distillation et d'affinage de l'or par les comptoirs et les ateliers (souvent de petite

taille et situés au milieu d'habitations) concourent également à l'exposition des travailleurs et des populations environnantes, même si leur impact est difficile à évaluer. Les populations les plus exposées sont les communautés amérindiennes éloignées du littoral et des circuits de distribution alimentaire dans le Haut-Oyapock et le Haut-Maroni<sup>12</sup>.

À la suite du séminaire participatif « Mercure et santé » qui s'est tenu à Cayenne en juin 2005, un consensus s'est dégagé entre les communautés Wayampi, Teko et Wayana et les acteurs de santé guyanais pour engager, dans une approche globale de santé publique, un programme d'actions visant à réduire l'imprégnation mercurielle de ces populations à l'horizon 2008. Il s'agit d'instaurer un dialogue permanent entre les communautés et les professionnels de santé pour élaborer des programmes de prévention adaptés à la diversité des cultures et des situations, tout en prévenant l'apparition de nouveaux risques pour la santé\* liés aux changements de comportement alimentaire.

## Les risques infectieux des milieux

### *Légionelles dans l'environnement*

Due à une bactérie, hôte naturel des eaux et du sol, la légionellose est une infection pulmonaire sévère qui a été identifiée il y a une trentaine d'années dans les pays occidentaux. Longtemps considérée comme un risque de l'habitat intérieur (douches, dispositifs d'aérosolisation, circuits d'air conditionné), la légionellose est de plus en plus reconnue également comme un risque environnemental, depuis que des tours aéroréfrigérantes (TAR) d'installations industrielles ou tertiaires ont été mises en cause dans des épidémies\* (plus de dix cas groupés).

Ainsi, en 2003 en France, sur 1 044 cas recensés (dont 129 décès), les TAR étaient probablement à l'origine de 148 cas groupés, alors que 89 cas pouvaient être liés aux systèmes d'eau chaude sanitaire et douches dans des hôpitaux, 135 cas dans des hôtels et campings, 7 cas dans des stations thermales. En 2004, 1 202 cas dont 138 décès étaient recensés.

Les tours sont souvent la source de contamination à l'origine de cas groupés ou d'épidémies. Ainsi, près de Lens durant l'hiver 2003-2004, 86 cas et 18 décès étaient comptabilisés, dont la survenue était liée à la contamination d'une TAR industrielle, alors

qu'il est très rare que des installations industrielles causent des décès parmi les riverains.

Un plan d'actions de prévention des légionelloses a été adopté le 7 juin 2004 en Conseil des ministres, puis intégré comme action prioritaire dans le PNSE.

### Les impacts sanitaires de l'exposition au plomb

Les recherches internationales les plus récentes montrent des effets du plomb à des doses de plus en plus faibles. L'exposition prénatale liée à l'imprégnation de la mère et l'exposition dans la petite enfance s'ajoutent et ont des effets durables sur le développement cognitif de l'enfant. Il semble ne pas y avoir de seuil d'imprégnation en dessous duquel aucun effet ne serait observé. L'imprégnation de la population française est connue au travers des enquêtes nationales de prévalence\* menées en 1995-1996 (populations urbaines adultes, appelés du contingent, enfants de 1 à 6 ans) et plus récemment par des enquêtes de portée locale et le suivi des campagnes de dépistage par le système national de surveillance des plombémies de l'enfant. On estimait en 1996 à 2 % la prévalence des plombémies supérieures ou égales à 100 µg/l chez les enfants de 1 à 6 ans (soit 85 000 enfants).

Les résultats des campagnes de dépistage et des enquêtes de prévalence locales montrent une baisse de l'imprégnation par le plomb chez les enfants, qui peut être mise en relation avec la disparition de l'essence plombée au 1<sup>er</sup> janvier 2000, la diminution des apports alimentaires et les actions de lutte contre l'habitat insalubre.

L'exposition au plomb reste cependant présente et pour longtemps encore. La principale source de forte exposition constituée par les peintures à base de céruse présentes dans l'habitat antérieur à 1949 ne pourra être supprimée que très progressivement. Si les émissions de plomb par les activités industrielles sont en forte baisse, de nombreux sites restent pollués par d'anciennes activités minières, industrielles, artisanales ou par des décennies d'usage du plomb tétraéthyle dans les essences. Enfin, les canalisations d'eau potable en plomb seront longues à disparaître, surtout les canalisations intérieures des immeubles d'habitation.

La loi n° 2004-806 du 9 août 2004 sur la politique de santé publique et le PNSE renforcent les actions de prévention, de dépistage et de prise en charge du saturnisme infantile.

12 – Institut de veille sanitaire, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2004. Mercure en Guyane, journée scientifique du 10 décembre 2004 – synthèse et propositions. 7 p. (disponible en ligne : <http://www.afsset.fr>, rubrique « avis et études »).

Le recensement des tours aéroréfrigérantes a été amélioré (12 000 TAR équipant 6 000 sites industriels ou tertiaires) et des règles renforcées de prévention et de contrôle ont été édictées (arrêté du 13 décembre 2004).

D'après Bartlett<sup>13</sup> (2000), lorsque les tours aéroréfrigérantes ont été mises en cause dans des épidémies de légionelloses, les facteurs de risque comme l'absence ou l'endommagement de dévésiculeurs, l'absence ou l'insuffisance de traitement des eaux ont été relevés. L'évolution récente de la réglementation est donc accompagnée de la mise en place de formation des opérateurs et de mise à disposition de méthode d'analyse des risques d'une installation (par exemple, guide méthodologique pour la réalisation d'une analyse de risque de prolifération de légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air – ministère de l'Écologie et du Développement durable ou Medd –, mars 2005).

Le plan d'actions de prévention des légionelloses comporte trois volets. Les deux premiers visent, d'une part, à améliorer les outils et méthodes d'investigation à court et moyen termes et, d'autre part, à développer les méthodes d'analyse de risques des installations, de détection de suivi et de traitement de la contamination d'un site. Ces volets sont menés conjointement par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) et l'InVS. Le troisième volet vise le développement des connaissances sur la bactérie dans son environnement naturel ou artificiel, sur les interactions entre la bactérie et l'hôte, ainsi que l'amélioration des méthodes de détection dans les milieux. L'Afssat met en œuvre ce volet de recherche et soutient financièrement des travaux sélectionnés après appel à projets.

### ***Des risques sanitaires liés à l'eau, parfois méconnus***

Les principaux risques sanitaires à court terme liés à l'eau sont d'ordre infectieux. Ils proviennent de la présence de micro-organismes pathogènes : bactéries, virus, parasites. Les effets les plus fréquents (gastro-entérites) sont en général bénins, sauf pour les nourrissons, les personnes âgées et immunodéprimées. L'exposition a lieu par ingestion d'eau ou de denrées issues d'eaux contaminées ou par contact avec la peau et les muqueuses.

La baignade et les activités liées à l'eau en milieu naturel peuvent être à l'origine de cas de gastro-entérites, d'infections ORL, de dermatites (inflammations de la peau) ou de maladies comme la leptospirose qui présente des formes graves atteignant le rein, le foie et les poumons, et qui est due à une bactérie présente dans l'urine d'animaux infectés. Le contact avec le sable peut également provoquer des dermatoses mycosiques, affections de la peau dues à des champignons microscopiques. Des normes d'hygiène et de sécurité applicables aux baignades aménagées sont fixées, dont le contrôle est assuré par les directions départementales des Affaires sanitaires et sociales (Ddass). La réglementation européenne en la matière - directive 76/160/CEE du 8 décembre 1975 - est en cours de révision<sup>14</sup>.

En outre, des travaux d'expertise sont conduits sur les eaux de baignade par l'Afssat et sur l'eau potable par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), pour évaluer les risques que représentent les molécules toxiques produites par certaines cyanobactéries\* qui prolifèrent parfois, en particulier en période chaude dans les eaux douces : phénomènes des « blooms » ou « eaux colorées » vertes, rouges, brunes, qui sont stimulés par l'eutrophisation. Des inflammations, des irritations cutanées ou des troubles plus graves touchant le foie, et des atteintes neurologiques peuvent être produits par contact cutané ou par ingestion. L'impact sanitaire lié aux expositions par la baignade est actuellement peu documenté.

Les coquillages sont également source de risques aigus liés à des toxines produites par certaines espèces de phytoplancton\* qui s'accumulent dans leur chair et les rendent impropres à la consommation. Des toxines diarrhéiques (DSP) sont les plus fréquemment retrouvées mais sont également parfois présentes des toxines paralysantes (PSP) et, plus rarement, des toxines amnésiantes (ASP). Le réseau de surveillance du phytoplancton et des phyco-toxines (Rephy) de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) assure la surveillance des espèces phytoplanctoniques présentes dans le milieu littoral et la détection de toxines dans les coquillages des gisements naturels et des zones de production conchylicoles et de pêche professionnelle. La vente et le ramassage des coquillages sont alors interdits par arrêtés préfectoraux. Le recensement

13 – Bartlett C. L. R., « A review of outbreaks of legionellosis: lessons for prevention », intervention à : 5<sup>th</sup> International Conference on Legionella, 26 au 29 septembre 2000, Ulm, Germany.

14 – <http://baignades.sante.gouv.fr>

## La surmortalité liée à l'épisode caniculaire d'août 2003

Une vague de chaleur d'une ampleur exceptionnelle est survenue en France au cours de la période du 1<sup>er</sup> au 15 août 2003. Les températures maximales et minimales étaient exceptionnellement élevées, faisant de cet été le plus chaud depuis le début des enregistrements météorologiques. Les niveaux de la pollution photochimique (ozone) ont également été très élevés du fait des conditions météorologiques.

L'impact sanitaire a été estimé à près de 15 000 morts en France (soit une augmentation de 60 % de la mortalité sur la période), avec une surmortalité à court terme ayant concerné principalement les personnes âgées de plus de soixante-quinze ans. Les départements ont subi une surmortalité d'autant plus importante que le nombre de jours consécutifs avec des maximales supérieures à 35 °C a été élevé. Par ailleurs, l'ozone a joué un rôle dans la surmortalité mais avec une grande hétérogénéité des parts relatives de l'ozone et de la température dans l'excès de risque, les villes à forte surmortalité ayant été davantage affectées par la température.

Deux enquêtes cas-témoins\*, mises en place par l'InVS, ont permis d'évaluer les facteurs de risque de décès chez les personnes âgées, à domicile et en établissement, pendant la vague de chaleur. Elles ont mis en évidence des facteurs de risque liés aux pathologies, à l'autonomie et des facteurs protecteurs liés au comportement face à la chaleur. Elles ont permis également de faire des recommandations au niveau de l'habitat et de l'urbanisme (isolation thermique, protection des fenêtres, utilisation de matériaux moins absorbants, ventilation, limitation de l'îlot de chaleur urbain par la plantation de végétaux).

