

LA CONNAISSANCE S'AMÉLIORE

mais le bilan reste toujours contrasté

L'EXPOSITION AUX RISQUES ET NUISANCES

INTRODUCTION p. 197

L'EXPOSITION AUX RISQUES NATURELS p. 198

L'EXPOSITION AUX RISQUES TECHNOLOGIQUES p. 218

L'EXPOSITIONS AUX RISQUES
ENVIRONNEMENTAUX CHRONIQUES p. 230

L'exposition aux risques environnementaux chroniques

Les développements technologiques conduisent à la mise sur le marché de produits, biens et services pouvant diffuser de nouvelles substances dans l'environnement. Les activités et les modes de vie participent également à la dissémination de polluants dans les milieux (voir chap. « Les milieux », p. 45). Certaines de ces émissions peuvent affecter la santé. La complexité des mécanismes en jeu (émissions diffuses, effet cocktail, faibles concentrations, interaction des milieux, polluants ubiquitaires, impact des produits de dégradation des molécules-mères –métabolites–, etc.) ne permet pas de statuer rapidement sur le caractère nocif ou non de telle ou telle substance. Les progrès de la recherche, la biosurveillance, la traçabilité des substances permettent d'améliorer la connaissance des potentiels impacts sanitaires de ces émissions dans l'environnement. Par exemple, l'augmentation de la pollution atmosphérique accentue les phénomènes d'allergies au pollen.

D'autres expositions sont sources de préoccupations au sein de la société. Il en est ainsi de la radioactivité, qu'elle soit naturelle (radon en particulier) ou artificielle. Une part non négligeable de la population est également exposée aux nuisances sonores induites par le trafic routier, ferroviaire et aérien. De même, le développement rapide des technologies de l'information et de la communication, et notamment de la téléphonie mobile, s'accompagne de la mise en place d'antennes relais sur tout le territoire. L'impact sur la santé de l'exposition aux ondes électromagnétiques fait encore débat.

L'exposition aux substances chimiques présentes dans l'environnement

Les modes de vie et de consommation ainsi que les choix techniques des acteurs économiques sont les principaux leviers de l'exposition de l'environnement et de l'Homme à des substances chimiques potentiellement dangereuses pour la santé (métaux, pesticides, etc.).

Les usages, les voies de transfert dans l'environnement et les voies d'exposition de l'Homme sont multiples et complexes pour un grand nombre de polluants. L'ingestion de ces substances peut se faire *via* la respiration, l'alimentation, l'eau ou par contact direct. La nature même de ces polluants, certains ayant des caractéristiques physiques et chimiques de persistance dans l'environnement, constitue un point sensible. Ainsi, certaines substances sont encore observées dans l'environnement alors que leur usage et production peuvent être interdits depuis plusieurs années. C'est notamment le cas du lindane (voir chap. « Contamination des sols », p. 82). De nombreuses substances peuvent se disséminer au sein d'un seul milieu (dispersion de rejets dans l'air, dans l'eau, etc.), mais également « voyager » entre différents milieux (voir chap. « Les milieux », p. 47). Par exemple, les substances chimiques émises dans l'air peuvent être transportées sur de plus ou moins longues distances selon leur temps de résidence (avant transformation chimique par exemple) et se déposer par dépôt sec (gravité, diffusion) et humide (précipitations, brumes, brouillards) dans l'environnement.

La gestion de ces **polluants ubiquitaires**, déjà complexe du fait de leur dilution et de leur dissémination, est parfois compliquée du fait qu'eux-mêmes se transforment dans l'environnement en « métabolites », ces derniers pouvant se révéler également toxiques et parfois plus stables que les molécules-mères. Ainsi, les sous-produits de l'atrazine sont maintenant plus fréquemment rencontrés que la molécule-mère interdite depuis plusieurs années (voir chap. « Eaux continentales », p. 61).

DONNÉES OU MÉTHODOLOGIE

La biosurveillance

L'exposition des populations aux substances chimiques peut être évaluée soit de manière indirecte par des mesures dans les milieux environnementaux (eau, air, sols, aliments, etc.), soit de manière directe par des indicateurs biologiques, ou « biomarqueurs » chez les individus.

Les mesures environnementales permettent d'approcher la dose externe, c'est-à-dire la quantité de substance inhalée, ingérée ou entrant en contact cutané et qui est disponible par absorption systémique.

La biosurveillance est une méthode d'évaluation de l'exposition humaine par une mesure des substances chimiques (ou de leurs métabolites) dans les tissus ou liquides biologiques (sang, urines, lait maternel, cheveux par exemple). Elle présente la seule approche permettant une mesure intégrée d'une exposition multi-sources et multi-voies (dose interne).

Les **biomarqueurs** incluent des signaux de changement (observables et/ou mesurables) biochimiques, cellulaires, moléculaires, génétiques, immunologiques ou physiologiques d'évènements ayant lieu dans les systèmes biologiques. Il est d'usage de distinguer trois classes de biomarqueurs :

- biomarqueurs d'exposition : dose interne et dose biologique effective correspondant aux premières étapes du processus de réponse de l'organisme induites par la pénétration d'un agent chimique ;
- biomarqueurs d'effet : marqueurs de troubles de la santé ou de maladie reconnue ;
- biomarqueurs de susceptibilité : facteurs (génétiques ou acquis) capables d'influencer la probabilité qu'une exposition externe induise une pathologie.

• Des substances qui s'accumulent dans les tissus vivants

Lorsque des substances ont la faculté de pouvoir passer d'un milieu à un autre, elles ont tendance à imprégner l'ensemble de l'environnement (sources d'alimentation humaine et animale, supports de culture, etc.). Des suivis de l'exposition de la population française (et mondiale par des organismes internationaux) sont périodiquement réalisés. Il s'agit de la « biosurveillance ».

Pour la première fois en France, le volet environnemental de l'**Étude nationale nutrition santé (ENNS)**⁴ a permis de mesurer l'exposition de la population à **11 métaux, 6 PCB et 3 familles chimiques de pesticides** :

- la **plombémie** moyenne chez les adultes a très fortement baissé au cours des 15 dernières années, probablement en conséquence des efforts de réduction des expositions au plomb en France. Toutefois, des valeurs élevées de plombémie sont encore retrouvées, notamment chez des personnes ayant effectué des travaux de rénovation dans des logements anciens pouvant contenir d'anciennes peintures au plomb ;
- les niveaux de **cadmium** urinaires sont assez similaires à ceux observés dans des études françaises précédentes et dans d'autres études en Europe et aux États-Unis. Le seuil de 2,5 µg/g de créatinine correspondant à une augmentation du risque d'atteinte rénale n'est toutefois dépassé que dans 1,5 % des cas ;
- les concentrations **mercurielles** dans les cheveux sont relativement faibles (0,59 µg de mercure/g de cheveux chez les adultes et 0,37 µg/g de cheveux chez les enfants) et toutes inférieures à 10 µg/g (seuil OMS). Ces niveaux sont supérieurs à ceux des Allemands et des Américains, traduisant probablement la différence de consommation de poisson dans ces pays dans la mesure où le poisson constitue le principal apport de mercure organique dans la population générale ;
- la concentration moyenne d'**arsenic** inorganique (forme la plus toxique d'arsenic) et de ses dérivés méthylés est égale à 3,3 µg/g créatinine (12 µg/g pour l'arsenic total). 96 % de la population n'ayant pas consommé de produits de la mer au cours des 72 heures précédant le prélèvement se situent en dessous de 10 µg/g de créatinine. Les concentrations urinaires d'arsenic sont influencées par la consommation de produits de la mer mais également par la consommation de vin ;
- les concentrations urinaires des **autres métaux et métalloïdes** (antimoine, chrome, cobalt, étain, nickel, uranium, vanadium) chez les adultes sont similaires à ce qui est observé à l'étranger ;
- la concentration sérique moyenne de **PCB** a été divisée environ par trois en vingt ans (entre 1986 et 2007). Moins de 1 % des adultes avaient en 2007 une concentration de PCB totaux supérieure au seuil critique proposé par l'Anses (1 800 ng/g de lipides). Toutefois 15,3 % des femmes en âge de procréer (18-45 ans) dépassaient le seuil critique spécifique proposé par l'Anses pour ce groupe démographique (700 ng/g de lipides). Les niveaux observés dans la population française sont du même ordre de grandeur que ceux observés dans d'autres pays d'Europe ;
- les concentrations de **pesticides organochlorés** observées sont relativement basses, ce qui traduit l'effet positif d'une interdiction déjà ancienne (1973 pour le DDT) pour la plupart des composés, à l'exception de certains chlorophénols : si pour la plupart des chlorophénols, les concentrations moyennes françaises étaient

similaires à celles mesurées dans les études allemandes et américaines, elles étaient bien supérieures pour le 2,5 DCP et le 2,4 DCP. Pour le 2,5 DCP, cela pourrait être lié à l'usage du p-DCB comme désodorisant ou antimite, plus important en France en 2007 que dans d'autres pays. Ce produit est désormais interdit (depuis 2009) ;

- les concentrations urinaires de dialkylphosphates (dérivés diméthylés et diéthylés), métabolites des **pesticides organo-phosphorés**, dans la population française âgée de 18 à 74 ans étaient inférieures à celles de la population allemande (9 ans auparavant), mais supérieures à celles des Américains ou des Canadiens (pour les métabolites diméthylés) ;
- les concentrations urinaires de tous les métabolites mesurés des **pyréthrinoides** sont influencées par la consommation de certains aliments et l'utilisation domestique de pesticides (pour les traitements antipuces ou le traitement d'un potager). Ces concentrations étaient plus élevées que celles observées en Allemagne, au Canada ou aux États-Unis.

Dans le cadre du plan national santé environnement 2, un programme de biosurveillance piloté par l'InVS a été mis en place. Il comprend notamment la réalisation d'une **enquête transversale intitulée « Esteban**⁵ » (Environnement, Santé, Biosurveillance, Activité physique, Nutrition). Les données collectées dans le cadre d'Esteban à compter de 2014 permettront des comparaisons avec l'ENNS et d'évaluer l'efficacité des mesures prises en termes de réduction des expositions.

• La connaissance des effets sur la santé des substances polluantes émises dans l'environnement s'améliore

La prépondérance de nombreuses maladies a augmenté ces dernières décennies. La part de l'environnement dans l'augmentation de certaines de ces pathologies est désormais reconnue. **L'InVS estime ainsi que 5 à 10 % des cancers seraient liés à des causes environnementales en France.** Mais le plus souvent, il est difficile de conclure quant à l'influence de l'environnement. En effet, de nombreux facteurs interagissent : habitudes alimentaires, lieux de résidence, expositions de courtes ou de longues durées, etc. De plus, le principe de Paracelse « Rien n'est poison, tout est poison : seule la dose fait le poison » est remis en question : une substance non toxique à faible dose peut le devenir si elle est associée à d'autres composés. Cet effet « cocktail » semble particulièrement nocif pour les personnes les plus sensibles (enfants, femmes enceintes ou en âge de procréer, personnes âgées) pendant les périodes clés du développement : gestation, période périnatale, adolescence, etc.

L'exposition à la **pollution de l'air** aggrave la morbidité et induit une mortalité prématurée (*voir chap. « Air extérieur », p. 99*). Ces effets peuvent se manifester à court terme, suite à un pic de pollution (effets aigus) et également à des niveaux d'exposition plus bas lorsque cette exposition est prolongée (effets chroniques). L'exposition chronique augmente le risque de décès. En 1996, le nombre de décès prématurés attribuables aux particules PM₁₀ (dont le diamètre est inférieur à 10 microns) s'élevait à 32 000, dont 55 % imputables au trafic routier. Ce nombre est encore plus élevé pour les particules PM_{2,5} (diamètre

⁴ Étude conduite en 2006-2007 par l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'université de Paris 13.

⁵ Dossier Esteban InVS : <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Esteban>.

inférieur à 2,5 microns), il s'élevait à 42 000 en 2000. L'étude **Aphekom** de l'InVS publiée en 2011 a évalué les **effets des polluants dans l'air extérieur sur la population européenne**. Elle indique qu'habiter à proximité de voies à forte densité de trafic automobile pourrait être responsable d'environ 15 à 30 % des nouveaux cas d'asthme de l'enfant, et, de façon quasi équivalente, de maladies chroniques respiratoires et cardiovasculaires chez les personnes âgées à partir de 65 ans. De plus, le dépassement de la valeur-guide de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour les particules fines ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle de $\text{PM}_{2,5}$) dans 25 villes européennes, soit 39 millions d'habitants, se traduit chaque année par 19 000 décès prématurés, dont 15 000 pour causes cardiovasculaires. Les gaz d'échappement des moteurs diesel et la pollution de l'air extérieur ont d'ailleurs été classés comme cancérigènes pour l'Homme par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ), respectivement en juin 2012 et en octobre 2013 (voir chap. « Recherche en santé-environnement », p. 357).

Parmi les substances chimiques présentes dans l'environnement auxquelles l'Homme est exposé, certaines seraient

susceptibles d'interférer avec le système hormonal. Appelées **perturbateurs endocriniens**, elles sont soupçonnées d'altérer, à faibles doses, certaines fonctions de la reproduction et de favoriser les cancers hormono-dépendants (sein, ovaire, prostate) ainsi que certaines maladies chroniques (obésité, diabète et maladies cardiovasculaires). Ces composés sont largement disséminés dans l'environnement, que ce soit dans les aliments et les emballages, l'eau de boisson, les produits cosmétiques, les matériaux de construction, les appareils électroniques, les meubles, etc. L'impact sanitaire de certains est reconnu.

Un rapport de l'Anses d'avril 2013 confirme les risques potentiels du **bisphénol A** pour la santé et recommande de réduire les expositions qui ont lieu à 80 % à travers l'alimentation. Le Parlement a d'ailleurs adopté une loi en décembre 2012 étendant la suspension de la commercialisation de biberons produits à base de bisphénol A à l'ensemble des conditionnements à usage alimentaire à compter du premier janvier 2015. Depuis le premier janvier 2013, cette suspension est effective pour les produits destinés à entrer en contact direct avec des denrées alimentaires pour les nourrissons et enfants en bas âge.

ZOOM SUR...