En Europe, l'excès de mortalité avait été estimé début 2004 à 2 045 décès pour l'Angleterre et le Pays de Galles (+16 %), 2 099 pour le Portugal (+26 %) et 3 134 décès pour les 21 capitales régionales de l'Italie pour la période du 1<sup>er</sup> juin au 15 août (+15 %). Alors que les estimations pour la France, l'Angleterre, le Pays de Galles et le Portugal n'ont pratiquement pas varié, l'Institut national italien de statistiques a rapporté récemment un excès de 19 780

décès pour l'ensemble du pays entre juin et septembre 2003. Il faut désormais y ajouter d'autres estimations : une fourchette de 6 600 à 8 650 morts en excès pour l'Espagne, de 1 400 à 2 200 aux Pays-Bas, ainsi que 1 250 environ pour la Belgique pendant l'été 2003, 975 décès pour la Suisse et 1 410 décès au Baden-Württemberg en Allemagne (les autres Länder n'ont pas publié d'estimation pour le moment). À l'heure actuelle, on peut estimer que l'excès de mortalité de l'été 2003 pour l'ensemble de l'Europe occidentale pourrait avoisiner 45 000 morts.

La canicule d'août 2003 a révélé l'importance de disposer d'un système de prévision et de prévention des vagues de chaleur. L'InVS a donc mis en place, dès l'été 2004, un système d'alerte canicule et santé reposant sur des indicateurs biométéorologiques (seuils de températures diurnes et nocturnes associés à une forte surmortalité), complétés par des indicateurs sanitaires.

Ce système, amélioré en 2005, est intégré dans un plan national de gestion de la canicule. Il sera amené à évoluer au cours des années, le réchauffement climatique risquant de modifier les seuils de température associés à une surmortalité donnée. Dès 2004, ce système d'alerte a été complété par le système Prev'air de prévision des épisodes de pollution photochimiques par l'ozone, facteur aggravant des effets thermiques de la canicule. Ce système a été développé sous l'égide du Medd, de l'Ineris, du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), de Météo France et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe).

### Références

- Dossier « retour sur la canicule de l'été 2003 » de Météo France (disponible en ligne : <http://www.meteofrance.com>, rubrique « santé environnement » > « les canicules » > « archives, 4 septembre 2003 »).
- Kosatsky T., 2005. « The 2003 European heat waves », *Eurosurveillance monthly*, vol. 10, n° 7-8, juillet-août 2005, pp. 148-149.
- Rapports et études de l'Institut de veille sanitaire en 2003, 2004 et 2005 (disponibles en ligne : <http://www.invs.sante.fr>, rubrique « publications »).

sur vingt ans<sup>15</sup> des épisodes ayant justifié des fermetures administratives montre l'importance du phénomène : au total, en 2002, la durée cumulée sur les

15 – Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, direction de l'environnement et de l'aménagement littoral, 2003. Bilan sur 20 ans des interdictions administratives de vente et de ramassage des coquillages, pour présence de phycotoxines, sur le littoral français : 1984-2003. Brest, Ifremer. 79 p. (disponible en ligne : <http://www.ifremer.fr>, rubrique « l'environnement littoral » > « documentation » > « publications » > « phytoplankton et phycotoxines »).

différents sites du littoral français a atteint 1 940 jours de fermeture en raison de la présence de DSP et 57 jours liés à des ASP ; en 2003, ce sont 1 240 jours de fermeture qui ont été justifiés par la présence de DSP et 86 jours par celle de PSP.

Ce sont cependant les infections virales et bactériennes qui sont le plus souvent associées à la consommation de

coquillages vivants, provoquant des gastro-entérites (le plus fréquemment), des hépatites, parfois même des septicémies. Les zones de production conchylicoles font l'objet d'un contrôle sanitaire assuré par l'Ifremer (réseau de surveillance microbiologique – Remi) et sont classées selon le niveau de contamination des coquillages en germes *Escherichia coli*, considérés comme indicateurs de contamination fécale. Les pathogènes responsables des contaminations sont en effet tous d'origine humaine. La classification des zones détermine les conditions de récolte et de mise sur le marché des coquillages : consommation humaine directe ou seulement après traitement de purification et/ou reparcage. La surveillance par les Ddass des gisements naturels fréquentés par les pêcheurs à pied s'effectue sur les mêmes bases.

### ***L'eau potable : une denrée très surveillée***

Excepté les cas de pollutions accidentelles conduisant à l'arrêt temporaire de la distribution d'eau, les risques à court terme liés à l'eau de consommation sont essentiellement de nature microbiologique. Les grandes épidémies de maladies hydriques (choléra, fièvres typhoïdes, hépatites A et E...) ont disparu en France, grâce à l'amélioration de la protection des ressources et aux équipements de traitement et de distribution qui permettent d'atteindre une bonne qualité microbiologique des eaux distribuées.

Les normes de qualité sont fixées par le Code de la santé publique en transposition de la directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998. Les contrôles effectués par les Ddass en 2002 montrent des taux de conformité des analyses microbiologiques de 99,7 % pour les unités de distribution (UDI) concernant plus de 50 000 habitants, contre 85,8 % pour les UDI de moins de 500 habitants, plus exposées à des défaillances du système de traitement. En 2002, 5,8 % de la population a reçu de l'eau dont la qualité bactériologique n'a pas été conforme en permanence<sup>16</sup>.

Ainsi, peuvent se produire des épisodes épidémiques de gastro-entérites d'origine hydrique dont la fréquence est très mal connue : un ou deux seulement sont déclarés chaque année, mais ils sont vraisemblablement plus nombreux car ce sont des phénomènes difficilement observables en population générale lorsqu'ils surviennent dans un cadre fami-

lial. Les conséquences de ces pathologies sont surtout à redouter pour les personnes âgées et les personnes immunodéprimées pour lesquelles les formes aiguës peuvent être mortelles. Figurent parmi les germes responsables plusieurs bactéries (coliformes, salmonelles, campylobactéries...), virus (calicivirus notamment) et protistes (par exemple, *Cryptosporidium*).

### ***De nombreux captages sont néanmoins insuffisamment protégés***

Les périmètres de protection des prises d'eau et captages, zones dans lesquelles les activités sont réglementées, visent à prévenir les pollutions ponctuelles et accidentelles des ressources destinées à la production d'eau potable. Mais les procédures réglementaires d'instauration de ces périmètres sont insuffisamment avancées. En rendant ces procédures plus efficaces, le PNSE fixe comme objectif la protection de 80 % des captages en 2008 et 100 % en 2010.

### ***Les rayonnements naturels***

#### ***Les rayons ultraviolets (UV)***

Si les risques liés à l'exposition aux UVB sont connus depuis longtemps, l'activité mutagène des UVA est identifiée depuis moins de dix ans. Environ 80 000 nouveaux cas de cancers cutanés sont diagnostiqués chaque année en France, nombre en progression constante de 7 % par an. Les radiations UV sont majoritairement responsables de ces cancers dont l'agressivité est variable selon le type de peau. Le mélanome (5 à 10 % des cancers cutanés) en est la forme la plus grave, en progression constante (fréquence doublant tous les douze ans) et plus de 7 200 nouveaux cas ont été recensés en France en 2000. Les doses d'UV reçues d'un appareil de bronzage viennent s'ajouter aux doses reçues lors de l'exposition naturelle, augmentant les risques. Les crèmes solaires permettent une protection partielle contre les UVB et une faible protection contre les UVA. Ainsi, l'augmentation de la durée de l'exposition permise par ces produits permet une augmentation de la dose d'UVA reçue et entraîne donc un plus grand risque de cancers cutanés et une accélération du vieillissement cutané.

Si la réduction de la quantité d'ozone stratosphérique a laissé présager une augmentation du rayonnement UV terrestre, la pollution atmosphérique et la production photochimique d'ozone à partir de certains polluants n'ont pas permis d'observer sous

16 – Bilan de la qualité des eaux d'alimentation. Ministère de la Santé et des Solidarités, direction générale de la Santé, 2005. L'eau potable en France 2002-2004. Paris, ministère de la Santé et des Solidarités. 51 p.

nos latitudes d'augmentation significative du rayonnement. Dans l'hémisphère sud, à cause des variations annuelles de l'épaisseur de la couche d'ozone et de sa diminution globale, les niveaux les plus élevés d'irradiation solaire et d'UVA sont observés entre 20 et 30 degrés de latitude sud en décembre et janvier.

### *Le radon, un gaz naturel radioactif*

Le radon-222 est un gaz radioactif naturel issu de la désintégration du radium qui émane du sous-sol, plus fortement dans les régions granitiques ou volcaniques. Il peut s'accumuler à l'intérieur des bâti-

## **L'accident nucléaire de Tchernobyl est-il responsable de l'augmentation des cancers de la thyroïde en France ?**

Le nuage radioactif émis suite à l'accident nucléaire de Tchernobyl a atteint notre pays et y a provoqué des dépôts d'iode radioactif et de césium, particulièrement dans les départements de l'Est de la France. Si les traces d'iode radioactif ont disparu dans les deux mois qui ont suivi l'accident, la contamination des sols par le césium 137 est encore aujourd'hui mesurable. Elle est encore assez élevée dans certaines zones très localisées de montagne. L'excédent calculé de dose maximale reçue par les populations de cette partie de la France s'élève à 1,5 millisievert (mSv) sur une période de soixante ans, dont le tiers environ durant l'année 1986, ce qui représente pour cette année-là 1/5 de la radioactivité naturelle (estimée à 2,5 mSv par an). Des expositions associées à certains modes de vie dans les départements de l'Est de la France ont pu contribuer à augmenter la dose reçue du fait des retombées de Tchernobyl : par exemple, consommation fréquente de champignons ou de gibier provenant des zones les plus contaminées, ou consommation par une personne de lait frais de chèvre dans les deux mois qui ont suivi l'accident.

Le nuage radioactif a atteint notre pays ; la fréquence des cancers de la thyroïde est en augmentation ; l'exposition à la radioactivité est un facteur de risque connu des cancers de la thyroïde : de ces trois vérités est née l'idée, véhiculée parfois par des médecins, selon laquelle l'augmentation constatée des cancers de la thyroïde serait due à l'accident de Tchernobyl. Cette idée n'est pas confirmée par l'examen des données macro-épidémiologiques disponibles sur l'incidence\* des cancers de la thyroïde. Si cette incidence augmente effectivement dans notre pays, la hausse a débuté plusieurs années avant l'accident et suit une courbe régulière, sans aucune rupture postérieure à l'accident. De plus, la pente est comparable à celle concernant le continent américain qui, pourtant, n'a pas été survolé par le nuage.