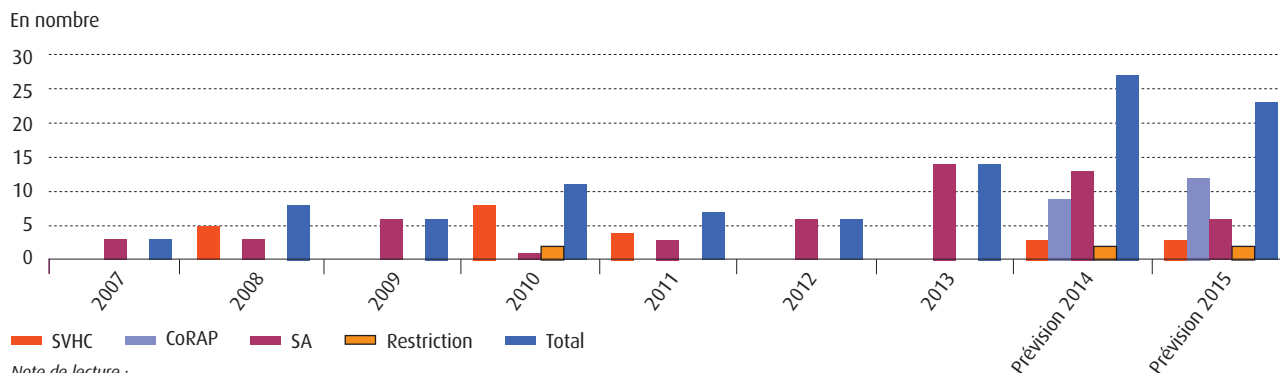
Les substances cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction

Certaines substances chimiques présentent un caractère **cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction (CMR)**. Elles sont classées en trois catégories suivant leur toxicité : certaine (CMR1), très probable (CMR2) et soupçonnée (CMR3). En 2005, l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) a inventorié 324 agents chimiques CMR utilisés en France, principalement dans l'industrie chimique et pharmaceutique. Afin d'encadrer leur utilisation, le règlement européen Reach [Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals] a été mis en place le 1^{er} juin

2007. Il vise à recenser, à évaluer et à contrôler les substances chimiques fabriquées, importées, mises sur le marché européen. D'ici 2018, plus de 30 000 substances chimiques seront enregistrées. Les substances les plus préoccupantes doivent être évaluées.

En France, **55 substances chimiques ont été évaluées au titre de Reach ou de la réglementation européenne sur les biocides sur la période 2007-2013** (Figure 45). La cible à l'horizon 2015 est de parvenir à un total de 105 substances chimiques évaluées.

Figure 45 : évolution du nombre de substances évaluées au titre de la réglementation européenne



Note de lecture :

- SVHC (substances of very high concern) : substances extrêmement préoccupantes (définies dans le règlement Reach) ;

- CoRAP (Community Rolling Action Plan) : substances listées au plan d'évaluation triennal communautaire de substances de l'ECHA (acronyme anglais CoRAP) sous la réglementation Reach ;

- SA : substance active (dans les produits biocides) ;

- Restrictions : substances évaluées en vue d'introduire une restriction dans Reach.

Source : DGPR, 2014.

Pour en savoir plus...

Bibliographie

• INRS, Vincent R., 2006. – « Point de repère : Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005 », *Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires*, PR 26 – pp. 83-96 (<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=PR%2026>)

• JOUE, 2006. – Règlement (CE) n°1907/2006 du parlement européen et du conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (Reach), instituant une agence européenne des produits chimiques – 849 p. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&qid=1399622067637&from=FR>)

•••

Les perturbateurs endocriniens

De nombreuses substances sont suspectées d'avoir des effets perturbateurs endocriniens parmi diverses familles, avec pour certaines des suspicions fortes (bisphénols, phtalates, PCB, etc.). Certaines ont fait l'objet de restriction d'usage au niveau européen, voire ont été interdites. La population est exposée à ces substances par plusieurs voies :

- par ingestion (alimentaire notamment pour les substances qui s'accumulent dans la chaîne alimentaire (PBDE, PCB) ;
- par contact avec les denrées alimentaires (BPA, phtalates) ;
- par inhalation de poussières contaminées (PBDE) ;
- par contact avec la peau (BPA).

Ces substances peuvent être dosées dans le sang ou les urines. Elles sont composées de plusieurs familles :

- les **polychlorobiphényles** (molécules plus connues sous le nom de PCB) : liquides disposant d'excellentes propriétés d'isolation électrique et ininflammables, utilisés depuis les années 1930, notamment dans les transformateurs électriques. Les PCB sont interdits depuis 1987 ;
- les **polybromodiphényles** (molécules plus connues sous le nom de PBDE) : trois molécules de la famille des PBDE sont ou ont été utilisées comme retardateurs de flamme dans les matières plastiques (appareils électroniques, mousses, etc.).

Depuis août 2004, deux d'entre eux, jugés trop dangereux, sont interdits en Europe, et l'usage du troisième est restreint ;

- les **alkylphénols** (notamment le nonylphénol) : molécules ou dérivés utilisés comme détergents, plastiques, pesticides. L'utilisation des nonylphénols est très restreinte depuis 2005, mais des dérivés sont autorisés ;
- les **phtalates** (tous les dérivés chimiques de l'acide phtalique) : plastifiants notamment utilisés pour la fabrication du PVC (polychlorure de vinyle) auquel ils confèrent la flexibilité voulue (rigide, semi-rigide ou souple) et facilitent sa mise en forme. Ils peuvent également être utilisés pour la fabrication de nombreux produits. L'usage de ces molécules est en voie de restriction. Les six phtalates les plus préoccupants sont interdits dans les jouets, et les trois plus dangereux seront interdits à partir de 2015 ;
- les **bisphénol A** (BPA) : substance chimique de synthèse utilisée depuis plus de 50 ans. Ses deux principales utilisations sont la fabrication de plastique de type polycarbonate et celle de résines époxydes. Le BPA est aussi utilisé comme composant d'autres polymères. Il a été interdit dans les biberons en 2010 et le sera pour tous les matériaux en contact avec les aliments en 2015.

Le rapport de l'Inserm sur la **fertilité humaine** de décembre 2012 montre que celle-ci peut être altérée par l'exposition à certains facteurs environnementaux comme les métaux lourds, les polluants organiques persistants (PCB et pesticides organochlorés) ou encore les solvants. Pour beaucoup d'autres composés (phtalates, composés perfluorés, etc.), un effet sur la fertilité est suspecté suite à des travaux effectués sur l'animal, mais les preuves sur l'Homme manquent. Les données sur l'exposition aux facteurs environnementaux en population générale et leurs impacts sont trop limitées pour quantifier précisément la proportion de troubles de la fertilité attribuables aux facteurs environnementaux. Une analyse bibliographique de l'Inserm, en septembre 2013, confirme que plusieurs composés ont des effets délétères sur le déroulement et l'issue des grossesses, notamment sur la croissance fœtale : le plomb, certains PCB et, dans une moindre mesure, les polluants atmosphériques. Ici encore, des effets sont soupçonnés pour d'autres composés (phénols, phtalates, pesticides organophosphorés, solvants) mais peu d'études sont disponibles pour conclure sur leurs effets sanitaires.

Les pesticides sont présents dans l'environnement (les milieux aquatiques, l'air, le sol et les denrées alimentaires) – (voir chap. « Eaux continentales », p. 58, « Air extérieur », p. 112, « Sols », p. 82). Les niveaux d'exposition des Français à certains pesticides (organophosphorés et pyrèthrinoides) sont parmi les plus élevés par rapport à des pays comparables (Allemagne, Canada, États-Unis, etc.). Depuis plusieurs décennies, il existe des suspicions sur le rôle des **pesticides** dans le développement de maladies comme certains **cancers**, la **maladie de Parkinson** ou encore des **anomalies du développement fœtal** et des **problèmes de fertilité**. Ces dernières années, les preuves s'accumulent contre les produits phytosanitaires comme le montre l'expertise de l'Inserm de juillet 2013. Elle confirme en effet l'association positive entre l'exposition professionnelle à des pesticides et certaines maladies chez l'adulte : la maladie de Parkinson, le cancer de la prostate et

certaines cancers hématopoïétiques (lymphome non hodgkinien, myélomes multiples). La maladie de Parkinson a d'ailleurs été reconnue comme maladie professionnelle pour les utilisateurs de pesticides par le décret n° 2012-665 du 4 mai 2012. Le rapport de l'Inserm suggère aussi que l'exposition au cours de la période prénatale et périnatale, ainsi que la petite enfance sont particulièrement à risque pour le développement de l'enfant. Afin de réduire l'exposition de la population, le plan Ecophyto a été mis en place après le Grenelle de l'environnement. Il vise à réduire de moitié l'usage des pesticides d'ici à 2018 si possible et à supprimer progressivement les molécules les plus dangereuses du marché. La loi n° 2014-110 du 6 février 2014 visant à mieux encadrer l'utilisation des produits phytosanitaires sur le territoire national prévoit d'interdire l'utilisation de produits phytosanitaires, à l'exception des préparations naturelles peu préoccupantes, par les personnes publiques (État, régions, communes, départements, groupements intercommunaux, établissements publics) et propriétaires d'un domaine public ou privé (parcs nationaux, parcs naturels régionaux, etc.) pour l'entretien des espaces verts, de forêts et de promenades. Elle prévoit également l'interdiction de la mise sur le marché, de la délivrance, de l'utilisation et de la détention de produits phytosanitaires à usage non professionnel.

Les **nanoparticules et nanomatériaux** sont des particules d'une taille inférieure à 100 nanomètres (100 milliardièmes de mètre). Elles sont présentes dans la composition d'une grande variété de produits utilisés dans la vie courante. Leur essor rapide entraîne une augmentation de l'exposition de la population aux nanomatériaux manufacturés. En mars 2010, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) a ainsi recensé de nombreux produits de grande consommation contenant des nanomatériaux manufacturés disponibles sur le marché français, notamment des produits cosmétiques et d'hygiène, des produits textiles, des aliments ou encore des matériaux de construction. Mais l'agence pointait un manque de données pour

estimer le risque associé. En effet, seul un très faible pourcentage des études publiées sur les nanomatériaux est dédié aux risques pour la santé et l'environnement. L'Afsset recommandait donc d'observer le principe de précaution vis-à-vis des nanomatériaux et de limiter l'exposition des consommateurs et de l'environnement. Suite à la loi portant engagement national pour l'environnement du 12 juillet 2010 et au décret 2012-232 du 17 février 2012 relatif à la **déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire** pris en application de l'article L. 523-4 du code de l'environnement, les substances à l'état nanoparticulaire produites, distribuées ou importées en France doivent, depuis le 1^{er} janvier 2013, obligatoirement être déclarées annuellement auprès du ministre chargé de l'Écologie. Ainsi, pour les nanomatériaux, le registre de déclaration « **R-Nano** » opéré par l'Anses permet aux industriels de déclarer les nanomatériaux, et le règlement Reach est en cours d'adaptation. En 2012, 580 000 tonnes de nanomatériaux ont été déclarées comme ayant été mises sur le marché français en 2012 (280 000 tonnes produites et 300 000 tonnes importées).

Dans son nouveau rapport d'avril 2014 sur le sujet, l'Anses précise que de nombreuses incertitudes persistent sur la connaissance de l'exposition des populations aux nanomatériaux manufacturés et sur les effets biologiques et (éco)toxicologiques de ces derniers. Elle formule à ce titre des recommandations concernant la recherche sur les nanomatériaux et l'évaluation des risques tant pour les travailleurs que pour les consommateurs.

L'exposition aux pollens

L'allergie est un problème de santé publique qui touche une partie importante de la population. Aujourd'hui, **près de 40 % des Français sont allergiques, dont environ la moitié souffre d'allergies au pollen**. Les quatre-cinquièmes des allergies au pollen débutent avant l'âge de vingt ans, un peu plus fréquemment chez les garçons que chez les filles. Le sex ratio s'équilibre ensuite à l'âge adulte. Toutes les catégories socioprofessionnelles sont concernées.

Les allergènes contenus dans les pollens sont à l'origine des différentes pollinoses. Ces dernières se manifestent par des rhinites, des conjonctivites et, beaucoup plus rarement, de l'eczéma. Une complication de la rhino-conjonctivite est l'asthme qui constitue un problème majeur de santé publique en France. **Le coût annuel en consultations et médicaments se chiffre à plusieurs centaines de millions d'euros**. Enfin, les pollinoses occasionnent aussi des grandes fatigues et des insomnies qui se traduisent par de l'absentéisme scolaire ou professionnel.

Depuis plusieurs années, les allergologues constatent chez leurs patients de plus en plus de symptômes allergiques, mais aussi une accentuation de la sévérité et de la durée des manifestations. Ainsi, la proportion de Français affectés par les différentes pathologies liées au pollen aurait doublé depuis le début des années 1980.

La mesure du contenu de l'air en particules biologiques pouvant avoir une incidence sur la santé (pollens, moisissures) est réalisée en France par le Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) qui s'appuie sur un réseau d'environ 70 capteurs répartis sur l'ensemble du territoire national. Le RNSA a été créé en 1996 pour poursuivre les travaux réalisés depuis 1985 par le laboratoire d'aérobiologie de l'institut Pasteur.

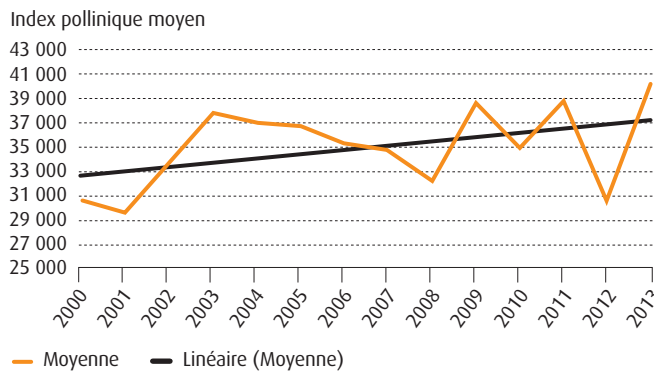
Tous les pollens ne sont pas allergisants. Pour provoquer des symptômes d'allergie, il est indispensable que les grains de pollen arrivent sur les muqueuses respiratoires de l'Homme,

qu'ils soient transportés par le vent, et qu'ils renferment des substances (protéines ou glycoprotéines) reconnues comme immunologiquement néfastes pour certains individus. Le potentiel allergisant varie par conséquent d'une espèce à une autre ; par exemple le Bouleau, le Cyprès, l'Ambroisie, les graminées ont un potentiel allergisant très élevé tandis qu'il est nul à très faible pour le Châtaignier, l'Ortie, le Pin. S'il est possible de constater le potentiel allergisant d'un pollen et de le mesurer grâce à des méthodes immunologiques, d'analyse des allergènes moyens, il n'est en revanche pas possible d'expliquer pourquoi tel ou tel pollen est capable de sensibiliser ou non la population.

• Les allergies aux pollens aggravées par la pollution atmosphérique et le changement climatique

Depuis la fin du XIX^e siècle, les allergies au pollen semblent régulièrement progresser (*Figure 46*), au même rythme que la pollution globale de l'air. Là où cette dernière apparaît ou augmente, notamment en ville, les allergies augmentent. La pollution urbaine aggrave l'allergénicité des pollens en fragilisant la surface des grains et en permettant la sortie des granules de protéines allergisantes. Elle provoque aussi une augmentation de l'hyperréactivité bronchique, nasale et oculaire. Des fragments de cuticules de pollen ou des molécules internes du pollen peuvent devenir plus allergisants en se combinant avec des polluants émis par le trafic automobile.

Figure 46 : évolution de l'index pollinique annuel en France



Note : l'index pollinique correspond à la somme des quantités de pollens.

Source : RNSA.

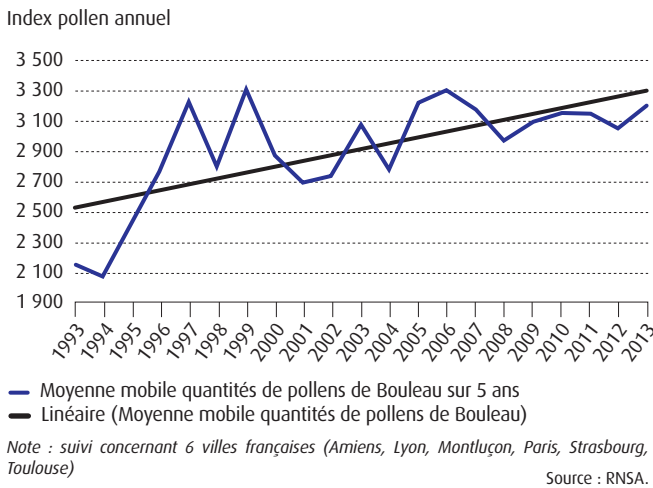
Le changement climatique a lui aussi une influence sur les pollens. La sévérité des symptômes allergiques semble liée aux modifications du climat. En effet, un climat plus chaud semble entraîner une augmentation de la quantité des grains de pollen dans l'air, une modification des dates de floraison et de pollinisation, un allongement de la saison pollinique, un déplacement vers le Nord ou en altitude de l'aire d'extension de certaines espèces. Enfin d'après les simulations, la tendance du changement climatique et ses effets sur les pollens vont se poursuivre et même s'amplifier dans le futur.

• Certains choix d'essences amplifient le phénomène

Si, en dehors du cas de l'Ambroisie, il n'est pas envisageable de lutter contre la pollinisation naturelle, en introduisant des

végétaux dans la ville, l'Homme multiplie souvent les plantes émettrices de pollens allergisants (Cyrès, Ambroisie, Graminées, Bouleau, Platane, etc.) – (Figure 47) et contribue ainsi aux allergies respiratoires. Une réflexion raisonnée sur l'organisation et la gestion des espaces verts est nécessaire pour limiter les allergies et améliorer le cadre de vie des habitants.

Figure 47 : évolution de l'index pollinique du Bouleau



L'Ambroisie par exemple est considérée comme une espèce opportuniste, envahissante et pionnière qui s'adapte à toutes les situations écologiques mais tolère difficilement la compétition des plantes à développement rapide. Elle s'installe préférentiellement sur les sols nus et remaniés (chantiers, talus de routes, d'autoroutes et de voies ferrées, bords des rivières, champs). Présente surtout le long de la vallée du Rhône, elle tend à se répandre actuellement dans toute la France.

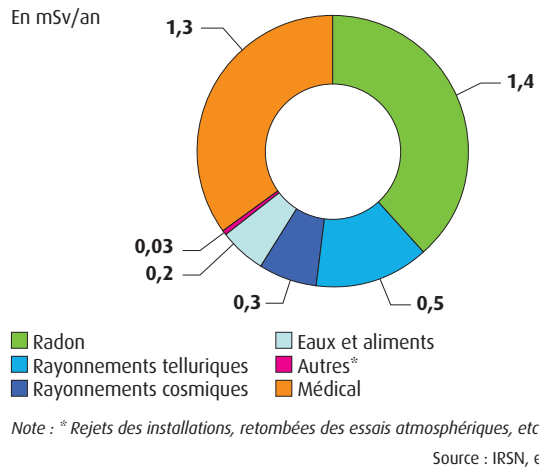
La présence en milieu urbain d'une forte concentration locale d'espèces végétales au pollen allergisant provoque une sensibilisation des habitants vivant à proximité, ce qui aboutit rapidement à la survenue de symptômes allergiques. Il s'ensuit que la prévalence des pollinoses est souvent plus forte chez les citadins que chez les ruraux. Mais plus que la campagne, c'est la ferme qui semble exercer un rôle relativement protecteur. À l'inverse, ce sont souvent les habitants des quartiers pavillonnaires situés à la périphérie des villes qui sont les plus touchés et pas seulement par les allergies à l'Ambroisie.

L'exposition à la radioactivité

La radioactivité est un phénomène naturel apparu depuis que les atomes se sont formés il y a 15 milliards d'années. Elle est présente partout sur Terre, au sein de la matière et des êtres vivants. Dans la nature, la matière est constituée d'atomes se combinant entre eux, certains étant stables et d'autres radioactifs. Ces derniers se désintègrent en émettant différents types de rayonnements, puis deviennent stables à leur tour. Ainsi, la radioactivité diminue avec le temps, plus ou moins rapidement selon les atomes. L'ensemble des sources de radioactivité d'origine naturelle et artificielle contribue à l'exposition des individus. **Un Français reçoit au total une dose annuelle moyenne de l'ordre de 3,7 millisieverts⁶ par an (mSv/an)** – (Figure 48). Près des deux tiers de l'exposition totale sont inhérents à la radioactivité naturelle : inhalation de radon (environ 38 % de l'exposition totale), rayonnement émis par le sol (environ 14 %),

rayonnement cosmique (environ 8 %) et ingestion d'éléments radioactifs naturels (uranium, radium, etc.) présents dans les aliments et dans l'eau (environ 6 %). L'exposition d'origine artificielle incombe principalement aux sources médicales et pour une très faible part, à l'industrie et aux installations nucléaires en fonctionnement normal.

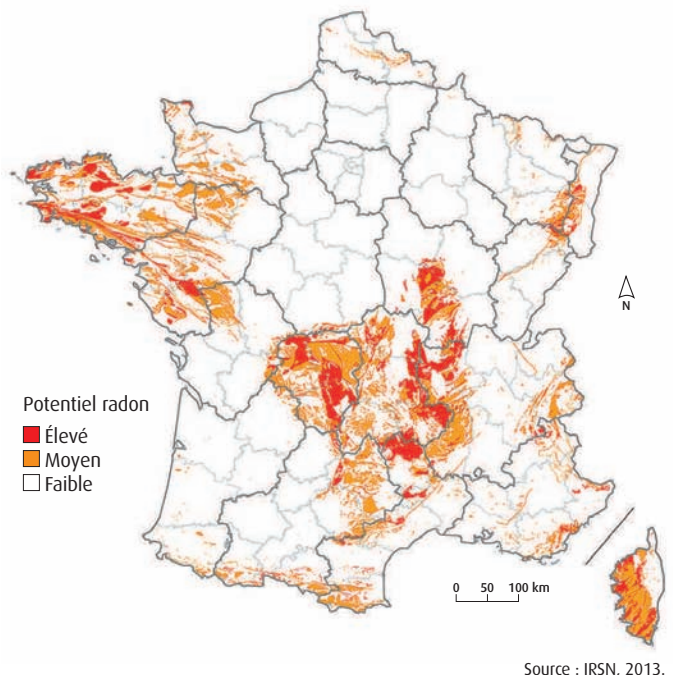
Figure 48 : exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants en France



• La radioactivité naturelle

Le radon, gaz radioactif omniprésent à la surface de la Terre, se forme lors de la désintégration de l'uranium, du radium et du thorium naturellement présents dans les sols et dans les roches. Les grands massifs granitiques (Corse, Massif armoricain, Massif central, Vosges, etc.) sont les plus concernés, ainsi que certains grès et schistes noirs (Figure 49).

Figure 49 : potentiel radon des formations géologiques



⁶ Millisievert : unité légale d'équivalent dose (ou dose efficace) permettant de rendre compte de l'effet biologique produit par une dose absorbée donnée par un organisme vivant. L'équivalent de dose est obtenu par calcul : elle dépend de l'énergie transmise aux tissus, du type de rayonnement et du tissu traversé.

En se désintégrant, le radon forme des éléments radioactifs capables de se fixer sur les aérosols de l'air. Une fois inhalés, ces éléments peuvent alors se déposer le long des voies respiratoires et les irradier. **Le radon est classé comme cancérigène certain pour le poumon depuis 1987.** Considéré comme polluant de l'air intérieur, il serait la seconde cause de cancer du poumon, après le tabac et devant l'amiante, et provoquerait entre 1 200 et 2 900 décès par an, soit 5 % à 12 % des 25 000 décès par cancer du poumon en France. La concentration en radon dans les bâtiments dépend de la teneur en uranium des sols, des caractéristiques des constructions (étanchéité, ventilation, matériaux de construction) et des habitudes d'aération et de chauffage de leurs occupants.

Depuis 2004, la réglementation impose **le dépistage des établissements d'enseignement, sanitaires et sociaux, thermaux et pénitentiaires de 31 départements prioritaires.** Le dépassement du seuil de 400 Becquerels⁷ par mètre cube (Bq/m³) impose la mise en œuvre d'actions pour réduire l'exposition des personnes. **Sur les 8 811 établissements dépistés, environ 16 % dépassaient ce seuil** (ASN, 2010). Dans le Finistère, cela concerne 34 % des établissements, contre seulement 4,6 % dans le Rhône. Par ailleurs, la médiane des concentrations du radon mesurées dans l'habitat entre 1982 et 2003 (ministère de la santé, IRSN) est de 49,4 Bq/m³ pour plus de 10 000 bâtiments répartis sur le territoire métropolitain. Les concentrations sont supérieures à 400 Bq/m³ dans 2,4 % des cas. Dans les zones à potentiel radon faible, ce ratio est ramené à 1 %, tandis qu'il s'élève à 23 % dans les zones de potentiel élevé. Dans l'air extérieur, le radon se dilue rapidement et sa concentration moyenne reste généralement faible (moins de quelques dizaines de Bq/m³) tandis qu'il peut s'accumuler et atteindre plusieurs milliers de Bq/m³ dans des lieux confinés (bâtiments, cavités naturelles, ouvrages souterrains).

• La radioactivité artificielle

Découverte au début du XX^e siècle, la radioactivité a permis de développer de nombreuses applications industrielles (production électrique), médicales (rayons X pour la radiographie) ou militaires. Les effets des rayonnements émis sur les êtres vivants dépendent de la nature des rayonnements et de l'énergie qu'ils dégagent, de la durée d'exposition et de la sensibilité de l'organisme ou de l'organe cible.

Les principaux radionucléides artificiels présents dans l'environnement français

Les radionucléides artificiels désignent les éléments radioactifs qui n'existent plus sur Terre et qui sont recréés artificiellement. En effet, depuis le début du XX^e siècle, les activités humaines ont entraîné la présence de radioactivité artificielle dans l'environnement. Actuellement une dizaine d'entre eux sont régulièrement mesurés (Tableau 7).

Parmi ces radionucléides, **le tritium et le carbone 14 sont à la fois produits artificiellement par certaines installations nucléaires**, mais aussi naturellement par interaction des rayonnements cosmiques avec la matière dans l'atmosphère.

Ces radionucléides ont trois origines principales :

- les **rejets réglementés et autorisés des installations nucléaires et ceux liés aux activités de médecine nucléaire** (examens radiologiques et traitements médicaux) ;
- les **retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires** (de 1945 à 1980) et de l'accident de Tchernobyl en 1986 ;
- la **rémanence des retombées de l'accident de Tchernobyl et des tirs atmosphériques** constitue aujourd'hui le bruit de fond de la radioactivité artificielle de l'environnement français.

Le césium 137 (¹³⁷Cs) est le radionucléide artificiel le plus abondant dans l'environnement. Avant l'accident de Tchernobyl (mai 1986), l'atmosphère constituait son réservoir

Tableau 7 : principaux radionucléides artificiels présents dans l'environnement français

Radionucléide	Période radioactive	Origines principales	Commentaires
Tritium (³H)	12,32 ans	Cosmique, essais nucléaires, rejets de l'industrie nucléaire et horlogère	À l'écart de toute source anthropique, les concentrations naturelles sont de l'ordre de 1 à quelques Bq/l (eau douce) ou par kg frais (denrées).
Carbone 14 (¹⁴C)	5 730 ans	Cosmique, essais nucléaires, rejets de l'industrie nucléaire et de la recherche	À l'écart de toute source anthropique, le ¹⁴ C est en équilibre dans les composants de l'environnement.
Cobalt 60 (⁶⁰Co)	5,27 ans	Rejets de l'industrie et de la médecine nucléaires	Produit d'activation formé à partir des matériaux de structure des centrales nucléaires et rejeté sous forme liquide ; il est mesuré essentiellement dans les cours d'eau, à proximité des installations de production d'électricité ou de retraitement du combustible.
Strontium 90 (⁹⁰Sr)	28,78 ans	Essais nucléaires, rejets de l'industrie nucléaire	Provient principalement des retombées des essais nucléaires effectués entre 1945 et 1980. Depuis l'arrêt des tirs, sa concentration décroît progressivement.
Iode 131 (¹³¹I)	8 jours	Rejets de l'industrie et de la médecine nucléaires	Sa courte période ne permet pas d'observer de rémanence à la suite des accidents.
Césium 137 (¹³⁷Cs)	30 ans	Essais nucléaires, accident de Tchernobyl, rejets de l'industrie nucléaire	Il est difficile de déceler la part issue des rejets des installations, largement masquée par la rémanence des essais et de l'accident de Tchernobyl.
Isotopes du plutonium (²³⁸Pu)	87,7 ans	Essais nucléaires, rejets de l'industrie nucléaire	Certaines installations ont marqué leur environnement par leurs rejets liquides ou atmosphériques.

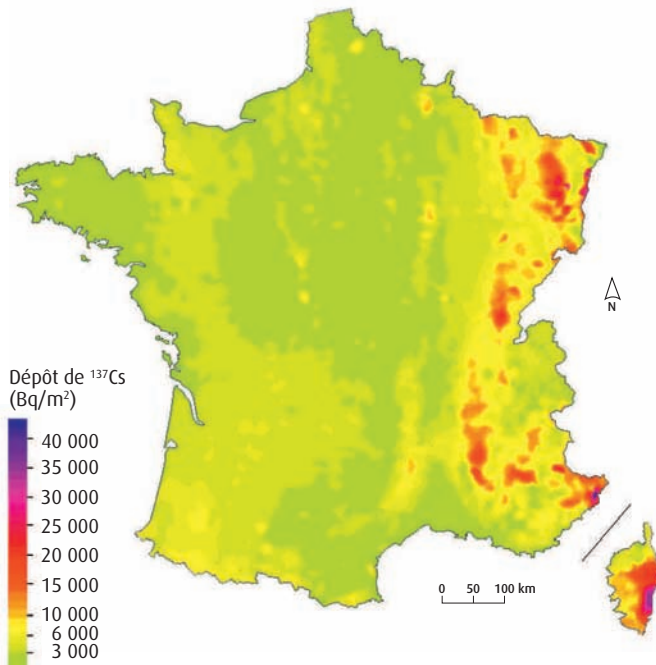
Note : la période radioactive correspond au temps nécessaire à la désintégration naturelle de la moitié des atomes du radionucléide.