En revanche, en Russie et en Biélorussie, pays exposés à des doses beaucoup plus fortes, on constate un changement de pente de la courbe, avec une augmentation considérable de l'incidence des cancers de la thyroïde

chez les personnes âgées de moins de quinze ans au moment de l'accident, trois à six ans après.

On ne peut pour autant affirmer que cet épisode n'a pu avoir aucun impact sanitaire dans notre pays. Les évaluations de risques fondées sur l'état actuel des connaissances scientifiques, qui font l'hypothèse d'un effet possible aux plus petites doses d'exposition, laissent en effet prévoir un excès de cancers de la thyroïde attribuable aux retombées de Tchernobyl. Mais cet effet est trop faible pour pouvoir impacter de manière visible la courbe épidémique au niveau national. Selon toutes les hypothèses, l'excès estimé est très inférieur aux incertitudes sur le nombre de cancers spontanés et n'est *a priori* pas détectable. Par exemple, une évaluation des risques laisse prévoir un excès de 11,2 à 55,2 cas (selon les modèles utilisés et selon certaines hypothèses) qui pourraient être attribués à l'exposition au nuage de Tchernobyl pour la période allant de 1991 à 2015, alors que le nombre de cancers de la thyroïde « spontanés » attendus sur la même période serait de 1 342 plus ou moins 73 (Verger et al., 2003).

La mise en œuvre d'études épidémiologiques lourdes (cohortes) dans des sous-populations plus exposées (par exemple, personnes de 0 à 15 ans ayant bu beaucoup de lait de chèvre frais dans les zones de l'Est de la France dans les deux mois qui ont suivi l'accident de Tchernobyl), coûteuses et techniquement difficiles à réaliser, ne permettrait pas d'améliorer la précision de cette estimation d'excès de risques.

Cette constatation ne diminue cependant en rien l'intérêt d'améliorer la surveillance des cancers de la thyroïde en France et les efforts de recherche.

### **Références**

- Verger P., Catelinois O., Tirmarche M. et al., 2003. « Thyroid cancers in France and the Chernobyl accident: risk assessment and recommendations for improving epidemiological knowledge », *Health Physics*, vol. 85, n° 3, septembre 2003, pp. 323-329.
- Verger P., Chérié-Challine L., 2000. « Évaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France - Dispositif de surveillance épidémiologique, état des connaissances, évaluation des risques et perspectives » (*rapport*). Saint-Maurice, Fontenay-aux-Roses, Institut de veille sanitaire, Institut de protection et de sûreté nucléaire. 62 p.

ments où la radioactivité mesurée en becquerel\*<sup>17</sup> par m<sup>3</sup> (Bq/m<sup>3</sup>) peut aller de quelques unités à plusieurs milliers<sup>18</sup>. Les régions les plus exposées sont le Massif central, les Vosges et la Bretagne.

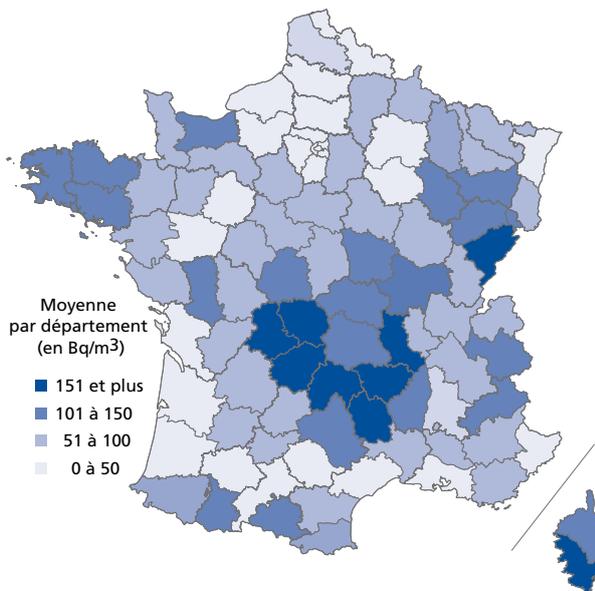
À l'origine du tiers de l'exposition de la population aux rayonnements ionisants, le radon est la deuxième source d'irradiation derrière l'exposition médicale et la première source naturelle devant les rayonnements cosmiques et ceux des sols. C'est un facteur reconnu de cancer du poumon, qui se situe cependant très loin derrière le tabac. Environ 3 350 cas par an de cancer du poumon sont attribuables à une exposition domestique au radon en France<sup>19</sup>.

Dans trente et un départements où le potentiel d'émanation du radon est élevé, la mesure du radon est rendue obligatoire dans les lieux de séjour et d'hébergement collectifs et des actions correctives (aération, ventilation et étanchéité) sont conduites si les résultats sont supérieurs à 400 Bq/m<sup>3</sup>. Un diagnostic approfondi en vue de travaux plus lourds, voire la fermeture provisoire, sont prescrits si les concentrations sont supérieures à 1 000 Bq/m<sup>3</sup>.

## Des impacts sanitaires encore insuffisamment caractérisés

Des effets graves sont observés ou suspectés qui résultent souvent d'expositions faibles répétées sur le long terme. Il s'agit ici principalement de pathologies multifactorielles (cancer, asthme, allergies...), dans lesquelles les déterminants environnementaux jouent sans doute un rôle, mais qu'on ne sait ni caractériser précisément, ni quantifier à l'heure actuelle. Des incertitudes demeurent : les mécanismes d'action ne sont pas pleinement élucidés, les seuils d'action ne sont pas mis en évidence, l'estimation des expositions actuelles ou rétrospectives est difficile, les expositions sont multiples et plusieurs facteurs peuvent agir en synergie, etc. Autant de lacunes qui alimentent les controverses scientifiques, que les travaux de recherche s'efforcent de combler, mais qui ne doivent pas retarder l'action. L'enjeu est ici l'adaptation des politiques de précaution et de surveillance et la poursuite des efforts de recherche.

### Concentrations du radon dans l'air des habitations

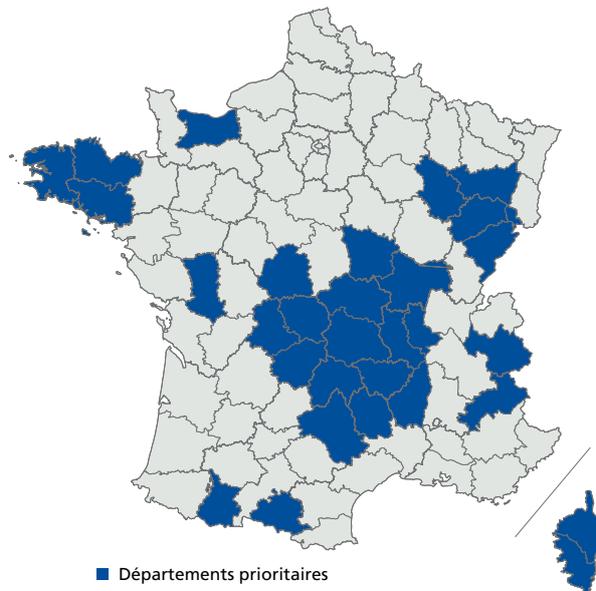


Source : IRSN, janvier 2000.

17 – Le becquerel est l'unité de radioactivité ; il équivaut à une désintégration radioactive par seconde.

18 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) : <http://www.irsn.org>

### Mesures du radon dans les lieux ouverts au public : départements prioritaires



Source : IRSN.

19 – Institut de veille sanitaire, département santé environnement, 2003. « Propositions pour la mise en place et le renforcement d'activités de surveillance des expositions et des risques associés à l'inhalation du radon » (rapport). Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire. 108 p.

## Le bruit

La réduction des nuisances sonores relève en partie de la précaution, non pas parce que la gêne subie et les risques auditifs sont incertains (ils ne le sont pas), mais parce que les autres effets sanitaires du bruit sont encore mal appréciés.

Le bruit est considéré par la population française comme une nuisance environnementale majeure et comme la première atteinte à la qualité de vie.

Les sources de bruit sont multiples et concernent tous les milieux de vie : l'habitat et les lieux de résidence, les différents moyens de transport, le milieu de travail et les loisirs. À l'intérieur de chaque milieu, les principales sources de bruit peuvent être identifiées. Le bruit extérieur ambiant (émis par les véhicules, les infrastructures routières et ferroviaires, les matériels industriels, les engins de chantier, etc.), ainsi que le bruit à l'intérieur des logements (provenant de ces mêmes sources extérieures ou du voisinage) constituent une nuisance quotidienne.

Dans les villes de plus de 50 000 habitants, 60 % des ménages des villes se déclarent gênés par le bruit routier<sup>20</sup>. À celui-ci s'ajoute l'environnement sonore quotidien des moyens de transport, des lieux de travail, des appareils ménagers, du voisinage. Les populations défavorisées cumulent souvent, sans pouvoir s'y soustraire, les inconvénients d'une proximité d'infrastructures de transport bruyantes et de logements de mauvaise qualité sonore.

En France, les connaissances en terme d'émissions sonores et d'exposition des populations sont très lacunaires à ce jour, à la fois en ce qui concerne l'intérieur des locaux, les lieux publics, mais aussi en milieu extérieur, en particulier durant les loisirs.

Les pratiques et comportements sont déterminants : les jeunes sont ainsi particulièrement exposés en raison d'habitudes d'écoute de musique amplifiée, à des niveaux sonores élevés. Par ailleurs, les émissions sonores dans les discothèques, cinémas, patinoires, piscines et centres commerciaux présentent des niveaux également très élevés. Le cas des expositions auxquelles sont soumis les enfants à l'intérieur des locaux scolaires, notamment dans les cantines et salles de sport, est également problématique.

Les impacts sanitaires de l'exposition au bruit sont divers, comprenant l'impact sur l'audition (la soumission au bruit de l'appareil auditif se traduit par la fatigue auditive jusqu'à la perte auditive définitive),

les effets dits « extra-auditifs » (effets sur le sommeil, sur la sphère végétative, sur le système endocrinien, sur le système immunitaire, sur la santé mentale) et les effets subjectifs (gêne due au bruit, effets du bruit sur les attitudes et les comportements, effets sur les performances, effets sur l'intelligibilité de la parole). L'établissement des liens entre effets sanitaires subjectifs et niveaux d'exposition au bruit est très difficile, les réactions individuelles aux bruits étant variables selon les prédispositions physiologiques et psychologiques individuelles et les diverses sources. Les effets liés aux multi-expositions au bruit (expositions cumulées) et aux expositions combinées au bruit et à d'autres sources de nuisances, dites « co-expositions » (bruit et agents ototoxiques\*, bruit et chaleur), demeurent mal connus.