Source : IRSN, 2013.

⁷ Le Becquerel est égal à une désintégration par seconde.

principal. Depuis, c'est désormais le sol, à partir duquel il peut être remobilisé par l'érosion. La rémanence des dépôts de ¹³⁷Cs marque l'environnement, en particulier dans l'est de la France et la Corse (Figure 50).

Figure 50 : activités surfaciques du ¹³⁷Cs potentiellement présentes dans les sols français en 2007

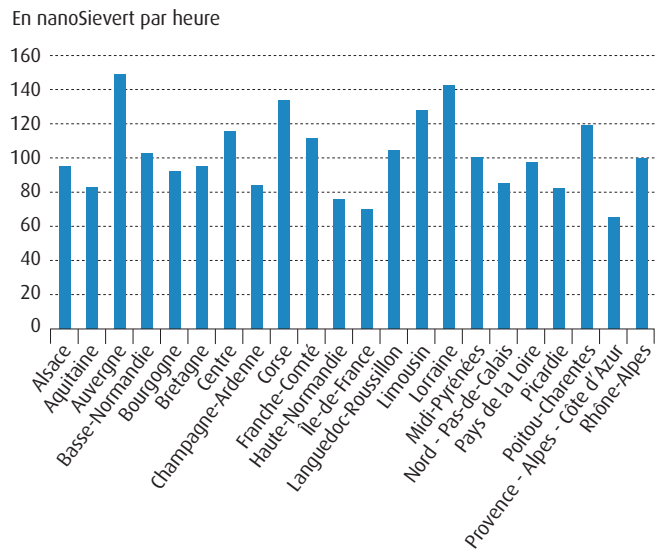


Source : IRSN, 2013.

Les principaux enseignements de la surveillance de la radioactivité en France métropolitaine

Le débit de dose dans l'air, c'est-à-dire le rayonnement, varie à l'échelle régionale (Figure 51). Principalement lié à la nature des roches, il est plus élevé dans les régions granitiques (Auvergne, Corse, Limousin, Lorraine). Il varie également en fonction de l'altitude, le rayonnement cosmique augmentant avec celle-ci.

Figure 51 : moyennes régionales du débit de dose pour l'année 2010



Source : IRSN, 2013.

DONNÉES OU MÉTHODOLOGIE

Le dispositif de surveillance de la radioactivité dans l'environnement en France

La surveillance radiologique de l'environnement repose sur deux types de dispositifs de prélèvements : ponctuels d'échantillons mesurés *a posteriori* au laboratoire et en continu avec une mesure différée en laboratoire (aérosols et eau de surface). Ils sont complétés par des dispositifs de mesure en continu *in situ* (réseaux Téléray et Hydrotéléray). Le réseau Hydrotéléray, implanté sur les sept principaux fleuves français, en aval de toutes les installations nucléaires, permet de contrôler les

niveaux d'activité des cours d'eau en situation accidentelle ou accidentelle.

Ces dispositifs sont déployés dans les différents milieux de l'environnement (terrestre, atmosphérique, aquatique continental et marin) suivant une stratégie tenant compte des sources et des voies de rejets et de dispersion, de la sensibilité du milieu récepteur, etc. (Tableau 8).

Tableau 8 : critères de choix de surveillance de la radioactivité des milieux ou des produits en France

Milieux surveillés et critères de surveillance	
Atmosphérique	Air : milieu récepteur des rejets atmosphériques Aérosols : les particules radioactives présentes dans l'air délivrent une dose d'exposition externe et interne Eaux de pluies : dépôt humide des aérosols par lessivage (collectées mensuellement mais surtout analysées en cas d'accident)
Terrestre	Sols : accumulation et concentration dans les sols par dépôts secs ou humides. Vecteurs de contamination des végétaux Productions végétales (salades, céréales, légumes, fruits, etc.) et animales (lait, viande, etc.) : risque de contamination par ingestion. Le lait est un vecteur important de radionucléides (Cs, I, Sr, etc.)
Aquatique continental	Eaux continentales : milieu récepteur des rejets liquides et des apports par ruissellement Matières en suspension et sédiments (MES) : les MES sont des supports privilégiés des radionucléides Sédiments : les sédiments sont de bons intégrateurs et constituent un réservoir de contamination Végétaux aquatiques : les végétaux aquatiques ont une capacité élevée à fixer rapidement les radionucléides Poissons : régulièrement consommés par l'Homme
Aquatique marin	Eaux de mer : milieu récepteur des rejets liquides et des apports par ruissellement Sédiments : les sédiments sont de bons intégrateurs et constituent un réservoir de contamination Algues marines : les algues marines réagissent rapidement à des variations de teneur en radionucléides dans l'eau Mollusques : les organismes filtreurs constituent de bons indicateurs Crustacés, poissons : bons intégrateurs de la radioactivité, largement consommés par l'Homme

Note : en raison de la forte capacité de dilution du milieu marin, la surveillance du littoral s'appuie sur des bio-indicateurs (algues, mollusques, crustacés, poissons) qui concentrent les polluants.

Source : IRSN, 2013.

L'exposition aux risques et nuisances - L'exposition aux risques environnementaux chroniques

La surveillance de la radioactivité des aérosols atmosphériques entre 1986 à 2012 met en évidence des variations de l'activité moyenne en ¹³⁷Cs dans les aérosols atmosphériques (Figure 52). Son activité volumique a ainsi augmenté suite à l'accident de Fukushima en mars 2011, pour revenir à son niveau antérieur en moins de 6 mois.

Aujourd'hui, la radioactivité mesurée dans le lait français est essentiellement d'origine naturelle (potassium 40). Des traces de ¹³⁷Cs et de ⁹⁰Sr sont cependant mesurées. Ce dernier, analogue chimique du calcium, a tendance à se retrouver dans les produits laitiers. Suite à l'accident de Fukushima, certains laits collectés en métropole entre mars et mai 2011 ont également présenté des traces d'¹³¹I.

La radioactivité des grains de blé est, quant à elle, essentiellement d'origine naturelle (notamment le potassium 40). Le seul radionucléide artificiel décelé dans le blé est le ⁹⁰Sr, rémanence des retombées atmosphériques des essais aériens d'armes nucléaires avant 1980.

Les champignons font partie des rares denrées produites en France dans lesquelles le ¹³⁷Cs issu des retombées anciennes est encore très régulièrement mesurable (Tableau 9).

En 2010 et 2011, le tritium est le principal radionucléide détectable en quasi-permanence dans les sept principaux fleuves français. Ceux détectés de manière épisodique sont d'origine naturelle (plomb 214, bismuth 214 et potassium 40).

La radioactivité artificielle observée en Manche et en mer du Nord provient essentiellement des rejets des usines de La Hague en France et de Sellafield en Angleterre. L'analyse des sédiments révèle la présence de radionucléides artificiels (¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ²³⁸Pu, américium 241, curium 244). En ce qui concerne

Tableau 9 : activités en ¹³⁷Cs mesurées dans les champignons ramassés en 2010

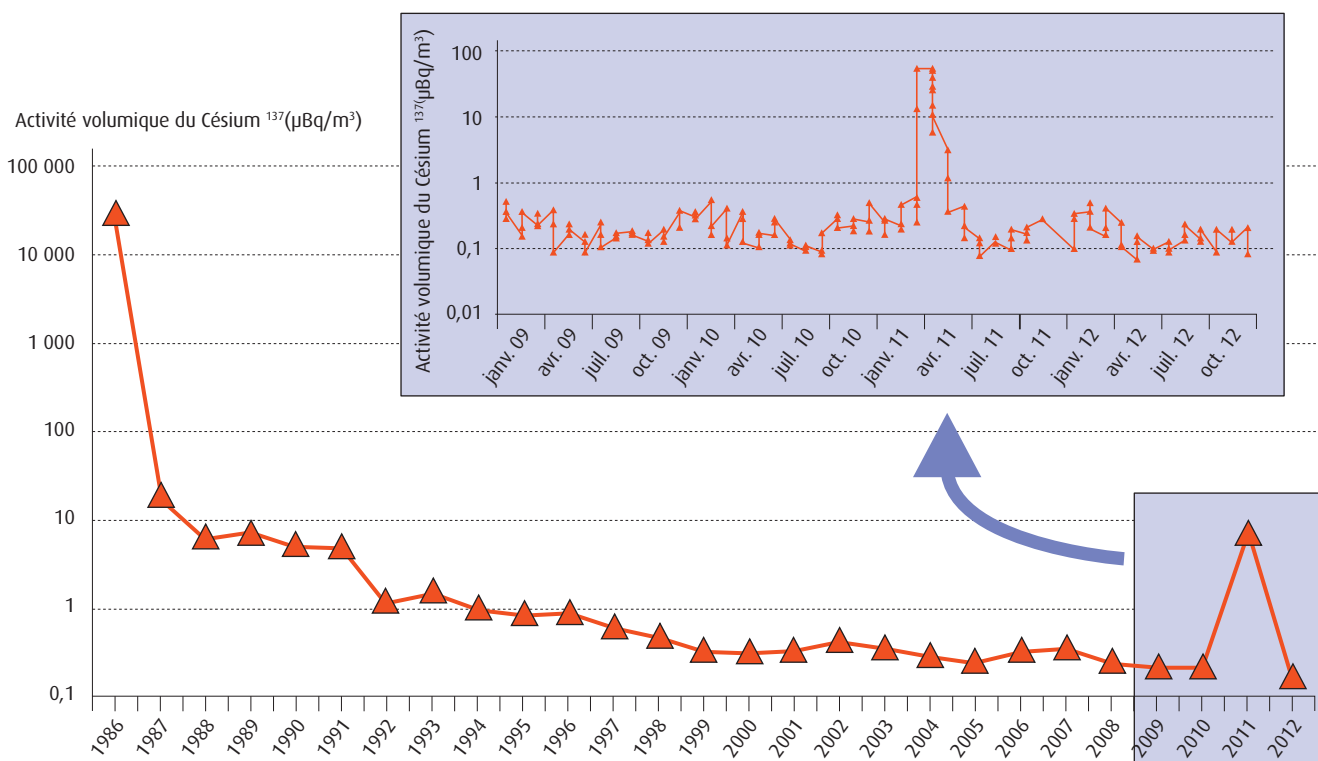
Département	Espèce	Activité massique en ¹³⁷ Cs (en Bq/kg frais)
Bas-Rhin	Bolet	28,8 ± 2,5
Corse du sud	Champignon (espèce non identifiée)	1,91 ± 0,37
Doubs	Chanterelle	13,9 ± 1,7
Drome	Bolet Lactaire sanguin	3,71 ± 0,43 121 ± 10
Haute Corse	Amanite rougissante	0,23 ± 0,06
Haut-Rhin	Cèpe de Bordeaux Trompette de la mort	8,1 ± 1 1,18 ± 0,21
Meurthe-et-Moselle	Plutée du cerf Lactaire délicieux ou sanguin	< 0,1 0,24 ± 0,09
Puy-de-Dôme	Lactaire	3,5 ± 0,34
Rhône	Trompette de la mort	0,37 ± 0,1
Vaucluse	Girolle	6,1 ± 0,6

Source : IRSN, 2013.

la faune marine (mollusques, crustacés et poissons), des traces de ¹³⁷Cs, ¹⁰⁶Ru, ⁶⁰Co, iode 129, américium 241 et de plutonium sont également relevées. Le ¹⁴C, radionucléide naturel aussi rejeté par les installations nucléaires, est systématiquement observé.

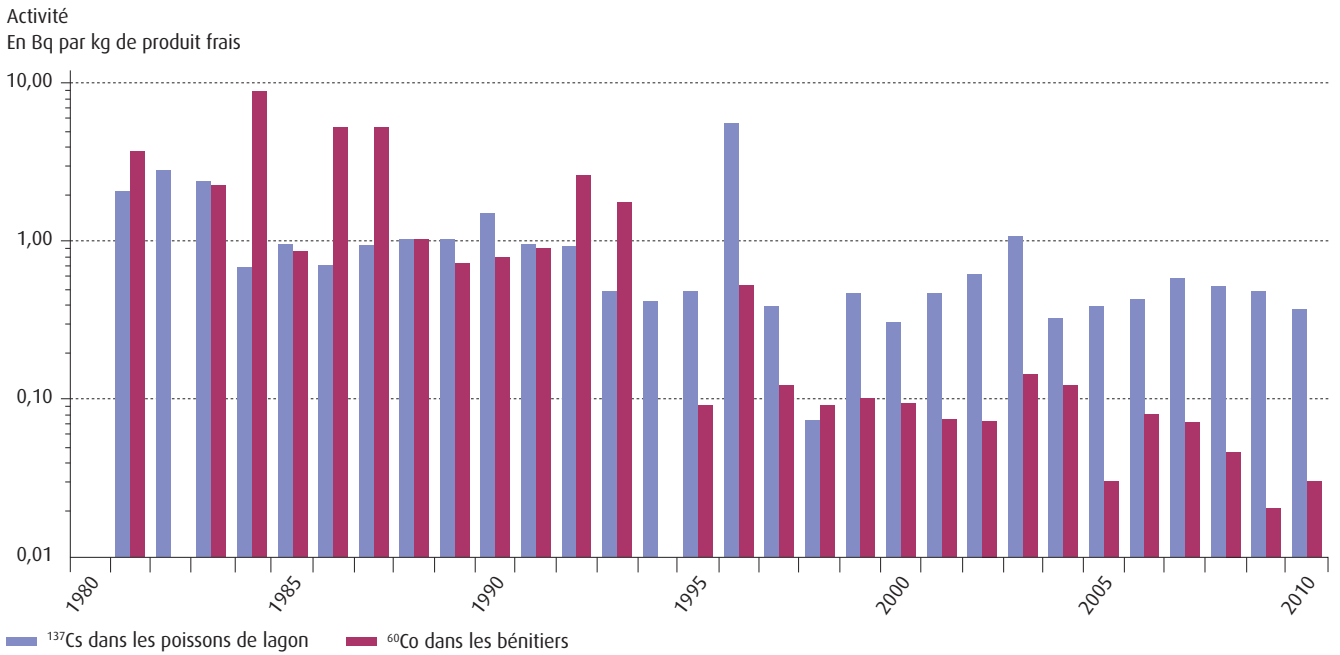
La façade atlantique est moins marquée par les rejets des installations nucléaires que la Manche et la mer du Nord, hormis au niveau des embouchures des fleuves sur lesquels

Figure 52 : évolution de l'activité volumique en ¹³⁷Cs dans l'air



Source : IRSN, 2013.

Figure 53 : évolution de la concentration de ¹³⁷Cs et de ⁶⁰Co dans les produits de lagon



Champ : toutes îles confondues de Polynésie française.

Source : IRSN, 2013.

sont implantés des centres nucléaires de production d'électricité (Loire et Garonne).

En Méditerranée, les niveaux des radionucléides artificiels sont très faibles, seul le ¹³⁷Cs est régulièrement détecté dans les poissons et les Moules. En raison d'un équilibre entre les apports du milieu, la bioaccumulation et les processus sédimentaires, l'évolution de l'activité en ¹³⁷Cs se stabilise dans les Moules depuis 2002. Même si elles baissent depuis 1994, les activités du ¹³⁷Cs mesurées dans les poissons sont 3 à 4 fois supérieures, car il a tendance à s'accumuler dans les muscles.

Depuis 1962, l'air, l'eau, le sol et les aliments avec lesquels la population de la Polynésie française peut être en contact sont surveillés régulièrement. Le ¹³⁷Cs est le plus souvent décelé avec les valeurs maximales suivantes : moins de 0,5 Bq/kg frais pour les poissons, 10 fois moins pour les autres produits des lagons, 1,8 Bq/kg frais pour la papaye, 3,3 Bq/kg frais pour la viande de porc et 8,8 Bq/kg frais pour la viande de bœuf. Par contre, les activités en ⁶⁰Co et en plutonium sont extrêmement faibles. La diminution de concentration de ¹³⁷Cs et de ⁶⁰Co entre 1980 et 2010 dans les produits de lagon s'explique par la décroissance radioactive du cobalt et du césium (Figure 53).

L'exposition aux nuisances sonores

Pour près de 10 % de Français, les pollutions sonores constituent une forte préoccupation (Tableau 10). **Les sources de bruit sont en effet multiples : le bruit de voisinage et des activités, le bruit des transports.** Pour 54 % des Français (enquête TNS-Sofrès de mai 2010 intitulée « les Français et les nuisances sonores » réalisée pour le compte du ministère en charge de l'Écologie), le bruit des transports (trains, avions, circulation, etc.) est la principale source de nuisance sonore, loin devant les bruits de comportements qui gênaient 21 % de la population. La même tendance se dessine à l'échelle européenne au regard

de l'enquête commanditée par la Commission européenne en 2010 auprès de 75 villes européennes. Le développement des infrastructures de transports terrestres et l'augmentation du trafic, aussi bien routier, aérien que ferroviaire, engendrent en effet des nuisances sonores de plus en plus mal ressenties de la part des populations riveraines.

• L'évaluation du niveau d'exposition au bruit des transports

Malgré les actions entreprises durant les années 1990 pour résorber les points noirs « bruit » au droit des infrastructures de transport terrestres, la connaissance du niveau d'exposition de la population française aux nuisances sonores demeurait encore lacunaire au début des années 2000. La mise en œuvre progressive des dispositions de la directive européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement a permis d'affiner le diagnostic. Cette directive impose en effet l'établissement de cartes de bruit pour les grandes infrastructures de transports terrestres, les grands

Tableau 10 : échelle de bruit – ordre de grandeur

	en décibel (dB)
Seuil intolérable	130-140
Réacteur d'avion à 10 m	120
Atelier de chaudronnerie	110
Marteau-piqueur à 2 m	100
Atelier de tissage	90
Rue bruyante	80
Conversation vive	60
Musique douce	40
Conversation normale	30
Résidence tranquille	20

Source : Medde-DGPR.

aéroports et sur le territoire des grandes agglomérations au sens de l'Insee (Figure 54) pour mieux évaluer le nombre de personnes exposées aux nuisances sonores. En France, sont ainsi concernés :

- les 34 800 km de voiries supportant un trafic supérieur à 3 000 000 de véhicules par an ;
- les 7 000 km de voies ferrées supportant un trafic annuel supérieur à 30 000 trains ;
- les 24 agglomérations de plus de 250 000 habitants couvrant 23 000 000 habitants ;
- les 36 agglomérations avec une population comprise entre 100 000 et 250 000 habitants couvrant 5 400 000 habitants ;
- les aérodromes faisant l'objet d'un trafic annuel de plus de 50 000 mouvements (9 aérodromes).

Toutes les cartes de bruit ne sont pas finalisées⁸. En mai 2014, sur les 737 autorités compétentes composant les grandes agglomérations, 432 ont élaboré et publié leurs cartes de bruit. Les cartes de bruit des 9 grands aérodromes et celles des grandes infrastructures routières et ferroviaires sont intégralement publiées.

Les premiers résultats disponibles permettent de dresser un premier panorama de la situation française en matière d'exposition au bruit pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants pour lesquelles les cartes de bruit ont été élaborées (Figures 55 et 56).

Figure 54 : agglomérations concernées par la directive Bruit

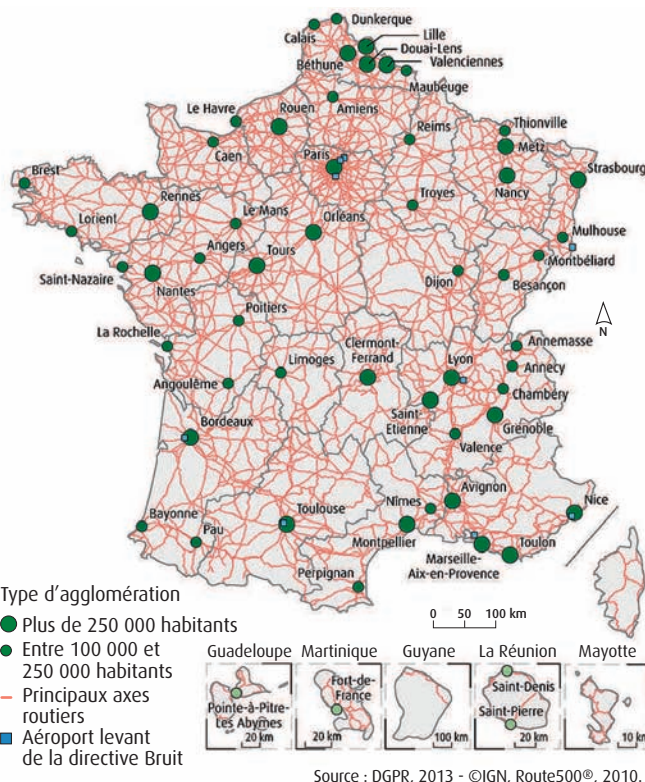


Figure 55 : population exposée au bruit de jour dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants

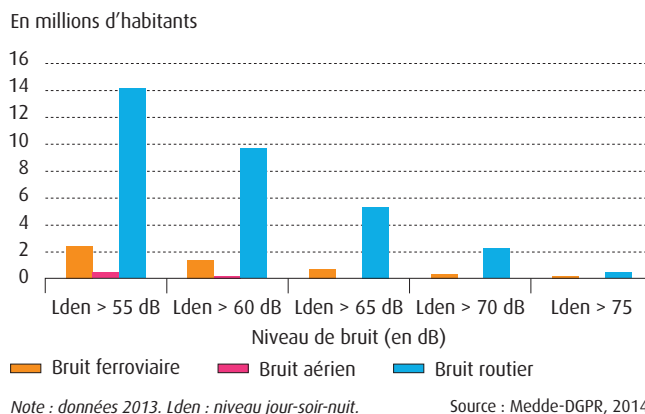
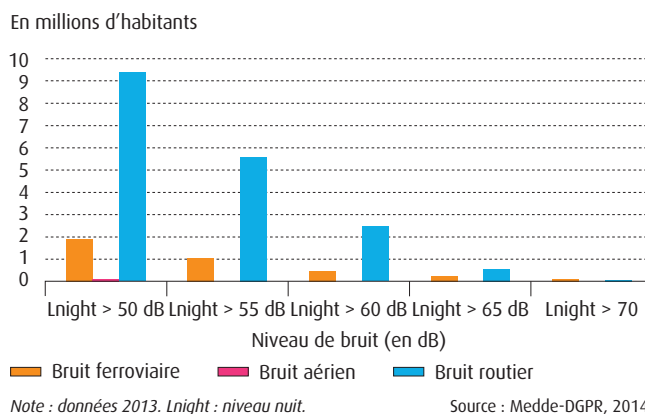


Figure 56 : population exposée au bruit de nuit dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants



RÉGLEMENTATION

La directive Bruit

L'Union européenne, dans le cadre de la lutte contre les nuisances sonores, définit une approche commune visant à éviter, prévenir ou réduire en priorité les effets nuisibles de l'exposition au bruit dans l'environnement. Ces objectifs sont retranscrits dans la directive 2002/49/CE sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement. Cette directive définit une approche commune afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine dus à l'exposition au bruit ambiant par :

- une évaluation de l'exposition au bruit des populations, basée sur des méthodes communes aux pays européens ;
- une information des populations sur le niveau d'exposition et les effets du bruit sur la santé ;
- la mise en œuvre de politiques visant à réduire le niveau d'exposition et à préserver des zones de calme.

Elle s'applique au bruit ambiant perçu par les individus chez eux et à proximité de leur habitation. Cela concerne les sources de bruit dues aux activités humaines à l'extérieur et ce qui est perçu dans le milieu ambiant (dans et à proximité de la maison, des jardins publics, des écoles, des hôpitaux, etc.). Sont exclus le bruit causé par la personne exposée elle-même, le bruit causé par les voisins, le bruit sur les lieux de travail, le bruit à l'intérieur des moyens de transports ainsi que le bruit des activités militaires dans les zones militaires.

⁸ Bruit des transports terrestres : http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=cartelie_bruit&service=DDT_60
 État d'avancement des cartes de bruit des grandes agglomérations : <http://www.certu.fr/cartographie-de-l-etat-d-a187.html>

Ainsi, en 2013, près de 440 000 personnes et 180 000 logements étaient exposés à un bruit de jour dépassant 55 dB(A) du fait du trafic aérien, près de 2 300 000 personnes et 1 100 000 logements étaient exposés à un bruit de jour dépassant 55 dB(A) du fait du trafic ferroviaire, et près de 14 000 000 personnes et 5 000 000 logements étaient exposés à un bruit de jour dépassant 55 dB(A) du fait du trafic routier.

Pour les agglomérations dont la population est comprise entre 100 000 et 250 000 habitants et dont les cartes de bruit ont été élaborées, la source sonore prépondérante s'avère également être le transport routier et dans une moindre mesure le transport ferroviaire.

DONNÉES OU MÉTHODOLOGIE

Évaluation du niveau de bruit

Les statistiques sont données par source de bruit (route, fer, air, industrie) et par indicateur de bruit (Lden : niveau jour-soir-nuit ; Lnight : niveau nuit, tous deux exprimés en dB(A) – le dB(A) exprime une évaluation en décibels d'un niveau sonore avec la pondération A qui reflète la manière dont l'oreille humaine entend et interprète le son. Ces données proviennent des cartes de bruit réalisées dans le cadre de la directive 2002/49/CE. À l'heure actuelle, les données d'exposition disponibles couvrent 82 % de la population résidant dans les agglomérations au sens Insee de plus de 100 000 habitants.

L'évaluation des personnes exposées résulte de la superposition des cartes de bruit avec les bases de données de l'IGN localisant notamment les logements (BD Topo). Les cartes de bruit sont effectivement issues de modélisations prenant en compte de nombreuses données d'entrée : trafic, topographie, occurrences météo, présence de bâtiment, vitesses, etc. Lors de la superposition des cartes de bruit et BD Topo, c'est une règle maximaliste qui est appliquée pour le décompte des populations : l'ensemble des habitants d'un logement à la façade la plus exposée sont affectés.

• L'exposition au bruit et la santé

Par santé, l'OMS entend un état complet de bien-être physique, mental et social. Les effets du bruit ne se limitent pas à la perturbation des communications ou à la dégradation de l'acuité auditive. Ils peuvent aller jusqu'à la perturbation du sommeil, à l'hypertension artérielle, la réduction du champ de vision, l'irritation nerveuse occasionnant fatigue et dépression. Selon l'OMS (2011), le bruit constituerait la seconde cause de morbidité derrière la pollution atmosphérique parmi les facteurs de risques environnementaux en Europe. En Europe occidentale, au moins un million d'années de vie en bonne santé seraient perdues chaque année en raison du bruit causé par la circulation (source : OMS).

À des niveaux sonores élevés, le bruit a des effets délétères sur l'appareil auditif (acouphènes, surdité). Il peut aussi altérer profondément la qualité du sommeil et être ainsi à l'origine de problèmes de santé (sommolence, irritabilité, difficulté de concentration et d'apprentissage). Le bruit a aussi des impacts sanitaires à des niveaux d'exposition sonore plus faibles – dits « extra-auditifs ». Des troubles du sommeil et/ou du comportement peuvent apparaître et entraîner, à terme, de l'hypertension, des phases de dépression voire des crises cardiaques. Un

rapport d'expertise de l'Anses publié en février 2013 sur les impacts sanitaires extra-auditifs du bruit environnemental conclut que les mécanismes d'action du bruit, notamment des effets extra-auditifs, ne sont pas clairement expliqués, mais que la gêne chronique liée au bruit influe bien sur la survenue d'effets néfastes pour la santé à long terme.

L'OMS estime qu'un Européen sur cinq est régulièrement exposé la nuit à des niveaux sonores nocifs pour sa santé. En 2011, l'étude BoDEN (Burden of Disease from Environmental Noise) de l'OMS sur l'impact du bruit sur la santé a montré qu'au moins un million d'années de vie « en bonne santé » sont perdues tous les ans à cause du bruit causé par les transports en Europe occidentale.

En s'appuyant sur la méthodologie développée par l'OMS pour les agglomérations disposant de cartes de bruit, le nombre d'années de vie en bonne santé perdues du fait de l'exposition au bruit dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants est évalué à 130 000 années du fait de l'exposition au bruit, tout mode de transport confondu (route, fer, air). Ces statistiques prennent en compte l'exposition des populations au bruit des transports dans les agglomérations pour lesquelles des cartes de bruit ont été élaborées. Seuls certains effets sanitaires ont été étudiés (gêne et perturbation du sommeil). Les effets sanitaires (maladies cardiovasculaires, acouphènes et troubles de l'apprentissage) n'ont pas été pris en compte de même que le bruit industriel, certes négligeable par rapport aux autres sources de bruit (Tableau 11).

Tableau 11 : évaluation du nombre d'années de vie en bonne santé perdues du fait de l'exposition au bruit

Source	Gêne	Perturbation du sommeil	Total
Route	48 578	69 159	117 737
Fer	3 989	7 460	11 449
Air	1 394	516	1 909
Total	53 960	77 135	131 095

Source : Medde-DGPR, 2013.

L'exposition aux champs électromagnétiques

Les champs électromagnétiques dont le niveau d'exposition peut se mesurer en volt par mètre (V/m) sont naturellement présents dans l'environnement. Ils sont également créés lorsqu'un appareil électroménager est connecté à une prise électrique. Certains appareils ont besoin des champs électromagnétiques pour fonctionner : la télévision, la radio, les téléphones mobiles et sans fil, les télécommandes, les écoute-bébés ou les systèmes de communication des d'urgence utilisent tous des radiofréquences. C'est le cas également des réseaux sans fil tels que le Wifi, utilisés pour se connecter à l'Internet. Les émetteurs radioélectriques que sont les antennes, caractérisés par la bande de fréquence sur laquelle ils fonctionnent et par la puissance à laquelle ils émettent, créent également un champ électromagnétique. Des valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques sont fixées par le décret n°2002-775 du 3 mai 2002, par déclinaison de la recommandation du Conseil de l'Union européenne 1999/519/CE du 12 juillet 1999.