Certaines populations présentent une vulnérabilité\* particulière à l'exposition au bruit : enfants en milieu scolaire en phase d'apprentissage, travailleurs exposés simultanément à des nuisances ou médicaments de différents types (solvants aromatiques, monoxyde de carbone et acide cyanhydrique, antibiotiques, diurétiques, acide acétylsalicylique, anti-tumoraux), personnes âgées et personnes touchées par une déficience auditive, appareillées ou non.

Il existe de nombreux indicateurs de bruit. Certains de ces indicateurs sont construits de manière à représenter la gêne que le bruit peut entraîner comme par exemple les effets du bruit sur le sommeil. Ils établissent des relations de proportionnalité entre le niveau de bruit et des effets sur la santé. Toutefois, quels que soient les indicateurs utilisés, ces relations restent difficiles à établir car le niveau de bruit n'intervient par exemple que pour 30 à 40 % dans la sensation de gêne. Une tentative de définition d'un indicateur synthétique de l'exposition au bruit n'a pas encore abouti, mais des travaux de l'OMS sont en cours pour définir de tels indicateurs.

La directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement, transposée par l'ordonnance n° 2004-1199 du 12 novembre 2004, impose de nouvelles règles en matière d'évaluation et de gestion du bruit dans l'environnement dû aux principales infrastructures de transport et aux activités industrielles. La directive demande en particulier la publication de cartes de bruit dites « stratégiques » visant à informer le public sur les niveaux de bruit et leurs effets ainsi qu'à permettre l'adoption de plans de prévention et de réduction du bruit dans les agglomérations. Ceux-ci devront être portés à la connaissance du public dès 2007-2008.

20 – Insee, 2002. « Mesurer la qualité de la vie dans les grandes agglomérations », Insee première, n° 868, octobre 2002, 4 p.

## Des substances chimiques préoccupantes

Les niveaux de concentrations dans les milieux primaires des principales substances préoccupantes (métaux lourds, HAP, POP) sont aujourd'hui relativement bien documentés, en particulier grâce aux actions réglementaires de surveillance des rejets des installations industrielles et de surveillance des milieux et grâce au développement des méthodes de mesures associées.

Les données disponibles sont souvent plus limitées lorsqu'il s'agit de sources diffuses et non industrielles (par exemple, sources domestiques ou d'origine agricole) et de substances pour lesquelles une grande part des connaissances reste à acquérir : les concentrations dans les milieux sont faibles, les effets sanitaires suspectés sont non spécifiques, les données toxicologiques sont partielles, les expositions ne sont pas mesurées...

Il existe cependant des indications sérieuses d'effets potentiels graves ou irréversibles qui commandent d'agir selon le principe de précaution. Ce peut être le cas, notamment, des retardateurs de flammes bromés, des HAP bromés, ainsi que de certains pesticides ou encore de substances agissant comme perturbateurs endocriniens. Par ailleurs, des interrogations se font jour concernant certains métaux précieux utilisés en industrie (platinoïdes, palladium, rhodium).

Les imprégnations du vivant et les expositions des individus restent trop mal caractérisées : transferts, concentrations ou atténuation dans les milieux (bioaccumulation, bio-atténuation), transformations des substances dans les milieux, spéciation (par exemple, différentes formes d'un même élément métallique), biodisponibilité... sont autant de phénomènes qui rendent parfois imprévisible la relation entre les concentrations et l'atteinte à la santé humaine en l'état actuel des connaissances.

Mais l'amélioration des modèles, et surtout le recours plus systématique à la mesure, ainsi que le développement de biomarqueurs, du moins pour certaines substances, permettent de mesurer les imprégnations chez l'homme (par exemple, plombémies) ou les effets sur des espèces cibles (réaction des poissons aux perturbateurs endocriniens). Toutefois, l'utilisation de biomarqueurs dans la surveillance et la décision demeure limitée, pour des raisons éthiques (les données biologiques relèvent du « secret médical ») et parce que le lien avec les actions concrètes à mener n'est pas toujours d'emblée identifiable.

Les produits phytosanitaires (ou pesticides) comprennent plusieurs familles classées selon leur cible d'action (insecticides, fongicides, herbicides, acaricides, etc.). Ils sont source d'interrogations nombreuses du public car on en décèle des résidus dans tous les compartiments\* de l'environnement<sup>21</sup> et dans des denrées alimentaires. L'utilisation passée de produits organochlorés reconnus toxiques ou cancérigènes, fortement rémanents, crée des situations préoccupantes, en particulier en Guadeloupe et en Martinique où des sols de bananeraies sont encore actuellement contaminés par du chlordécone, plus de dix ans après l'interdiction de ce produit. Le PNSE met en œuvre les enquêtes nécessaires pour la quantification du risque, la redéfinition de la stratégie de prévention des expositions et les plans d'information des populations visées.

Les différentes familles de substances actives ont des caractéristiques toxicologiques variées. Des effets néfastes sont connus chez les travailleurs : convulsions, céphalées, vertiges, ataxie, paralysie... Ils sont consécutifs à des intoxications aiguës, souvent accidentelles, par certains pesticides dont le principe d'action est un effet neurotoxique. Mais les effets suspectés d'expositions répétées à de faibles doses ne sont pas formellement établis<sup>22</sup> : augmentation de certains cancers, infertilité masculine, malformations congénitales de l'appareil génital masculin, maladie de Parkinson et troubles neurologiques. Le nombre important de produits et la diversité des utilisations (environ 900 substances actives sur le marché en France avant 1993, plus de 400 substances actuellement utilisées et des dizaines de milliers de formulations comportant une ou plusieurs matières actives\*) ne permettent pas l'extrapolation de résultats spécifiques et rendent l'exposition chronique de la population aux diverses substances très difficile à caractériser. Il apparaît néanmoins que la voie alimentaire est la principale voie d'exposition de la population générale.

Une harmonisation européenne des limites maximales de résidus dans les denrées (LMR) est en cours, tandis que le dispositif national d'évaluation des produits verra sa transparence et son efficacité renforcées. Le PNSE soutient les travaux de l'Observatoire des résidus de pesticides (ORP) qui visent à organiser l'exploitation des données existantes pour estimer l'exposition de la population.

21 – Ifen, 2004. Les pesticides dans les eaux – sixième bilan annuel, données 2002. Orléans, Ifen. 32 p. (coll. Études et travaux, n° 42).

22 – Baldi I., Mohammed-Brahim B., Brochard P. et al., 1998. « Delayed health effects of pesticides: review of current epidemiological knowledge », Revue d'épidémiologie et de santé publique, vol. 46, n° 2, pp. 134-142.

En outre, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) et l'Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref) ont publié les résultats de l'expertise scientifique collective mentionnée dans le PNSE en vue de la réduction de l'usage des pesticides<sup>23</sup>.

Les perturbateurs endocriniens, substances chimiques naturelles ou de synthèse, sont capables soit de mimer l'effet des hormones naturelles, soit de bloquer leur action, soit encore d'interférer avec leur métabolisme. Le système endocrinien régulant notamment les fonctions essentielles de la reproduction et du développement, les atteintes potentielles sont graves. En attestent des observations sur la

faune sauvage au cours des dernières décennies (par exemple, féminisation des populations de poissons) et, dans l'espèce humaine, les effets désastreux du traitement prénatal par le distilbène, œstrogène de synthèse utilisé dans les années cinquante, qui a provoqué des malformations congénitales de l'appareil génital chez les enfants des femmes traitées.

Des telles substances ont été identifiées dans de nombreux produits utilisés comme les pesticides, les médicaments ou les cosmétiques et dans certains plastiques contenant des phtalates. Elles sont suspectées d'agir à long terme, même à faibles doses, sur notre santé reproductive.

## Environnement et santé reproductive

Un déclin de la qualité du sperme a été rapporté entre 1940 et 1990 dans certaines zones d'Europe (Adami HO, 1994). Même si les problèmes méthodologiques inhérents à ces études les rendent discutables, d'autres manifestations plus tangibles font l'objet d'une littérature abondante comme l'augmentation de l'incidence de pathologies des organes reproducteurs masculins dans certains pays d'Europe, telles que le cancer du testicule et les anomalies du tractus urogénital.

Certaines hypothèses impliquant des substances présentes dans l'environnement en général et l'environnement professionnel en particulier sont évoquées : métaux (plomb, cadmium, chrome hexavalent), certains sous-produits de chloration et substances ayant des effets perturbateurs endocriniens tels que plusieurs produits phytosanitaires (organochlorés, 2,4,5 T), dioxines, solvants (benzène, toluène), phtalates (IPCS, 2002 ; Takahashi K. et al., 2004). Les perturbations des processus de la reproduction pourraient aboutir à un grand nombre d'effets observables chez l'homme (cancer du testicule, malformations des organes génitaux externes, variations de la qualité du sperme) et chez la femme (allongement du délai nécessaire à concevoir, avortements spontanés, prématurité, endométriose) (Cordier S. et al., 2003).

Face au nombre croissant de substances chimiques présentes dans l'environnement et à leurs effets potentiellement liés à des expositions à long terme à de faibles niveaux de doses, il convient d'améliorer la connaissance des déter-

minants environnementaux de ces perturbations des fonctions de reproduction. C'est l'objectif de plusieurs études soutenues par l'InVS comme l'Observatoire épidémiologique de la fertilité en France (Bouyer J., Inserm 569) ou l'étude Pélagie (Cordier S., Inserm 625). Parallèlement, il est nécessaire de mettre en place ou de renforcer les systèmes de surveillance (registres des cancers, des malformations congénitales) dont les indicateurs permettraient de suivre dans l'espace et dans le temps l'évolution des effets observés.

### Références

- Adami HO., Bergstrom R., Mohner M., 1994. « Testicular cancer in nine northern European countries », *International journal of cancer*, vol. 59, n° 1, octobre 1994, pp. 33-38.
- Bouyer J., Remontet L., Slama R. et al., 2004. « Epidemiology of male reproductive function: a field searching for tools » *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, vol. 52, n° 3, juin 2004, pp. 221-242.
- Cordier S., Dewailly E., Gérin M. et al., 2003. *Environnement et santé publique – Fondements et pratiques*. Paris, éditions Tec & Doc. 1 024 p.
- International Programme on Chemical Safety (IPCS), 2002. *Global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors*. World Health Organization, International Labour Organisation, United Nations Environment Programme (disponible en ligne : <http://www.who.int/ipcs/en>, rubrique « publications » > « endocrine disruptors »).
- Takahashi K., Hanaoka T., Pan G., 2004. « Male Reproductive Health in Relation to Occupational Exposure to Endocrine Disrupting and Other Potent Chemicals, A Review of the Epidemiologic Literature », *Journal of University of Occupational and Environmental Health*, vol. 26, n° 1, pp. 23-40.

23 – Gril J.J., Lucas P. (coord.), 2005. « Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux » (synthèse du rapport d'expertise scientifique collective réalisée par l'Inra et le Cemagref pour le compte du ministère de l'Agriculture et de la Pêche et du ministère de l'Écologie et du Développement durable). Paris, Antony, Inra, Cemagref. 68 p.