Valeurs limites d'exposition en vigueur (en volts par mètre, V/m)



Le développement des technologies utilisant les radiofréquences

Au cours des quinze dernières années, le nombre d'antennes d'émissions radioélectriques a sensiblement augmenté, en particulier du fait du développement de la téléphonie mobile. Concernant les stations radioélectriques de la téléphonie mobile, **le nombre d'antennes comptabilisées par technologie (UMTS et GSM) et dont l'implantation a été autorisée par l'Agence nationale des radiofréquences (ANFR) a été multiplié par 6 entre 1997 et 2012.** Cette augmentation est la conséquence de la hausse de l'équipement en téléphonie mobile. Sur la période 1997-2012, le nombre d'abonnés a été multiplié par 12, passant de 5,8 millions à plus de 70 millions à fin 2012 (Figure 57). La densification du réseau d'antennes-relais est également une réponse aux besoins croissants en couverture réseau et en services (2G, 3G, 4G) des utilisateurs de téléphonie mobile.

En moyenne, 9 600 antennes comptabilisées par technologie sont installées par département. Leur nombre est directement proportionnel à la population présente par département. 4 départements disposent de plus de 30 000 antennes : Bouches-du-Rhône, Nord, Rhône et Paris. Ce sont les quatre départements les plus peuplés de France. Les départements les moins dotés en nombre d'antennes (avec moins de 3 000 antennes par département) sont Mayotte, le territoire de Belfort, la Lozère, le Gers et la Creuse (Figure 58).

En 2012, la moyenne du niveau d'exposition mesurée autour des antennes relais est légèrement inférieure à 1 V/m alors que les valeurs limites réglementaires sont comprises entre 39 V/m et 61 V/m pour les fréquences utilisées par la téléphonie mobile.

Figure 58 : répartition des antennes radioélectriques en 2013

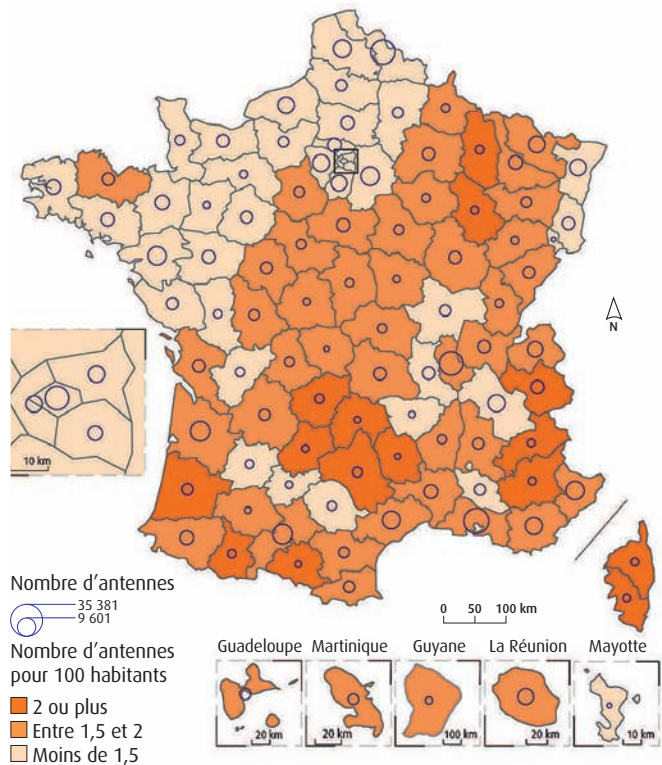
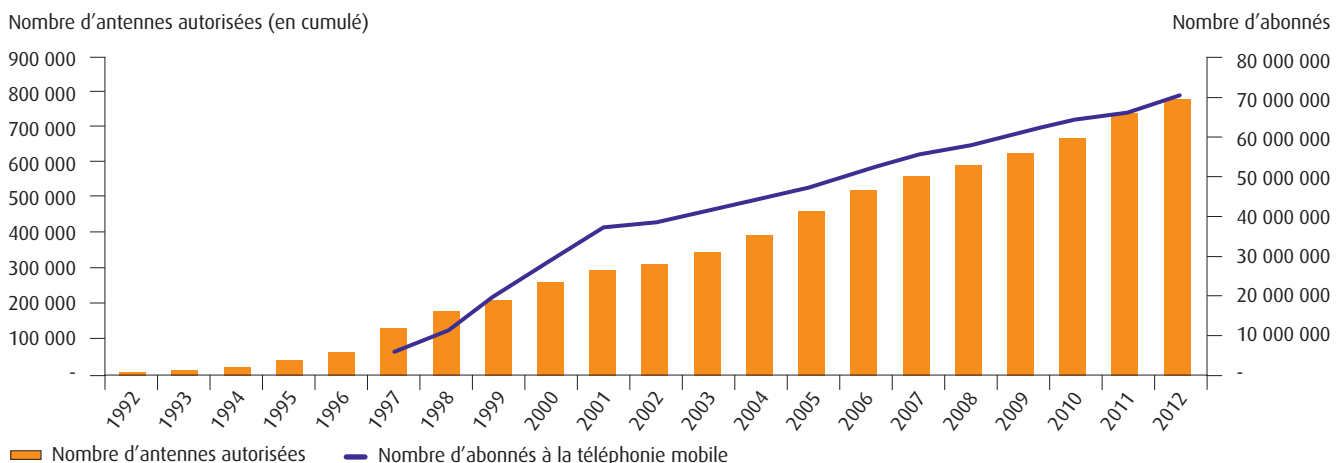


Figure 57 : évolution du nombre d'abonnés à la téléphonie mobile et du nombre d'antennes autorisées, France entière



Note : les antennes prises en compte ici sont les antennes de téléphonie mobile pour chaque technologie (GSM et UMTS) de puissance rayonnée supérieure à 5 watts, devant faire l'objet d'une autorisation de l'ANFR.

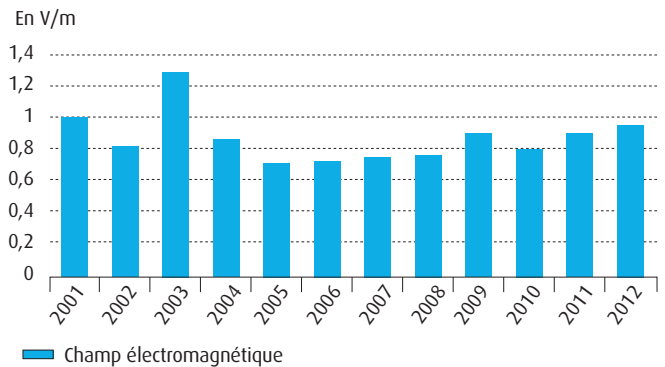
Source : ANFR, données sur les antennes de téléphonie mobile, 2013 - ARCEP, données sur le nombre d'abonnés, 2013. Traitements : SOeS.

Ainsi, l'augmentation de stations radioélectriques se traduit par une variation très faible de l'exposition réelle de la population (Figure 59).

À la suite de la table-ronde sur les radiofréquences organisée en 2009, des travaux exhaustifs, menés entre 2009 et 2013, ont permis d'obtenir, dans 16 zones d'expérimentation représentant la diversité urbaine française, une bonne connaissance de l'exposition de la population aux ondes radioélectriques créées par les antennes-relais de téléphonie mobile. L'état des lieux a montré qu'environ 90 % des niveaux d'exposition modélisés sont inférieurs à 0,7 V/m et 99 % à 2,7 V/m. L'introduction de la 4G avec des hypothèses en principe majorantes devrait induire une augmentation de l'exposition moyenne issue des antennes relais de la téléphonie mobile de 50 %. À titre d'exemple, au sol, sur la zone d'expérimentation de Paris-14^e, l'exposition moyenne passerait de 0,6 V/m à 0,9 V/m environ. Des mesures à Saint-Étienne, à la suite du déploiement effectif de la 4G, montrent une augmentation moindre, comprise entre 15 et 20 %.

L'exposition ne se résume pas aux antennes relais de la téléphonie mobile. Les travaux du comité opérationnel mis en place à la suite de la table ronde « Radiofréquences, santé, environnement » ont montré que, sur les points les plus exposés, dans environ 20 % des cas, ces antennes-relais de téléphonie mobile ne sont pas la source principale d'exposition. Les autres sources sont notamment les bases de téléphone sans fil Dect, les émetteurs radio FM, les téléphones portables à proximité ou les boîtiers multiservices Wifi.

Figure 59 : évolution du niveau moyen d'exposition aux ondes autour des antennes-relais



Source : ANFR, 2013.

• L'évaluation des effets des ondes électromagnétiques de radiofréquences sur la santé fait encore débat

À ce jour, le seul constat partagé par les scientifiques sur l'effet sur la santé des radiofréquences est qu'une exposition aiguë de forte intensité aux champs électromagnétiques peut provoquer des effets thermiques.

Toutefois, les effets à long terme de l'utilisation intensive des téléphones mobiles ne font pas consensus. Cependant, l'exposition de ces utilisateurs est nettement supérieure à celle provoquée par les antennes-relais. En mai 2011, les champs

LES FRANÇAIS ET...

Les antennes de réseau de téléphonie mobile

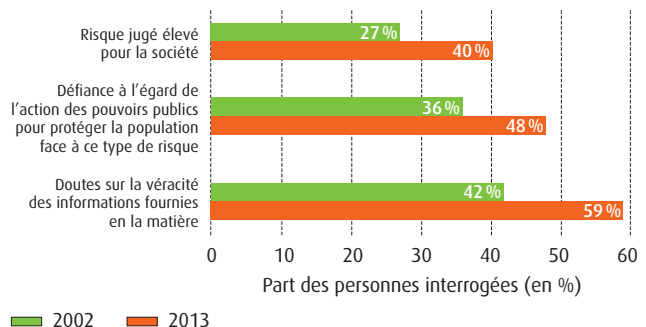
Paradoxalement, la forte demande qu'expriment les consommateurs afin d'obtenir une meilleure couverture se heurte à d'importantes réticences dès lors qu'il est question d'implanter des antennes à proximité de la population. Amplifié dans les grandes agglomérations urbaines, ce phénomène a conduit à l'émergence de mobilisations riveraines et à la saisine des tribunaux. Amenés à trancher entre un intérêt général d'ordre technique (amélioration du réseau) et un autre d'ordre sanitaire (application du principe de précaution), les juges ont initié une jurisprudence notable (TGI Nanterre 19/09/2008 et CA Versailles 04/02/2009) en exigeant d'un opérateur qu'il démonte certaines antennes situées à Tassin-la-Demi-Lune (Rhône).

Entre 2002 et 2013, le rapport des Français aux antennes-relais de téléphonie mobile de réseau pour les téléphones portables a nettement évolué du fait de la forte médiatisation des controverses qui y étaient liées. Au regard des résultats du baromètre annuel de l'IRSN sur la perception des risques par les Français, il apparaît que la part des personnes considérant ce risque comme élevé s'est accrue significativement (Figure 60). En 2013, près d'un Français sur deux déclare par ailleurs ne pas avoir confiance dans l'action des pouvoirs publics pour protéger la population face à ce risque, tandis que 59 % de la population exprime des doutes quant à la véracité des informations fournies en la matière.

Comparativement aux autres risques étudiés dans ce baromètre, le risque induit par l'exposition aux radiofréquences n'est pas jugé particulièrement élevé. En revanche, -à l'instar des OGM-

se singularise en ce qu'il suscite une forte défiance et une importante suspicion quant à la véracité des informations mises à disposition du public (source : IRSN - Plus de 30 ans d'opinion des Français sur les risques nucléaires, édition spéciale du baromètre 2012 - p.22). Ce décalage entre les doutes exprimés et le niveau de préoccupation déclaré peut s'expliquer en partie du fait de l'attachement des Français à l'égard des technologies de communication, en ce qu'elles sont des signes de progrès. Indirectement, une remise en cause radicale de l'innocuité de ces technologies serait perçue comme un retour en arrière.

Figure 60 : évolution de la perception du risque généré par les antennes de réseau pour téléphones portables



Source : IRSN, Baromètre 2014 sur la perception des risques et de la sécurité par les Français.

électromagnétiques de radiofréquences, y compris ceux émis par les téléphones portables et sans fil, ont été classés comme potentiellement cancérigènes pour l'Homme (groupe 2B) par le Circ en raison d'un nombre très limité de données suggérant un effet chez l'Homme, de résultats insuffisants chez l'animal de laboratoire et de l'absence de mécanisme biologique. Afin d'améliorer la connaissance sur les effets des radiofréquences, l'Anses dispose d'un financement de 2 millions d'euros par an, constitué par une taxe spécifique sur les stations radioélectriques payée principalement par les opérateurs de téléphonie mobile. Cette taxe, dite TA-IFER (taxe additionnelle à l'Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux), sert notamment à réaliser des mesures d'exposition du public aux radiofréquences.

Dans son avis d'octobre 2013, l'Anses estime qu'il n'y a pas d'effet sanitaire avéré aux radiofréquences et, qu'en conséquence, il n'est pas nécessaire de proposer de nouvelles valeurs limites d'exposition de la population. Néanmoins, elle souligne, avec des niveaux de preuve limités, que **les radiofréquences produisent différents effets biologiques chez l'Homme et l'animal**. Elle s'appuie sur des publications traitant de la possible augmentation du risque de tumeur cérébrale sur le long terme pour les utilisateurs intensifs de téléphones portables. Enfin, l'Anses doit encore approfondir ses travaux concernant la question des personnes électrosensibles.

Dans son avis d'octobre 2013, l'Anses recommande d'ailleurs, afin de réduire l'exposition aux radiofréquences : pour les adultes utilisateurs intensifs de téléphone mobile (en mode conversation) de recourir au kit main-libre ; pour tous les utilisateurs, de privilégier l'acquisition de téléphones affichant les débits d'absorption spécifiques les plus faibles et de réduire l'exposition des enfants en incitant à un usage modéré du téléphone mobile.

L'action 45 du plan national santé environnement 2 (2009-2013) consiste à organiser l'information et la concertation sur les ondes électromagnétiques. Sur son site internet, **l'ANFR rend publics les résultats des mesures de champs réalisés à proximité des antennes relais**.

• Le cas du champ de fréquences extrêmement basses (ELF)

Les champs ELF sont générés par toute installation ou appareil qui transporte ou consomme de l'électricité. Il s'agit pour l'essentiel de champs de fréquence 50 Hz pouvant provenir de sources tant externes (réseaux électriques de transport et distribution, voies ferrées, éclairage public, etc.) qu'internes aux bâtiments (câblage électrique, appareils électriques domestiques, tertiaires ou industriels). Étant liée à de très nombreuses sources, l'exposition aux champs ELF est donc difficile à estimer globalement. C'est notamment ce qu'a montré l'étude *Expers*, commanditée par la direction générale de la Santé en 2007, qui a consisté à faire porter un dosimètre ELF pendant 24 heures à 2 000 volontaires (1 000 adultes et 1 000 enfants). Cette difficulté d'évaluer l'exposition globale vient du fait que la grande majorité des sources génère des champs hétérogènes. C'est notamment le cas des sources domestiques : par exemple, un sèche-cheveux ou un radioréveil génèrent un champ magnétique de plusieurs dizaines de micro-Teslas (μT) au contact, mais ce champ décroît en dessous de $1 \mu\text{T}$ à partir de distances de l'ordre de 20-30 cm. Dans ces conditions, l'exposition peut être localement élevée, mais faible ramenée à l'ensemble du corps.

Les effets à court terme des champs ELF sont connus (phosphènes, courants induits, etc.) et bien documentés. Les valeurs limites d'exposition adoptées dans une majorité de pays en Europe sur une recommandation du Conseil de l'Union européenne 1999/519/CE du 12 juillet 1999 permettent de s'en protéger.

En ce qui concerne de possibles effets à long terme, il existe une forte convergence entre les différentes évaluations des expertises internationales (organisations, groupes d'experts ou groupes de recherche) qui se maintient dans le temps. Alors qu'aucun élément probant chez l'adulte n'est disponible, une association statistique entre exposition aux champs magnétiques ELF et leucémie infantile a été observée par différentes études épidémiologiques. Toutefois, aucun mécanisme d'action biologique n'a été identifié à ce jour. Ces incertitudes ont amené le Circ à classer en 2002 les champs magnétiques de très basses fréquences (50-60 Hz) dans le groupe 2B (cancérigène possible pour l'Homme). Le lien de causalité entre exposition et effet sur la santé n'est donc pas établi et des recherches scientifiques sur les mécanismes d'action biologiques doivent être poursuivies. Des mesures des champs électromagnétiques doivent également être réalisées afin de mieux connaître l'exposition des enfants. Aucune relation entre les champs électromagnétiques ELF et des pathologies autres que les cancers n'a été établie ni chez l'enfant ni chez l'adulte.

Par précaution, **une expertise de l'Afsset sur les effets sanitaires de ces champs électromagnétiques**, rendue publique en avril 2010, **recommande de ne pas installer de nouveaux établissements accueillant des enfants et des femmes enceintes (écoles, crèches, maternités, etc.) à moins de 100 mètres des lignes à très haute tension**.

ZOOM SUR...

Le programme Geocap

Certaines personnes à risque, tout particulièrement les enfants, sont plus sensibles à l'exposition aux substances chimiques et aux ondes. Dans ce contexte, l'étude des liens potentiels entre expositions environnementales et certaines pathologies de l'enfant est primordiale. C'est le but du **programme Geocap de l'Inserm qui cherche à établir des liens entre cancers de l'enfant et environnement**. Dans une première phase, ce programme s'est intéressé plus particulièrement aux effets des radiations ionisantes d'origine naturelle (radon), de la proximité de sites nucléaires, de lignes à hautes tensions ou de routes à grande circulation sur la survenue de leucémies infantiles en France entre 2002 et 2007.

Les premiers résultats concernant les centrales nucléaires et les lignes à haute tension ont été publiés respectivement en 2012 et 2013. Dans le cas des centrales nucléaires, les recherches montrent un excès de leucémies à moins de 5 km de ces dernières. Pourtant, il n'y a pas d'excès significatifs dans les zones les plus exposées aux rejets gazeux. Le niveau de radiation n'en serait donc pas à l'origine. Pour les lignes à haute tension, les travaux confirment l'augmentation du risque de leucémies infantiles dans les zones situées à moins de 50 mètres des lignes à très haute tension (225-400 kV).

Dans le plan national santé environnement 2 (PNSE2), la France a inscrit l'objectif d'améliorer la concertation et l'information du public sur les champs électromagnétiques (toutes fréquences confondues). À ce titre, le décret n°2011-1697 du 1^{er} décembre 2011 et son arrêté d'application du 23 avril 2012 mettent en place un dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques. Le gestionnaire du réseau de transport d'électricité (RTE) doit établir un plan de contrôle et de surveillance précisant les parties de l'ouvrage qui sont susceptibles d'exposer des personnes de façon continue à un champ électromagnétique et au droit desquelles des mesures représentatives de ce champ seront effectuées. Ces mesures s'échelonnent entre mi-2013 et fin 2017 et seront rendues publiques par l'Anses, de même que par RTE sur son site d'information sur les champs ELF : www.clefdeschamps.info.

Expositions aux pollutions et nuisances environnementales en agglomération

L'existence de disparités territoriales en matière d'exposition de la population à des pollutions et nuisances environnementales selon le profil socio-économique des populations est contraire au principe d'équité environnementale qui veut qu'aucun groupe de population ne doit supporter une part disproportionnée des risques. Parce qu'ils peuvent plus difficilement se soustraire à des conditions défavorables faute de ressources suffisantes, les groupes sociaux modestes sont généralement davantage exposés aux facteurs de risque liés à la qualité des milieux de vie et cumulent souvent différentes sources d'exposition. Ce phénomène a d'abord été documenté aux États-Unis depuis les années 1980. Cette préoccupation, plus récente en Europe, a débuté dans les années 2000. Elle s'est développée parallèlement aux travaux portant sur les inégalités sociales de santé, problématique grandissante en matière de risques liés à l'environnement depuis que leur rôle est suspecté comme pouvant contribuer à ces inégalités.

Deux mécanismes pouvant agir dans ce sens ont été décrits de manière isolée ou combinée :

- d'une part, le « **différentiel de vulnérabilité** » qui veut qu'à un niveau semblable d'exposition à des pollutions et nuisances environnementales, le risque sanitaire encouru par des populations défavorisées sur le plan socio-économique est plus élevé en raison d'un état de santé plus dégradé ou d'un moindre accès aux soins que dans des groupes sociaux plus avantagés ;
- d'autre part, le « **différentiel d'exposition** » conduisant à étudier les inégalités environnementales. Agir sur les facteurs qui façonnent ces inégalités environnementales est un moyen par lequel des politiques publiques peuvent tendre à réduire les inégalités sociales de santé.

En France, peu de travaux se sont intéressés à cette problématique. Dans son rapport d'évaluation du PNSE2, le Haut conseil de la santé publique précise qu'il « *n'a pas pu se prononcer sur la réduction des inégalités sociales et territoriales d'exposition aux risques résultant de ces pollutions et nuisances, compte tenu de l'insuffisance des informations collectées ou disponibles. Engager véritablement la réduction de ces inégalités, et se donner les moyens de la mesurer devraient constituer des objectifs majeurs*

du prochain plan ». Pour répondre à ce besoin d'informations, l'École des hautes études de santé publique a développé un projet de recherche (**Equit'Area**) sur **le rôle de l'exposition à différentes catégories de pollutions ou de nuisances environnementales, et de leur cumul, sur les inégalités sociales de santé**. Il vise à analyser en quoi les effets de ces expositions peuvent être modulés selon les caractéristiques socio-économiques des populations résidant sur le territoire. En raison de leur taille, mais aussi de leur diversité du point de vue sanitaire, de leurs caractéristiques socio-économiques, ainsi que de leurs environnements urbains et industriels, les agglomérations de Lille, Paris (et sa petite couronne), Lyon et Marseille ont été retenues. De nombreux résultats sont d'ores et déjà disponibles sur Lille, Paris et Lyon ; à Marseille, la collecte des données est encore en cours et les résultats seront disponibles en 2014.

• Des situations contrastées reflétant l'histoire de la construction urbaine

Les résultats des études en cours permettent d'explorer les inégalités environnementales en lien avec l'exposition :

- au dioxyde d'azote (NO₂) dans les agglomérations de Lille, Lyon et dans la ville de Paris ;
- aux nuisances sonores (sources liées aux transports terrestre et aérien) dans l'agglomération de Lyon et la ville de Paris ;
- la proximité aux sites et sols pollués dans l'agglomération de Lyon.

Les analyses sur l'ensemble des agglomérations sont en cours et les résultats seront disponibles fin 2014.

Concernant l'exposition au dioxyde d'azote, trois profils différents d'inégalités se dégagent. Alors que dans l'agglomération de Lille, les concentrations moyennes du NO₂ croissent en fonction du niveau de défaveur socio-économique depuis les Iris les plus favorisés aux plus défavorisés, l'inverse est observé à Paris et ses départements limitrophes. Dans l'agglomération de Lyon, ce sont les Iris en situation socio-économique intermédiaire qui présentent les concentrations moyennes en NO₂ les plus élevées. Ces résultats contrastés selon les caractéristiques du tissu urbain et industriel sont cohérents avec ceux rapportés dans la littérature européenne.

Pour l'exposition aux nuisances sonores, la comparaison du bruit ambiant dans les 20 % d'Iris les plus défavorisés avec celui calculé dans les 20 % d'Iris les plus favorisés (respectivement les percentiles 80 et 20 de l'indice de défaveur) ne met pas en évidence des différences des niveaux sonores moyens (68,2 décibels versus 67,4) dans l'agglomération de Lyon. À Paris et sa petite Couronne, en revanche, un résultat similaire à celui présenté pour le NO₂ est observé : les Iris les plus favorisés présentent des niveaux de bruit les plus élevés (71,8 décibels, pour 64,4 dans les Iris plus défavorisés sur le plan socio-économique), probablement en raison de l'intensité du trafic dans les grandes voiries haussmanniennes.

Concernant la proximité à des sites et sols pollués, dans l'agglomération de Lyon, le nombre de sites et sols pollués dans un rayon de 500 mètres est 2 fois plus faible autour des Iris les plus favorisés que pour les autres Iris. Comme pour le NO₂, ce sont les Iris classés dans le groupe intermédiaire qui rassemblent le plus grand nombre de sites et sols pollués dans un rayon de 1 000 mètres, avec 7,1 sites contre 5,4 et 2,9 respectivement dans les IRIS les plus défavorisés et les plus favorisés (*Tableau 12*).

Tableau 12 : nombre de sites et sols pollués localisés dans un rayon de 500 et 1 000 mètres dans l'agglomération de Lyon, par classe de défaveur socio-économique des Iris

Niveau de défaveur socio-économique des Iris	Nombre de sites/sols pollués	situés dans un rayon de 500 mètres	situés dans un rayon de 1 000 mètres
Plus favorisés	37	1,18	2,88
Intermédiaires	61	2,68	7,07
Plus défavorisés	62	2,27	5,43

Source : base de données Basol. Traitements : Equit'area, 2013.

Parmi les pistes pouvant être avancées pour expliquer ces résultats figure l'histoire de chaque zone d'étude, marquée par des modèles de développement économique et des politiques urbaines différentes.

Dans le cas de l'agglomération parisienne, les niveaux de pollution atmosphérique et sonore sont inverses à la défaveur socio-économique. À l'époque de la Révolution, et depuis le Moyen Âge, la population résidant dans la ville de Paris est socialement mixée, et ouvriers et artisans pauvres vivent proches des maisons où résident la bourgeoisie et l'aristocratie. L'explosion démographique pendant la révolution industrielle vient modifier cet équilibre. La politique urbaine mise en œuvre par le baron Hausmann, construisant autour des nouvelles grandes voiries des logements chers et bien équipés pour la bourgeoisie, a repoussé la classe ouvrière émergente vers les « faubourgs » de l'Est et du Nord, et ses villages annexés, puis, avec le développement des chemins de fer, plus loin au voisinage des nouvelles usines de sa périphérie Nord-Est. Aujourd'hui, le profil socio-économique de la ville de Paris s'est profondément transformé, avec le mouvement de désindustrialisation ; alors que 40 % des emplois dans la région parisienne étaient dans le secteur de l'industrie en 1970, à l'heure actuelle il ne représente plus que 9 % des emplois. Dans le mouvement de mondialisation, l'activité industrielle s'est déplacée dans d'autres régions françaises et vers d'autres pays. La ville de Paris accueille maintenant principalement des actifs du secteur tertiaire. La pollution atmosphérique est désormais majoritairement due au trafic routier et non plus aux activités industrielles, source également des nuisances sonores. Ainsi, à Paris, l'étude constate que les concentrations en NO₂ et les niveaux de bruit sont plus élevés dans les Iris les plus riches.

L'agglomération de Lille possède une histoire industrielle très riche, basée sur l'exploitation du charbon et de l'acier et l'industrie textile. Avec la fermeture de nombreuses industries, au cours du dernier quart du XX^e siècle, elle est aujourd'hui en pleine transformation et se tourne vers le secteur tertiaire en tirant avantage de sa position centrale, entre les grandes conurbations de l'Europe du Nord. Elle a su conserver une grande mixité sociale. Cependant, les villes et quartiers plus modestes sont proches des voiries à fort trafic, ce qui explique que les populations résidant dans les Iris les plus défavorisés sont plus exposées au NO₂. Compte tenu des transformations en œuvre dans l'agglomération, il sera intéressant d'évaluer dans quelques années l'évolution des inégalités environnementales.

L'agglomération de Lyon est forte par son activité industrielle dans les secteurs de la pharmacie, de l'automobile et du textile. La topographie particulière de son territoire, avec les monts

et vallées situés à l'ouest de la Saône et du Rhône, a incité l'agglomération à s'étendre vers l'Est où le prix du foncier est moins élevé. Les populations les plus favorisées se sont installées à l'ouest de l'agglomération qui bénéficie de nombreux espaces verdoyants. Les catégories intermédiaires sont plus concentrées dans la ville-centre aux larges voies de circulation et à fort trafic. Cela se traduit par les niveaux plus hauts du NO₂ observés dans les Iris à profil socio-économique moyen.

• Une vulnérabilité particulière des populations vivant dans un contexte socio-économique défavorisé

La plus grande vulnérabilité de certains groupes de population fait référence au second mécanisme par lequel l'exposition à des pollutions et nuisances environnementales pourrait contribuer aux inégalités sociales de santé ; cet état peut se combiner au différentiel d'exposition décrit précédemment.

Les études documentant un différentiel de vulnérabilité sont beaucoup moins nombreuses que celles portant sur les inégalités environnementales. Toutes s'accordent à constater que si les populations défavorisées ne vivent pas systématiquement dans les quartiers les plus pollués, elles manifestent cependant des effets sanitaires plus forts des expositions environnementales. Ainsi, une étude⁹ antérieure au projet Equit'Area avait montré que les populations résidant dans les Iris défavorisés de l'agglomération de Strasbourg présentaient un risque d'infarctus du myocarde plus élevé que dans les autres secteurs en lien avec l'exposition au NO₂ et aux particules atmosphériques PM₁₀ alors même que ces secteurs n'étaient pas les plus exposés.