## Le projet de règlement européen REACH

Certaines familles de produits mis sur le marché font l'objet de réglementations liées à leur usage : les produits phytosanitaires (« pesticides »), les médicaments à usage humain ou vétérinaire et depuis très peu de temps les produits « biocides » (insecticides et autres produits à usage domestique pour lesquels aucune évaluation n'a été achevée). Dans tous ces cas, un système d'évaluation est mis en place sur les dangers (nature des dangers pour l'homme et les écosystèmes) et sur les risques (ampleur du risque pour l'homme au travail, dans l'environnement ou pour le consommateur). Ces systèmes sont centrés sur quelques usages. Ils sont complétés par une réglementation européenne « *a priori* » sur les substances chimiques qui est jugée aujourd'hui inappropriée. Le déficit actuel est d'abord quantitatif, appelant à plus d'expertise (le Livre blanc de l'Union européenne identifie 100 000 substances dont 30 000 produites à plus de 1 t/an... et moins de 150 évaluées). Il est aussi qualitatif car de nouvelles méthodes sont nécessaires pour accélérer les travaux d'évaluation. Il est également dû aux limites des outils disponibles qui ne sont pas forcément pertinents face à des risques émergents (nanoparticules, perturbateurs endocriniens...).

L'Union européenne a lancé le projet de règlement REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals*). Ce futur règlement aboutira, entre autres, à un régime d'enregistrement (sur la base de dossiers effectués par les industriels) des substances produites ou importées à plus de 1 t/an (avec des exceptions) et d'autorisation pour les substances CMR, PBT (persistantes, bioaccumulables et toxiques) ou vPvB (très persistantes, très bioaccumulables). Les composantes du système REACH sont encore en discussion sur

certaines points, notamment sur celui du pilotage et du rôle de l'expertise des pouvoirs publics européens, avec une « agence européenne des produits chimiques ». Ces questions devront être résolues d'ici 2008.

Des enjeux de recherche s'y associent, comme ceux de la réduction du recours à l'expérimentation animale, par une meilleure utilisation des tests sur cellules (*in vitro*) ou par des modélisations chimiques. Ces approches séduisent les opposants à l'expérimentation animale comme les promoteurs des substances (le coût de l'expérimentation est élevé, jusqu'à 800 k€ pour une campagne sur la cancérogénicité), mais la prise de risque vis-à-vis des nouvelles substances reste notable. Des incertitudes moins fondamentales, mais parfois déterminantes, sont liées aux scénarios de dispersion et d'exposition qui devront prendre en compte les situations raisonnablement pénalisantes (voir les débats récents sur le fipronil ou sur les parfums d'intérieur).

Pour autant, l'ambition du programme (REACH remplacera environ quarante directives existantes), l'ampleur du débat, des craintes et des attentes sur REACH ne doivent pas masquer le fait qu'il n'a pas vocation à résoudre toutes les questions. REACH ne s'adresse pas au risque microbiologique ; il est focalisé davantage sur les dangers que sur les risques ; il ne traite pas des « polluants » (entendus ici comme substances indésirables non intentionnellement produites, par exemple les dioxines dans des fumées) et surtout, il n'est pas conçu pour gérer les situations héritées du passé. Aujourd'hui, des produits comme les phtalates sont présents pour de nombreuses années dans l'environnement et des politiques de gestion doivent être mises en place.

## Les risques microbiologiques liés aux installations industrielles et urbaines

Les rejets de substances chimiques ne sont pas les seuls impacts des activités industrielles. Le risque lié aux légionelles l'a montré mais, s'il reste le plus grave à ce jour, il ne s'agit pas d'un mécanisme isolé.

Depuis quelques années, le risque microbiologique est de plus en plus pris en compte à l'échelle nationale et internationale, comme l'a montré une récente synthèse de Perseis<sup>24</sup>. L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) a lancé des programmes spécifiques sur la contamination de l'air dans les stations d'épuration des eaux usées.

24 - Ineris, 2004. « Perseis : pratiques en évaluation des risques liés à l'environnement industriel et aux services », Bulletin de veille scientifique, n° 2, octobre 2004, 9 p.

L'hypothèse d'un ensemencement des tours aéro-réfrigérantes par des boues lors de l'épisode de légionelles de l'hiver 2003-2004 près de Lens a reposé sur la présence de concentrations très fortes dans les boues utilisées sur le site pour le lagunage. La faculté de ces installations à constituer de véritables réservoirs (écosystèmes locaux) propices au développement et à l'adaptation des bactéries pathogènes, favorisant le développement de leur résistance en milieu stressant, voire de leur virulence, est maintenant en cours d'investigation.

Les endotoxines des élevages qui ont été identifiées à plusieurs reprises méritent des recherches plus poussées. On a pu montrer par ailleurs que les émissions de champignons peuvent être générées par des

activités diverses allant de l'élevage à la fabrication des panneaux de bois et au moulin à grain.

Les outils d'évaluation des impacts des installations classées sont donc en cours d'adaptation pour introduire ces aspects « non classiques ». En effet, l'évaluation des risques microbiologiques associés aux rejets des installations s'insère dans les mêmes dispositifs que l'évaluation des risques chimiques mais la méthodologie est beaucoup moins stabilisée que ne l'est celle concernant les risques chimiques. Elle doit être adaptée aux caractéristiques des micro-organismes et de leurs sous-produits. Des synthèses entre les méthodes développées pour le contrôle bactérien dans les industries agroalimentaires (par exemple, méthodes dites « HACCP ») et les approches traditionnelles du contrôle des rejets chimiques doivent être effectuées.

Les mécanismes indirects sont aussi très importants. Le cas des épisodes de pollution sévère par des cyanobactéries a déjà été évoqué à propos de la pollution des eaux potables et de baignade. Les rejets chimiques et thermiques des installations peuvent être le mécanisme déclenchant de ces épisodes dont le nombre croît.

Des travaux importants de collecte de données de base dans les rejets sont à mener, mais aussi d'analyse et de synthèse des données, en épidémiologie\*, en physiopathologie, en écologie microbienne, en microbiologie prédictive et analytique. Les données sur la contamination des milieux d'exposition (air, eau, sol, végétaux) sont encore très insuffisantes.

Faute de connaissances disponibles, l'habitude a consisté jusqu'alors à gérer ce type de risques à travers l'application d'analyses de contrôle et de règles de bonnes pratiques. Cependant, on note aujourd'hui un intérêt certain pour la systématisation d'une démarche d'évaluation des risques biologiques, en particulier dans les domaines agroalimentaires et de l'eau de distribution.

### *L'air intérieur : une préoccupation récente*

L'air intérieur est au cœur de plusieurs problématiques dont certaines, aux effets graves, sont relativement bien documentées (amiante, légionelles, radon, tabagisme, monoxyde de carbone). Les connaissances sur les risques liés à d'autres polluants également présents dans les environnements intérieurs sont plus éparpillées et font l'objet d'une préoccupation plus récente.

Tous les lieux de vie clos ou semi-clos dans lesquels la population séjourne jusqu'à 80 % de son temps

(logements, lieux de travail, écoles, commerces, transports...) sont concernés par la pollution intérieure. Celle-ci est caractérisée par la diversité des polluants rencontrés (gaz et vapeurs inorganiques et organiques, particules, biocontaminants, radioactivité) et par des concentrations plus élevées qu'à l'extérieur pour de nombreux paramètres. Les polluants ont comme sources potentielles le bâtiment et ses équipements, les occupants et leurs activités et le milieu extérieur (air, sol). Les niveaux de pollution rencontrés dépendent également des modes d'occupation, de la ventilation et de la réactivité entre polluants.

Conçu comme un abri et une protection contre les aléas\* extérieurs, le bâtiment est aujourd'hui étudié comme une source possible de stress environnemental pour les gens qui y vivent. Du fait de la diversité en nature et en intensité des sources de contaminations identifiées à l'intérieur des bâtiments, de nombreux effets sur la santé associés à la pollution intérieure ont pu être documentés. Aux problèmes plus anciens, relatifs aux intoxications par le monoxyde de carbone ou à la tuberculose a succédé une vision plus générale de la pollution de l'air intérieur, considérée globalement comme une menace pour la santé publique.

Parmi les impacts sanitaires de la pollution de l'air intérieur, on citera : les infections comme l'aspergillose, les cancers (en particulier cancers du poumon liés à l'exposition passive à la fumée du tabac, au radon et à l'amiante), les allergies et autres réactions d'hypersensibilité associées notamment à la présence d'allergènes (allergènes d'acariens, de chats et de chiens ou de moisissures) ou de composés organiques volatils ainsi que les symptômes diffus du type irritations, sensation de malaise, d'inconfort ou de manque d'air associés à une gêne olfactive, regroupés sous le vocable de syndrome des bâtiments malsains (SBS).

Deux actions prioritaires inscrites au PNSE sont en cours dans ce domaine.

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) est chargé de dresser l'état des lieux des pollutions intérieures. Il apporte une meilleure connaissance des niveaux d'exposition des populations à la pollution pour l'évaluation des risques sanitaires et en identifie les facteurs prédictifs (substances, agents et situations qui affectent la qualité de l'air intérieur des bâtiments) afin d'élaborer des mesures de prévention (mise au point de recommandations et proposition de pistes de renforcement de la réglementation).

Une première campagne nationale de mesures menée par l'OQAI a été engagée sur un échantillon de

700 logements représentatif du parc de la France continentale métropolitaine afin d'être en mesure de dresser un premier état des lieux courant 2006. Un programme d'actions a été engagé en 2005 sur les lieux de vie fréquentés par les enfants et se poursuivra sur les bâtiments de bureaux. Un inventaire des données disponibles en France et à l'étranger ainsi qu'une hiérarchisation des polluants sur la base de leurs impacts sanitaires ont également été effectués<sup>25</sup>, permettant à un groupe de travail piloté par l'Afset et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) de proposer des valeurs guides pour prévenir les impacts sanitaires des polluants majeurs de l'air intérieur.

Par ailleurs, il est entrepris de promouvoir l'utilisation de produits et de matériaux ayant de faibles niveaux d'émissions de polluants, grâce à la mise en place d'un étiquetage informatif, concernant dans un premier temps les composés organiques volatils et le formaldéhyde. À l'horizon 2010, la moitié des produits de construction mis sur le marché devraient être ainsi étiquetés, l'État et les collectivités étant invités à montrer l'exemple pour la réalisation de leurs bâtiments. Une base de données de référence a été constituée sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction<sup>26</sup>.