Diverses études internationales ont montré que la pollution atmosphérique a un impact défavorable sur l'issue de grossesse (faible poids à la naissance ou encore naissance avant terme, facteurs de risque connus de la mortalité néonatale). Ce résultat est retrouvé dans l'agglomération de Lille, une fois prises en compte les caractéristiques socio-économiques du territoire à l'échelle fine des Iris ; il ne l'est pas dans le Grand Lyon. Dans le premier cas, le risque de mortalité néonatale s'accroît significativement avec l'augmentation du NO₂ de 10 g/m², après ajustement sur la défaveur socio-économique. Il est également corrélé à la défaveur socio-économique. Dans le second cas, l'augmentation du risque de mortalité néonatale n'est liée qu'au niveau de défaveur.

À ce stade de la recherche, aucune interaction n'a été mise en évidence entre contexte socio-économique et pollution atmosphérique, ce qui ne permet pas de confirmer l'existence d'un différentiel de vulnérabilité et donc d'identifier des groupes plus sensibles, possiblement en raison du faible nombre d'événements sanitaires. Le projet prévoit de s'étendre aux années plus récentes afin d'augmenter la puissance statistique de l'analyse. Il est également prévu de poursuivre les travaux sur les autres agglomérations du projet et sur d'autres expositions environnementales.

⁹ Deguen, S., Lalloué, B., Bard, D., Havard, S., Arveiler, D. et Zmirou-Navier, D. *A small-area ecologic study of myocardial infarction, neighborhood deprivation, and sex : a Bayesian modeling approach. Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 21.4, p. 459_466 (2010).

DONNÉES OU MÉTHODOLOGIE

Évaluation de l'exposition par le projet de recherche Équit'area

L'unité géographique d'analyse est l'Iris (îlots regroupés pour l'information statistique regroupant en moyenne 2 000 habitants).

L'information utilisée pour décrire le statut socio-économique à l'échelle de l'Iris est issue des données du recensement de la population disponibles pour les années 1999 et 2006 auprès de l'Insee. Un indice composite caractérisant la défaveur socio-économique a été construit par analyse multidimensionnelle. Cet indice, en intégrant de multiples dimensions de la défaveur (éducation, logement, emploi, etc.), permet de décrire les contrastes socio-économiques entre les unités géographiques étudiées. Par convention, la défaveur socioéconomique est mesurée par un indice composite construit, à l'échelle de l'Iris, à partir d'une succession d'analyses en composante principale (Lalloué et al.).

Afin d'explorer la contribution des nuisances ou pollutions environnementales aux inégalités sociales de santé, ont été

sélectionnés des domaines pour lesquels les données existaient, la littérature documentait leur lien avec la famille de variables de santé considérées, et l'existence d'un gradient socio-économique était démontré. Ont été retenues dans un premier temps, les concentrations du dioxyde d'azote dans l'atmosphère (NO₂), la proximité d'industries émettrices de polluants par voie aérienne, la proximité de sites et sols pollués, ainsi que les nuisances sonores liées aux transports.

La mortalité infantile (décès avant 1 an) et néonatale (décès avant 1 mois) sont les deux événements sanitaires considérés. D'autres expositions environnementales et événements sanitaires viendront enrichir le projet. Seront notamment intégrés en 2014 l'exposition aux particules dans l'air (PM₁₀/PM_{2,5}) et des expositions aux effets dits positifs comme la proximité aux espaces verts et de loisir. D'autres événements sanitaires pourront être considérés dans le futur (le cancer du sein par exemple).

Pour en savoir plus...

Bibliographie

- Deguen S., Lalloué B., Bard D., et al., 2010. – « A small-area ecologic study of myocardial infarction, neighborhood deprivation, and sex: a Bayesian modeling approach », *Epidemiology*, vol.21, n°4 – pp. 459-466.
- Havard S., Reich B.J., Bean K., et al., 2011. – « Social inequalities in residential exposure to road traffic noise: an environmental justice analysis based on the RECORD Cohort Study », *Occupational Environmental Medicine*, vol.68, n°5 – pp.366-374.
- Havard S., Deguen S., Zmirou-Navier D. et al., 2009. – « Traffic-related air pollution and socioeconomic status: a spatial autocorrelation study to assess environmental equity on a small-area scale », *Epidemiology*, vol.20, n°6, 20 mars 2009 – pp.223-30.
- Lalloué B., 2014. – Méthodes d'analyse de données et modèles bayésiens appliqués au contexte des inégalités socio-territoriales de santé et des expositions environnementales (thèse de Mathématiques, Université de Lorraine) – archives ouverte, tel-00943004- 259 p. (http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/94/30/04/PDF/Manuscrit_Lalloué_final.pdf)
- Lalloué B., Monnez J.M., Padilla C. et al., 2013. – « A statistical procedure to create a neighborhood socioeconomic index for health inequalities analysis », *International Journal for Equity in Health*; vol.12:21, mars 2013 – 11 p. (<http://www.equityhealthj.com/content/12/1/21>)
- Padilla C.M., Deguen S., Lalloué B. et al., 2013. – « Cluster analysis of social and environment inequalities of infant mortality. A spatial study in small areas revealed by local disease mapping in France », *Science of the Total Environment*, 1^{er} juin 2013, vol.454-455 – pp.433-441. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23563257>)
- Padilla C.M., Lalloué B., Pies C. et al., 2013. – « An Ecological Study to Identify Census Blocks Supporting a Higher Burden of Disease: Infant Mortality in the Lille Metropolitan Area, France », *Maternal Child Health Journal*, vol.18, n°1 – pp.171-179.
- Padilla C.M., Kihal W., Lalloué B. et al., 2013. – Environmental inequalities in France – A spatio-temporal analysis conducted at a small geographical level in four French metropolitan areas – Rennes : Equit'Area – 6 p. (http://www.equitarea.org/documents/abstracts/Padilla_Environmental_Health_2013.pdf)

Site internet utile

- Expositions environnementales et inégalités sociales de santé (Equit'area) : www.equitarea.org

Pour en savoir plus...

Bibliographie

- Afsset, 2010. – Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences (*rapport d'expertise collective, saisine n°2008/006, communiqué du 6 avril 2010*) – Maisons-Alfort : Afsset – 170 p. (http://www.afssa.fr/ET/PPN0E2A.htm?p_ageid=2484&parentid=229&ongletstid=5163#content)
- Afsset, 2010. – Les nanomatériaux : évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et pour l'environnement (*avis de l'Afsset et rapport d'expertise collective, mars 2010*) – Maisons-Alfort : Afsset – 223 p. (<http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2008et0005Ra.pdf>)
- Anses, 2014. – Évaluation des risques liés aux nanomatériaux - enjeux et mise à jour des connaissances (*avis et rapport d'expertise collective, avril 2014*) – Maisons-Alfort : Anses – 196 p. (<https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2012sa0273Ra.pdf>)
- Anses, 2013. – Radiofréquences et santé : mise à jour de l'expertise (*avis de l'Anses et rapport d'expertise collective, octobre 2013*) – Maisons-Alfort : Anses – 461 p. (<https://www.anses.fr/fr/documents/AP2011sa0150Ra.pdf>)
- Anses, 2013. – Évaluation des risques du bisphénol A (BPA) pour la santé humaine (*Tome 1, avis et rapport d'expertise collective, avril 2013*) – Maisons-Alfort : Anses – 298 p. (<https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/CHIM2009sa0331Ra-0.pdf>)
- Anses, ORP, 2010. – Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France (*synthèse et recommandations du comité d'orientation et de prospective scientifique de l'observatoire des résidus de pesticide (ORP), rapport scientifique*) – Maisons-Alfort : Anses – 365 p. (http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf)
- Catelinois O., Rogel A., Laurier D. et al., 2006. – « Lung cancer attributable to indoor radon exposure in France: impact of the risk models and uncertainty analysis », *Environmental Health Perspectives*, vol.114, n°9 – pp.1361-1366.
- CGEDD, 2013. – Évaluation des expériences de nouvelles formes de concertation et d'information locale dans le cadre de l'implantation des antennes relais de téléphonie mobile (*rapport de synthèse, version 2*) – 57 p. (http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport-synthese_VF.pdf)
- Demoury C., Lelsch G., Hemon D. et al., 2013. – « A statistical evaluation of the influence of housing characteristics and geogenic radon potential on indoor radon concentrations in France », *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol.126, December 2013 – pp.216-225
- Fréry N., Saoudi A., Garnier R. et al., 2011. – Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement – tome 1 : présentation générale de l'étude - Métaux et métalloïdes – Saint-Maurice : InVS – 151 p. (<http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2011/Exposition-de-la-population-francaise-aux-substances-chimiques-de-l-environnement-Tome-1-Presentation-generale-de-l-etude-Metaux-et-metalloides>)
- Fréry N, Guldner L, Saoudi A et al., 2013. – Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement – Tome 2 - Polychlorobiphényles (PCB-NDL) et Pesticides – Saint-Maurice : InVS – 178 p. (<http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2013/Exposition-de-la-population-francaise-aux-substances-chimiques-de-l-environnement-Tome-2-Polychlorobiphényles-PCB-NDL-Pesticides>)
- Haut conseil de la santé publique, 2013. – Évaluation du 2^e plan national santé environnement – 266 p. (<http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=379>)
- Inserm, 2013. – Pesticides : effets sur la santé (*Expertise collective, juillet 2013*) – 146 p. (<http://www.inserm.fr/content/download/72647/562921/version/4/file/Expertise+Pesticides+synthese+2013+VF.pdf>)
- Inserm, Agence de la biomédecine, 2012. – Les troubles de la fertilité : état des connaissances et pistes pour la recherche (*rapport remis au Parlement le 18 décembre 2012*) – 125 p. (http://www.inserm.fr/content/download/69562/527627/version/2/file/rapport_causes_infertilite_vfinale.pdf)
- InVS, 2003. – « Cancer et environnement », *Prévalence*, n°9, novembre 2003 – 12 p. (http://www.invs.sante.fr/publications/prevalence/prevalence_9.pdf)
- IRSN, 2012. – Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2010-2011 – Fontenay-aux-Roses : IRSN – 308 p. (http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN_surveillance_France_2010-2011.pdf)
- Medde, 2013. – Diminution de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile (*rapport de synthèse des expérimentations du COPIC, 31 juillet 2013*) – 189 p. (http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_COPIC_31_juillet_2013.pdf)
- Medde-CGDD-SEEIDD, 2013. – « Pollution de l'air et santé : le coût pour la société », *Le Point sur*, n°175, octobre 2013 – 4 p. (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS175-2.pdf>)
- Medde-CGDD-SEEIDD, 2013. – « Pollution de l'air et santé : les maladies respiratoires et le coût pour le système de soin », *Le Point sur*, n°176, octobre 2013 – 4 p. (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS176.pdf>)
- Medde-CGDD-SEEIDD, 2012. – Rapport de la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement – Santé et qualité de l'air extérieur – juillet 2012 – 98 p. (Coll. *Références*) (http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_CCEE_sante_et_qualite_de_lair_23_07_2012.pdf)
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013. – Plan Ecophyto (*Communiqué de presse du 9 décembre 2013*) – 2 p. (http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/131209_CP_Ecophyto_CNOS_2013_cle87b5a9-1.pdf)
- Ministère des Affaires sociales et de la Santé, 2012. – Téléphones mobiles, santé et sécurité – 7 p. (<http://www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article22>)

- Medde, ministère de la Santé et des Sports, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, ministère du Travail, des Relations sociales, de la Famille, de la Solidarité et de la Ville, 2009. – **2^e Plan National Santé Environnement 2009-2013 (tout savoir sur le PNSE2)** – 23 p. (http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/09013-3_PNSE2_Grand-public_FR_29-07-2013_DEF_Web.pdf)
- Ministère des Affaires sociales et de la Santé, ministère du Redressement productif, Medde, 2013. – **Antennes-relais de téléphonie mobile** – 4 p. (<http://www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article101>)
- OMS-Circ, 2011. – **Le Circ classe les champs électromagnétiques de radiofréquences comme « peut-être cancérigènes pour l'homme »** (Communiqué de presse n°208, mai 2011) – 7 p. (http://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_F.pdf)
- Rolland M., Le Moal J., Wagner V. et al., 2013. – « **Decline in semen concentration and morphology in a sample of 26 609 men close to general population between 1989 and 2005 in France** », *Human Reproduction*, vol.28, n°2, février 2013 – pp.462-470 (<http://humrep.oxfordjournals.org/content/28/2/462.full.pdf+html>)
- Sermage-Faure C., Demoury C., Rudant J., et al., 2013. – « **Childhood leukaemia close to high-voltage power lines – the Geocap study, 2002–2007** », *British Journal of Cancer*, vol.108, n°9, 14 mai 2013 – pp.1899-1906.
- Sermage-Faure C., Laurier D., Goujon-Bellec S. et al., 2012. – « **Childhood leukemia around French nuclear power plants - the Geocap study, 2002-2007** », *International Journal of Cancer*, vol.131, n°5, 1^{er} septembre 2012 – pp.769-780
- Slama R., Cordier S., 2013. – « **Impact des facteurs environnementaux physiques et chimiques sur le déroulement et les issues de grossesse** », *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, vol.42, n°5, septembre 2013 – pp.413-444.
- WHO, UNEP, 2013. – **State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012 : Summary for Decision-Makers** – 29 p. (http://www.unep.org/pdf/WHO_HSE_PHE_IHE_2013.1_eng.pdf)
- WHO-IARC, 2012. – **Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields (IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human, Vol.80)** – 445 p. (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/mono80.pdf>)
- WHO, European Commission-JRC, 2011. – **Burden of disease from environmental noise : Quantification of healthy life years lost in Europe** – 106 p. (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf)
- WHO, 2009. – **Night noise guidelines for Europe** – 162 p. (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf)

Sites internet utiles

- Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) : www.anses.fr
- Autorité de sûreté nucléaire (ASN) : www.asn.fr
- Etude Elfe (étude longitudinale française depuis l'enfance) : comment grandissent nos enfants : www.elfe-france.fr
- Guide d'information « Végétation en ville ». – RNSA : www.vegetation-en-ville.org
- Institut de veille sanitaire (InVS) : www.invs.sante.fr
- Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) : www.ineris.fr
- Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) : www.inserm.fr
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) : www.irsn.fr
- Le bon usage du portable pour réduire son exposition aux ondes. – Inpes : www.lesondesmobilis.fr
- Observatoire des Ambroisies : www.ambroisie.info
- Portail national des radiofréquences – Santé – Environnement : www.radiofrquences.gouv.fr
- Portail substances chimiques : www.ineris.fr/substances/fr/
- Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) : www.pollens.fr
- Résultats de mesure de l'exposition aux ondes. – Agence nationale des fréquences (ANFR) : www.cartoradio.fr
- R-Nano.fr, portail de déclaration des substances à l'état nanoparticulaire : www.r-nano.fr/
- Rubrique Bruit. – Medde/DGPR : www.developpement-durable.gouv.fr/-Bruit-.html
- Service national d'assistance aux collectivités sur les champs électromagnétiques. – Ineris : www.ineris.fr/ondes-info
- The cooperative European community of health science providers: www.polleninfo.org