## L'asthme et les maladies allergiques respiratoires et immunes

En France, la prévalence de l'asthme se situe à plus de 10 % chez l'enfant et aux alentours de 5 % chez l'adulte. Une importante augmentation de la prévalence de l'asthme a été observée dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle chez l'enfant et l'adulte jeune dans de nombreux pays. Ainsi, une étude effectuée en France a montré une augmentation de la prévalence de l'asthme cumulatif (au moins une crise d'asthme au cours de la vie) chez des adultes jeunes (âgés en moyenne de 21 ans) de 3,3 % en 1968 à 5,4 % en 1982 et à 13,9 % en 1992.

Cependant, ce type de données est difficile à interpréter, en particulier du fait de l'amélioration du diagnostic. Les modifications de notre environnement sont toutefois suspectées d'avoir joué un rôle dans cette augmentation qui touche également d'autres maladies allergiques comme la rhinite allergique et l'eczéma. Plus récemment, une stabilisation, voire une diminution, de la prévalence de l'asthme a été mise en évidence dans certains pays.

L'étiologie de l'asthme reste à ce jour non clairement élucidée. L'asthme résulte d'interactions complexes entre des facteurs génétiques et des facteurs environnementaux. Parmi les facteurs environnementaux évoqués dans le développement d'un asthme dans l'enfance, on peut citer l'exposition au tabac, notamment l'exposition *in utero* de l'enfant au tabagisme de sa mère. Chez l'adulte, l'exposition professionnelle à de nombreux agents biologiques ou chimiques est responsable de la survenue d'un asthme.

Si les facteurs de risque de survenue d'un asthme ne sont pour l'instant que partiellement connus, nombreux sont les facteurs qui ont été identifiés, chez les sujets

asthmatiques, comme facteurs déclenchant les crises d'asthme : les allergènes, en particulier les acariens, les infections, les irritants respiratoires (pollution atmosphérique urbaine, pollution de l'air intérieur, tabac).

D'autres maladies qui s'accompagnent d'une perturbation du système immunitaire ont connu une augmentation d'incidence concomitante à l'industrialisation et ont peut-être des facteurs de risque environnementaux communs avec l'asthme. Ainsi, « l'hypothèse hygiéniste » selon laquelle une insuffisante stimulation du système immunitaire chez le jeune enfant joue un rôle a été avancée pour des maladies aussi diverses que l'asthme (Ramsey, 2005), la sclérose en plaque (Marrie, 2004) ou les maladies inflammatoires chroniques intestinales telles que la maladie de Crohn (Ekobom, 2004).

### Références

- Ekobom A., Montgomery S. M., 2004. « Environmental risk factors (excluding tobacco and microorganisms): critical analysis of old and new hypotheses », *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, vol. 18, n° 3, juin 2004, pp. 497-508.
- Global Initiative for Asthma, 2002. « Global Strategy for Asthma Management and Prevention », seconde édition révisée (*rapport n° 02-3659*). Bethesda, National Institutes of Health, National Heart, Lung and Blood Institute. 176 p.
- Marrie R. A., 2004. « Environmental risk factors in multiple sclerosis aetiology », *Lancet Neurology*, vol. 3, n° 12, décembre 2004, pp. 709-718.
- Ramsey C. D., Celedon J. C., 2005. « The hygiene hypothesis and asthma », *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, vol. 11, n° 1, janvier 2005, pp. 14-20.

25 – <http://www.air-interieur.org>

26 – <http://www.inies.fr>

## Les inquiétudes et les questionnements actuels

### Les champs électromagnétiques

#### *Les champs de fréquences extrêmement basses ou ELF*

Les sources de champs électromagnétiques ELF (*Extremely Low Frequency*) sont très nombreuses, tant à l'extérieur (lignes électriques, câbles souterrains, transformateurs, voies ferrées, éclairage public...) qu'à l'intérieur où des champs sont générés par les installations électriques et les divers appareils d'usage courant (lampes, appareils électroménagers, écrans d'ordinateur, photocopieuses, fax, etc.).

L'essentiel des recherches sur les effets biologiques de ces champs porte sur les champs magnétiques car, en raison de sa nature alternative, le champ magnétique ELF génère des courants électriques dans l'organisme. Ce sont ces courants qui sont potentiellement à la source d'effets biologiques ou sanitaires.

Sur la base d'associations statistiquement significatives et concordantes entre les champs magnétiques domestiques les plus élevés et un doublement du risque de leucémie chez l'enfant exposé de manière continue à des champs ELF d'intensité élevée, le Circ a conclu, selon sa classification, que les champs magnétiques ELF sont « peut-être cancérigènes pour l'homme »<sup>27</sup>. Aucune explication scientifique satisfaisante n'a pu être trouvée à cette relation et aucun lien n'a été mis en évidence entre l'exposition aux ELF et d'autres formes de cancer chez l'enfant ni une quelconque forme de cancer chez l'adulte. Par ailleurs, des incertitudes persistent sur certaines maladies neuro-dégénératives rares lors d'expositions professionnelles.

#### *Les champs de radiofréquences*

Les champs de radiofréquences sont également très présents dans notre environnement quotidien : télévision, radio, téléphonie mobile, divers appareils professionnels, etc. Des champs de forte puissance sont connus depuis longtemps pour présenter un risque pour la santé en raison de leurs effets thermiques entraînant des brûlures internes. C'est ce qui a conduit à fixer des valeurs limites d'exposition du public et des travailleurs.

En ce qui concerne les effets des champs au-dessous de ces valeurs limites, les nombreux travaux scientifiques actuellement disponibles n'apportent pas d'argument convaincant en faveur de l'existence d'un risque de cancer ou d'autre pathologie. Les études épidémiologiques conduites autour d'émetteurs de radio ou de télévision (champs auxquels nous sommes exposés depuis des dizaines d'années), à la recherche d'effet sur la santé et portant sur des échantillons de population importants, ont conduit à des résultats non conclusifs. Rien n'indique à ce jour qu'il en soit autrement pour les ondes émises par les stations de base de téléphonie mobile (ou antennes relais) dont la puissance est plus faible.

Les travaux épidémiologiques et, surtout, les travaux expérimentaux récents sur les effets de l'exposition aux ondes émises par les téléphones mobiles ne permettent pas non plus de conclure sur leur caractère nocif, en l'état actuel des connaissances<sup>28</sup>. Ces travaux confirment en particulier que, aux niveaux de puissance employés dans la téléphonie mobile, les rayonnements ne sont pas génotoxiques\*. Cependant, bien que l'essentiel des études épidémiologiques déjà publiées tende à réfuter l'existence d'un risque de cancer du cerveau ou d'autres formes de cancer chez l'homme, le recul disponible à ce jour est encore insuffisant pour exclure cette hypothèse. Les résultats globaux de l'étude internationale « Interphone », coordonnée par le Circ, sont en cours de publication. Ils n'indiquent pas à ce jour de risque accru de cancer du cerveau. Cependant, certaines autres manifestations non cancéreuses ont été observées, invitant à poursuivre les recherches et, dans l'attente, à recommander des mesures de précaution<sup>29</sup>.

### Les nanoparticules

Présentes depuis longtemps dans l'environnement, les particules ultrafines n'ont été caractérisées que depuis peu (émissions des moteurs diesel).

Leur petite taille (de l'ordre de 1 à 100 nanomètres<sup>30</sup> ou moins) leur confère des capacités de transfert entre les milieux et peut permettre le franchissement de barrières biologiques. Surtout, elle modifie les propriétés physiques et chimiques des matériaux et substances en question. C'est d'ailleurs la découverte de telles propriétés

28 – Agence française de sécurité sanitaire environnementale, 2005. « Téléphonie mobile et santé » (rapport du groupe d'expert, sous la présidence de Hours M.). Maisons-Alfort, Afsse. 128 p.

29 – Avis de l'Afsset sur la téléphonie mobile, juin 2005. Voir <http://www.afsset.fr>

30 – Le nanomètre est le milliardième du mètre.

27 – International Agency for Research on Cancer, 2002. « Non-ionizing Radiation, Part I: Static and Extremely Low Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields », IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 80, 2002, 429 p.

## De l'environnement à l'homme : des indicateurs d'effets, les « espèces sentinelles »

On entend couramment par organismes sentinelles des espèces ou groupe d'espèces végétales ou animales caractéristiques d'un milieu qui présentent une hypersensibilité à un groupe de polluants ou à un toxique donné, cette sensibilité se traduisant par des modifications de la densité de la population de cette espèce et/ou de l'état de santé des individus.

Dans le domaine de la pollution atmosphérique, l'exemple des lichens est bien connu. Dès les années soixante-dix, des travaux sur la corrélation entre l'intensité de pollution par le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et le nombre d'espèces présentes dans les peuplements de lichens ont permis d'établir des cartes d'isoconcentration en SO<sub>2</sub> atmosphérique. Aujourd'hui, l'Association française de normalisation (Afnor) crée une nouvelle commission « biosurveillance de l'air » dont les premiers travaux concerneront, en particulier, la mise en place d'une norme relative à ces organismes.

Plus récemment, l'observation d'anomalies morphologiques de l'appareil reproductif et de perturbations physiologiques chez les alligators du lac Apopka en Floride

ou au sein de populations de poissons et les nombreux travaux relatifs à l'impact des substances chimiques sur les processus endocrines issus de ces observations peuvent conduire à considérer ces espèces comme des organismes sentinelles d'alerte. De la même façon, l'observation d'un amincissement de l'épaisseur coquillière induite dans des populations d'oiseaux sauvages par divers polluants (tels que, par exemple, les insecticides organochlorés) peut amener à assimiler ce phénomène à un système d'alerte de la contamination des écosystèmes par ces substances. Il ne s'agit plus dans ces deux derniers cas de réponse du type présence/absence mais d'altérations plus ou moins marquées de la morphologie et/ou de la physiologie des organismes exposés. Sans se substituer aux tests toxicologiques habituels, ni aux études épidémiologiques, les observations sur des animaux sentinelles choisis, vivant dans des sites contaminés connus mais aussi ailleurs, ont pu et pourront encore jouer un rôle d'alerte irremplaçable et apporter des compléments utiles dans l'évaluation du risque\* pour l'homme.

(la catalyse, les propriétés magnétiques, les possibilités d'interfaçage avec des composés bio-organiques...) qui a conduit au développement de nanotechnologies et de nanomatériaux. Des particules ultrafines peuvent être fabriquées, on parle alors de nanoparticules ou nano-objets qui prennent des formes variées : fils, tubes ou sphères et se présentent sous la forme de poudres<sup>31</sup>.

Les expositions de l'homme aux particules fines ont trois origines : les émissions naturelles ou « renforcées » par l'homme (par exemple, les poussières de carrières) ; les émissions de produits indésirables des activités humaines dont l'impact en santé publique a fait l'objet ces dernières années de controverses scientifiques (les effets des particules fines issues de combustion, notamment les particules diesel, sont aujourd'hui admis même si les mécanismes d'action sont loin d'être pleinement compris) ; l'utilisation des nanotechnologies et la fabrication de nanoparticules pour lesquelles on considère souvent le risque du procédé (risques accidentels d'explosion, d'incendie et de pénétration dans les systèmes de contrôle commande) et pour lesquelles on applique le principe de précaution pour la protection des travailleurs en pratiquant le confinement.

Les dangers potentiels des nanoparticules les plus souvent cités relèvent de la toxicité\* et de l'écotoxicité. De nombreux programmes de recherche sont conduits aux États-Unis, au Canada, en Europe<sup>32</sup>, mais beaucoup d'interrogations demeurent sur les mécanismes susceptibles de gouverner cette toxicité, les voies de pénétration dans l'organisme et les transferts secondaires possibles.

L'ampleur et la rapidité du développement des nanotechnologies dans de nombreux secteurs (chimie, médecine, pharmacie, cosmétique, électronique...) et la nature de cette « révolution » technique suscitent des interrogations des citoyens sur l'importance du risque sanitaire à court et à long termes. Les questions qui sont actuellement traitées en terme de connaissance scientifique, de métrologie, de dispositifs de surveillance et de prévention en milieu professionnel comme dans l'environnement général, font aussi l'objet de fortes demandes en matière d'information et de participation du public.

31 – Commissariat à l'énergie atomique, 2005. « Les nanotechnologies en débat », Clefs CEA, n° 52, été 2005, pp. 119-125

32 – Par exemple, les programmes européens Nanoderme (sur les transferts à travers la peau), Nanopathology (sur les interactions avec le corps humain) et NanoSafe2 (dédié aux risques liés à la production industrielle) initié par le CEA.

## Cancer et environnement : pourquoi est-il si difficile d'apprécier la part des déterminants environnementaux dans l'incidence de certains cancers ?

Le nombre de cas de cancers en France est passé de 170 000 à 278 000 par an, entre 1978 et 2000, soit une augmentation de 63 %<sup>a</sup> qui résulterait pour près de la moitié de l'accroissement et du vieillissement de la population<sup>b</sup>.

Dans quelle mesure les facteurs de l'environnement interviennent-ils dans la survenue et le nombre des cancers ?

Il existe plus d'une centaine de cancers différents par leur nature et leur localisation. À de rares exceptions près, comme le mésothéliome de la plèvre causé par l'inhalation de fibres d'amiante, ce sont des maladies multifactorielles, pour lesquelles il est difficile de mettre en évidence les causes précises. On admet que 20 % environ des cas concernent des personnes qui présentent une prédisposition d'origine génétique. Les autres causes possibles relèvent soit de l'environnement (agents « agresseurs » présents dans les milieux de vie et dans l'alimentation : substances chimiques, UV, radiations, parasites, bactéries, virus), soit du mode de vie (tabac, alcool, nutrition, manque d'exercice, etc.).

Les études épidémiologiques s'intéressent au lien entre une exposition à un agent dangereux et le risque de survenue d'une maladie. Les associations qu'elles mettent en évidence, souvent à l'occasion d'expositions professionnelles ou accidentelles, et les connaissances toxicologiques et biologiques disponibles permettent d'établir la plausibilité d'une relation de causalité liant une maladie et un agent, qualifié alors de facteur de risque. Le *Circ* classe les substances et les agents physiques en plusieurs groupes, selon le degré de preuve de cancérogénicité atteint d'après les données disponibles relatives à leurs effets sur l'homme et sur l'animal. Plus de 90 substances et agents sont reconnus « cancérogènes certains » pour l'homme, une soixantaine est classée « cancérogènes probables », alors que plus de 240 autres sont « cancérogènes possibles », le degré de preuve étant moindre.

Pour un cancer donné, plusieurs facteurs de risque sont le plus souvent connus. Par exemple, pour le cancer du poumon, outre la fumée de tabac, de loin la principale cause, de nombreux agents peuvent aussi être incriminés : l'arsenic, le nickel, le cadmium, le chrome VI, l'amiante et d'autres fibres, la silice, le radon, les radiations ionisantes, etc.

Différentes méthodes existent pour estimer la part attribuable à tel ou tel facteur, dans l'incidence d'un cancer<sup>c</sup>. Cette notion donne une indication du nombre de cas qui seraient théoriquement évités si toute exposition de la population à ce facteur était supprimée.

L'estimation de l'impact des facteurs environnementaux dans l'incidence des cancers se heurte cependant à plusieurs difficultés : une relative faiblesse dans les données disponibles (les registres du cancer ne couvrent pas tout le territoire français et les données de maladies professionnelles sont difficilement exploitables) ; la longue période de latence (souvent plusieurs décennies) entre l'initiation du cancer et son diagnostic ; les niveaux de pollution relativement faibles mais chroniques et la multiplicité des polluants qui rendent difficile l'estimation de l'exposition réelle des populations ; les effets synergiques (certains facteurs voient leurs effets renforcés lorsqu'ils sont associés, par exemple, radon et tabac pour le cancer du poumon) ; les effets non spécifiques (par exemple, l'arsenic et ses sels peuvent provoquer le cancer du poumon mais aussi celui du foie, de la vessie ou de la peau, et sont également à l'origine de maladies neurologiques).

Selon les estimations de C. Hill<sup>d</sup>, entre 7 et 20 % des cancers, selon les localisations, seraient imputables à des contaminants environnementaux présents dans l'eau, l'air, les sols, l'alimentation et les produits industriels ; 4 % seraient dus à des expositions professionnelles ; 10 % résulteraient d'infections par certains virus, bactéries et parasites. Les principales causes seraient les facteurs nutritionnels (10 à 70 %), le tabagisme actif (7 à 32 %) et l'alcool (8 à 16 %).

Les travaux de recherche se poursuivent au sein de la communauté scientifique internationale, dans les nombreuses disciplines scientifiques concernées, alors que le public s'empare du débat sur les conclusions à tirer des études disponibles, en particulier sur les parts attribuables aux pollutions et aux perturbations de l'environnement par rapport à celles imputables à la nutrition et aux autres facteurs comportementaux.

À la demande de l'Afsset, l'Inserm effectuée en 2005 et 2006 des expertises collectives sur certains cancers pour dresser l'état des connaissances sur les facteurs environnementaux qui contribuent à leur survenue.



## ► Références

a – Les évolutions (66 % chez les hommes et 60 % chez les femmes) sont variables selon le siège du cancer : ceux dont l'incidence croît le plus fortement sont le mélanome, le cancer de la prostate, celui du foie, le mésothéliome et les lymphomes chez l'homme ; le mésothéliome, les cancers de la thyroïde, du sein et du poumon, le mélanome et les lymphomes chez la femme. Réseau Francim des registres du cancer et Institut de veille sanitaire (InVS).

b – Institut de veille sanitaire, 2002. « Évolution de l'incidence et de la mortalité par cancer en France de 1978 à 2000 »

(rapport rédigé par Buemi M., Jouglu E., Estève J., Remontet L. et Velten M. (coord.), financé par l'Arc, l'InVS et l'Inserm). Saint-Maurice, InVS. 217 p. (disponible en ligne : <http://www.invs.sante.fr>, rubrique « publications » > « 2003 »).

c – Bonnin F., Chenu C., Etiemble J. (coord.), 2005. *Cancer : approche méthodologique du lien avec l'environnement*. Paris, Les éditions Inserm. 92 p.

d – Doyon F., Hill C., 1997. « L'épidémiologie des cancers », *Bulletin du cancer*, vol. 84, n° 9, septembre 1997, pp. 917-918.

## Le changement climatique

### *Des maladies infectieuses émergentes et réémergentes*

Le réchauffement climatique peut contribuer à l'émergence des maladies infectieuses, en provoquant par exemple l'élargissement des écosystèmes favorables au développement d'insectes vecteurs de diverses maladies comme la dengue\*, le paludisme ou, plus proche de la Métropole, la leishmaniose\* cutanée<sup>33</sup>. L'extension de la zone de circulation d'oiseaux migrateurs porteurs du virus du « West Nile », combinée à la prolifération des insectes vecteurs, fait craindre une extension du foyer camarguais et méditerranéen vers le nord. Les migrations d'oiseaux et leurs évolutions pourraient également figurer parmi les facteurs influençant la dissémination du virus de la grippe aviaire.

Par ailleurs, le réchauffement du milieu marin favorise la prolifération des germes halophiles\* dont les vibrions sont responsables du choléra. D'autres effets indirects peuvent être envisagés : recrudescence des toxi-infections alimentaires\* par mauvaise conservation des aliments ou développement des légionelloses liées à une généralisation de la climatisation par exemple.

Cependant, l'émergence des maladies infectieuses ne peut être attribuée au seul réchauffement climatique : l'accroissement des voyages internationaux, l'urbanisation massive perturbant les écosystèmes par l'extension de l'habitat vers des zones forestières ou inondables et conduisant à l'augmentation des contacts avec la faune sauvage, les modifications des méthodes d'élevage provoquant une densité accrue des interactions entre espèces animales<sup>34</sup>, sont également des facteurs à considérer.

33 – Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2005. « Rapport sur l'évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique » (rapport réalisé par un groupe de travail « réchauffement climatique » sous la présidence de Rodhain F. pour le compte de la direction générale de l'Alimentation du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales). Maisons-Alfort, Afssa. 78 p.

De ce fait, l'anticipation et la lutte contre les maladies infectieuses émergentes ou réémergentes reposent sur une approche globale concertée et multidisciplinaire.

### *D'autres conséquences sanitaires possibles du réchauffement*

Sans traiter ici cette question, il convient de souligner qu'à l'échelle du globe, ce sont les conséquences agronomiques du changement climatique ainsi que le volume et la répartition des ressources en eau et des forêts qui seront vraisemblablement à l'origine des impacts sanitaires majeurs, à travers l'accessibilité à l'eau et aux denrées alimentaires.

De grandes incertitudes existent sur les évolutions de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes (vagues de chaleur, inondations, tempêtes, etc.), néanmoins, leurs conséquences sanitaires seront aussi très importantes.

Le réchauffement climatique pourrait être également à l'origine de bien d'autres effets sanitaires directs, tels qu'une recrudescence estivale de diverses pathologies (cardio-vasculaires, cérébro-vasculaires, respiratoires, métaboliques ou psychiques), une modification de la répartition saisonnière des décès, une élévation estivale du taux de prématurité et de la mortalité périnatale, un développement et une variation géographique des allergies, etc.

Les effets du réchauffement dépendront de sa brutalité, mais aussi des conditions socio-économiques, de la pollution atmosphérique et des progrès de la médecine. Par ailleurs, l'élévation des températures a d'autant plus d'effet que l'organisme est déjà au préalable en limite supérieure d'adaptation aux conditions

34 – Desenclos J. C., De Valk H., 2005. « Les maladies infectieuses émergentes : importance en santé publique, aspects épidémiologiques, déterminants et prévention », *Médecine et maladies infectieuses*, vol. 35, n° 2, pp. 49-61.

Mc Michael A. J., 2004. « Environmental and social influences on emerging infectious diseases: past, present and futur », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 359, n° 1447, 29 juillet 2004, pp. 1 049-1 058.

thermiques ambiantes, et l'on peut donc supposer que le réchauffement aura surtout un impact sur des sujets fragiles : personnes âgées, catégories sociales les moins favorisées, malades chroniques et, dans une moindre mesure, nourrissons et jeunes enfants.

## Un plan national santé environnement pour une approche globale

Malgré les efforts croissants de lutte contre les pollutions et en dépit de l'amélioration de l'état de santé général de la population et de l'espérance de vie qui ne cesse de s'allonger, les connaissances acquises confirment la réalité et l'importance des risques sanitaires qu'apporte un environnement de plus en plus artificialisé et soumis à de multiples et nouvelles perturbations.

Le PNSE vise à répondre à ces défis et à amplifier l'action publique par une prise en compte globale et intégrée des préoccupations sanitaires dans l'ensemble des milieux de vie. Son fondement est celui de la Charte de l'environnement, désormais inscrite dans la Constitution française, et dont l'article premier énonce : « *Chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé* ».

Annoncé dans la stratégie nationale de développement durable\* adoptée en juin 2003, le PNSE a été présenté par le Premier ministre en juin 2004. Son

déploiement répond aux engagements pris par la France lors des conférences des ministres de l'Environnement et de la Santé de la région Europe initiées par l'OMS et auxquelles souscrivent les instances communautaires. Ainsi, la stratégie et le plan d'actions communautaires en matière d'environnement et de santé intitulés SCALE (*Science-Children-Awareness-Legislation-Evaluation*) ont été élaborés à l'occasion de la 4<sup>e</sup> conférence ministérielle sur l'environnement et la santé organisée à Budapest en juin 2004 sur le thème « un futur pour nos enfants ».

Ce plan vise à donner de la cohérence à l'ensemble des actions de prévention ou plans d'actions thématiques déjà engagés (climat, canicule, légionellose, bruit, cancer, éthers de glycol, réduction des émissions atmosphériques, etc.) et propose un ensemble d'actions nouvelles et structurantes. Quatre ministères (Écologie, Santé, Travail, Recherche) ont contribué à son élaboration, créant une dynamique pour prendre en compte de façon pérenne la santé environnementale dans les politiques publiques.

Le PNSE détermine les 45 actions que le Gouvernement a décidé de mettre en œuvre entre 2004 et 2008 pour améliorer la connaissance, la prévention et la maîtrise des risques sanitaires liés à des facteurs environnementaux. Trois objectifs particuliers sont fixés : garantir un air et une eau de bonne qualité, prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers, mieux informer le public et protéger les populations sensibles.

### Les actions prioritaires du PNSE

OBJECTIFS PARTICULIERS DU PNSE	Actions prioritaires du PNSE
1. Garantir un air et une eau de bonne qualité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire les émissions de particules diesel par les sources mobiles</li> <li>• Réduire les émissions aériennes de substances toxiques d'origine industrielle</li> <li>• Assurer une protection de la totalité des captages d'eau potable</li> <li>• Mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur</li> <li>• Mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction</li> </ul>
2. Prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire les expositions professionnelles aux agents cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques</li> <li>• Renforcer les capacités d'évaluation des risques sanitaires des substances chimiques dangereuses</li> <li>• Renforcer les connaissances fondamentales des déterminants environnementaux et sociétaux de la santé des populations et le développement de nouvelles méthodes en sciences expérimentales</li> </ul>
3. Mieux informer le public et protéger les populations sensibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faciliter l'accès à l'information en santé-environnement et favoriser le débat public</li> <li>• Réaliser une étude épidémiologique sur les enfants</li> <li>• Améliorer la prévention du saturnisme infantile, le dépistage et la prise en charge des enfants intoxiqués</li> <li>• Réduire l'incidence de la légionellose</li> </ul>

Source : ministère de la Santé et de la Protection sociale, ministère de l'Écologie et du Développement durable, ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale, ministère délégué à la Recherche, 2004. « Principes et structure générale du PNSE » in Plan national santé environnement 2004-2008. Paris, ministère de la Santé et de la Protection sociale, ministère de l'Écologie et du Développement durable, ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale, ministère délégué à la Recherche. pp. 15-17.

## Les enfants, une population sensible

Les enfants sont particulièrement sensibles aux agressions environnementales. La constitution des systèmes nerveux, immunitaire et reproductif se déroule selon des phases limitées dans le temps et les dommages qui surviennent lors de 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 rapide *in utero* et dans la petite enfance, avec un rebond au moment de la puberté.

Les besoins de la croissance et la physiologie des enfants nécessitent des apports d'eau et de nutriments plus substantiels que chez l'adulte par unité de poids corporel. La surface corporelle des enfants plus importante relativement à leur poids, leur métabolisme plus élevé et leurs activités physiques plus intenses entraînent une demande en oxygène et une ventilation supérieures à celles de 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 et leurs activités exploratoires accroissent leur exposition à certaines substances alors que les adolescents s'exposent à d'autres risques (accidents, troubles auditifs, etc.).

Des inquiétudes concernant l'évolution de l'incidence de certaines pathologies liées à des facteurs de risques environnementaux (asthme, certains cancers) sont régulièrement exprimées, bien que ces questions demeurent controversées sur le plan scientifique.

Dans le cadre du premier PNSE, il est apparu prioritaire de réaliser une étude ayant pour objectif de mieux connaître les expositions des enfants aux dangers environnementaux et leurs effets aux différents stades de la croissance, ainsi que les tendances temporelles et la répartition spatiale des expositions et des pathologies environnementales. Cette étude consistera à suivre une cohorte de 20 000 enfants, depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte.

La loi n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique donne un fondement juridique au PNSE dans son article 53 : « *Un plan national de prévention des risques pour la santé liés à l'environnement est élaboré tous les cinq ans. Ce plan prend notamment en compte les effets sur la santé des agents chimiques, biologiques et physiques présents dans les différents milieux de vie, y compris le milieu de travail, ainsi que ceux des événements météorologiques extrêmes* ». Cette loi affirme la responsabilité de l'État en matière de politique de santé publique. Le texte, qui propose une centaine d'objectifs pour les cinq années à venir, vise à réduire la mortalité et la morbidité évitables et à diminuer les disparités régionales en matière de santé. Pour atteindre ces objectifs, cinq plans nationaux sont prévus pour la période 2004-2008, dont le PNSE et le plan de lutte contre le cancer.

La loi de santé publique a également prévu la déclinaison du PNSE en plans régionaux santé environnement (PRSE).

Un comité de pilotage assure le suivi de la mise en œuvre du PNSE au niveau national. Il est chargé de rendre compte annuellement des progrès accomplis, de faire évoluer et de valoriser les actions menées en s'appuyant sur les conclusions du comité d'évaluation ou sur les demandes des représentants de la société civile. Ce comité d'évaluation doit être mis en place en 2006 avec pour mission de réaliser l'évaluation à mi-parcours du PNSE, avec le concours de l'Afsset. L'évaluation finale examinera en particulier la situation en regard des objectifs quantifiés ou indicateurs mentionnés dans le PNSE.

## Objectifs quantifiés et indicateurs du PNSE

Pathologies
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire de 50 % l'incidence de la légionellose à l'horizon 2008</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire de 30 % la mortalité par intoxication au monoxyde de carbone à l'horizon 2008</li> </ul>
Expositions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respecter les valeurs limites européennes de qualité de l'air, en 2008, dans toutes les villes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire d'un facteur 5 le nombre total d'heures où la concentration en ozone dans l'air dépasse la valeur de seuil d'information (180 µg/m³)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuer par deux d'ici 2008 le pourcentage de la population alimentée par une eau de distribution publique dont les limites de qualité ne sont pas respectées en permanence pour les paramètres microbiologiques ou les pesticides</li> </ul>
Émissions et protection des ressources
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire les rejets atmosphériques issus de toutes sources anthropiques : -40 % pour les composés organiques volatils et les oxydes d'azote entre 2000 et 2010</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuer à horizon 2010 les émissions industrielles dans l'air de 85 % pour les dioxines, 50 % pour le cadmium, 65 % pour le plomb, 40 % pour le chlorure de vinyle monomère et de 35 % pour le benzène (année de référence 2000, 2001 pour le benzène)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer la protection de 80 % des captages d'eau potable en 2008 et 100 % en 2010</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire de 30 % les émissions dans l'air de particules des véhicules diesel</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afficher les caractéristiques sanitaires et environnementales de 50 % des produits et matériaux de construction à horizon 2010</li> </ul>
Indicateurs à construire
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposition au bruit (population générale / milieu professionnel)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de substances chimiques évaluées (en France et dans l'Union européenne) au regard des risques chroniques (toxicologie et écotoxicologie)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposition des travailleurs aux agents cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques</li> </ul>

Source : ministère de la Santé et de la Protection sociale, ministère de l'Écologie et du Développement durable, ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale, ministère délégué à la Recherche, 2004. « Coordination et suivi de la mise en œuvre du PNSE 2004-2008 » in Plan national santé environnement 2004-2008. Paris, ministère de la Santé et de la Protection sociale, ministère de l'Écologie et du Développement durable, ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale, ministère délégué à la Recherche. pp. 41-42.

### Pour en savoir plus

- El Yamani M. et Vergriette B., 2005. « Santé et Environnement : Enjeux et clés de lecture ». Afsset (dossier téléchargeable sur : <http://www.sante-environnement.fr> ou <http://www.afsset.fr>).
- Cordier S., Dewailly E., Gérin M. et al., 2003. *Environnement et santé publique – Fondements et pratiques*. Paris, éditions Tec & Doc. 1 024 p.
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2004. *Plan national santé-environnement : Rapport de la Commission d'orientation*. Paris, La documentation Française. 296 p. (coll. *Réponses environnement*).

### Sites Internet

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) : <http://www.ademe.fr>
- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) : <http://www.afsset.fr>
- Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) : <http://www.afssa.fr>
- Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) : <http://www.brgm.fr>
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) : <http://www.cstb.fr>
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) : <http://www.irsn.fr>
- Institut de veille sanitaire (InVS) : <http://www.invs.sante.fr>
- Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) : <http://www.ineris.fr>
- Institut national de recherche et de sécurité (INRS) : <http://www.inrs.fr>
- Ministère de la Santé et des Solidarités : <http://www.sante.gouv.fr>
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable : <http://www.ecologie.gouv.fr>
- Site portail santé-environnement-travail : <http://www.sante-environnement.fr>

